

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
и.о. декана Геологического факультета  
чл.-корр. РАН \_\_\_\_\_/Н.Н.Ерёмин/  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Геохимия**

Автор-составитель: Липатникова О.А.

**Уровень высшего образования:**

*Бакалавриат*

**Направление подготовки:**

**05.03.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

Форма обучения:

*Онлайн-курс*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 2023

## Цель и задачи дисциплины

**Целью** курса "Геохимия" является освоение студентами теоретических основ общей геохимии, изучение поведения химических элементов в геологических процессах.

**Задачи** – приобретение знаний о химическом составе Земли, ее оболочек, главных геологических объектов; изучение законов, определяющих миграцию и дифференциацию химических элементов в природных процессах; знакомство с геохимическими методами решения теоретических (генетических) и прикладных задач геологии, с современными достижениями в области геохимии.

### Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе "Геохимия" излагаются следующие проблемы:

- распространенность химических элементов в природе, наблюдаемые закономерности и их причины;
- физико-химические законы, управляющие миграцией и дифференциацией химических элементов и их изотопов в геологических процессах;
- геохимия эндогенных процессов, источники вещества и геохимические критерии их выявления;
- геохимия экзогенных процессов и внешних оболочек Земли: атмосферы, гидросферы, осадочной оболочки, биосферы; геохимический круговорот элементов.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП** – относится к вариативной части ОПОП, является общепрофессиональной дисциплиной по выбору студента (II курс, 4 семестр).

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:** базируется на знаниях по дисциплинам «Общая геология», «Общая химия», «Минералогия с основами кристаллографии», «Петрография», «Химия физическая, коллоидная».

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-1.Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).	Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> современные представления о космической распространенности элементов, составе Земли и ее оболочек; физико-химические законы, управляющие миграцией и дифференциацией элементов в природных процессах; геохимические закономерности дифференциации элементов в магматическом, гидротермально-метасоматическом и осадочном процессе, геохимические свойства атмосферы, гидросферы и биосферы. <b>Уметь:</b> анализировать геохимическую информацию с позиций физико-химических законов, управляющих поведением элементов в природных процессах; использовать геохимические индикаторы (в т.ч. – изотопные) для решения генетических проблем геологии.

**4. Объем дисциплины (модуля)** составляет 2 з.е., в том числе 39 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (занятия лекционного типа), 33 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

**5. Формат обучения** – онлайн-курс с использованием дистанционных образовательных технологий

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Введение.**

Предмет и методы геохимии. История геохимии.

Определение геохимии. Объект геохимии. Взаимоотношение геохимии с другими науками. Методы геохимических исследований. Работы Ф.У.Кларка, В.И.Вернадского, В.М.Гольдшмидта.

##### **Раздел 1. Распространенность элементов в природе.**

Определение понятия “распространенность элементов (кларк)”. “Космическая” распространенность элементов, ее основные закономерности. Нуклеосинтез, основные типы ядерных реакций, возраст элементов. Химический состав метеоритов. Основополагающая гипотеза об аналогии химического состава твердого вещества планет и состава метеоритов. Общие сведения о планетах земной группы и планетах-гигантах.

Строение Земли. Составы оболочек Земли (ядро, мантия, кора) и методы их оценки. Полиморфизм и состояние вещества в глубинных сферах Земли. Дифференциация мантии, принцип выплавления и дегазации. Земная кора, как продукт дифференциации мантии. Происхождение атмосферы и гидросферы Земли за счет дегазации мантии. Источники энергии геологических процессов.

Распространенность элементов в земной коре. Методы оценки среднего химического состава земной коры. Современные представления о структуре земной коры, типы земной коры. Оценка распространенности элементов в земной коре (по А.Б. Ронову и А.А. Ярошевскому).

Геохимическая классификация элементов В.М.Гольдшмидта, ее физико-химические и геохимические основы.

##### **Раздел 2. Физическая геохимия.**

Миграция элементов, понятие о формах миграции. Закон рассеяния В.И.Вернадского. Внутренние и внешние факторы миграции.

Изоморфизм. Ряды изоморфизма Вернадского. Гетеровалентный изоморфизм и диагональные ряды Ферсмана. Изоморфизм как фактор, определяющий закономерности распределения микроэлементов. Примеры экологических последствий изоморфного вхождения токсичных микроэлементов в горнорудное сырье.

Свойства водных растворов. Формы нахождения элементов в водных растворах, комплексообразование. Решение задач на определение равновесной активности комплексных ионов.

Геохимия изотопов. Стабильные изотопы как индикаторы геохимических процессов. Изотопные стандарты. Использование изотопных данных в геохимических исследованиях (на примере изотопии серы). Радиоактивные и радиогенные изотопы. Определение абсолютного возраста (радиоуглеродный, калий-аргоновый, рубидий-стронциевый, уран-торий-свинцовый методы).

**6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Выполнение тестовых заданий	Всего
Введение.	<b>1</b>	1			<b>1</b>					
Раздел 1. Распространенность элементов в природе.	<b>10</b>	6			<b>6</b>	2			2	<b>4</b>
Раздел 2. Физическая геохимия.	<b>18</b>	12			<b>12</b>	4			2	<b>6</b>
Раздел 3. Геохимия эндогенных процессов	<b>10</b>	6			<b>6</b>	2			2	<b>4</b>
Раздел 4. Геохимия экзогенных процессов	<b>24</b>	12			<b>12</b>			10	2	<b>12</b>
Итоговая аттестация <i>зачет</i>	<b>9</b>	<b>2</b>				<b>7</b>				
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>39</b>				<b>33</b>				

### **Раздел 3. Геохимия эндогенных процессов.**

Геохимия магматического процесса. Физико-химические закономерности кристаллизационной дифференциации, поведение элементов-примесей в этом процессе. Ликвация и ее роль в судьбе халькофильных элементов. Общие закономерности изменения распространенности элементов в зависимости от содержания кремнезема.

Геохимия гидротермального процесса. Источники вещества, геохимические критерии их выявления. Термодинамические условия процесса, составы растворов, формы переноса элементов. Факторы отложения рудных компонентов. Зональность отложения элементов, первичные ореолы, использование при геохимических поисках месторождений.

### **Раздел 4. Геохимия экзогенных процессов.**

Понятие геохимического цикла, его структура. Понятие времени пребывания элемента, оценка интенсивности кругооборота вещества. Взаимосвязь эволюции земной коры, гидросферы, атмосферы и биосферы, геохимические признаки эволюции в геологической истории.

Атмосфера. Химический состав, происхождение ее компонентов и эволюция атмосферы в истории Земли. Антропогенное изменение состава атмосферы, его возможные масштабы.

Гидросфера. Строение гидросферы, ее масса, роль океана. Основные компоненты химического состава природных вод. Состав воды океана, проблема постоянства состава океана в геологической истории, геохимические критерии его эволюции. Формирование химического состава вод суши. Химический состав подземных вод, формирующие его процессы.

Геохимия осадочной оболочки. Относительная распространенность литологических типов осадочных пород. Геохимическая классификация осадочных образований В.М.Гольдшмидта. Факторы и механизмы дифференциации вещества в осадочном процессе. Роль биогеохимических факторов в осадкообразовании. Диагенез: источники энергии, главные химические и биогеохимические реакции, преобразование минерального состава осадков, роль поровых растворов.

Биосфера. Состав и масса живого вещества, ассоциации элементов (биофильные элементы). Геохимические функции живого вещества: энергетическая, концентрационная, газовые, поляризационная, транспортная и др. Основной биогеохимический цикл: фотосинтез - дыхание; принципиальное значение его неполной замкнутости. Возраст жизни. Деятельность живого вещества как фактор эволюции поверхностных оболочек Земли.

Связь живого организма с химическим составом среды; понятие эндемии, причины эндемических заболеваний. Биогеохимические провинции, факторы их формирования, значение для хозяйственной деятельности человека.

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ, рефератов, творческих работ, а также при выполнении тестовых заданий по каждому разделу.

#### ***Расчетные домашние задания:***

- Тип 1. Определение дефекта масс и удельной энергии связи нуклонов в ядре атомов.
- Тип 2. Расчет константы реакции образования комплексного соединения и равновесной активности комплексного иона.

Тип 3. Определение источника раствора в гидротермальном процессе на основании изотопии кислорода и водорода.

Тип 4. Оценка абсолютного возраста с помощью Rb-Sr метода (построение изохроны)

***Примерный перечень тем для подготовки презентаций (не менее 10 тем):***

1. Звездный нуклеосинтез
2. Гипотезы химического состава мантии Земли
3. Гипотезы аккреции Земли и их геохимические подтверждения
4. Гипотезы происхождения Луны и их геохимические подтверждения
5. Примеры применения Rb-Sr метода датирования для определения возраста геологических объектов
6. Примеры применения K-Ar метода датирования для определения возраста геологических объектов
7. Экологическое приложение изотопной геохимии
8. Принципы изотопной термометрии
9. Реконструкция палеотемператур океана по изотопным отношениям
10. Выбор изотопных стандартов (для H, O, C, S): историческая справка
11. Источник серы сульфидных месторождений на примере Норильского рудного района
12. Источники раствора в гидротермальном процессе: способ определения и примеры
13. «Детритные» хадейские цирконы и условия ранней Земли
14. Железо-марганцевые конкреции как уникальный источник микроэлементов.
15. Постоянство состава Мирового океана во времени.
16. Гипотезы о происхождении и эволюции гидросферы Земли.
17. Гипотезы о происхождении и эволюции атмосферы Земли.
18. Биогеохимические провинции и эндемические заболевания

**7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения итоговой аттестации.**

***Примерный перечень вопросов при итоговой аттестации (зачете):***

1. Космическая распространенность элементов. Ее закономерности.
2. Происхождение элементов. Процессы нуклеосинтеза.
3. Химический состав метеоритов. Главные фазы.
4. Характеристика планет земной группы.
5. Планеты-гиганты и их особенности.
6. Оболочечное строение Земли. Происхождение внешних оболочек Земли. Гипотезы о химическом составе ядра и мантии.
7. Средний состав земной коры, различные подходы к его определению.
8. Геохимическая классификация элементов В.М.Гольдшмидта. Ее физико-химические и геохимические основы.
9. Понятие факторов миграции. Внешние факторы миграции.
10. Внутренние факторы миграции.
11. Изоморфизм, его причины. Ряды Вернадского, определяющие их факторы.
12. Изоморфизм. Диагональные ряды Ферсмана, определяющие их факторы.
13. Значение изоморфизма для геохимии и экологической геологии.
14. Радиоактивные изотопы. Типы радиоактивного распада. Главное уравнение изотопной геохронологии.
15. Методы изотопного датирования.
16. Стабильные изотопы. Единицы измерения, изотопные стандарты.
17. Использование стабильных изотопов в геологических исследованиях.

18. Изотопы кислорода и водорода. Критерии выявления источника водных растворов.
19. Магматическая дифференциация. Ее закономерности.
20. Геохимические ассоциации элементов в магматическом процессе.
21. Гидротермальный процесс: источники вещества, формы переноса, факторы рудоотложения.
22. Зональность первичных ореолов, ряд зональности, его практическое использование.
23. Понятие геохимического цикла. Время пребывания.
24. Состав и строение атмосферы Земли.
25. Происхождение компонентов атмосферы, эволюция состава атмосферы в истории Земли.
26. Строение гидросферы Земли.
27. Состав морской воды. Его постоянство во времени и пространстве.
28. Закономерности химического состава подземных вод.
29. Главные химические реакции в осадочном процессе. Геохимическая систематика осадочных образований по В.М.Гольдшмидту.
30. Биосфера. Геохимические функции живого вещества.
31. Взаимоотношение организма и среды; биогеохимические провинции.
32. Эндемические заболевания, принципы и методы предотвращения.

**Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).**

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
<b>Знания</b> ( <i>тестовый опрос, презентация, составление кроссворда</i> )	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
<b>Умения</b> ( <i>тестовый опрос, презентация, составление кроссворда</i> )	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> ( <i>тестовый опрос, презентация, составление кроссворда</i> )	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

**8. Учебно-методическое обеспечение программы:**

**А) Перечень основной и дополнительной литературы.**

**- основная литература:**

1. Перельман А.И. Геохимия. 3-е изд. М., ЛЕНАНД, 2016, 531 с.

**- дополнительная литература:**

1. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М., Логос, 2000, 627 с.

2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., Наука, 2001, 375 с.
3. Жариков В.А. Основы физической геохимии: учебник для студентов высших учебных заведений. 2-е изд., испр. и доп. М: Изд-во Московского университета: Наука, 2005. 653 с.
4. Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. М., Научный мир, 2011, 260 с.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. Книги 1 - 6. М., Недра, 1994-1997.
6. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические прикладные и экологические аспекты. Изд. 2-е, доп. М., РАН, 2012, 677 с.
7. Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М., Наука, 1990, 182 с.
8. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. Под ред. А.П.Соловова. М., Недра, 1990, 335 с.
9. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. 2-е изд. М., Изд-во Моск. Ун-та, 2000, 336 с.
10. Фор Г. Основы изотопной геологии (Перевод с англ. И. М. Горохова, Ю. А. Шуколокова). М. : Мир, 1989. 590 с.
11. Ярошевский А.А. Проблемы современной геохимии : конспект лекций, прочит. в ГЕОХИ РАН в зим. семестре 2003-2004 гг. Новосибирск : НГУ, 2004. 194 с.

**Б) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- Реферативная база данных издательства Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Научная электронная библиотека: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

**В) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)

**9. Материально-технические условия реализации программы:**

Реализация курса возлагается на Центр развития электронных образовательных ресурсов МГУ имени М.В.Ломоносова.

Лекции размещены на сайте Центра развития электронных образовательных ресурсов МГУ имени М.В.Ломоносова (<https://distant.msu.ru>), к каждой лекции разработаны тестовые вопросы. Предложены к выполнению две творческие работы (составления кроссворда и подготовка презентации на заданную тему), выполнение которых предусматривает самостоятельную работу слушателей курса

**10. Язык преподавания – русский.**

**11. Требования к результатам обучения**

Итоговая аттестация проводится в форме итогового устного опроса по видеоконференции. Оценка уровня освоения программы осуществляется аттестационной комиссией.

**12. Разработчики программы:** Липатникова О.А., научный сотрудник кафедры геохимии