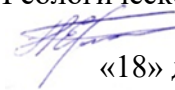


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
декан Геологического факультета
чл.-корр. РАН  /Н.Н.Ерёмин/
«18» декабря 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения
по дисциплине (модулю):
Методы геохимических исследований

Направление подготовки/ специальность:
05.04.01 «Геология»

Магистерская программа:
Литология

Фонд оценочных средств по дисциплине «Методы геохимических исследований» разработан на основе ОС МГУ по специальности/направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденным приказом по МГУ от 21.12.2021 № 1404 (в действующей редакции).

Год (годы) приема на обучение: 2025

1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ПК-6М. Способен использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач.	М.ПК-6. И-1. Имеет представление о современных методах обработки и комплексной интерпретации информации, используемых для решения производственных задач (по профилю подготовки). М.ПК-6. И-2. Применяет методы обработки и комплексной интерпретации информации с использованием стандартных и специализированных программных пакетов.	Знать: правила отбора, хранения, транспортировки и пробоподготовки проб пород, газов и органического вещества для различных видов геохимического анализа (спектрального, рентгеновского, пиролитического, хроматографического); знать основные параметры, получаемые при пироллизе (Rock-Eval, Hawk), газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии (биомаркеры), а также при элементном и рентгенофазовом анализе, типы интерпретационных диаграмм, используемых в геохимии. Уметь: выбирать оптимальную методику пробоподготовки в зависимости от типа анализируемого материала (твердая порода, битумоид, газ) и поставленной геологической задачи. рассчитывать основные геохимические коэффициенты и параметры, использовать справочные базы данных для идентификации соединений. Владеть: навыками построения и чтения геохимических графиков и схем для визуализации

		распределения элементов и соединений.
М. Способен самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта;	М.ПК-2. И-1. Критически анализирует новейший отечественный и зарубежный опыт научно-исследовательских работ по тематике собственного исследования. М.ПК-2. И-2. Самостоятельно проводит научные исследования с помощью современного оборудования. М.ПК-2. И-3. Обрабатывает полученные результаты, формулирует выводы и рекомендации по использованию полученных результатов. М.ПК-2. И-4. Представляет результаты своей научной деятельности в письменной и устной форме (отчеты, статьи, доклады и презентации)..	Знать: физико-химические принципы работы современного оборудования и их аналитические возможности, современные программные продукты для обработки геохимических данных и базы данных. Уметь: разрабатывать схему геохимического исследования для решения конкретной научной задачи, обосновывая выбор метода. Владеть: навыками критического анализа полученных результатов путем сопоставления с опубликованными данными по аналогичным объектам в отечественной и зарубежной литературе.
СПК-2М (6). Способен проводить лабораторные исследования осадочных образований, как традиционными, так и новейшими методами анализа, в том числе рентгеновскими, микронзондовыми, изотопными, электронно-микроскопическими.	И-1. Выполняет исследования вещественного состава осадочных пород комплексом методов. И-2. Применяет новейшие методы геохимического анализа.	Знать: устройство основных узлов газового хроматографа, пиролитической приставки, масс-спектрометра, рентгеновского дифрактометра и атомно-эмиссионного спектрометра. Уметь: понимать технические регламенты работы на приборах, продемонстрированных в курсе (Agilent 8890-5977B, Hawk, Rock-Eval, MiniFlex 600). проводить стандартные аналитические процедуры (ввод пробы в хроматограф, настройка параметров пиролиза) под руководством оператора.

		Владеть: навыками подготовки образцов для различных видов анализа (измельчение для XRF/XRD, приготовление препаратов для РЭМ, экстракция битумоидов, пробоподготовка для ГХ-МС анализа).
СПК-4М (6). Способен проводить экспертные работы в области нефтяной геологии и обеспечивать сопровождение прогнозирования, поисков и разведки месторождений углеводородного сырья комплексными литологическим исследованиями с использованием приемов моделирования.	И-1. Оценивает нефтегенерационный потенциал осадочных бассейнов на основе геохимических данных. И-2. Использует геохимические данные для бассейнового моделирования и прогноза зон нефтегазонакопления. И-3. Применяет геохимические методы поисков на разных стадиях ГРП.	Знать: методы оценки типа, зрелости и генерационного потенциала органического вещества (керогена) по данным пиролиза и элементного анализа. Знать роль геохимических данных как входных параметров для 1D, 2D и 3D бассейнового моделирования. Знать принципы геохимических поисков месторождений по первичным и вторичным ореолам рассеяния, геохимические барьеры. Уметь: определять стадии катагенеза ОВ, идентифицировать нефтематеринские породы и оценивать их потенциал на основе геохимических параметров, интерпретировать геохимические поля и аномалии для локализации перспективных участков при прогнозировании и поисках УВ-сырья.

		Владеть: навыками подготовки геохимической информации для программ бассейнового моделирования с целью реконструкции истории генерации и миграции УВ.
--	--	---

2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при защите рефератов с презентацией, при контрольном тестировании и контрольных опросах.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

Вопрос 1. На какой стадии геохимического исследования возникает наибольший риск искажения результатов, который невозможно исправить впоследствии никакими лабораторными методами?

1. На этапе выбора метода анализа (XRF или ICP-MS).
2. На этапе математической обработки данных.
3. На этапе отбора и хранения проб.
4. На этапе построения графиков и диаграмм.

Вопрос 2. Какая пара методов используется для определения происхождения природного газа (микробное / термогенное) и степени его зрелости?

1. РФЛА + РСА.
2. ГХ (газовая хроматография) + изотопия углерода ($\delta^{13}\text{C}$).
3. АЭС + ААС.
4. РЭМ + LA-ICP-MS.

Вопрос 3. Какой параметр, получаемый методом пиролиза Rock-Eval, характеризует степень преобразованности (зрелости) органического вещества?

1. Водородный индекс (HI).
2. Содержание общего органического углерода (TOC).
3. Температура максимального выхода углеводородов (T_{max}).
4. Кислородный индекс (OI).

Вопрос 4. Для решения какой прикладной задачи наиболее эффективно используется анализ углеводородов-биомаркеров (хемофоссилий) методом хромато-масс-спектрометрии (GC-MS)?

1. Для определения абсолютного возраста вмещающих пород.
2. Для корреляции «нефть-материнская порода» и оценки степени биodeградации.
3. Для определения содержания петрогенных оксидов (SiO_2 , Al_2O_3).
4. Для изучения морфологии кристаллов.

Вопрос 5. Какой метод является «золотым стандартом» для определения полного химического состава горной породы по петрогенным элементам (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P)?

1. Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF).
2. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС).
3. Газовая хроматография (ГХ).
4. Пиролиз (Rock-Eval).

Вопрос 6. Вам необходимо определить содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) в единичном включении в минерале размером 50 микрон, не извлекая это включение. Какой метод вы выберете?

1. Рентгеноструктурный анализ (XRD).
2. Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) с предварительным растворением пробы.
3. Лазерная абляция в сочетании с масс-спектрометрией (LA-ICP-MS).
4. Классический силикатный анализ (мокрая химия).

Вопрос 7. С помощью какого детектора газовой хроматографии можно определить только УВ газы?

1. Детектор по теплопроводности (ДТП).
2. Пламенно-ионизационный детектор (ПИД).
3. Пламенно-фотометрический детектор (ПФД).
4. Детектор электронного захвата (ДЭЗ).

Вопрос 8. Что такое «геохимический ореол рассеяния»?

1. Зона, где полезное ископаемое выходит непосредственно на поверхность.
2. Зона вторичного обогащения руд в зоне окисления.
3. Зона повышенных концентраций элементов-индикаторов во вмещающих породах или рыхлых отложениях вокруг рудного тела.
4. Процесс рассеивания хвостов обогащения в речной сети.

Вопрос 9. Какой метод позволяет одновременно получить информацию об элементном составе (спектр) и визуализировать распределение элементов по поверхности минерала (карта)?

1. Рентгеноструктурный анализ (XRD).
2. Растровая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализатором (SEM-EDS).
3. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС).
4. Пиролиз (Rock-Eval).

Вопрос 10. Что является ВХОДНЫМИ данными для построения 1D бассейновой модели?

1. Только данные сейсморазведки.
2. Мощности и возраст стратиграфических подразделений, типы литологии, геохимические параметры (ТОС, HI) и тепловой поток.
3. Только данные о пористости и проницаемости коллекторов.
4. Результаты анализа биомаркеров из нефти.

Ключи к тесту:

1. (3)
2. (2)
3. (3)
4. (2)
5. (1)
6. (3)
7. (2)
8. (3)
9. (2)
10. (2)

2.2. Самостоятельная работа

Индивидуальная работа студентов заключается в подготовке рефератов и презентаций по ним.

Примерный перечень тем рефератов (не менее 10 тем):

1. Эволюция методов геохимического анализа. Сравнительный анализ возможностей, точности и областей применения разных методов.
2. Пробоподготовка как критический этап геохимического исследования: анализ рисков и способов минимизации искажений.
3. Геохимия природных газов: методы изучения молекулярного и изотопного состава и их роль в расшифровке генезиса углеводородов.
4. Пиролиз Rock-Eval как экспресс-метод оценки нефтегенерационного потенциала: информативность параметров и ограничения метода.
5. Биомаркеры в геохимии нефти: использование хромато-масс-спектрометрии (GC-MS) для корреляции «нефть–нефть» и «нефть–материнская порода».
6. Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF) в современной геологии: от полевых портативных анализаторов до лабораторных волнодисперсионных спектрометров.
7. Лазерная абляция (LA-ICP-MS) как метод локального in-situ анализа: принципы, возможности и примеры применения в минералогии и петрологии.
8. Геохимические методы поисков месторождений: изучение литохимических, гидрохимических и биогеохимических ореолов рассеяния.
9. Бассейновое моделирование (1D–3D) как инструмент интеграции геохимических и геологических данных при прогнозе нефтегазоносности.
10. Современные комбинированные методы исследования вещества: растровая электронная микроскопия (SEM-EDS) и рентгеноспектральный микроанализ (EPMA) в изучении минералов и руд.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачет):

1. От каких факторов зависит выбор оптимального метода геохимического анализа при решении конкретной геологической задачи? Приведите пример, когда для изучения одного и того же объекта потребуются разные методы.
 2. Почему этап отбора и подготовки проб считается критическим для достоверности геохимических данных? Опишите основные риски загрязнения или искажения состава на примере проб горных пород и рассеянного органического вещества.
 3. Какие методы используются для определения компонентного состава природных газов и их генезиса? Как отличить микробный газ от термогенного?
 4. Метод пиролиза Rock-Eval. Что означают параметры S1, S2, Tmax и водородный индекс (HI), и как они позволяют оценить тип и зрелость керогена?
 5. Опишите последовательность анализа ОВ пород.
 6. Что такое углеводороды-биомаркеры (хемофоссилии)? Приведите примеры биомаркеров, используемых для корреляции «нефть–материнская порода» и для оценки степени катагенетической преобразованности.
 7. Как по составу органического вещества и продуктам его преобразования можно реконструировать условия осадконакопления (окислительно-восстановительные условия, тип исходной биоты)?
- Шкала и критерии оценивания (шкала и критерии оценивания могут быть едиными (типовыми) для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП)
8. Сравните возможности рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Для определения каких групп элементов (петрогенные, редкие, рассеянные) предпочтителен каждый из методов?
 9. В чем преимущество методов локального анализа (LA-ICP-MS, электронный микрозонд EPMA, SEM-EDS) перед анализом валового состава пробы? В каких геологических

ситуациях их применение обязательно?

10. Какие методы используются для диагностики минерального состава породы, а какие — для определения ее химического состава? Возможно ли совмещение этих задач в одном приборе?

11. Что изучает изотопная геохимия? Объясните разницу между применением стабильных изотопов (O, H, C, S) и радиогенных изотопов (Sr, Nd, Pb) в геологических реконструкциях.

12. В чем заключается принцип геохимических поисков месторождений по вторичным ореолам рассеяния? Какие типы ореолов (литохимические, гидрохимические, атмогеохимические) используются при поисках рудных и углеводородных месторождений?

13. Какие данные служат входными параметрами для 1D бассейнового моделирования? Какой результат позволяет получить такая модель и как он используется в прогнозе нефтегазоносности?

14. Предложите комплекс методов для решения следующей задачи: необходимо определить абсолютный возраст циркона из магматической породы, изучить состав микровключений в нем и установить содержание редкоземельных элементов в самом кристалле. Обоснуйте выбор методов.

2.3. Шкала и критерии оценивания

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания: теоретической геохимии	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения: интерпретировать аналитические данные, оценивать качество данных. читать хроматограммы, масс-спектры, пирограммы Rock-Eval и классифицировать типы керогена по диаграммам Ван-Кревелена.	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)
Навыки (владения, опыт деятельности) базовыми навыками в программах для бассейнового моделирования (типа Petromod) и статистической обработки геохимических выборок (Statistica, R или Python).	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

3. Оценочные средства по промежуточной аттестации

3.1. Зачет

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачет):

3. От каких факторов зависит выбор оптимального метода геохимического анализа при решении конкретной геологической задачи? Приведите пример, когда для изучения одного и того же объекта потребуются разные методы.
 4. Почему этап отбора и подготовки проб считается критическим для достоверности геохимических данных? Опишите основные риски загрязнения или искажения состава на примере проб горных пород и рассеянного органического вещества.
 3. Какие методы используются для определения компонентного состава природных газов и их генезиса? Как отличить микробный газ от термогенного?
 4. Метод пиролиза Rock-Eval. Что означают параметры S1, S2, Tmax и водородный индекс (HI), и как они позволяют оценить тип и зрелость керогена?
 5. Опишите последовательность анализа ОВ пород.
 6. Что такое углеводороды-биомаркеры (хемофоссилии)? Приведите примеры биомаркеров, используемых для корреляции «нефть–материнская порода» и для оценки степени катагенетической преобразованности.
 7. Как по составу органического вещества и продуктам его преобразования можно реконструировать условия осадконакопления (окислительно-восстановительные условия, тип исходной биоты)?
- Шкала и критерии оценивания (шкала и критерии оценивания могут быть едиными (типовыми) для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП)
8. Сравните возможности рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Для определения каких групп элементов (петрогенные, редкие, рассеянные) предпочтителен каждый из методов?
 9. В чем преимущество методов локального анализа (LA-ICP-MS, электронный микрозонд EPMA, SEM-EDS) перед анализом валового состава пробы? В каких геологических ситуациях их применение обязательно?
 10. Какие методы используются для диагностики минерального состава породы, а какие — для определения ее химического состава? Возможно ли совмещение этих задач в одном приборе?
 11. Что изучает изотопная геохимия? Объясните разницу между применением стабильных изотопов (O, H, C, S) и радиогенных изотопов (Sr, Nd, Pb) в геологических реконструкциях.
 12. В чем заключается принцип геохимических поисков месторождений по вторичным ореолам рассеяния? Какие типы ореолов (литохимические, гидрохимические, атмогеохимические) используются при поисках рудных и углеводородных месторождений?
 13. Какие данные служат входными параметрами для 1D бассейнового моделирования? Какой результат позволяет получить такая модель и как он используется в прогнозе нефтегазоносности?
 14. Предложите комплекс методов для решения следующей задачи: необходимо определить абсолютный возраст циркона из магматической породы, изучить состав микровключений в нем и установить содержание редкоземельных элементов в самом кристалле. Обоснуйте выбор методов.

3.2. Экзамен: Нет

3.3. Шкала и критерии оценивания (шкала и критерии оценивания могут быть едиными (типовыми) для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП)

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания: законы распределения элементов (по Гольдшмидту), формы нахождения элементов в земной коре, понятия кларков и геохимических барьеров. Теорию нефтегазоматеринских толщ, стадии литогенеза (диагенез, катагенез), химический состав нефти (алканы, цикланы, арены, гетероатомные соединения). Физические основы метода. Изотопную геохимию.	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения интерпретировать аналитические данные, работать с биомаркерами, выбирать методику.	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 не принципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности): базовые навыки в программах для бассейнового моделирования (типа Petromod) и статистической обработки геохимических выборок (Statistica, R или Python).	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

Разработчик: старший научный сотрудник кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии, к.г.-м.н., Видищева О.Н.