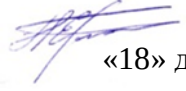


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

**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):  
**Изотопный анализ в морской геологии**

---

**Направление подготовки/ специальность:**  
**05.04.01 «Геология»**

---

**Магистерская программа:**  
**Морская геология**

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «Изотопный анализ в морской геологии» 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)

| №<br>п/<br>п | Код<br>компе<br>тен<br>ции | Содержание<br>компетенции<br>(или ее части)                                                                                                                             | Индикаторы<br>достижения<br>компетенци<br>й                                                                                                                                                                             | Перечень планируемых результатов<br>обучения по дисциплине (модулю),<br>соотнесенных с индикаторами<br>достижения компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                             |             |
|--------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|              |                            |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                         | Знать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Уметь                                                                                                                                       | Владе<br>ть |
| 2            | ОПК-<br>2.М.               | Способен применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки при решении задач профессиональной деятельности. | <b>М.ОПК-2. И-1.</b><br>Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности. | Физико-химические законы, управляющие поведением изотопов легких элементов в природных процессах.. Основные факторы и физико-химические процессы преобразования пород и флюидов в ходе осадконакопления и постседиментационных преобразований осадочного вещества; методы измерения изотопного состава легких элементов в различных природных объектах: вода, морские осадки, аутигенные минералы, углеводородные флюиды и др.; изотопные стандарты, которые используются при анализе | Использовать данные изотопного состава легких элементов для определения условий осадконакопления и диагенетических преобразований вещества. |             |

|   |                    |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                             |  |
|---|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   |                    |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                      | различных<br>легких<br>элементов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                             |  |
| 3 | <b>ОПК-4<br/>М</b> | Способен в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию.                                    | <b>М.ОПК-4. И-2.</b><br>Объективно оценивает полученные результаты, обобщает их, формулирует выводы. | Возможности и ограничения изотопных методов исследования в морской геологии; взаимосвязь и взаимообусловленность геолого-экологических изменений в литосфере и биосфере; практическое применение изотопных методов в морской геологии.                                                                                                                                   | Выполнять интерпретацию изотопных данных (углерод, кислород, водород, сера) вещества осадочных пород и флюидов.                                                                             |  |
| 4 | <b>СПК-2.М</b>     | Способность проводить лабораторные исследования осадочных образований, как традиционным и, так и новейшими методами анализа, в том числе рентгеновским и, микронзондовыми, изотопными, электронно-микроскопическими. | Знает методические приемы изучения осадочных пород с помощью традиционных и высокоточных технологий. | Теоретические основы устройства масс-спектрометров и методов подготовки проб к изотопному анализу; основные задачи и методы изотопной геохимии; возможности и ограничения изотопных методов в морских исследованиях; практическое применение изотопных методов в морской геологии; формулы пересчета изотопных значений для реальных образцов относительно международных | Проводить изотопные исследования морских осадков, осадочных пород, флюидов; выполнять интерпретацию изотопных данных (углерод, кислород, водород, сера) вещества осадочных пород и флюидов. |  |

|  |  |  |  |                            |  |  |
|--|--|--|--|----------------------------|--|--|
|  |  |  |  | и лабораторных стандартов. |  |  |
|--|--|--|--|----------------------------|--|--|

## 2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

### 2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при защите рефератов и контрольных опросах.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

1. Основные физико-химические процессы изотопного фракционирования химических элементов.
2. Принцип масс-спектрометрических измерений. Методика подготовки природных проб к изотопному анализу углерода, кислорода, водорода и серы.
3. Распространенность изотопов Н, С, О и S в природе. Международные стандарты изотопного состава водорода, углерода, кислорода и серы.
4. Способы выражения изотопного состава элементов. Физический смысл относительной единицы дельта ( $\delta$ ).
5. Изотопные характеристики природных вод: морских, пресных, эвапоритовых бассейнов.
6. Основные процессы и этапы разделения изотопов углерода при образовании осадочных и биогенных карбонатов.
7. Факторы, определяющие изотопный состав кислорода осадочных карбонатов.
8. Расчет палеотемператур по изотопным данным.
9. Изотопный состав морских и пресноводных карбонатов, образованных в разных природных условиях.
10. Изотопный состав углерода органического вещества, нефтей и углеводородных газов.
11. Основные источники углерода, кислорода и серы в зоне диагенеза и их изотопные характеристики.
12. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава углерода и кислорода аутигенных карбонатов зоны диагенеза.
13. Сульфат-редукция. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава серы аутигенных пиритов зоны диагенеза.
14. Катагенез погружения: эволюция изотопных углекислотно-водных систем.
15. Катагенез погружения: преобразование органического вещества, изотопный состав углерода CO<sub>2</sub> зоны катагенеза.
16. Изотопный состав аутигенных карбонатов зоны катагенеза осадочно-породных бассейнов.
17. Инфильтрационные процессы: изотопный состав углерода и кислорода вторичных карбонатов.
18. Почвенные карбонаты: изотопный состав и факторы, его определяющие.
19. Гравитационно-рассольный катагенез: доломитизация, изотопные характеристики доломитов.

### 2.2. Самостоятельная работа

*Примерный перечень тем рефератов (не менее 10 тем):*

1. Основные физико-химические процессы изотопного фракционирования химических элементов.
2. Изотопные характеристики природных вод: морских, пресных, эвапоритовых бассейнов.
3. Основные процессы и этапы разделения изотопов углерода при образовании осадочных и биогенных карбонатов. Факторы, определяющие их изотопный состав.
4. Изотопный состав углерода органического вещества, нефтей и углеводородных газов.
5. Основные источники углерода, кислорода и серы в зоне диагенеза и их изотопные характеристики.
6. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава углерода и кислорода аутигенных карбонатов зоны диагенеза.
7. Сульфат-редукция. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава серы аутигенного пирита зоны диагенеза.
8. Катагенез погружения: эволюция изотопных углекислотно-водных систем.
9. Катагенез погружения: преобразование органического вещества, изотопный состав углерода  $\text{CO}_2$  зоны катагенеза.
10. Инфильтрационные процессы: изотопный состав углерода и кислорода вторичных карбонатов. Почвенные карбонаты: изотопный состав и факторы, его определяющие.
11. Основные физико-химические процессы изотопного фракционирования химических элементов.
12. Изотопные характеристики природных вод: морских, пресных, эвапоритовых бассейнов.
13. Основные процессы и этапы разделения изотопов углерода при образовании осадочных и биогенных карбонатов. Факторы, определяющие их изотопный состав.
14. Изотопный состав углерода органического вещества, нефтей и углеводородных газов.
15. Основные источники углерода, кислорода и серы в зоне диагенеза и их изотопные характеристики.
16. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава углерода и кислорода аутигенных карбонатов зоны диагенеза.
17. Сульфат-редукция. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава серы аутигенного пирита зоны диагенеза.
18. Катагенез погружения: эволюция изотопных углекислотно-водных систем.
19. Катагенез погружения: преобразование органического вещества, изотопный состав углерода  $\text{CO}_2$  зоны катагенеза.
20. Инфильтрационные процессы: изотопный состав углерода и кислорода вторичных карбонатов. Почвенные карбонаты: изотопный состав и факторы, его определяющие.
21. Связь стабильности атомных ядер с распространенностью изотопов в Солнечной системе.
22. Правила Оддо-Гаркинса и изотопный состав земной коры.
23. Кинетический и термодинамический изотопные эффекты: физико-химическая природа различий.
24. Международные эталоны в изотопной геохимии: от PDB до современных стандартов МАГАТЭ.

25. Роль биологического фракционирования в формировании изотопного состава углерода биосферы.
26. Изотопная палеотермометрия: история метода и современные калибровки по карбонатам.
27. Различия изотопного состава кислорода и углерода в морских и пресноводных бассейнах.
28. Изотопная геохимия водорода и кислорода в некарбонатных минералах (глины, кварц, полевые шпаты).
29. Генетические типы нефтей по данным изотопного состава углерода фракций.
30. Фракционирование изотопов серы при бактериальной сульфатредукции в осадках.
31. Изотопные маркеры диагенеза карбонатных илов: как меняется первичный сигнал.
32. Перераспределение стабильных изотопов при катагенезе терригенных толщ.
33. Влияние элизионных процессов на изотопный состав поровых вод и вмещающих пород.
34. Изотопная зональность минералообразования в условиях инфильтрационного катагенеза.
35. Роль рассолов в трансформации изотопного состава кислорода и серы при глубоком погружении пород.
36. Устройство и принцип работы магнитного секторного масс-спектрометра.
37. Методы ввода проб Gas Bench и элементного анализатора (EA) в изотопном анализе.
38. Применение газовой хроматографии для разделения смесей перед изотопным масс-спектрометрическим анализом.
39. Проблемы пробоподготовки карбонатных образцов для определения микропримесей изотопов.
40. Интерпретация изотопных данных при реконструкции обстановок древнего осадконакопления.
- 41.

### 2.3. Шкала и критерии оценивания

| Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств                                                                                             | «Неудовлетворительно» | «Удовлетворительно»  | «Хорошо»                              | «Отлично»              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Знания.</b><br><b>Знать:</b><br>физико-химические законы, управляющие поведением изотопов легких элементов в природных процессах. Основные факторы и | Знания отсутствуют    | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Систематическое знание |

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                                                                                                         |                                                           |                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <p>физико-химические процессы преобразования пород и флюидов в ходе осадконакопления и литогенеза; методы измерения изотопного состава легких элементов в различных природных объектах; изотопные стандарты, которые используются при анализе различных легких элементов.</p> |                                    |                                                                                                         |                                                           |                                             |
| <p><b>Умения:</b><br/><i>Уметь:</i><br/>использовать данные изотопного состава легких элементов для восстановления истории преобразования вещества в ходе природных физико-химических процессов.</p>                                                                          | <p>Умения отсутствуют</p>          | <p>В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера</p> | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.</p> | <p>Успешное умение.</p>                     |
| <p><b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b><br/><i>Владеть:</i><br/>принципами построения и использования изотопно-геохимических</p>                                                                                                                                       | <p>Навыки владения отсутствуют</p> | <p>Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков</p>                                      | <p>В целом сформированные навыки.</p>                     | <p>Свободное владение и использование .</p> |

|                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| моделей при реконструкции условий седименто- и литогенеза; системным подходом при комплексных геологических и изотопно-геохимических исследованиях осадочных пород, руд и флюидов. |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|

### 3. Оценочные средства по промежуточной аттестации

#### 3.1. Зачет: нет

#### 3.2. Экзамен:

*Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:*

1. Основные физико-химические процессы изотопного фракционирования химических элементов.
2. Принцип масс-спектрометрических измерений. Методика подготовки природных проб к изотопному анализу углерода, кислорода, водорода и серы.
3. Распространенность изотопов Н, С, О и S в природе. Международные стандарты изотопного состава водорода, углерода, кислорода и серы.
4. Способы выражения изотопного состава элементов. Физический смысл относительной единицы дельта ( $\delta$ ).
5. Изотопные характеристики природных вод: морских, пресных, эвапоритовых бассейнов.
6. Основные процессы и этапы разделения изотопов углерода при образовании осадочных и биогенных карбонатов.
7. Факторы, определяющие изотопный состав кислорода осадочных карбонатов.
8. Расчет палеотемператур по изотопным данным.
9. Изотопный состав морских и пресноводных карбонатов, образованных в разных природных условиях.
10. Изотопный состав углерода органического вещества, нефтей и углеводородных газов.
11. Основные источники углерода, кислорода и серы в зоне диагенеза и их изотопные характеристики.
12. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава углерода и кислорода аутигенных карбонатов зоны диагенеза.
13. Сульфат-редукция. Основные процессы и факторы, определяющие формирование изотопного состава серы аутигенных пиритов зоны диагенеза.
14. Катагенез погружения: эволюция изотопных углекислотно-водных систем.
15. Катагенез погружения: преобразование органического вещества, изотопный состав углерода CO<sub>2</sub> зоны катагенеза.

16. Изотопный состав аутигенных карбонатов зоны катагенеза осадочно-породных бассейнов.
17. Инфильтрационные процессы: изотопный состав углерода и кислорода вторичных карбонатов.
18. Почвенные карбонаты: изотопный состав и факторы, его определяющие.
19. Гравитационно-рассольный катагенез: доломитизация, изотопные характеристики доломитов.

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

| Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | «Неудовлетворительно» | «Удовлетворительно»  | «Хорошо»                              | «Отлично»              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Знания</b> Знать: фундаментальные понятия изотопной геохимии, включая строение атомов, механизмы фракционирования стабильных изотопов легких элементов и факторы, определяющие их состав в воде, органическом веществе и осадочных породах. Это подразумевает понимание теоретических основ распределения изотопных меток в процессах седименто- и литогенеза, а также принципов работы | Знания отсутствуют    | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Систематические знания |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                         |                                                                |                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| аналитическог<br>о<br>оборудования<br>для масс-<br>спектрометрич<br>еских<br>измерений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                         |                                                                |                                               |
| <b>Умения</b><br>Уметь:<br>интерпретиров<br>ать данные<br>изотопного<br>состава<br>различных<br>геологических<br>объектов для<br>решения задач<br>литологии и<br>реконструкции<br>условий<br>осадконакопле<br>ния. Вы<br>сможете<br>анализировать<br>результаты<br>измерений,<br>выявлять<br>закономерност<br>и<br>перераспредел<br>ения изотопов<br>в ходе<br>преобразовани<br>я вещества и<br>использовать<br>эти показатели<br>как<br>индикаторы<br>физико-<br>химических<br>обстановок в<br>литосфере и<br>гидросфере. | Умения<br>отсутствуют             | В целом<br>успешное, но не<br>систематическо<br>е умение,<br>допускает<br>неточности<br>непринципиальн<br>ого характера | В целом<br>успешное, но<br>содержащее<br>отдельные<br>пробелы. | Успешное<br>умение.                           |
| <b>Навыки</b><br>(владения,<br>опыт<br>деятельности<br><b>Владеть:</b> мето<br>диками<br>обработки и<br>первичной<br>интерпретации<br>результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Навыки<br>владения<br>отсутствуют | Фрагментарное<br>владение<br>методикой,<br>наличие<br>отдельных<br>навыков                                              | В целом<br>сформированны<br>е навыки.                          | Свободное<br>владение и<br>использование<br>. |

|                                                                                         |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| изотопного<br>анализа,<br>полученных на<br>современном<br>лабораторном<br>оборудовании. |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|

Разработчик: ведущий научный сотрудник Геологического института РАН, д.г.-м.н., В.Н. Кулешов,  
инженер кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии, к.г.-м.н., Мальцева А.Ю.