

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
академик РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Методы экспериментальной геохимии**

**Уровень высшего образования:**  
*магистратура*

---

**Направление подготовки:**  
**05.04.06 "Экология и природопользование"**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Геохимия окружающей среды»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол №21, дата 30.09.2023)

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Экология и природопользование» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*). ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол №1368).

Год приема на обучение: 2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях, полученных в курсах бакалавриата по направлению «Экология и природопользование», в том числе «Геохимия ландшафта», «Химия почв», «Аналитические методы контроля окружающей среды».
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   |
|---|---|---|
| МПК-1 ( <i>формируется частично</i> )<br>Владеет теоретическими основами и принципами геохимии окружающей среды, методологией комплексных эколого-геохимических исследований, знает современные аналитические и экспериментальные методы изучения компонентов ландшафтов. | Владеет современными экспериментальными методами изучения компонентов ландшафтов. | <b>Знать:</b> специфику полевых и лабораторных работ для правильной постановки задачи перед лаборантами и инженерами, работающими с методом (прибором).<br><b>Уметь:</b> правильно выбирать метод экспериментального моделирования с учетом масштаба изучаемого процесса.<br><b>Владеть:</b> основами интерпретации научных данных, получаемых на основе современных методов полевых и лабораторных исследований. |

4. Объем дисциплины (модуля) 4 з.е., в том числе 52 академических часа на контактную работу обучающихся (13 часов – лекции, 39 часов – лабораторные занятия) с преподавателем, 92 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

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),<br><br>Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе  |                            |                        |                             |       |   |                      |       |
|--|--------------|--|----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------|---|----------------------|-------|
|  |              | Контактная работа<br>(работа во взаимодействии с преподавателем)<br><i>Виды контактной работы, часы*</i> |                            |                        |                             |       | Самостоятельная работа обучающегося<br><i>Виды самостоятельной работы, часы</i> |                      |       |
|  |              | Занятия лекционного типа   | Занятия лабораторного типа | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Всего | Выполнение практических работ   | Работа с литературой | Всего |
| Тема 1. Введение   | 5            | 1  | 1                          |                        |                             | 2     |   | 3                    | 3     |
| Тема 2. Кинетика процессов выветривания и растворения минералов  | 17           | 2  | 6                          |                        |                             | 8     | 6   | 3                    | 9     |
| Тема 3. Экспериментальное изучение химического загрязнения почв  | 17           | 2  | 6                          |                        |                             | 8     | 6   | 3                    | 9     |
| Тема 4. Методы изучения ионнообменных процессов  | 17           | 2  | 6                          |                        |                             | 8     | 6   | 3                    | 9     |
| Тема 5. Экспериментальное изучение кислотно-основных свойств почв  | 17           | 2  | 6                          |                        |                             | 8     | 6   | 3                    | 9     |
| Тема 6. Экспериментальное изучение окислительно-восстановительных условий в почвах   | 17           | 2  | 6                          |                        |                             | 8     | 6   | 3                    | 9     |
| Тема 7. Методы оценки состояния и динамики газовой фазы почв.  | 14           | 1  | 3                          |                        |                             | 4     | 6   | 4                    | 10    |
| Тема 8. Полевое экспериментальное моделирование. Изучение поведения химических элементов в биогеохимических процессах              | 16           | 1  | 5                          |                        |                             | 6     | 6   | 4                    | 10    |
| Промежуточная аттестация экзамен   | 24           | <i>Устный экзамен</i>  |                            |                        |                             |       | 24  |                      |       |
| <b>Итого</b>   | <b>144</b>   | <b>52</b>  |                            |                        |                             |       | <b>92</b>   |                      |       |

## **Содержание лекций, лабораторных занятий**

### *Содержание лекций*

#### **Тема 1. Введение**

Актуальные проблемы современной геохимии ландшафта. Цели и задачи экспериментальных исследований в геохимии ландшафтов. Понятие «метод» в научных исследованиях. Классификация методов в геохимии ландшафтов. Объекты исследования в геохимии ландшафтов. Особенности организации и основные виды состояний почвенно-геохимических систем. Изучение состояния и форм нахождения химических элементов во всех компонентах ландшафтно-геохимических систем.

#### **Тема 2. Кинетика процессов выветривания и растворения минералов.**

Современные представления о кинетике растворения минералов. Растворение труднорастворимых оксидов и гидроксидов Fe и Al под влиянием протона и органических лигандов. Карбонатно-кальциевая система почв. Закономерности формирования карбонатного профиля почв. Растворение и осаждение карбонатов в почвах. Влияние антропогенных факторов на миграцию и аккумуляцию карбонатов в почвах

#### **Тема 3. Экспериментальное изучение химического загрязнения почв**

Формы нахождения и формы поступления и соединений металлов в почвах. Трансформация техногенных соединений металлов в почвах. Взаимодействие ионов металлов с веществным составом почв. Почвенные компоненты, оказывающие наибольшее влияние на состояние металлов в почвах. Механизмы взаимодействия ионов металлов с почвенными органическими соединениями. Особенности строения и химические свойства минералов, определяющие особенности их взаимодействия с ионами металлов в почвах. Экспериментальные методы изучения различных форм соединений металлов. Потенциальная буферная способность почв по отношению к металлам, методы определения.

Моделирование загрязнения почв углеводородами. Влияние пластовых и сточных вод на свойства почв в районах угледобычи.

Многоуровневое моделирование воздействия компонентов ракетного топлива на компоненты наземных экосистем.

#### **Тема 4. Методы изучения ионообменных процессов**

Изучение кинетики поглощения и десорбции калия образцами почв и глинистых минералов. Экспериментальное моделирование воздействия солей на почвы. Изучение воздействия минерализованных оросительных вод на почвы. Экспериментальные динамические модели переноса солей в почвах. Полевое моделирование процессов массообмена в почвах.

#### **Тема 5. Экспериментальное изучение кислотно-основных свойств почв**

Подходы и методы проведения модельных опытов при изучении кислотно-основных свойств почв, их преимущества и ограничения. Лабораторные опыты в статических и динамических условиях. Изменение почв под действием кислых осадков в условиях модельных

полевых и лабораторных экспериментов (величины рН, состава обменных катионов, ЕКО, органического вещества, несиликатных соединений Fe и Al, минералогического состава илистой фракции, состава почвенного раствора, показателей биологической активности в почвах разных типов при различных кислотных нагрузках).

Определение кислотно-основной буферности почв. Понятия емкости и интенсивности буферности. Быстро и медленно протекающие буферные реакции. Непрерывное и равновесное потенциметрическое титрование как метод оценки кислотно-основной буферности почв. Основные буферные компоненты почв. Возможные механизмы самопроизвольного перехода Н-форм глинистых минералов в форму, насыщенную Al.

#### **Тема 6. Экспериментальное изучение окислительно-восстановительных условий в почвах**

Окислительно-восстановительные системы в почвах. Окислительно-восстановительные равновесия в почвах. Степени окисления минеральных, органических компонентов и гумусовых кислот. Железо, азот, сера, медь, марганец, органические соединения, их состояние в почве в зависимости от окислительно-восстановительного потенциала. Окислительно-восстановительные реакции и процессы в почвах. Влияние различных факторов на окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) почв. Влияние температуры, аэрации, влажности на ОВП почв. Влияние жизнедеятельности аэробных и анаэробных микроорганизмов на ОВП. Окислительно-восстановительный режим почв. Экспериментальное изучение динамики окислительно-восстановительного потенциала в почвах. Окислительно-восстановительная буферность почв.

#### **Тема 7. Методы оценки состояния и динамики газовой фазы почв.**

Определение дыхания почв (классические и современные подходы). Использование портативных универсальных газоанализаторов для определения содержания газообразных компонентов в почвах и их эмиссии (поглощения). Конструкции пробоотборников газовой фазы почв. Анализ межфазных взаимодействий (лабораторные эксперименты). Использование лабораторных и полевых методов определения биогенной продукции и поглощения газов почвами, модификация метода инкубирования в закрытых флаконах с термодесорбцией для определения продуцирования CO<sub>2</sub>.

#### **Тема 8. Полевое экспериментальное моделирование. Изучение поведения химических элементов в биогеохимических процессах.**

Требования к полевому опыту. Виды полевых опытов. Особенности условий проведения полевого опыта, выбор и подготовка земельного участка. Особенности условий проведения полевого опыта. Выбор и подготовка земельного участка для опыта. Число вариантов. Повторность и повторение. Размещение вариантов в полевом опыте. Классификация методов размещения вариантов. Планирование полевого эксперимента. Техника закладки и проведения полевых опытов. Разбивка опытного участка. Полевые работы на опытном участке. Первичная обработка данных. Документация и отчетность в научно-исследовательской работе

### *План проведения лабораторных занятий*

1. Методы экспериментального физико-химического моделирования систем и процессов в условиях, близких к природным.
2. Моделирование поведения карбонатно-кальциевой системы почв.
3. Моделирование миграции и трансформации тяжелых металлов и металлоидов в почвах.
4. Статическое и динамическое моделирование процессов ионного обмена в почвах.
5. Лабораторное изучение кислотно-основной буферности почв.
6. Экспериментальное моделирование окислительно-восстановительных процессов в почвах.
7. Использование лабораторных и полевых методов изучения факторов формирования состава газовой фазы почв.
8. Проведение полевого опыта.

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

Текущая аттестация. Устный опрос

*Примерный перечень вопросов для устного опроса:*

1. Геохимические процессы и системы в наземных ландшафтах.
2. Геохимические классификации химических элементов. Средство химических элементов к кислороду и сере. Семейства химических элементов.
3. Миграция химических элементов. Формы нахождения химических элементов в наземных экосистемах.
4. Внутренние факторы миграции химических элементов.
5. Внешние факторы миграции химических элементов. Роль температуры и давления.
6. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия и их роль в миграции химических элементов в ландшафтах.
7. Механизм массопереноса химических элементов при их миграции. Диффузия, инфильтрация.
8. Классификация физико-химических геохимических барьеров. Примеры.
9. Геохимические процессы в окислительном и глеевом ландшафтах.
10. Геохимия поверхностных вод
11. Геохимия почвенных и грунтовых вод
12. Роль растворенного кислорода и углекислоты в наземных ландшафтно-геохимических системах.
13. Карбонатно-кальциевая система равновесий
14. Поведение химических элементов в зоне окисления сульфидсодержащих отвалов.
15. Поведение химических элементов при орошении в почвах аридной зоны.
16. Геохимическая трансформация почв аридных и гумидных ландшафтов при разливе сырой нефти
17. Геохимическая трансформация почв при аридных и гумидных ландшафтов разливе сточных вод .
18. Роль организмов в миграции и накоплении химических элементов.

19. Биофильность элементов, ряды накопления и захвата химических элементов.
20. Окислительно-восстановительные системы в почвах.
21. Как влияет окислительно-восстановительный потенциал на поведение азота, железа, марганца, серы.
22. Понятия окислительно-восстановительный режим почвы.
23. Какие факторы влияют на окислительно-восстановительный режим в почвах.

### **Промежуточная аттестация – устный экзамен**

#### *Примерный перечень вопросов для экзамена*

1. Понятие о природной системе. Структура систем, элементы и формы отношений (связей) между элементами.
2. Динамичность ландшафтно-геохимических систем
3. Содержание понятия научный метод, почвенный метод, общие и частные методы.
4. Стационарный метод, его суть и возможности.
5. Метод моделирования (физического, математического), его суть и возможности.
6. Потенциальная буферная способность почв по отношению к металлам, методы определения.
7. Особенности организации и основные виды состояний почвенно-геохимических систем.
8. Изучение состояния и форм нахождения химических элементов во всех компонентах ландшафтно-геохимических систем.
9. Карбонатно-кальциевая система почв. Закономерности формирования карбонатного профиля почв.
10. Растворение и осаждение карбонатов в почвах. Влияние антропогенных факторов на миграцию и аккумуляцию карбонатов в почвах
11. Подходы и методы проведения модельных опытов при изучении кислотно-основных свойств почв, их преимущества и ограничения.
12. Кислотно-основная буферность почв. Понятия емкости и интенсивности буферности.
13. Экспериментальное моделирование воздействия солей на почвы.
14. Экспериментальное исследование воздействия углеводов на почвы.
15. Экспериментальное исследование воздействия компонентов ракетного топлива на почвы.
16. Экспериментальное изучение влияния состава почвенного воздуха на состояние карбонатно-кальциевой системы почв.
17. Экспериментальное изучение динамики окислительно-восстановительного потенциала в почвах.
18. Окислительно-восстановительная буферность почв.
19. Оценка достоверности аналитических данных.
20. Воспроизводимость и правильность: факторы их определяющие.
21. Классификация ошибок.

## Шкала и критерии оценивания

| Оценка   | Неудовлетворительно | Удовлетворительно                              | Хорошо   | Отлично   |
|--|---------------------|--|--|---|
| РО и соответствующие виды оценочных средств  |                     |  |  |   |
| <b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные опросы, контрольные работы, тесты)                       | Отсутствие знаний   | Фрагментарные знания                           | Общие, но не структурированные знания  | Сформированные систематические знания                           |
| <b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания, реферат)                      | Отсутствие умений   | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера) | Успешное и систематическое умение                               |
| <b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания) | Отсутствие навыков  | Наличие отдельных навыков                      | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме                               | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

## 8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы,

Основная литература:

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с., ил. - (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
2. Кречетов П.П. Формы соединений кальция в черноземах. – М.: географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова Москва, 2017. 188 с.
3. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И., Иванова С.Е. Изменение лесных суглинистых подзолистых почв под влиянием кислых осадков и кислотности-основность подзолистых почв. Изд. МГУ, М., 2001, -208 стр.
4. Щербина В.В. Миграция химических элементов и процессы минералообразования. М., 1972. 352 с.
5. Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности / Н. С. Касимов и др. Рестарт Москва, 2011. 472 с.

*Дополнительная литература:*

1. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М., «Колос», 1982, 247 с.
2. Орлов Д. С. Химия почв. М., МГУ, 1992, 400 с.
3. Перельман А.И. Геохимия. М., 1979,1989.
4. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. М.МГУ 2001.
5. Роде А.А. Почвообразовательные процессы и их изучение стационарным методом, 1976. В кн.: Принципы организации и методы стационарного изучения почв. Изд-во "Наука", Москва, с. 5-33.
6. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении, 1971. Изд-во "Наука", Новосибирск, 92 С.
7. Смагин А.В. Газовая фаза почв. М. МГУ, 1999.
8. Соколова Т.А., Дронова Т.Я. Изменение почв под влиянием кислотных выпадений Изд. МГУ, М.,1993 -64 стр.
9. Спозито Г.. Термодинамика почвенных растворов. Л., «Гидрометиздат», 1984, 240 с.
10. Харвей С. Научное объяснение в географии, 1974. Изд-во "Прогресс", 502 С.

- Перечень лицензионного программного обеспечения

Windows 10

Microsoft Office

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- реферативная база данных издательства Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

- поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

- электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

Лабораторные помещения эколого-геохимического научно-образовательного центра географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, которые оснащены современным аналитическим оборудованием.

9. Язык преподавания: русский

Занятия проводятся в помещении эколого-геохимического научно-образовательного центра географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, который оснащен современным аналитическим оборудованием.

10. Преподаватель: Кречетов Павел Петрович, доцент кафедры геохимии ландшафтов и географии почв

11. Разработчик программы: Кречетов Павел Петрович, доцент кафедры геохимии ландшафтов и географии почв