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:

РАДИОЭКОЛОГИЯ

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

_____

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 дисциплиной по выбору

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** (*перечень освоенных дисциплин)*)

Химия
Физика
Математика
Безопасность жизнедеятельности
Гидрология
Почвоведение
Ландшафтоведение
Органическая химия
Аналитическая химия
Основы почвоведения
Общая химия
Ботаника
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**
Б- УК-15. Способен использовать базовые знания в области охраны окружающей среды и устойчивого развития, понимать экологические ограничения и последствия в сфере профессиональной деятельности.	**Б- УК-15.1** Владеет базовыми знаниями в области экологии и устойчивого развития	**Знает:** основные закономерности миграции, распределения и биологического действия радиоактивных элементов в экосистемах. **Умеет:** оценивать радиоэкологические последствия радиоактивного загрязнения окружающей среды. **Имеет опыт деятельности**: в проведении дозиметрического контроля в природных условиях и в помещениях, определении объемной активности радона в воздухе, почве, воде, воздухе помещений

Б-ОПК-1. Способен использовать базовые знания математики и естественных наук (физики, химии, биологии, экологии и наук о Земле) при решении задач в области экологии и природопользования.	**Б-ОПК-1.2.** Применяет базовые знания физических законов и анализа физических явлений для решения задач в области экологии и природопользования	**Знает:** базовые закономерности поведения радионуклидов в почвах и ландшафтах, особенности их накопления в почве, воде, воздухе **Умеет:** оценивать возможность поступления радионуклидов в сопредельные с зоной загрязнения среды **Имеет опыт деятельности в** определении удельных активностей техногенных и природных радионуклидов в образцах с применением методов гамма-спектрометрии и бета-спектрометрии, проведении контроля качества различных материалов и продуктов по показателям радиационной безопасности.
Б-ОПК-2. Владеет теоретическими знаниями основ экологии, геоэкологии, природопользования, охраны природы, устойчивого развития и наук об окружающей среде. -	**Б-ОПК-2.2.** Владеет знаниями и подходами наук в области экологии и природопользования для планирования и реализации деятельности по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, охране природы, рациональному использованию природных ресурсов	**Знает:** базовые закономерности накопления радионуклидов в компонентах биоты, системе «почва-растение», различных звеньях трофической цепи **Умеет:** оценивать биологическую доступность радионуклидов компонентам биоты, интенсивность миграции радионуклидов по звеньям трофической цепи **Имеет опыт деятельности**: в применении приобретенных конкретных радиоэкологических знаний при определении содержания радионуклидов в различных объектах и контроле радиоэкологической обстановки

4. **Объем дисциплины** 3 з.е.**,** в том числе 72 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем

5. **Формат обучения:** очная

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

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**			**Всего**
Раздел 1. Радионуклиды в биосфере	18	4	2	12	-				
Тема 1 Введение. Природа радиоактивности и радионуклиды в биосфере	12	2	1	9	-				
Тема 2. Источники радиоактивного загрязнения биосферы	6	2	1	3	-				
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 N.2. Радиоэкология человека и животных	21	6	3	12	-				
Тема 1. Основы биологического действия ионизирующего излучения на живые компоненты биосферы.	9	2	1	6	-				
Тема 2. Радиоэкология человека	9	2	1	6	-				
Тема 3. Радиоэкология животных.	3	2	1	-	-				
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. Радиоэкология почв	12	4	2	6	-				
Тема 1. Экологические функции почвы при радиоактивном загрязнении	12	4	2	6	-				
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. Радиоэкология растений и грибов	16	6	4	6	-				
Тема 1. Поступление радионуклидов в компоненты биоты.	10	2	2	6	-				
Тема 2. Особенности накопления радионуклидов	6	4	2	-	-				

растениями и грибами.									
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 5. Потоки радионуклидов в ландшафтах	5	4	1	-	-				
Тема 1. Характеристика основных потоков радионуклидов в ландшафтах	5	4	1	-	-				
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*						-		
Итого:	72	72					-		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

ВВЕДЕНИЕ

Радиоэкология как самостоятельная дисциплина. Содержание, цели и задачи радиоэкологии. Структура радиоэкологии и связь с экологией, почвоведением, ядерной физикой, комплексом наук о Земле. Этапы становления. Радиоэкологии как самостоятельной дисциплины.

Раздел 1. Радионуклиды в биосфере.

Тема 1. Природа радиоактивности и радионуклиды в биосфере**.** Радиоактивность Земли и эволюция биосферы. Физическая природа радиоактивности. Типы радиоактивного распада, постоянная распада, период полураспада. Виды излучений: альфа-, бета-, гамма-излучение. Характеристики и единицы измерения радиоактивности. Единицы дозы. Классификация радионуклидов: естественные и техногенные радионуклиды. Основные группы естественных и техногенных радионуклидов и их радиоэкологическая характеристика: период полураспада, тип излучения, биологическое действие, пути поступления в организм человека и животных**.**

Тема 2. Источники радиоактивного загрязнения биосферы**.** Типы радиоактивных выпадений (локальные, региональные, глобальные) и их характеристика (размер частиц, растворимость, радионуклидный состав, период полувыведения, масштабы загрязнения). Основные источники радиоактивного загрязнения биосферы: 1) ядерные взрывы в военных и мирных целях; 2) технологические и аварийные выбросы на объектах ЯТЦ, ядерных установках военно-морского и гражданского флотов. Крупнейшие радиационные аварии (Кыштымская и Чернобыльская аварии, аварии на АЭС Три-Майл-Айленд, Уиндскейл, Фукусима -1 и др.); 3) добыча и переработка урана; производство и переработка отходов ядерных материалов реакторов АЭС, установок ВМФ, ракетных боеголовок. Захоронение твердых и жидких радиоактивных отходов; 4) аэрозольные выпадения и утилизация золоотвалов ТЭС, работающих на угле;5) производство и применение минеральных калийных и фосфорных удобрений; 6) добыча нефти и газа; 7) другие источники**.**

Раздел 2. Радиоэкология человека и животных

Тема 1. Основы биологического действия ионизирующего излучения на живые компоненты биосферы**.** Биологическое действие ионизирующего излучения на клетки. Эффекты воздействия излучения на клетки (детерминированные, стохастические). Мутации. Генетические аспекты воздействия облучения. Генетическая эффективность и риски облучения. Эффекты малых доз облучения. Лучевая болезнь (острая, хроническая). Виды и формы лучевой болезни. Лучевой стресс. Лучевой гормезис.

Тема 2. Радиоэкология человека. Радиоактивность человека. Пути поступления радионуклидов в организм человека. Рацион питания и уровни нахождения радионуклидов в пищевых продуктах и воде. Пути снижения поступления радионуклидов в организм человека. Радиочувствительность биообъектов. Радиационные эффекты на уровне популяций (прямые, косвенные). Воздействие излучений на популяции растений, животных, группы людей. Общая реакция экосистем на облучение. Понятие коллективной дозы облучения.

Тема 3. Радиоэкология животных**.** Поступление радионуклидов в организм животных. Основные факторы, определяющие накопление радионуклидов в организме животных (рацион питания, сезон года, физиологическая активность и возраст животного, однократное и хроническое поступление радионуклидов и др.). Накопление и

распределение радионуклидов в организме основных групп диких и домашних животных. Типы распределения радионуклидов в организме животных. Переход радионуклидов в продукцию животноводства. Пути снижения перехода радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных и продукцию животноводства.

Раздел 3. Радиоэкология почв

Тема 1. Экологические функции почвы при радиоактивном загрязнении. Поглощение радионуклидов и прочность связи с твердой частью почв. Трансформация в почвах радиоактивных выпадений. Факторы, влияющие на поведение радионуклидов в почвах: 1) ультрамикроконцентрация.; 2) химическая природа радионуклида: особенности поведения трансурановых элементов - Pu, Am, Cm, Np и продуктов ядерного деления - ^{137}Cs, ^{90}Sr-90 в почвах; 3) физико-химическая форма выпадений; 4) состав и свойства почв (ЕКО, pH, гранулометрический и минералогический состав, концентрация изотопных и неизотопных носителей); 5) ландшафтные особенности; 6) климатические условия. Классификация почв по сорбционной способности радионуклидов. Вторичное перераспределение радионуклидов в почвах: горизонтальная миграция (поверхностный и эоловый перенос), вертикальная миграция (диффузия, конвективный перенос, биогенная миграция, лессиваж). Особенности миграции радионуклидов в различных почвах и ландшафтах. Влияние хозяйственной деятельности человека на перераспределение радионуклидов в агроландшафтах.

Раздел 4. Радиоэкология растений и грибов.

Тема 1. Поступление радионуклидов в компоненты биоты. Пути поступления радионуклидов в биоту: аэральный и корневой. Особенности внекорневого накопления радионуклидов растениями. Поглощение радионуклидов из почвы. Количественные показатели накопления радионуклидов компонентами биоты. Понятие о коэффициенте задерживания, коэффициенты биологического поглощения (КБП), коэффициенте пропорциональности, нормированной концентрации или коэффициенте перехода, стронциевая и цезиевая единицы, коэффициент дискриминации. Пороговый эффект. Влияние различных факторов на накопление радионуклидов в биоте: химическая природа радионуклида, физико-химическая форма выпадений, биологические особенности растений, состав и свойства почв, тип ландшафта, климатические условия, время.

Тема 2. Особенности накопления радионуклидов растениями и грибами. Особенности накопления радионуклидов в древесных растениях, травянистых растениях лесных, луговых и агроэкосистем, моховом и лишайниковом покрове, грибном комплексе. Процессы поступления и особенности накопления радионуклидов в растениях водных экосистем. Основные закономерности сезонной и многолетней динамик накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениях и грибах. Некоторые аспекты радиоэкологии почвенных грибов. Радиотропизм почвенных грибов. Микромицеты как биоиндикаторы радиоактивного загрязнения почв. Загрязнение народнохозяйственной продукции природными и техногенными радионуклидами. Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в народнохозяйственную продукцию. (контрмеры). Биоиндикация радиоактивного загрязнения (виды биоиндикаторы в различных компонентах природных экосистем). Применение методов биотестирования при радиоактивном загрязнении.

Раздел 5. Потоки радионуклидов в ландшафтах

Тема 1. Характеристика основных потоков радионуклидов в ландшафтах Некоторое подходы к оценке запасов радионуклидов в компонентах природных экосистем (в

почвенном профиле, древесном, травяно-кустарничковом ярусах, моховом и лишайниковом покрове, грибном комплексе) . Потоки радионуклидов в ландшафтах: вынос растениями и грибами, поступление с опадом, в составе стволовых и кроновых вод, внутрипочвенного стока, перераспределение в системе геохимически сопряженных ландшафтов. Роль различных потоков в изменении зоны загрязнения. Вклад биоты и почвы в потоки природных и техногенных радионуклидов.

Содержание дисциплины (лабораторные занятия):

Дозиметрия ионизирующих излучений

Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Основные понятия радиационной безопасности. Поглощенная доза как основная физическая величина, определяющая степень радиационного воздействия. Единицы измерения поглощенной дозы. Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения. Единицы измерения экспозиционной дозы. Взаимосвязь поглощенной и экспозиционной дозы. Эквивалентная поглощенная доза. Единицы измерения эквивалентной поглощенной дозы. Мощность дозы.

Источники ионизирующего излучения. Расчет мощности экспозиционной дозы точечного источника гамма-излучения. Гамма-постоянная. Зависимость мощности дозы от расстояния до источника. Оценка расстояния до точечного источника гамма-излучения. Пределы индивидуальных доз техногенного облучения. Категории облучаемых лиц. Допустимое расстояние и время работы с источником ионизирующего излучения. Плотность ионизации и проникающая способность ионизирующих излучений. Закон ослабления гамма-излучения в веществе. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Толщина слоя половинного ослабления. Расчет толщины защитного экрана.

Работа 1. Радиационная безопасность. Дозиметрия гамма-излучения точечного источника

- Измерение мощности дозы, создаваемой источником гамма-излучения на различных расстояниях.
- Расчет допустимого времени работы с источником без защитного экрана.
- Определение расстояния до источника гамма-излучения методом двух точек.
- Определение активности источника.
- Расчет толщины защитного экрана.

Работа 2. Радиационная безопасность. Дозиметрия гамма-излучения радиационно-опасного объекта

- Построение карты дозного поля для радиационно-опасного объекта.
- Определение кратности ослабления гамма-излучения свинцовыми пластинами.
- Определение кратности увеличения поля излучения за счет неоднородности защиты.
- Определение транспортной категории радиационной упаковки.

Работа 3. Дозиметрический контроль гамма-излучения в помещениях.

Дозиметрический контроль гамма-излучения в помещениях как обязательный этап радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий.

- Измерение МЭДГИ на открытой местности вблизи обследуемого здания (фоновое значение).

- Измерение МЭДГИ в помещениях обследуемого здания.
- Оценка результатов дозиметрического контроля гамма-излучения в помещениях.

Радиометрия радона

Вклад радона и его дочерних продуктов распада в дозу, получаемую населением от природных источников ионизирующего излучения. Снижение воздействия радона и его дочерних продуктов распада как одна из приоритетных задач радиационной безопасности.

Радон – радиоактивный химический элемент. Физические и химические свойства радона. Природные изотопы радона. Содержание радона в атмосферном воздухе. Источники и пути поступления радона в атмосферу. Содержание радона в природных водах. Источники и пути поступления радона в воздух помещений. Методы измерения объемной активности радона в воздухе. Основной закон радиоактивного распада.

Нормирование содержания радона и его дочерних продуктов распада в воздухе. Среднегодовое значение эквивалентной равновесной объемной активности радона и торона. Критерии оценки потенциальной радоноопасности территории. Оценка питьевой воды по содержанию радона.

Работа 4. Определение объемной активности радона в воздухе помещений с предварительным отбором проб

- Отбор проб воздуха вне помещения (для определения фоновой активности радона) и в исследуемом помещении.
- Определение фоновой активности радона.
- Определение объемной активности радона-222 (ОАР) в воздухе.
- Оценка эквивалентной равновесной объемной активности радона и торона.

Работа 5. Определение объемной активности радона в воде с предварительным отбором проб

- Отбор проб воздуха вне помещения (для определения фоновой активности радона) и отбор проб воды.
- Определение фоновой активности радона.
- Определение объемной активности радона-222 (ОАР) в воде.
- Оценка воды как питьевой по содержанию в ней радона.

Спектрометрия ионизирующих излучений

Работа 6. Определение удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в образцах почвы и растительности с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра

Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Регистрация гамма-излучения современными сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Энергетическое разрешение и эффективность регистрации как основные спектрометрические характеристики детекторов.

Регламент гамма-спектрометрического анализа. Калибровка по энергии. Калибровка по эффективности. Фоновое излучение и его учет. Идентификация радионуклидов и оценка их активностей.

Коэффициент накопления и коэффициент перехода как характеристика биологической доступности радионуклидов растениям.

- Определение удельной активности радиоцезия и естественных радионуклидов в образцах почв.
- Определение удельной активности радиоцезия и естественных радионуклидов в образцах растительности.
- Расчет коэффициентов накопления и перехода в растения для радиоцезия.

Работа 7. Определение удельной активности Sr-90 в образцах почвы и растительности с использованием сцинтилляционного бета-спектрометра.
Виды бета-превращений. Особенности бета-спектров и детекторов бета-излучения. Максимальная кинетическая энергия бета-частиц. Трудности использования бета-спектрометрии для расшифровки радионуклидного состава проб. Особенности определения удельных активностей радиостронция в пробах растительности и почв.
- Определение удельной активности радиостронция в радиохимически приготовленных из проб почвы счетных образцах.
- Определение удельной активности радиострнция в образцах растительности.
- Расчет коэффициентов накопления и перехода в растения для радиостронция.

Работа 8. Контроль качества строительных материалов по удельной эффективной активности естественных радионуклидов
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов как суммарная удельная активность естественных радионуклидов в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека. Критерии оценки строительных материалов для принятия решений согласно гигиеническим нормативам.
- Определение удельных активностей радиоцезия и естественных радионуклидов в образцах строительных материалов.
- Вычисление удельной эффективной активности естественных радионуклидов.
- Оценка качества строительных материалов по удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации.
Работа 9. Испытание проб продовольствия на соответствие требованиям радиационной безопасности с использованием сцинтилляционных гамма- и бета-спектрометров
Принципы контроля качества продуктов питания на соответствие критериям радиационной безопасности. Регламент проведения испытания проб продовольствия.
- Определение удельных активностей радиоцезия и радиостронция в пробах продовольствия.
- Вычисление показателя соответствия требованиям радиационной.
- Оценка качества продуктов питания на соответствие критериям радиационной безопасности.

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. Радионуклиды в биосфере и источники их поступления.
2. Физико-химическая характеристика радиоактивных выпадений и ее влияние на миграцию радионуклидов в почвах.
3. Формы соединений радионуклидов в почвах
4. Влияние различных факторов на миграцию радионуклидов в почвенно-растительном покрове.
5. Почвенные процессы, обусловливающие миграцию радионуклидов в почвах
6. Особенности миграции естественных и техногенных радионуклидов в почвах различных природно-климатических зон
7. Особенности миграции естественных и техногенных радионуклидов в почвах агроэкосистем
8. Пространственно-временная динамика структуры полей загрязнения техногенными радионуклидами в наземных экосистемах.
9. Особенности миграции естественных и техногенных радионуклидов в системе «почва-растение».
10. Влияние различных факторов на миграцию радионуклидов в системе «почва-растение».
11. Роль отдельных компонентов природных экосистем в аккумуляции и перераспределении радионуклидов.
12. Роль отдельных компонентов агроэкосистем в аккумуляции и перераспределении радионуклидов.
13. Биоидиагностика радиоактивного загрязнения
14. Биондикаторы радиоактивного загрязнения
15. Макро- и микромицеты как биоиндикаторы радиоактивного загрязнения
16. Применимость методов биотестирования при радиоактивном загрязнении
17. Биогеохимическая миграция радионуклидов в ландшафтах различных природных зон.
18. Особенности биогеохимической миграции техногенных радионуклидов в агроландшафтах
19. Моделирование биогеохимической миграции радионуклидов в природных и агроэкосистемах.
20. Принципы экологической оценки почв при сочетанном химическом и радиоактивном загрязнении.

Примеры тестов, темы рефератов, презентаций, докладов по темам

Тема 1. Радионуклиды в биосфере

1. Природа радиоактивности, радиоактивные и стабильные элементы
2. Типы радиоактивного распада, их характеристика
3. Основные единицы измерения радиоактивности и поглощенной дозы.
4. Действие ионизирующего излучения на клетки
5. Различные аспекты действия ионизирующего облучения на человека
6. Лучевая болезнь, лучевой стресс.
7. Источники нахождения и поступления радионуклидов в биосферу.
8. Типы радиоактивных выпадений, их характеристика.
9. Радиационные аварии на Южном Урале, Чернобыле, Три-Майл-Айленд, Уинсдейл, Фукусима-1, их характеристика, особенности и масштабы загрязнения.

10. Радиоактивные отходы, их классификация, проблемы утилизации
11. Сочетанное загрязнение окружающей среды радионуклидами и другими экотоксикантами (нефтепродукты, тяжелые металлы и др.)

Тема 2. Поведение радионуклидов в почвах

1. Миграция радионуклидов в почвах и факторы, ее определяющие.
2. Особенности миграции естественных радионуклидов в почвах различных природно-климатических зон
3. Экологические функции почвы при радиоактивном загрязнении.
4. Трансформация радиоактивных выпадений в почвах различных природно-климатических зон
5. Поглощение техногенных радионуклидов и прочность связи с твердой частью почв.
6. Особенности миграции техногенных радионуклидов (на примере ^{137}Cs и ^{90}Sr) в почвах различных природно-климатических зон
7. Роль диффузии, конвективного и биогенного переносов в перераспределении радионуклидов в профиле различных типов почв
8. Влияние ландшафтных условий и климатического фактора на миграцию радионуклидов в почвах.
9. Влияние временного фактора на миграцию радионуклидов в различных почвах
10. Особенности перераспределения техногенных радионуклидов в почвах различных типов в различные периоды после выпадений

.

Тема 3. Поведение радионуклидов в системе « почва-биота»

1. Основные количественные показатели, характеризующие поступление радионуклидов из почвы в компоненты биоты (коэффициент задерживания, коэффициент биологического поглощения (КБП), коэффициент накопления, коэффициент перехода, стронциевая и цезиевая единицы, коэффициент дискриминации)
2. Пути поступления радионуклидов в растения: аэральный и корневой
3. Особенности внекорневого накопления радионуклидов растениями.
4. Поглощение радионуклидов из почвы. Пороговый эффект.
5. Влияние различных факторов на накопление радионуклидов в растениях
6. Особенности накопления радионуклидов в древесных растениях, травянистых растениях лесных, луговых и агроэкосистем
7. Особенности накопления радионуклидов в мохово-лишайниковом покрове
8. Особенности накопления радионуклидов в грибном комплексе.
9. Особенности многолетней динамики накопления радионуклидов в древесной, травянистой растительности и грибах
10. Загрязнение народнохозяйственной продукции радионуклидами. Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в народнохозяйственную продукцию. (контрмеры).
11. Биоиндикаторы радиоактивного загрязнения.
12. Роль различных компонентов биогеоценоза в миграции радионуклидов
13. Основные закономерности миграции радионуклидов в системе "почва-растение" и факторы, ее обусловливающие

Тема 4. Основные потоки радионуклидов в ландшафтах

1. Основные подходы к оценке запасов радионуклидов в компонентах природных экосистем.
2. Оценка вклада основных компонентов биогеоценозов (БГЦ) в суммарное загрязнение ландшафта.
3. Поступление радионуклидов в составе опада, динамика этого процесса

4. Поступление радионуклидов в составе стволовых и кроновых вод
5. Поступление радионуклидов в составе внутрипочвенного стока,
6. Перераспределение в системе геохимически сопряженных ландшафтов, динамика этого процесса.
7. Роль различных потоков в изменении зоны загрязнения.
8. Факторы, определяющие потоки радионуклидов в БГЦ:
9. Вклад биоты и почвы в биогеохимические потоки природных и техногенных радионуклидов.

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

1. Этапы становления радиоэкологии как самостоятельной науки. Краткая характеристика, основные достижения.
2. Понятие радиоактивности и радиоактивных элементов, основные единицы радиоактивности
3. Радиоактивный распад (альфа-распад. бета-распад, гамма-распад) Основные характеристики и единицы энергии радиоактивного распада (физический смысл, величина)
4. Типы радиоактивных выпадений (локальные, региональные, глобальные). Физико-химическая характеристика радиоактивных выпадений и влияние форм выпадений на миграцию радионуклидов
5. Биологическое действие ионизирующего облучения на клетку. Генетические аспекты облучения, мутации, понятие генетического риска.
6. Виды и формы лучевой болезни и основные факторы, ее вызывающие. Понятие о критических органах
7. Воздействие излучения на группы людей. Представление о коллективной дозе облучения. Расчет коллективной дозы облучения.
8. Источники радиоактивного загрязнения биосферы естественными и техногенными радионуклидами радионуклидами. Изменение глобальных потоков естественных и техногенных радионуклидов в биосфере.
9. . Крупнейшие радиационные аварии, их особенности, характеристика.
10. Классификация радионуклидов в биосфере. Краткая радиоэкологическая характеристика представителей (1-2) основных групп радионуклидов
11. Накопление и распределение радионуклидов в организме основных групп диких животных.
12. Особенности накопления радионуклидов древесной растительностью и факторы, его определяющие. Распределение радионуклидов по компонентам древесных растений и высоте ствола.
13. Особенности перераспределения радионуклидов в системе геохимически сопряженных элементов рельефа. Динамика данного процесса.
14. Особенности аэрального и корневого загрязнения радионуклидами растений. Факторы, обусловливающие данные особенности.
15. Процесс поступления радионуклидов в различные звенья биотической цепи и их накопление в организме животных. Основные факторы, определяющие накопление радионуклидов в организме животных
16. Поступление радионуклидов в продукцию животноводства. Пути снижения перехода радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных и продукцию животноводства.
17. Понятие радиочувствительности объектов биоты и сравнительная характеристика радиочувствительности организмов. Воздействие излучения на популяции растений и животных.
18. Радиоэкология почвенных грибов

19. Роль отдельных компонентов природных и агроэкосистем в аккумуляции и перераспределении техногенных радионуклидов.
20. Радиоактивность человека. Основные факторы, определяющие накопление естественных и техногенных радионуклидов в организме человека. Распределение радионуклидов в организме человека
21. Особенности миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr и роль различных процессов в перераспределении этих радионуклидов в почвах.
22. Биоиндикаторы радиоактивного загрязнения природных сред естествнными и техногенными радионуклидами.
23. Особенности накопления радионуклидов в растительности водных экосистем.
24. Особенности накопления радионуклидов в агроэкосистемах.
25. Особенности и интенсивность миграции естественных и искусственных радионуклидов в почвах. Влияние различных факторов на их миграцию в почвах
26. Годовые потоки радионуклидов в БГЦ: поступление радионуклидов с опадом, в составе стволовых и кроновых вод, вертикального внутрипочвенного стока.
27. Грибы – как объекты радиоэкологических исследований. Экологические группы грибов. Особенности накопления радионуклидов в грибном комплексе.
28. Радиоактивность человека. Основные факторы, определяющие накопление естественных и техногенных радионуклидов в организме человека. Распределение радионуклидов в организме человека
29. Эффекты малых доз облучения. Лучевой стресс. Лучевой гормезис

Лабораторные занятия

1. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Основные понятия радиационной безопасности.
2. Поглощенная доза как основная физическая величина, определяющая степень радиационного воздействия. Единицы измерения поглощенной дозы. Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения. Единицы измерения экспозиционной дозы. Взаимосвязь поглощенной и экспозиционной дозы. Эквивалентная поглощенная доза. Единицы измерения эквивалентной поглощенной дозы. Мощность дозы.
3. Источники ионизирующего излучения. Расчет мощности экспозиционной дозы точечного источника гамма-излучения. Гамма-постоянная. Зависимость мощности дозы от расстояния до источника.
4. Плотность ионизации и проникающая способность ионизирующих излучений. Закон ослабления гамма-излучения в веществе.
5. Дозиметрический контроль гамма-излучения в помещениях как обязательный этап радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий.
6. Вклад радона и его дочерних продуктов распада в дозу, получаемую населением от природных источников ионизирующего излучения. Снижение воздействия радона и его дочерних продуктов распада как одна из приоритетных задач радиационной безопасности.
7. Физические и химические свойства радона. Природные изотопы радона. Содержание радона в атмосферном воздухе. Источники и пути поступления радона в атмосферу. Содержание радона в природных водах. Источники и пути поступления радона в воздух помещений.
8. Методы измерения объемной активности радона в воздухе.
9. Основной закон радиоактивного распада.
10. Нормирование содержания радона и его дочерних продуктов распада в воздухе. Среднегодовое значение эквивалентной равновесной объемной активности радона

и торона. Критерии оценки потенциальной радоноопасности территории. Оценка питьевой воды по содержанию радона.

11. Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Регистрация гамма-излучения современными сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Энергетическое разрешение и эффективность регистрации как основные спектрометрические характеристики детекторов.
12. Регламент гамма-спектрометрического анализа. Калибровка по энергии. Калибровка по эффективности. Фоновое излучение и его учет. Идентификация радионуклидов и оценка их активностей.
13. Коэффициент накопления и коэффициент перехода как характеристика биологической доступности радионуклидов растениям.
14. Виды бета-превращений. Особенности бета-спектров и детекторов бета-излучения. Максимальная кинетическая энергия бета-частиц. Трудности использования бета-спектрометрии для расшифровки радионуклидного состава проб.
15. Особенности определения удельных активностей радиостронция в пробах растительности и почв.
16. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов как суммарная удельная активность естественных радионуклидов в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека. Критерии оценки строительных материалов для принятия решений согласно гигиеническим нормативам.
17. Принципы контроля качества продуктов питания на соответствие критериям радиационной безопасности. Регламент проведения испытания проб продовольствия.

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:*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические

устные и письменные опросы, самостоятель-ные и контрольные работы, тесты)				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) *(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, оформленная лабораторная работа)*	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. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия. Учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2017. 409 с.
2. Василенко О.И. Радиоэкология. Учебное пособие. М.:УМЦ ДО, 2003. 353 с.
3. Давыдов М. Г., Бураева Е. А., Зорина Л. В., Малышевский В. С., Стасов В. В. Радиоэкология: учебник для вузов . Ростов- на -Дону : Феникс, 2013 . 635 с.:
4. Иванова Е.Ю. Радиоэкология. Учебное пособие . Воронеж: Кварта, 2015. 209 с.
5. Игнатов П.А. , Верчеба А.А. Радиоэкология и проблемы радиационной безопасности.. Учебное пособие . Волгоград: Ин-Фолио, 2010. 256
6. Сахаров В.К. Радиоэкология. Учебное пособие. СПб: Лань, 2006. 320 с.
7. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н Пресноводная радиоэкология. Екатеринбург : АкадемНаука, 2012. 539,
8. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология (учебник для студентов вузов). М.:Лань, 2011
9. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М.: Наука, 2000 .
10. Манахов Д.В., Липатов Д.Н., Щеглов А.И. Практикум по радиоэкологии : учебно-методическое пособие для студентов факультета почвоведения МГУ. М.: МАКС Пресс, 2019. 92 с.

- Перечень лицензионного программного обеспечения

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: MS Windows10, MS Teams
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
  Радиоэкологический информационно-учебный ресурс «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.;
  - для лабораторных занятий: дозиметры-радиометры, радиометры радона, спектрометрические комплексы (в составе альфа-, бета- и гамма-спектрометров).
  В. Иные материалы
  - образцовые спектрометрические источники: альфа-излучения (ОСАИ), бета-излучения (ОРИБИ), гамма-излучения (ОСГИ).

10. **Язык преподавания: русский**

11. **Преподаватель (преподаватели):**

Щеглов Алексей Иванович
Ученая степень (когда и где присуждена): доктор биологических наук, 6 июня 1997 г. Высший аттестационный комитет Российской Федерации
Ученое звание (когда и кем присвоено): старший научный сотрудник, 3 апреля 1922 Высшая аттестационная комиссия при Совете Министров СССР

Цветнова Ольга Борисовна
Должность: ведущий научный сотрудник
Ученая степень (когда и где присуждена): доцент, 10.09.2013 Министерство образования и науки Российской Федерации
Ученое звание (когда и кем присвоено): кандидат биологических наук, 22.12.1987 г. Совет в Московском университете им. М.В. Ломоносова

Манахов Дмитрий Валентинович
Должность: старший преподаватель
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 21 марта 2000 г. Совет МГУ имени М.В. Ломоносова
Ученое звание (когда и кем присвоено):

Липатов Денис Николаевич
Должность: старший преподаватель
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 17 октября 2000 г. Совет МГУ имени М.В. Ломоносова
Ученое звание (когда и кем присвоено):

12. **Разработчики программы:**

Щеглов Алексей Иванович
Должность: заведующий кафедрой
Ученая степень (когда и где присуждена): доктор биологических наук, 6 июня 1997 г. Высший аттестационный комитет Российской Федерации
Ученое звание (когда и кем присвоено): старший научный сотрудник, 3 апреля 1922 Высшая аттестационная комиссия при Совете Министров СССР

Цветнова Ольга Борисовна
Должность: ведущий научный сотрудник
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 22.12.1987 г. Совет в Московском университете им. М.В. Ломоносова
Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент, 10.09.2013 Министерство образования и науки Российской Федерации

Манахов Дмитрий Валентинович
Должность: старший преподаватель
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 21 марта 2000 г. Совет МГУ имени М.В. Ломоносова
Ученое звание (когда и кем присвоено):

Липатов Денис Николаевич
Должность: старший преподаватель
Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 17 октября 2000 г. Совет МГУ имени М.В. Ломоносова
Ученое звание (когда и кем присвоено):

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

Курс направлен на овладение теоретическими основами радиоэкологии, базирующимися на изучении поведения радионуклидов в биосфере, и получение практических навыков проведения работ радиоэкологической направленности. Курс охватывает основные разделы, посвященные радиоэкологии человека и животных, растений и грибов, большое внимание уделяется вопросам поведения радионуклидов в почвах, потокам радионуклидов в ландшафтах.

В рамках лабораторных работ по данному курсу обучающиеся получают представления о спектре современных радиологических методов, о принципиальных основах этих методов и схемах исследовательской работы с их использованием, а также об их возможностях и ограничениях их применения, о содержании получаемой с их помощью информации и о способах интерпретации радиологических данных для решения экологических задач.