

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

УТВЕРЖДАЮ
Декана геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
чл.-корр. РАН Ерёмин Н.Н.



«25» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины

**В-ПД Физико-химические методы изучения компонентов эколого-
геологических систем**

**Уровень высшего образования:
Магистратура (ИМ)**

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Профиль программы магистратуры:

Экологическая геология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 6 от 8 сентября 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.01 «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*), утвержден приказом МГУ от 30 декабря 2020 г. № 1379 (в действующей редакции).

Год (годы) приема на обучение – 2025.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса «Физико-химические методы изучения компонентов эколого-геологических систем» является ознакомление студентов, обучающихся по направлению экологическая геология с практическими основами методов изучения химического и минерального состава компонентов эколого-геологических систем (ЭГС) и экологической интерпретации результатов, как одной из составляющих эколого-геологического анализа изменения техногенно-осваиваемых территорий.

Задачи - Основными задачами курса являются: ознакомление магистрантов с экспериментальной базой наиболее экспрессных аналитических методов анализа компонентов ЭГС; освоение аналитического определения и расчета содержания химических элементов и соединений в анализируемых образцах; формирование представления об экологической интерпретации экспериментально полученных данных.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – относится к вариативной части, является дисциплиной по выбору. 1 курс, 1 семестр.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

базируется на знаниях по дисциплинам «Общая химия», «Минералогия с основами кристаллографии», «Петрография», «Литология», «Основы гидрогеологии», «Грунтоведение», «Аналитическая химия», «Основы коллоидной химии», «Инструментальные методы анализа вещества».

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-2.М. на уровне магистратуры (формируется частично).	ОПК-2. М. Применяет на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки при решении задач профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> общие закономерности формирования химического состава грунтов, почв и техногенных образований. <i>Уметь:</i> грамотно подготовить образцы компонентов эколого-геологических систем для анализа. <i>Владеть:</i> приемами работы на современном аналитическом оборудовании.
ОПК-7.М. на уровне магистратуры	ОПК-7.М. - Знает технические характеристики и возможности основных современных видов научного и технического оборудования, используемого в работах по направленности подготовки. - Анализирует варианты решения поставленной задачи, и выбирает оптимальный вариант с позиций доступности оборудования и экономических затрат. - Имеет базовые практические навыки работы с современным оборудованием, применяемым в работах по направленности подготовки.	<i>Знать:</i> технические характеристики и возможности основных современных видов научного и технического оборудования, используемого для решения эколого-геологических исследований. <i>Уметь:</i> выбирать вариант анализа с позиций доступности оборудования и экономических затрат. <i>Владеть:</i> базовыми практическими навыками работы с современным оборудованием, применяемым в работах по профилю подготовки.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., 108 академических часов, в том числе 56 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (28 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – практические занятия, 14 часов – семинарские занятия), 52 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе рассматриваются теоретические основы современных физико-химических методов изучения компонентов эколого-геологических систем. Изучаются особенности пробоподготовки различных образцов с учетом планируемого вида анализа. Дается оценка возможностей и ограничения различных инструментальных методов анализа твердой, жидкой и газообразной компонент грунтов. Студенты осваивают методику определения и расчета концентрации химических элементов, базовые основы эколого-геологической интерпретации полученных результатов.

5. 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 (выполнение практических работ), часы			
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Теоретические основы пробоподготовки почв, грунтов и поровых растворов к анализу.	9	4		1	5		4		4
Раздел 2. Химические (классические) методы анализа состава грунтов.	14	4	4	2	10	2	2		4
Текущая аттестация 1: <i>контрольная работа</i>	4			1	1			3	3
Раздел 3. Кислотно-основные свойства грунтов и почв.	12	4	2	2	8	4			4
Раздел 4. Электрохимические методы анализа состава грунтов.	9	4	2	1	7		2		2
Раздел 5. Спектроскопические методы анализа состава грунтов.	15	4	2	1	7	4	4		8

Текущая аттестация 2: <i>контрольная работа</i>	4			1	1			3	3
Раздел 6. Термические методы анализа.	11	2		1	3	4	4		8
Раздел 7. Хроматографические методы анализа.	7	2		1	3		4		4
Текущая аттестация 3: <i>контрольная работа</i>	5			1	1			4	4
Раздел 8. Рентгенофлуоресцентный анализ грунтов.	18	4	4	2	10	2	6		8
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>		<i>Устный экзамен</i>							
Итого	108	56				52			

*Текущий контроль успеваемости (тестовые опросы) проводится в рамках семинарских занятий.

Содержание лекций, лабораторных и семинарских занятий

Содержание лекций

Раздел 1. Теоретические основы пробоподготовки почв, грунтов и поровых растворов к анализу.

Грунты – как объекты химического анализа. Общие требования к отбору почвенных и грунтовых проб, пробоотбор донных осадков. Методика отбора грунтовых и поверхностных вод. Методы консервации и хранения проб почв, грунтовых вод, илов и осадков сточных вод. Предварительная обработка почвенных проб перед физико-химическим анализом. Предварительная обработка проб илов и осадков сточных вод.

Раздел 2. Химические (классические) методы анализа состава грунтов.

Гравиметрические методы. Сущность метода. Образование осадка. Коллоидное состояние. Старение осадка. Загрязнение осадка. Условия получения осадка. Применение гравиметрических методов. Методы отгонки.

Титриметрические методы. Сущность титриметрии. Виды анализа: прямое титрование, обратное титрование, титрование с заместителем. Стандартные растворы. Кривые титрования. Кислотно-основное титрование. Окислительно-восстановительное титрование. Комплексонометрическое титрование. Осадительное титрование. Кинетические методы анализа.

Раздел 3. Кислотно-основные свойства грунтов и почв.

Концепция кислотно-основной буферности (КОБ) почв и грунтов. Классификации кислотных буферных зон Ульриха и Швертмана. Классификация щелочных буферных зон Е.Н. Самарина, С.Д. Воронкевича и Н.А. Ларионовой. Потенциометрическое титрование – как основной метод экспериментальной оценки КОБ. Расчет величины КОБ по результатам химического и минерального анализа почв и грунтов.

Раздел 4. Электрохимические методы анализа состава грунтов.

Общие вопросы. Электрохимическая ячейка. Жидкостное соединение электрохимической ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Гальванический элемент. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Общая классификация электрохимических методов.

Потенциометрия: измерение потенциала, индикаторные электроды, ионометрия, потенциометрическое титрование. Кулонометрия: прямые и косвенные кулонометрические определения, кулонометрическое титрование. Вольтамперометрические методы: общие вопросы, классическая полярография, вольтамперометрия, импульсная полярография, переменного-тока полярография, амперометрические титрование. Другие электрохимические методы: кондуктометрия, электрогравиметрия.

Раздел 5. Спектроскопические методы анализа состава грунтов.

Общие положения. Получение и регистрация спектров. Методы атомной спектроскопии: атомно-эмиссионные, атомно-флуоресцентные, атомно-абсорбционные. Рентгеновская и электронная спектроскопия. Методы молекулярной спектроскопии: молекулярная абсорбционная спектроскопия в видимой и УФ-областях, люминесценция, ИК-спектроскопия, микроволновая спектроскопия, радиоспектроскопические методы анализа, нефелометрия и турбидиметрия, мессбауэровская спектроскопия. Масс-спектроскопические методы: сущность, анализ органического вещества, элементный анализ.

Раздел 6. Термические методы анализа.

Термогравиметрия. Термический анализ. Термотитриметрия. Другие термические методы. Термометрические характеристики наиболее распространенных минералов.

Раздел 7. Хроматографические методы анализа.

Классификация хроматографических методов. Способы получения хроматограмм. Хроматографические параметры. Теория хроматографического разделения. Аппаратура и обработка хроматограмм. Газовая хроматография. Жидкостная колоночная.

Раздел 8. Рентгенофлуоресцентный анализ грунтов.

Основы рентгенофлуоресцентного анализа твердых образцов. Рентгенофлуоресцентный спектрометр «СПЕКТРОСКАН. MAX.GV»: устройство,

принцип действия, основные характеристики. Качественный анализ. Полуколичественный и количественный анализы.

Содержание семинарских занятий

Занятие 1. Нормативно-методическая база химического анализа грунтов и подземных вод.

Занятие 2. Техника расчета аналитических погрешностей химического анализа компонентов поровых растворов.

Занятие 3. Построение кривых потенциометрического титрования и расчет диаграмм кислотно-основной буферности глинистых грунтов.

Занятие 4. Расчет результатов анализа водной, солянокислой и щелочной вытяжек глинистых грунтов.

Занятие 5. Расшифровка результатов рентгеноструктурного анализа глинистого грунта. Определение степени кристалличности глинистых минералов.

Занятие 6. Расшифровка дериватограмм глинистых минералов, глинистого и скального грунтов полиминерального состава.

Занятие 7. Методика рентгенофлуоресцентного анализа растворов и грунтов на анализаторе «СПЕКТРОСКАН.MAX.GV».

Содержание практических занятий

Занятие 1-2. Анализ водной вытяжки глинистого грунта.

Занятие 3. Анализ солянокислой вытяжки глинистого грунта.

Занятие 4. Потенциометрическое титрование суспензии глинистого грунта.

Занятие 5. Анализ пробы подземных вод атомно-адсорбционным методом.

Занятие 6. Рентгенофлуоресцентный анализ. Качественный анализ образца почвенного раствора.

Занятие 7. Рентгенофлуоресцентный анализ. Количественный анализ глинистого грунта.

6. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных лабораторных работ и при проведении контрольных опросов на семинарских занятиях.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

Лабораторная работа 1-2:

1. Виды вытяжек и их назначение.
2. Единицы выражения содержания вещества в твердом компоненте.
3. Единицы выражения содержания вещества в жидком компоненте.
4. Техника приготовления водной вытяжки.
5. Методы определения ионного состава водной вытяжки.

Лабораторная работа 3:

1. Техника приготовления солянокислой вытяжки.
2. Методы определения ионного состава водной вытяжки.
3. Методы расчета состава труднорастворимых солей.
4. Ошибки, влияющие на результаты анализа солянокислой вытяжки.

Лабораторная работа 4:

1. Задачи анализа грунтов методом потенциометрического титрования.
2. Техника расшифровки кривых потенциометрического титрования.
3. Что такое скачок титрования.
4. Что такое плечо буферности.

Лабораторная работа 5:

1. Сущность метода атомной спектроскопии.

2. Классификация методов атомной спектроскопии.
3. Стандарты химических веществ и техника приготовления калибровочных растворов.
4. Техника разбавления пробы подземных вод.
5. Факторы, мешающие проведению анализа.

Лабораторная работа 6:

1. Сущность метода рентгеновской флуоресценции.
2. Что такое атомный спектр образца.
3. Методика приготовления образцов для анализа.
4. Техника расшифровки атомных спектров образцов грунтов.
5. Анализ индивидуального пика.
6. Техника полуколичественного анализа.

Лабораторная работа 7:

1. Стандартные образцы для построения калибровочных кривых.
2. Методы нивелирования матричного эффекта при анализе проб грунтов.
3. Расчет ошибок определения содержания химических элементов.
4. Техника разбавления пробы грунта и методика приготовления разбавляющей смеси.

Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости на семинарских занятиях:

1. Назовите основные нормативные документы, регламентирующие химические анализ грунтов.
2. Какие свойства осадка определяют его пригодность в качестве осаждаемой формы.
3. Как влияет относительное пересыщение раствора на форму получающегося осадка.
4. Назовите наиболее эффективные методы очистки осадка от примесей.
5. Укажите основные причины потерь при промывании кристаллических и аморфных осадков.
6. Применение гравиметрических методов.
7. Какова роль кривых титрования.
8. Назовите факторы, влияющие на вид кривой титрования.
9. Приведите примеры симметричных и асимметричных кривых окислительно-восстановительного титрования.
10. Приготовление стандартных растворов.
11. В каком случае применяют обратное титрование.
12. Основные классификации кислотных и щелочных буферных зон в глинистых грунтах.
13. Каковы принципы, положенные в основу кинетических методов в их каталитическом и некаталитическом вариантах.
14. Каково происхождение аналитического сигнала в электрохимических методах анализа.
15. Какие критерии положены в основу классификации электрохимических методов анализа.
16. Назовите основные требования к индикаторному электроду.
17. Назовите основные требования к электроду сравнения.
18. Назовите основные источники погрешностей при измерении рН стеклянным электродом и причины их возникновения.
19. Дайте определение спектроскопических методов анализа.
20. Перечислите наиболее важные параметры электромагнитного излучения.
21. Дайте определение пропускания, поглощения, оптической плотности.
22. Перечислите основные атомно-эмиссионные и атомно-адсорбционные методы.
23. Сформулируйте основные законы светопоглощения, используемые для спектрофотометрических соединений.
24. Сформулируйте особенности экспериментального определения веществ по микроволновым спектрам.
25. В каких областях химического анализа природных объектов целесообразно использовать масс-спектрометрические методы.
26. Какие элементарные частицы используют для облучения в радиоактивном анализе.

27. Какую информацию можно получить с помощью термических методов анализа.
28. В чем преимущества элюентной хроматографии перед фронтальной и вытеснительной.
29. Назовите источники систематических погрешностей при хроматографических определениях.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Общая классификация аналитических методов исследования состава грунтов и подземных вод.
2. Нормативно-методическая база химического анализа грунтов и подземных вод.
3. Особенности анализа геологических объектов и объектов окружающей среды.
4. Метрологические основы химического анализа грунтов.
5. Методы маскирования, разделения и концентрирования.
6. Общая характеристика гравиметрического анализа.
7. Общая характеристика объемного анализа.
8. Потенциометрическое титрование грунтовых суспензий: возможности, техника анализа, интерпретация данных анализа.
9. Основные классификации кислотных и щелочных буферных зон в глинистых грунтах.
10. Общая классификация электрохимических методов анализа.
11. Общая классификация спектроскопических методов анализа.
12. Методы атомной спектроскопии.
13. Методы молекулярной спектроскопии.
14. Масс-спектрометрические методы.
15. Методы анализа, основанные на радиоактивности.
16. Термические методы анализа.
17. Классификации хроматографических методов анализа.
18. Способы получения хроматограмм и хроматографические параметры.
19. Теории хроматографического разделения.
20. Газовая хроматография.
21. Жидкостная колоночная хроматография.
22. Плоскостная хроматография.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (экзамен)

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретические основы современных методов исследования состава грунтов (<i>устный опрос</i>).	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: методически грамотно выбирать оптимальный набор методов для изучения состава грунтов (<i>устный опрос</i>).	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное умение, но содержащее отдельные пробелы	Успешное умение методически грамотно выбирать оптимальный набор методов для изучения состава грунтов.
Владение: методами эколого-геологической	Навыки владения методами	Фрагментарное владение методами	В целом сформированные навыки	Владение основными методами эколого-

интерпретации данных о составе грунтов (<i>устный опрос</i>).	эколого-геологической интерпретации данных о составе грунтов отсутствуют	эколого-геологической интерпретации данных о составе грунтов.	использования методов эколого-геологической интерпретации данных о составе грунтов.	геологической интерпретации данных о составе грунтов.
---	--	---	---	---

7. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

-основная литература:

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.1. Общие вопросы. Методы разделения. Учебник для вузов/ Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеев и др./ Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа, 1996. 383 с.
2. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.2. Методы химического анализа. Учебник для вузов/ Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеев и др./ Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа, 1996. 461 с.
3. Лабораторные работы по грунтоведению/ Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: Высшая школа, 2008. 519 с.
4. Теория и практика химического анализа почв/ Под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС. 2006. 400 с.

Дополнительная литература

1. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. М.: Госстандарт России, 2000. 840 с. (библиотека кафедры и читальный зал геологического факультета МГУ).
2. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. М.: Госстандарт России, 2001. 300 с. (библиотека кафедры и читальный зал геологического факультета МГУ).

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель – д.г.-м.н., доцент Самарин Евгений Николаевич (профессор кафедры инженерной и экологической геологии).

10. Разработчик программы: д.г.-м.н., доцент Самарин Е.Н. (профессор кафедры инженерной и экологической геологии).