

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет Почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана П.В. Красильников / _____ /

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

**СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕННЫХ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

06.04.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

Земельные ресурсы и функционирование почв

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
факультета почвоведения (протокол № _____, дата _____)

Москва 2022

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 06.04.02 Почвоведение программы магистратуры.

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 28 декабря 2020 года (протокол № 7).

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть, модуль профессиональный, обязательна для освоения

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** (указать входные результаты обучения или перечень освоенных дисциплин (практик))

Из общенаучных и общекультурных дисциплин:

общая химия, аналитическая химия, органическая химия, физическая химия, коллоидная химия, высшая математика, физика, геология, геоморфология, физиология и биохимия растений, ботаника с основами геоботаники, информатика, иностранный язык, учение о почвенных свойствах и процессах.

Из общепрофессиональных дисциплин: основы почвоведения, почвоведение, химия почв, биология почв, география почв, физика почв, земледелие, эрозия и охрана почв, агрохимия, картография почв, растениеводство

3. **Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:**

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
<p>М-СПК-2. Способен к планированию и проведению собственных экспериментальных исследований функционирования почв с использованием современных методов изучения гумусного состояния, изотопной биогеохимии, экологической диагностики, зоологической индикации и фитоиндикации;</p>	<p>М-СПК-2.1. Планирует и осуществляет собственные экспериментальные исследования функционирования почв с использованием современных методов изучения гумусного состояния, изотопной биогеохимии, экологической диагностики, экологической индикации, зоологической и фитоиндикации</p>	<p>Знать теоретические основы в области биогеохимии стабильных изотопов;</p> <p>Уметь излагать и критически анализировать базовую информацию в области биогеохимии стабильных изотопов</p> <p>Владеть системой фундаментальных научных понятий, методологией и современными методами изучения;</p> <p>Иметь опыт работы с научной литературой по теме в области биогеохимии стабильных изотопов в том, числе на иностранном языке</p>

4. **Объем дисциплины** 2 з.е., в том числе 24 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 48 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения:** очная (отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)

6. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам, с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)				Самостоятельная работа обучающегося			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	Поиску и анализ научной литературы и написания краткого литобзора	Всего	
Раздел 1.									
Тема 1. Изотопы: история открытия и изучения	10	2	0	0	0	2	8		8
Раздел 2.									
Тема 2. Изотопные эффекты и фракционирование изотопов. Принципы анализа стабильных изотопов	13	3	0	0	0	3	10		10

Тема 3. Распространение изотопов важнейших биогенных элементов в биосфере и основные механизмы их фракционирования	16	6	0	0	0	6	10		10
Форма текущей аттестации по разделу	Контрольные вопросы								
Раздел 3.									
Тема 4. Использование данных о естественном изотопном составе биогенных элементов в экологических исследованиях	15	5	0	0	0	5	10		10
Форма текущей аттестации по разделу	Контрольные вопросы								
Тема 5. Использование искусственной изотопной метки в экологических исследованиях	14	4	0	0	0	4	10		10

Форма текущей аттестации по разделу	Тест		
Промежуточная аттестация__устная очная (указывается форма проведения)	Экзамен		
Итого:	72	24	48

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1.

Тема 1. Изотопы: история открытия и изучения. До открытия изотопов: Д. Дальтон, В. Крукс, Д.И. Менделеев. Открытие изотопов: Э. Резерфорд и Ф. Содди. Определения и терминология: что такое изотоп? что такое стабильный изотоп? Открытие стабильных изотопов: Ф. Астон и продолжатели: А. Демпстер, У. Джиок, Г. Джонстон, Г. Юри, Ф. Брикведде и Г. Мэрфи. Правила стабильности изотопов. Определение абсолютного и относительного количества изотопа: атомный процент и дельта. Изотопные стандарты.

Раздел 2.

Тема 2. Изотопные эффекты и фракционирование изотопов. Принципы анализа стабильных изотопов. Физико-химическая неравноценность изотопов. Термодинамический эффект – изотопный обмен или равновесное фракционирование, кинетический эффект – фракционирование в химических и биохимических реакциях. Количественное выражение фракционирования. Фракционирование в закрытой и открытой системах. Смешивание изотопов. Изотопный масс-баланс. Изотопный анализ. Расчет изотопного состава при малом количестве анализируемого элемента. Анализ изотопного состава отдельных компонентов смеси.

Тема 3. Распространение изотопов важнейших биогенных элементов в биосфере и основные механизмы их фракционирования. Водород. Кислород. Изотопный состав водорода и кислорода атмосферных осадков: широтный эффект, континентальный эффект, высотный эффект, сезонный эффект, эффект количества осадков. Углерод. Равновесный обмен (термодинамический изотопный эффект) в системе неорганического углерода «CO₂ атмосферы – растворенный бикарбонат – осажденный карбонат». Кинетический изотопный эффект в процессе фотосинтеза. C3- и C4-типы фотосинтеза и фракционирование изотопов углерода. Азот. Изотопный состав отдельных соединений азота в почвах: факторы влияния. Изотопный состав азота в растениях: факторы влияния; роль микоризы. Сера.

Раздел 3.

Тема 4. Использование данных о естественном изотопном составе биогенных элементов в экологических исследованиях. Изотопы углерода и кислорода растений: эффективность использования воды; палеореконструкция климата. Изотопы углерода органического вещества почв: соотношение C3 и C4 растений в составе фитоценоза и скорость обновления органического вещества почв. Изотопы азота и характеристика процессов азотного цикла. Определение доли биологически фиксированного азота в азотном питании бобовых растений. Изотопы углерода и азота в трофических цепях. Трофическое фракционирование и смешивание изотопов. Изотопы серы при изучении источников солей в почвах.

Тема 5. Использование искусственной изотопной метки в экологических исследованиях. Особенности методологии. Изучение распределения вещества и путей его перемещения между компонентами системы. Количественный анализ – метод изотопного разбавления. Выяснение механизма различных процессов и изучение строения химических соединений. Работы Г. де Хевеши и Ф.А. Панета. Изотопная метка ¹⁵N: определение симбиотической азотфиксации; активности минерализации азота; установление степени напряженности конкурентных взаимоотношений между

организмами при поглощении азота; установление преимущественных источников азотного питания.

Самостоятельная работа:

Каждый студент получает индивидуальное задание по тематике использования стабильных изотопов при изучении почв и растений. Суть работы заключается в самостоятельном поиске и анализе научных статей и написанию на их основе краткого литературного обзора. Тема задания студента будет иметь прямое или опосредованное отношение к непосредственной теме его магистерской квалификационной работы. В ходе написания краткого литературного обзора студенту необходимо будет показать каким образом метод стабильных изотопов используется другими исследователями в его области знаний целом, а также при возможности привести конкретные работы максимально приближенные к его тематике исследований. Объём текста 5-10 стр., 8-12 литературных источников. Обязательно использование зарубежной литературы.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:

Рефераты по пропущенным темам в соответствии с программой.

Примерный список заданий для проведения текущей аттестации - темы для докладов, составления контрольных вопросов и тестов.

1. Изотопный состав водорода и кислорода атмосферных осадков (чем определяется).
2. Изотопный состав углерода и азота в растениях (чем определяется).
3. Изотопный состав углерода органического вещества почвы (о чем свидетельствует).
4. Изотопный состав азота почвы (о чем свидетельствует).
5. Изотопный состав серы органических и минеральных соединений почвы.
6. Использование стабильных изотопов при изучении пищевых цепей.
7. Использование искусственной изотопной метки в почвенных и экологических исследованиях.

Примерный список вопросов для поведения текущей.

1. Что такое изотопы. Стабильные и радиоактивные изотопы. Абсолютное и относительное содержание стабильных изотопов.
2. Определение количества изотопа: атомный процент и дельта.
3. Соотношение изотопов в составе элементов. Правила стабильности атомного ядра.
4. Изотопные стандарты.
5. Изотопные эффекты и фракционирование изотопов. Дискриминация изотопов.
6. Фракционирование изотопов в закрытой и открытой системах.
7. Методы анализа стабильных изотопов.
8. Стабильные изотопы водорода. Механизмы фракционирования.
9. Стабильные изотопы кислорода. Механизмы фракционирования.
10. Стабильные изотопы углерода. Механизмы фракционирования.
11. Стабильные изотопы азота. Механизмы фракционирования.
12. Стабильные изотопы серы. Механизмы фракционирования.

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

Примерный список вопросов для проведения промежуточной аттестации.

1. Стабильные и радиоактивные изотопы. Абсолютное и относительное содержание стабильных изотопов.
2. Стабильные изотопы азота. Механизмы фракционирования.
3. Соотношение изотопов в составе элементов. Правила стабильности атомного ядра.
4. Стабильные изотопы углерода. Механизмы фракционирования.
5. Изотопные стандарты.
6. Изотопный состав углерода органического вещества почвы. Примеры использования в почвенных и палеоклиматических исследованиях.
7. Изотопные эффекты и фракционирование изотопов. Дискриминация изотопов.
8. Стабильные изотопы водорода. Механизмы фракционирования.
9. Фракционирование изотопов в закрытой и открытой системах.
10. Изотопный состав углерода и кислорода почвенных карбонатов – факторы формирования.
11. Стабильные изотопы серы. Механизмы фракционирования.
12. Примеры использования искусственной изотопной метки в почвенных исследованиях.
13. Использование стабильных изотопов углерода и азота при изучении пищевых цепей. Определение пищевого ресурса и трофического уровня.
14. Изотопный состав азота почвы. Примеры использования в почвенно-экологических исследованиях.
15. Изотопный состав азота растений – факторы формирования.
16. Стабильные изотопы кислорода. Механизмы фракционирования.
17. Изотопный состав углерода растений – факторы формирования.
18. Смешивание изотопов. Принцип изотопно-массового баланса.

8. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка РО и соответствующи е виды оценочных средств	2	3	4	5

Знания виды оценочных средств: устные опросы и контрольные работы	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения виды оценочных средств: устные опросы и контрольные работы	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) устные опросы и написание краткого обзора литературы	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

1. Зякун А.М. Теоретические основы изотопной масс-спектрометрии в биологии // Пушино: Фотон-Век. 2010. 224 с.
2. Изотопная масс-спектрометрия легких газообразующих элементов под ред. В.С. Севастьянова // М.: Физматлит. Т. 14. 2021. 235 с.
3. Fry B. Stable isotope ecology // New York: Springer. 2006. V. 521. 318 p.
4. Hoefs J. Stable isotope geochemistry // Springer. 2009. 6th ed. 286 p.
5. Stable isotopes in ecology and environmental science ed. Michener R., Lajtha K. // John Wiley & Sons. 2008. 565 p.
6. Dawson T.E., Siegwolf R. Stable isotopes as indicators of ecological change. // Academic Press. 2011. V. 1. 436 p.

Описание материально-технического обеспечения:

А. Помещения:

- лекционная потоковая аудитория, оборудованная оргтехникой (проектор, компьютер, выход в Интернет),
- аудитории для семинаров с оргтехникой,

Б. Оборудование:

Для семинарских и лекционных аудиторий: необходимая оргтехника, ЭВМ, и др.

10. Язык преподавания:

Русский

11. Преподаватель (преподаватели):

- 1) Малышева Татьяна Игоревна, доцент, к.б.н.

2) Кадулин Максим Мергеевич, с.н.с., к.б.н.

12. Разработчики программы:

Макаров Михаил Иванович, проф., д.б.н.

13. Краткая аннотация дисциплины:

В курсе рассматриваются особенности использования в почвенных и экологических исследованиях стабильных изотопах основных биогенных элементов по массе таких как водород, кислород, углерод, азот и сера. Будут показано возникновение различий изотопного состава и использование этих различий для интерпретации и получения новых знаний. Будет показана возможность и преимущество решения таких глобальных задач как изучение трансформации и скорости обновления органического вещества почв, процессов трансформации соединений азота в почвах, потоков элементов в системе «почва-микроорганизмы-растения», особенностей минерального питания растений, реконструкция климатических условий функционирования экосистем и их продуктивности по почвенным данным (палеоклиматология, палеоэкология и пр.).

В настоящее время данная область знаний активно развивается. В передовых исследованиях всё чаще обращаются к изучению стабильных изотопов. В этой связи вопросу изучения стабильных изотопов биофильных элементов необходимо уделить внимание при подготовке магистров по специальности 06.04.02 Почвоведение.