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:

ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

05.03.06 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 05.03.06 Экология и природопользование программы бакалавриата

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

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия** (*перечень освоенных дисциплин)*:
Химия
Физика
Биология
Геоморфология
Климатология с основами метеорологии
Гидрология
Ландшафтоведение
Почвоведение
Геология
Геохимия природных радионуклидов
Лесная и сельскохозяйственная радиоэкология

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
Б-СПК-3. Владеет знаниями о составе, распространенности и формах нахождения в геосферах техногенных радионуклидов; понимает закономерности механической, физико-химической и биологической миграции техногенных радионуклидов в окружающей среде.	**Б-СПК-3.1.** Применяет на практике систему знаний о геохимии техногенных радионуклидов при планировании и проведении радиоэкологических исследований, включая радиационный мониторинг.	**Знает:** перечень, характерные величины кларков, формы нахождения и миграционные характеристики основных техногенных радионуклидов в геосферах Земли; принципы использования техногенных радионуклидов в качестве трассеров глобальных природных процессов. **Умеет:** использовать методологию геохимических исследований для оценки поведения техногенных радионуклидов в окружающей среде и анализе проблем, связанных с накоплением антропогенных радионуклидов в атмосферном воздухе, природных водах, почвах, объектах растительного и животного мира.

4. **Объем дисциплины:** 2 з.е.**,** в том числе 18 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения:** очный.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) 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	Тестирова- ние, ответы на вопросы	Подготовка докладов, рефератов	Всего
Раздел 1. Техногенез и техногенные потоки радионуклидов в биосфере.	9	2	0	2	2	5	7
Тема 1. Техногенные потоки радионуклидов в биосфере.	9	2	0	2	2	5	7
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. Геохимия радионуклидов в горно-промышленных ландшафтах.	20	2	3	5	4	11	15
Тема 2. Техногенные потоки радионуклидов в районах добычи урана.	11	1	2	3	2	6	8
Тема 3. Техногенные потоки радионуклидов в районах добычи редкоземельных металлов, фосфатых руд, нефти и газа, строительных материалов.	9	1	1	2	2	5	7
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. Геохимия радионуклидов в агрогенных ландшафтах.	9	1	1	2	2	5	7

Тема 4. Миграция радионуклидов при агротехногенезе.	9	1	1	2	2	5	7
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 4. Геохимия радионуклидов в промышленных и техногенных ландшафтах.	32	3	6	9	6	17	23
Тема 5. Поведение в биосфере техногенных радионуклидов, поступивших при испытаниях ядерного оружия и при производстве подземных ядерных взрывов в мирных целях.	11	1	2	3	2	6	8
Тема 6. Геохимические потоки техногенных радионуклидов, поступивших в биосферу при штатной работе объектов ядерного топливного цикла.	11	1	2	3	2	6	8
Тема 7. Геохимические потоки техногенных радионуклидов, поступивших в биосферу при авариях на радиационных объектах.	10	1	2	3	2	5	7
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	*зачет*				2		
Итого:	72	18			54		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Техногенез и техногенные потоки радионуклидов в биосфере.

Тема 1. ТЕХНОГЕННЫЕ ПОТОКИ РАДИОНУКЛИДОВ В БИОСФЕРЕ.

Понятие о техногенезе. Формы радионуклидов, участвующих в техногенной миграции. Основные техногенные радионуклиды в наземных экосистемах и техногенные потоки тяжелых естественных радионуклидов. Техногенные геохимические барьеры и техногенные геохимические аномалии радионуклидов. Специфика геохимии горно-промышленных, агро-промышленных и селитебных ландшафтов и механизмы их геохимического воздействия на прилегающие территории.

Раздел 2. Геохимия радионуклидов в горно-промышленных ландшафтах.

Тема 2. ТЕХНОГЕННЫЕ ПОТОКИ РАДИОНУКЛИДОВ В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ УРАНА.

Содержание темы: Кларки урана и сопутствующих ему радионуклидов в районах рудных месторождений. Миграционные потоки урана (и сопутствующих ему радионуклидов) при разработке месторождений: механическая и физико-химическая миграция в воздушной и водной среде. Техногенное радиоактивное загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод тяжелыми естественными радионуклидами. Ореолы рассеяния урана и сопутствующих ему элементов в депонирующих средах: почвах, донных отложениях водотоков и водоемов, растительности, объектах животного мира. Мероприятия по рекультивации, ремедиации и реабилитации районов отработанных рудных месторождений урана как примеры создания техногенных геохимических барьеров.

Тема 3. ТЕХНОГЕННЫЕ ПОТОКИ РАДИОНУКЛИДОВ В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ, ФОСФАТЫХ РУД, НЕФТИ И ГАЗА, СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Содержание темы: Миграционные потоки и ореолы рассеяния радионуклидов при разработке месторождений редкоземельных металлов. Миграционные потоки и ореолы рассеяния радионуклидов при разработке месторождений фосфатых руд. Миграционные потоки и ореолы рассеяния радионуклидов при разработке месторождений нефти и газа. Миграционные потоки и ореолы рассеяния радионуклидов при разработке месторождений строительных материалов и общераспространенных полезных ископаемых. Техногенные геохимические барьеры, создаваемые человеком в районах добычи нерадиоактивных полезных ископаемых для снижения интенсивности миграции радионуклидов в биосфере.

Раздел 3. Геохимия радионуклидов в агрогенных ландшафтах.

Тема 4. МИГРАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ АГРОТЕХНОГЕНЕЗЕ.

Содержание темы: Формы миграции радионуклидов при агротехногенезе. Поступление радионуклидов в агроландшафты в составе удобрений. Миграция природных и техногенных радионуклидов в агроландшафтах при антропогенной эрозии почв. Цезий-137 и трансурановые элементы как трассеры процессов эрозии почв. Биогеохимическая специализация сельскохозяйственных растений по отношению к наиболее экологически значимым техногенным радионуклидам. Накопление радионуклидов в продукции животноводства. Специфические агротехногенные барьеры.

Раздел 4. Геохимия радионуклидов в промышленных и техногенных ландшафтах.

Тема 5. ПОВЕДЕНИЕ В БИОСФЕРЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ПОСТУПИВШИХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ И ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ.

Содержание темы: Поступление техногенных радионуклидов в биосферу при испытаниях ядерного оружия. Миграционные потоки техногенных радионуклидов при испытании ядерного оружия в атмосфере, под землей и под водой: механическая и физико-химическая миграция в воздушной и водной среде. Техногенное радиоактивное загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод продуктами ядерных взрывов. Ореолы рассеяния техногенных радионуклидов в районах размещения

ядерных полигонов: Новая Земля (СССР, Россия), Семипалатинск (СССР, Казахстан), атолл Бикини и Невада (США), Маралинга (Австралия). Глобальные атмосферные выпадения. Ореолы рассеяния урана, трансурановых элементов и цезия-137 в депонирующих средах: почвах, донных отложениях водотоков и водоемов, растительности, объектах животного мира. Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой (Московский договор) 1963 г. и Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний 1996 г. Миграционные потоки и ореолы рассеяния техногенных радионуклидов при подземных ядерных взрывах в мирных целях.

Тема 6. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ПОСТУПИВШИХ В БИОСФЕРУ ПРИ ШТАТНОЙ РАБОТЕ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА.

Содержание темы: Поступление техногенных радионуклидов в биосферу при штатной работе атомных электростанций, на предприятиях по переработке и захоронению радиоактивных отходов (низкой и высокой активности). Особенности техногенного радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, донных отложений, объектов растительного и животного мира в районах расположения АЭС и полигонов захоронения радиоактивных отходов.

Тема 7. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ПОСТУПИВШИХ В БИОСФЕРУ ПРИ АВАРИЯХ НА РАДИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТАХ.

Содержание темы: Поступление техногенных радионуклидов в биосферу при авариях на радиационных объектах: Кыштымская авария 1957 г. (СССР), авария в Уиндскейле (Селлафилде) в 1957 г. (Великобритания), авиакатастрофа над базой Туле в 1968 г. (Гренландия), авария на АЭС Три-Майл-Айленд в 1979 г. (США), авария в Сен-Лоран-дез-О в 1980 г. (Франция), авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. (СССР), пожар на АЭС Вандельос в 1989 г. (Испания), авария на АЭС Фукусима-1 в 2011 г. (Япония). Особенности техногенного радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, донных отложений, объектов растительного и животного мира, произошедшие при авариях на радиационных объектах. Мероприятия по рекультивации, ремедиации и реабилитации районов, пострадавших при радиационных авариях как примеры создания техногенных геохимических барьеров.

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

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

Рекомендуемые темы:

1. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по исследованию миграционных потоков и ореолов рассеяния урана и сопутствующих ему радионуклидов при разработке урановых месторождений.
2. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по исследованию рекультивации и ремедиации районов отработанных урановых месторождений, оценка проведенных мероприятий как системы создания искусственных геохимических барьеров.
3. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по исследованию миграционных потоков и ореолов рассеяния радионуклидов в районах добычи редкоземельных металлов, фосфатых руд, нефти и газа, строительных материалов.
4. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по теме использования техногенного цезия-137 как трассера процессов эрозии почв.
5. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по исследованию миграционных потоков и ореолов

рассеяния радионуклидов при испытании ядерного оружия в районах размещения ядерных полигонов.

6. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по исследованию последствий глобального рассеяния радионуклидов вследствие испытаний ядерного оружия.
7. Оценка параметров геохимической миграции техногенных радионуклидов на базе открытой документацией по радиоэкологическому мониторингу зон наблюдения российских АЭС.
8. Ознакомление и критический анализ современной публикации в российском/ зарубежном научном журнале по исследованию миграционных потоков и ореолов рассеяния радионуклидов при авариях на радиационных объектах.

Примеры тестов, темы рефератов, презентаций, докладов по темам:

1. Технологические миграционные потоки техногенных радионуклидов в процессах механической физико-химической воздушной миграции.
2. Технологические миграционные потоки техногенных радионуклидов в процессах механической физико-химической водной миграции.
3. Содержание и формы соединений техногенных радионуклидов в почвах зон воздействия рудных месторождений и объектов их инфраструктуры.
4. Переход техногенных радионуклидов из почв в растения, объекты животного мира, а также состояние здоровья населения в районах добычи и переработки урановых руд.
5. Мероприятия по рекультивации, ремедиации и реабилитации районов отработанных месторождений урана и тория.
6. Технологические миграционные потоки и ореолы рассеяния радионуклидов в агроландшафтах.
7. Технологические миграционные потоки техногенных и ореолы рассеяния радионуклидов при штатном режиме работы предприятий ЯТЦ.
8. Миграционные потоки и ореолы рассеяния техногенных радионуклидов при авариях на атомных объектах.
9. Миграционные потоки и ореолы рассеяния техногенных радионуклидов в окрестностях полигонов ядерных испытаний.
10. Ореолы рассеяния техногенных трансурановых радионуклидов в районах проведения военных действий.

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

1. Основные техногенные радионуклиды в наземных экосистемах.
2. Техногенные изменения естественного радиационного фона.
3. Техногенные геохимические барьеры и техногенные геохимические аномалии радионуклидов.
4. Эколого-геохимические проблемы районов добычи урановых руд.
5. Эколого-геохимические проблемы районов добычи ториевых руд.
6. Радиоэкологические проблемы районов добычи нефти и газа.
7. Природные и техногенные геохимические барьеры горно-промышленных ландшафтов.
8. Поступление радионуклидов в агроландшафты в составе удобрений и их миграция в агроландшафтах.
9. Миграция техногенных радионуклидов при антропогенной эрозии почв.
10. Агротехногенные барьеры при миграции природных и техногенных радионуклидов.
11. Поступление в биосферу техногенных радионуклидов при работе АЭС и их миграция в наземных ландшафтах.
12. Поступление в биосферу техногенных радионуклидов при работе АЭС и их миграция в водных ландшафтах.
13. Концепция доминирования теплового и химического загрязнения в результате работы АЭС и урбанизации региона.

14. Радиоактивные выбросы в атмосферу на предприятиях топливного цикла и миграция

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, самостоятель-ные и контрольные работы, тесты)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(виды оценочных средств: контрольные работы, написание рефератов и докладов на заданную тему)*	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)	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:
    - Титаева Н.А. Ядерная геохимия: Учеб.для студентов вузов. М. : Изд-во Моск.ун-та, 2000.

- Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды: Теория и практика:Учеб.и учеб.-метод.пособие для студентов вузов. М.: Бином.Лаб.знаний, 2006.
- Геохимия радиоактивных элементов: учеб. пособие / С. И. Арбузов, Л. П. Рихванов. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2020.

- Перечень лицензионного программного обеспечения: MS Windows10.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:
  - Радиоэкологический информационно-учебный ресурс «Экорадмод» (https://soil.msu.ru/kafedry/kaf-radioecologia/ecoradmod).
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
  - База данных научной периодики ScienceDirect (https://www.sciencedirect.com);
  - Библиографическая и реферативная база данных Scopus (https://www.scopus.com);
  - Поисковая интернет-платформа Web of Science (https://access.clarivate.com);
  - Официальный сайт Международного Агентства по Атомной Энергии (МАГАТЭ) (https://www.iaea.org/ru).
- Описание материально-технической базы
  - А. Помещения: лекционная аудитория, оборудованная 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):**
Парамонова Татьяна Александровна
Должность: старший преподаватель
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 3 марта 2000 г.
Высший аттестационный комитет Российской Федерации

12. **Разработчики программы:**
Парамонова Татьяна Александровна
Должность: старший преподаватель
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 3 марта 2000 г.
Высший аттестационный комитет Российской Федерации

13. **Краткая аннотация дисциплины:** В курсе рассматриваются геохимические аспекты техногенной миграции радионуклидов, поступающих в биосферу: в горно-промышленных ландшафтах при добыче урана и тория, редкоземельных металлов, фосфатных руд, нефти и газа, строительных материалов; в агрогенных ландшафтах при внесении радионуклид-содержащих минеральных и нестандартизированных удобрений; в промышленных и техногенных ландшафтах при проведении испытаний ядерного оружия, работе предприятий ядерного топливного цикла, а также вследствие аварий на радиационных объектах. Целью дисциплины является ознакомление с современными достижениями в области изучения технологической миграции природных радионуклидов и рассеивания в окружающей среде техногенных радионуклидов. Исследуются источники поступления техногенных радионуклидов в окружающую среду, оцениваются характер и масштабы их миграции в водной и воздушной среде, а также накопление в почвах и донных отложениях, объектах растительного и животного мира. Помимо этого, рассматриваются принципы создания искусственных геохимических барьеров, применяемых в качестве ограничителей рассеяния техногенных радионуклидов или в качестве контрмер при авариях на объектах ядерной

энергетики. Материалы курса основаны на публикациях в международных высокорейтинговых журналах и ежегодно обновляются.