

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:

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

05.04.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

РАДИОЭКОЛОГИЯ

Форма обучения: очная

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

Москва 2021

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 05.04.06 Экология и природопользование программы магистратуры

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от 30 декабря 2020 года № 1368.

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения (блок профессиональный).

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

Химия

Физика

Биология

Математика

Общее землеведение

Почвоведение

Ландшафтоведение

Геохимия ландшафта

Экология с основами биогеографии

Геоэкология

Органическая химия

Аналитическая химия

Основы почвоведения

Общая химия

Общая физика

Геология

Общая экология

Физиология и биохимия растений

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
М-СПК-1. Владеет системой знаний о формах соединений радионуклидов и их подвижности в компонентах природных и агроэкосистем; современных проблемах и перспективах развития науки. Способен применять полученные	М-СПК-1.1. Применяет знания о формах соединений радионуклидов и их подвижности в компонентах природных и агроэкосистем при решении экологических проблем и прикладных задач различного уровня.	Знает: методы исследования физико-химических форм радионуклидов, различающихся по механизму и прочности связи с компонентами почвы. Владеет сведениями о физико-химической природе соединений основных экологически значимых техногенных и естественных радионуклидов в почвах. Умеет: оценить прочность и природу связи радионуклидов с ППК почвы в зависимости от

знания при решении экологических проблем и прикладных задач различного уровня		экологических факторов, дать оценку и прогноз их миграции в почве, доступности для растений и рекомендации по снижению их поступления в пищевые цепи.
--	--	---

4. Объем дисциплины 2 з.е., в том числе 36 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения очная.

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	Всего	Тестирование, ответы на вопросы	Подготовка докладов, рефератов	Всего
Раздел 1. Геохимические формы подвижности радионуклидов	16	4	4	8	4	4	8
Форма текущей аттестации по разделу	Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации, тестирование, подготовка докладов и рефератов по теме						
Раздел 2. Влияние химической природы радионуклида на состав форм соединений в почве	21	4	8	12	4	5	9
Форма текущей аттестации по разделу	Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации, тестирование, подготовка докладов и рефератов по теме						
Раздел 3. Трансформация форм соединений радионуклидов в почве в зависимости от временного фактора и форм поступления радиоактивных продуктов .	16	2	6	8	4	4	8

Форма текущей аттестации по разделу.	Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации, тестирование, подготовка докладов и рефератов, решение задач по теме						
Раздел 4. Влияние природных условий на формы соединений радионуклидов в почве	16	2	6	8	4	4	8
Форма текущей аттестации по разделу	Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации, тестирование, подготовка докладов и рефератов по теме						
Промежуточная аттестация	<i>экзамен</i>				3		
Итого:	72	36			36		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Геохимические формы подвижности радионуклидов.

Формы соединений радионуклидов в почве и методы их исследования в радиоэкологической практике. Теоретическая и практическая значимость исследования форм соединений радионуклидов в почвах.

Метод последовательных вытяжек радионуклидов из почв; полная схема анализа (методика Павлоцкой Ф.И., 1974). Водорастворимая, ионообменная и необменная формы соединений радионуклидов в почве: состав аналитически выделяемых фракций, различия в прочности связи радионуклидов с почвенным поглощающим комплексом (ППК). Понятие о подвижных формах радионуклидов в почве. Трансформация физико-химических форм радионуклидов. Методические приемы в пределах метода последовательных вытяжек (различные схемы выделения фракций радионуклидов из почв).

Особенности миграции обменных и необменных форм соединений радионуклидов в почве и их связь с быстрым и медленным типом переноса радионуклидов в почве.

Раздел 2. Влияние химической природы радионуклида на состав форм соединений в почве.

Основные закономерности сорбции и осаждения радионуклидов в почве: терминология и количественные показатели. Свойства почвы как ионита.

Классификация радионуклидов по типу поведения в системе почвенный раствор - твердая фаза почвы (в соответствии со схемой Н.В.Тимофеева-Ресовского и соавторов). Особенности формирования в почве соединений основных экологически значимых искусственных и тяжелых естественных радионуклидов. Механизмы закрепления в почве и факторы миграции. Роль изотопных и неизотопных носителей, влияние величины заряда и гидратированного ионного радиуса, процессов комплексообразования, гидролиза, окисления-восстановления и др.

Оценка относительной подвижности радионуклидов в почве на основе сравнительной характеристики их форм соединений.

Использование результатов исследования механизмов закрепления радионуклидов в почвенном поглощающем комплексе при разработке методов снижения их подвижности в почве с помощью сорбентов.

Раздел 3. Трансформация форм соединений радионуклидов в почве в зависимости от временного фактора и форм поступления радиоактивных продуктов.

Радиоактивные продукты в состав глобальных выпадений и особенности динамики их физико-химических форм в почвах. Содержание радионуклидов в составе жидких и твердых аэрозолей глобальных выпадений. Состав частиц-носителей (твердых аэрозолей), формы нахождения и механизмы включения радионуклидов в их состав. Изменение содержания радионуклидов в обменной и необменной форме с течением времени, понятие о процессе «старения» радионуклидов в почве.

Долгоживущие радионуклиды в составе компонентов аварийного выброса ЧАЭС: «топливная» и «конденсационная» составляющие выпадений. Динамика физико-химических форм соединений «чернобыльских» радионуклидов в почвах в зависимости от типа радиоактивных выпадений. Основные закономерности в распределении радионуклидов по формам соединений в почве в первые годы после аварии и в последующий период.

Оценка достижения динамического равновесия между физико-химическими формами радионуклидов в почве.

Оценка скорости выщелачивания радионуклидов из топливных частиц и оценка скорости фиксации радионуклидов почвой на основе динамики их физико-химических форм в почве после чернобыльской аварии.

Раздел 4. Влияние природных условий на формы соединений радионуклидов в почве.

Статические и динамические методы исследования поглощения и прочности связи радионуклидов с почвой и компонентами (ППК). Сорбция (десорбция) радионуклидов почвой в зависимости от содержания катионов, pH, минералогического и гранулометрического состава, содержания органического вещества.

Поглощение и прочность связи радионуклидов с ППК в почвах разных типов. Формы соединений радионуклидов в почве в зависимости от физико-химических свойств почвы и генетического строения почвенного профиля.

Влияние агрометеорологических условий на формы соединений радионуклидов в почве. Природно-климатическая зональность и формы соединений радионуклидов в почве.

Роль водорастворимых форм соединений в миграции радионуклидов в системе «почва-растение». Использование корреляционной связи между формами нахождения радионуклида в почве и почвенными характеристиками для прогноза содержания доступных растениям форм радионуклида.

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

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

Примеры тестов, темы рефератов, презентаций, докладов:

1. Полная схема анализа форм соединения радионуклидов в почве методом последовательных экстракций (методика Павлоцкой Ф.И., 1974): водорастворимая, ионообменная и необменная формы соединений радионуклидов в почве: состав аналитически выделяемых фракций.
2. Модифицированный метод последовательных экстракций при анализе форм радионуклидов в почве (методика A. Tessier et al., 1979).
3. Исследование сорбции и десорбции радионуклидов почвой в статических и динамических условиях; использование методов для оценки подвижности радионуклидов в почве и прочности связи с почвенным поглощающим комплексом (ППК).
4. Теоретическая и практическая значимость исследования форм соединений радионуклидов в почве. Использование данных о механизме и прочности связи соединений радионуклидов с ППК для прогноза и регулирования их миграции в почве и системе «почва-растение».
5. Особенности миграции обменных и необменных форм соединений радионуклидов в почве и их связь с быстрым и медленным типом переноса радионуклидов в почве.
6. Особенности форм соединений цезия-137 в почве: содержание в составе водорастворимой, обменной и необменной формы, роль гранулометрического и минералогического состава почвы, органического вещества. Понятие о процессе «старения» радионуклида в почве.
7. Особенности форм соединений стронция-90 в почве: содержание в составе водорастворимой, обменной и необменной формы, влияние компонентов почвенного раствора и ППК.
8. Особенности форм соединений радия-226, урана-238 и тория-232 в почве, влияние на содержание водорастворимой, обменной и необменной форм pH, окислительно-восстановительных условий, содержания органического

вещества, типоморфных элементов. Различия в подвижности радионуклидов в почве и их причины.

9. Определение содержания радионуклидов в составе аморфной и кристаллической составляющих почвы, применение для анализа форм соединений радионуклидов в почве.
10. Исследование механизмов закрепления радионуклидов в ППК; использование полученных данных при разработке методов снижения их подвижности в почве с помощью сорбентов (на примере радия и тория в почвах сельхозугодий).
11. Радионуклиды в составе глобальных выпадений, специфика трансформации форм соединений радионуклидов после их поступления в почву.
12. Цезий-137 в составе компонентов аварийного выброса ЧАЭС. Динамика физико-химических форм в почве в зависимости от типа радиоактивных выпадений в первые годы после аварии и в последующий период.
13. Стронций-90 в составе компонентов аварийного выброса ЧАЭС. Динамика физико-химических форм в почве в зависимости от типа радиоактивных выпадений в первые годы после аварии и в последующий период.
14. Оценка достижения динамического равновесия между физико-химическими формами соединений радионуклидов в почве после аварии на ЧАЭС.
15. Оценка скорости выщелачивания радионуклидов из топливных частиц и оценка скорости фиксации радионуклидов почвой на основе динамики их физико-химических форм в почве после чернобыльской аварии.
16. Использование корреляционной связи между формами нахождения радионуклида в почве и почвенными характеристиками для прогноза доли доступного растениям цезия-137 (на примере почв пойменных ландшафтов Брянской области).
17. Особенности форм соединений радионуклидов в почвах гумидной и аридной зон.
18. Роль агрометеорологических условий в трансформации форм соединений радионуклидов в почвах.
19. Методы исследования форм соединений радионуклидов в радиоэкологической практике.

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

Примерные вопросы для экзамена:

Раздел 1. «Геохимические формы подвижности радионуклидов».

1. Многообразие физико-химических форм соединений радионуклидов в почве. Различия между соединениями радионуклидов по механизму и прочности связи с почвенным поглощающим комплексом (ППК). Метод последовательных экстракций для выделения из почв различных форм соединений радионуклидов. Применяемые экстрагенты.

2. Состав соединений радионуклидов в водорастворимой и ионообменной фракции в почве.

3. Состав соединений радионуклидов в необменной фракции в почве.

4. Примеры расчета содержания радионуклидов в составе различных форм соединений на основе экспериментальных данных.

5. Трансформация физико-химических форм радионуклидов в почве.

6. Методические приемы в пределах метода последовательных вытяжек (различные схемы выделения фракций радионуклидов из почв).

7. Теоретическая значимость исследования форм соединений радионуклидов в почвах, возможные направления практического применения.

Раздел 2. Влияние химической природы радионуклида на состав форм соединений в почве.

1. Основные закономерности сорбции и осаждения радионуклидов в почве. Роль изотопных и неизотопных носителей, влияние величины заряда и гидратированного ионного радиуса радионуклида.

2. Классификация радионуклидов по типу поведения в системе почвенный раствор - твердая фаза почвы (в соответствии со схемой Н.В.Тимофеева-Ресовского и соавторов).

3. Особенности формирования в почве соединений радиоизотопов цинка, кадмия и кобальта; роль процессов комплексообразования.

4. Особенности форм соединений стронция-90 в почве; роль ионообменной сорбции, коэффициент селективного обмена (селективной сорбции) с конкурирующими ионами.

5. Особенности форм соединений цезия-137 в почве; роль необменной сорбции с участием глинистых минералов.

6. Особенности форм соединений тория, радия и урана в почве; роль процессов комплексообразования, гидролиза, окисления-восстановления.

7. Особенности форм соединений плутония в почве, оценка содержания радионуклида в составе аморфной и кристаллической составляющих почвы.

8. Оценка относительной подвижности в почве радионуклидов рутения, стронция, церия и цезия на основе сравнительной характеристики их форм соединений.

9. Оценка относительной подвижности в почве радия, урана и тория на основе сравнительной характеристики их форм соединений.

10. Использование результатов исследования механизма закрепления радионуклидов в почвенном поглощающем комплексе при разработке методов снижения их подвижности в почве с помощью сорбентов (на примере тория, урана и радия).

Раздел 3. Трансформация форм соединений радионуклидов в почве в зависимости от временного фактора и форм поступления радиоактивных продуктов.

1. Содержание радионуклидов в составе жидких и твердых аэрозолей глобальных выпадений. Состав частиц-носителей (твердых аэрозолей); формы нахождения и механизмы включения радионуклидов в их состав.

2. Изменение содержания радионуклидов в обменной и необменной форме в почве с течением времени, понятие о процессе «старения» радионуклидов в почве.

3. Долгоживущие радионуклиды в составе компонентов аварийного выброса ЧАЭС: «топливная» и «конденсационная» составляющие выпадений.

4. Динамика физико-химических форм соединений «чернобыльских» радионуклидов в почвах в зависимости от типа радиоактивных выпадений.

5. Основные закономерности в распределении цезия-137 по формам соединений в почве в первые годы после аварии и в последующий период.

6. Основные закономерности в распределении стронция-90 по формам соединений в почве в первые годы после аварии и в последующий период.
7. Методы оценки достижения динамического равновесия между физико-химическими формами радионуклидов в почве.
8. Оценка скорости выщелачивания радионуклидов из топливных частиц на основе динамики их физико-химических форм в почве после чернобыльской аварии.
9. Оценка скорости фиксации радионуклидов почвой на основе динамики их физико-химических форм в почве после чернобыльской аварии.

Раздел 4. Влияние природных условий на формы соединений радионуклидов в почве.

1. Методы исследования поглощения и прочности связи радионуклидов с почвой и компонентами ППК.
2. Влияние ионного состава почвенного раствора на сорбцию (десорбция) радионуклидов почвой.
3. Влияние pH на сорбцию (десорбция) радионуклидов почвой.
4. Влияние минералогического состава на сорбцию (десорбция) радионуклидов почвой.
5. Влияние гранулометрического состава на сорбцию (десорбция) радионуклидов почвой.
6. Влияние органического вещества на сорбцию (десорбция) радионуклидов почвой.
7. Поглощение и прочность связи радионуклидов с ППК в почвах разных типов.
8. Формы соединений радионуклидов в почве в зависимости от физико-химических свойств почвы и генетического строения почвенного профиля.
9. Влияние агрометеорологических условий на формы соединений радионуклидов в почве.
10. Влияние природно-климатической зональности на формы соединений радионуклидов в почве.
11. Влияние содержания водорастворимых форм соединений на поступление радионуклидов в растения.
12. Оценка корреляционной связи между формами нахождения радионуклида в почве и почвенными характеристиками; использование зависимостей для прогноза содержания доступных растениям форм радионуклида (на примере пойменных почв Брянской области).

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 соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему)	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
Навыки (владения, опыт деятельности)	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.

Основная литература.

1. Манахов Д. В., Егорова З. Н. Формы нахождения радия-226 в подзолах северо-востока острова Сахалин в зоне влияния нефтедобывающего предприятия// Почвоведение. 2014. № 6.

2. Манахов Д.В. Емельянов А. М., Карпухин М. М. и др. Методы изучения форм нахождения радионуклидов в почвах// Радиационная биология. Радиоэкология. 2019.Т. 59, № 4.

3. Манахов Д.В., Алёхина Е.А., Липатов Д.Н., Машихин С.В. Формы нахождения ^{226}Ra и ^{232}Th в дерново-подзолисто-глеевой конкреционной почве // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2020. № 3.

4. Павлоцкая Ф. И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. М. : Атомиздат, 1974.

5. Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М. Формы нахождения радия-226 в компонентах наземных и водных северотаежных экосистем в районе расположения бывшего радиевого промысла // Геохимия, 2020, Т. 65, № 6.

6. Сельскохозяйственная радиоэкология/ Под ред. Р.М. Алексахина и Н.А. Корнеева. М.: Экология, 1992.

7. Чевычелов А. П., Собакин П. И. Содержание, распределение и формы миграции ^{238}U в почвах природных и техногенных ландшафтов Южной Якутии // Почвоведение. 2020. № 1. <https://doi.org/10.1134/S0032180X20010062>.

8. Щеглов А. И., Цветнова О. Б., Манахов Д. В. И др. Формы соединений ^{137}Cs в почвах лесных экосистем загрязненных территорий Брянского Полесья в отдаленный период после чернобыльских выпадений // Проблемы агрохимии и экологии, 2021, № 3–4.

Дополнительная литература

1. Горяченкова Т.А., Казинская И.Е., Кларк С.Б. и др. Методы изучения форм нахождения плутония в объектах окружающей среды // Радиохимия. 2005. Т. 47, № 6.

2. Кундузбаева А.Е., Кабдыракова А.М., Ларионова Н.В. и др. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах объекта “Атомное озеро” Семипалатинского испытательного полигона // Радиационная биология. Радиоэкология. 2017. Т. 57, № 4.

3. Подоляк А.Г. Влияние вертикальной миграции и форм нахождения ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах на их биологическую доступность на примере естественных лугов Белорусского Полесья // Агрохимия. 2007. № 2.

4. Титаева Н.А. Ядерная геохимия: Учеб. для студентов вузов. М.: Изд-во Моск.ун-та, 2000.

5. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М.: Наука, 2000.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: MS Windows10, MS Teams
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
«Экорадмод» (<https://soil.msu.ru/kafedry/kaf-radioecologia/ecoradmod>)
- Описание материально-технической базы
А. Помещения
2 лекционные аудитории, оборудованные оргтехникой (проектор, компьютер, выход в Интернет);
Б. Оборудование
для семинарских и лекционных аудиторий: необходимая оргтехника, ЭВМ и др.;
- В. Иные материалы

10. Язык преподавания: русский

11. Преподаватель (преподаватели):

Агапкина Галина Ивановна

Должность: старший научный сотрудник

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат химических наук, 14.11.1984 г. Совет в Московском университете им. М.В. Ломоносова.

12. Разработчики программы:

Агапкина Галина Ивановна

Должность: старший научный сотрудник

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат химических наук, 14.11.1984 г. Совет в Московском университете им. М.В. Ломоносова.

13. Краткая аннотация дисциплины:

В курсе особо подчеркнута теоретическая и практическая значимость исследования физико-химических форм радионуклидов в почвах для оценки и прогнозирования их миграции, разработки методов снижения подвижности в почвенном профиле и поступления в растения. Дана схема классификации форм соединений радионуклидов в почве, основанная на различии в механизме и прочности связи с почвенным поглощающим комплексом. Приводятся соответствующие схемы аналитического выделения данных физико-химических форм. Рассмотрены особенности образования в почве форм соединений основных экологически значимых искусственных и тяжелых естественных радионуклидов, механизмы их закрепления в почве и факторы миграции. Показан подход к оценке относительной подвижности радионуклидов в почве на основе сравнительной характеристики их физико-химических форм. Дан анализ влияния широкой группы экологических факторов на содержание и трансформацию форм соединений радионуклидов в почве. Особое внимание уделено данным вопросам в контексте аварии на чернобыльской АЭС и глобальных выпадений радиоактивных продуктов.