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

УТВЕРЖДАЮ

и.о.декана П.В.Красильников /_____ /

«___» _____2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

РАДИОЭКОЛОГИЯ

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

05.04.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

Рациональное использование возобновляемых природных ресурсов

Форма обучения: очная

Москва 2023

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

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:**Дисциплины специализации по выбору

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**Биологическая диагностика состояния природной среды, Методы мониторинга природных ресурсов, Деградация и загрязнение природной среды, Экологическое нормирование.

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**
ПК-1. Способен формулировать проблемы и задачинаучного исследования в области экологии и природопользования, обобщать полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний, формулировать выводы и рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований.	**ПК-1.М.** Формулирует проблемы и задачи научного исследования в области рационального использования возобновляемых природных ресурсов, обобщает полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний в данной области, формулирует выводы и рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований.	***Знает:***Особенности поведения природных и техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды, закономерности их биологического действия**.** ***Умеет:*** качественно и количественно оценивать изменения в объектах окружающей среды в условиях радиоактивного загрязнения
МПК-2 Способен проводить оценку и мониторинг деградации природных ресурсов, разрабатывать способы снижения экологической нагрузки, разрабатывать меры для обеспечения устойчивого использования природных ресурсов	**МПК-2.М.** Способен проводить оценку и мониторинг деградации природных ресурсов, разрабатывать способы снижения экологической нагрузки, разрабатывать меры для обеспечения устойчивого использования природных ресурсов;	***Знает:*** Особенности накопления и перераспределения природных и техногенных радионуклидов в почвах, компонентах биоты, звеньях трофической цепи**.** ***Умеет:***применять приобретенные знания качественно и количественно оценивать изменения в объектах окружающей среды в условиях радиоактивного

		загрязнения

4. **Объем дисциплины**_2_з.е., в том числе ___24___академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, _____48__академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения**___очная _____*(с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)*

6. **Содержание дисциплины, 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 *(это может быть тестирование, доклад с презентацией, устный опрос и т.д.)*	**Всего (часы)**	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ***Виды контактной работы, часы****					**Самостоятельная работа обучающегося** ***Виды самостоятельной работы, часы*** *(это может быть подготовка докладов, рефератов, анализ литературы и др.)*		
		Занятия лекционного типа *(по учебному плану)*	Занятия семинарского типа *(по учебному плану)*	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	**Всего**	Подготовка докладов и рефератов		**Всего**
Раздел 1.	4	4					8		
Тема 1	2	2					4		
Тема 2	2	2					4		
Форма текущей аттестации по разделу – ……..									
Раздел 2.	8	8					14		
Тема 3	2	2					4		

Тема 4.	4	4					6	4	
Тема 5	2	2					4		
Форма текущей аттестации по разделу –									
Раздел 3	4	4					10		
Тема 6	2	2					4		
Тема 7	2	2					6		
Раздел 4	4	4					8		
Тема 8	2	2					4		
Тема 9	2	2					4		
Раздел 6	4	4					6		
Тема 10	2	2					2		
Тема 11	2	2					4		
Промежуточная аттестация_____ *(указывается форма проведения)*	*Курсовая работа, защита проекта, зачет, экзамен* *Зачет (экзамен)*						2 (XX**)		
Итого	24	24					48		

**Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций*

*** Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося.*

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1.Радиоактивность и источники радиоактивного загрязнения биосферы

Тема 1. Природа радиоактивности и радионуклиды в биосфере. Краткая история развития радиоэкологии**.**

Открытие явления радиоактивности (работы А.А. Беккерелля, М. И П. Кюри). Понятие радиоактивности; физическая природа радиоактивности. Радиоактивный распад. Виды излучений: альфа-, бета-, гамма- излучение., их основные характеристикиЕдиницы измерения радиоактивности. Единицы дозы. Радионуклиды в биосфере. Основные группы естественных и техногенных радионуклидов и их радиоэкологическая характеристика.

Краткая история развития радиоэкологии.Становление радиоэкологии как самостоятельной дисциплины.Первые работы в области наук радиационной направленности: отечественных (Л.Е.Лондона, И.Р. Тарханова, Н.С. Гаевской, В.И.Вернадского, Н.В. Тимофеева-Ресовского) и зарубежных: (Й.Стоклазаи Й.Пенткава) исследователей. Этапы развития и основные научные достижения в рассматриваемый период.

Тема 2. Источники радиоактивного загрязнения биосферы.

Основные источники радиоактивного загрязнения биосферы1) ядерные взрывы в военных и мирных целях; 2) технологические и аварийные выбросы на объектах ЯТЦ, ядерных установках военно-морского и гражданского флотов. 2) Радиационные аварии; 3) добыча и переработка урана; производство и переработка отходов ядерных материалов реакторов АЭС, установок ВМФ и др.; захоронение 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:Радиоактивные выпадения. Типы радиоактивных выпадений (локальные, региональные, глобальные). Пути трансформации радиоактивных выпадений в объектах окружающей среды.

Раздел 2. Особенности поведения радионуклидов в почвах и компонентах биоты

Тема 3. Особенности поведения радионуклидов в почвах. Пути поступления радионуклидов в почвы (аэральный, литогенный). Факторы, влияющие на поведение природных и техногенных радионуклидов в почвах(химическая природа радионуклида, физико-химическая форма выпадений, состав и свойства почв, ландшафтные и климатические условия, время). Процессы, определяющие перераспределение радионуклидов в почвах (диффузионный и конвективный перенос, лессиваж, корневые выделения, почвенная мезофауна),Влияние хозяйственной деятельности человека на перераспределение радионуклидов в агроландшафтах.Особенности первичного и вторичного перераспределения радионуклидов в почвах. Особенности миграции радионуклидов в различных почвах и ландшафтах.

Тема 4. Особенности поведения радионуклидов в компонентах биоты.

Количественные показатели накопления радионуклидов компонентами биоты: коэффициент задерживания, коэффициенты биологического поглощения, коэффициент накопления, коэффициент перехода, стронциевая и цезиевая единицы. Пути поступления радионуклидов в биоту: аэральный и корневойВлияние различных факторов на накопление радионуклидов в биоте(химическая природа радионуклида, физико-химическая форма выпадений, биологические особенности и возраст, состав и свойства почв, тип

ландшафта, климатические условия, время). Особенности накопления радионуклидов в древесных растениях, травянистых растениях лесных, луговых и агроэкосистем, моховом и лишайниковом покрове, грибах. Основные закономерности сезонной и многолетней динамик накопления радионуклидов в растениях и грибах Факторы, обусловливающие накопление радионуклидов компонентами биоты.. Загрязнение народнохозяйственной продукции природными и техногенными радионуклидами.

Тема 5. Биологический контроль радиоактивного загрязнения природных сред.

Биоиндикация и биотестирование при радиоактивном загрязнении. Ранняябиоиндикациясостояния природных экосистем при радиоактивном загрязнении.Биоиндикация радиоактивного загрязнения на основании различных видов и структур растительности(древесный ярус, травянистая растительность, мохово-лишайниковый покров), высших грибов, почвенных грибов. Виды биоиндикаторы в различных компонентах природных экосистем. Применение методов биотестирования при радиоактивномзагрязнении. Разработанные методы биотестирования для оценки экологических рисков отдаленных последствий радиационного воздействия.

Раздел 3. Потоки радионуклидов в ландшафтах. Биогеохимические циклы природных и техногенных радионуклидов. экосистемах

Тема 6. Потоки радионуклидов в ландшафтах

Понятие потока. Вынос радионуклидов компонентами биоты, поступление с опадом, в составе стволовых и кроновых вод, с внутрипочвенным стоком. Перераспределение радионуклидов в системе геохимически сопряженных ландшафтов. Роль различных потоков в создании зон вторичного загрязнения. Особенности биогеохимических потоков радионуклидов в ландшафтах. Основные подходы к оценке запасов радионуклидов в компонентах природных экосистем (в древесном, травяно-кустарничковом ярусах, мохово-лишайниковом покрове, высших грибах.

Тема 7. Особенности биогеохимических циклов природных и техногенных радионуклидовв различных экосистемах.

Циклы элементов в биосфере. Основные параметры биогеохимических циклов радионуклидов.Особенности биогеохимических циклов ^{238}U, ^{232}Th, ^{232}Ra ^{14}C в наземных экосистемах. Особенности биогеохимического цикла ^{3}H в водных экосистемах. Особенности биогеохимических циклов ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{238}Pu в наземных экосистемах. Основные различия биогеохимических циклов природных и техногенных радионуклидов.

Раздел 4. Ведение народнохозяйственной деятельности в условиях радиоактивного загрязнения.

Тема 8. Контрмеры в сельском хозяйстве при радиоактивном загрязнении.

Концепция проживания и ведения хозяйственной деятельности на территориях, загрязненных радионуклидами. Основные требования к сельскохозяйственному производству в условиях радиоактивного загрязнения. Необходимые условия и стратегия ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных территориях. Зонирование сельскохозяйственных территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению.Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в народнохозяйственную продукцию (контрмеры). Мероприятия по снижению уровней загрязнения продукции растениеводства и животноводства.

Тема 9. Контрмеры в лесном хозяйстве при радиоактивном загрязнении.

Система контрмер в лесном хозяйстве при радиоактивном загрязнении. Зонирование лесных территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению.Радиоэкологическая

классификация лесов Мероприятия по снижению уровней загрязнения основной и побочной продукции пользования лесом.

Раздел 6. Использование радиоизотопных методов в различных областях науки и народнохозяйственной деятельности

Тема 10.Метод меченых атомов.

Понятие «меченые атомы». Начало применения (работы Г.Е. Владимирова) и сущность метода «меченых атомов». Применение метода в различных областях (в экологии, почвоведении и смежных науках, а также в медицине, технике, криминалистике).

Тема 11. Определение возраста биологических объектов, горных пород, почв с помощью радиоизотопных методов:

1. Урано-(ториево)-свинцовый метод (сущность метода и условия применения) Диапазон определения возраста биологических объектов урано-(ториево)-свинцовым методом. Ограничения применения метода;

2) Калиево-аргоновый метод и его вариант аргон-аргоновый метод. Открытие метода (работы Д. Аронсона) - революция в геологии и палеоантропологии: установление возраста «Люси». Сущность метода. Условия применения метода. Диапазон определения возраста биологических объектов калиево-аргоновым методом. Ограничения применения метода. Особенности аргон - аргонового ($^{40}Ar/^{40}Ar$) метода и его модификации ($^{40}Ar/^{39}Ar$) в датировке;

3) Рубидиево-стронциевый метод. Открытие метода (работы Титова и Герлинга (СССР), Алдрича и Нира (США). Сущность метода. Условия применения метода, Диапазон определения возраста биологических объектов биологических объектов с применением рубидиево-строциевого метода. Ограничения применения метода;

4) Радиоуглеродный метод. Открытие радиоуглеродного метода датировки (работы У.Ф. Либби). Сущность метода. Основное уравнение радиоуглеродного метода изотопной геохронологии, объекты датирования. Возможности применения метода радиоуглеродного датирования (минимальный и максимальный возраст датировки). Использование радиоуглеродного метода в научных и других целях. Радиоуглеродный метод датировки возраста почв, органического вещества и различных фракций органического вещества почв. Абсолютный и относительный возраст почв. Недостатки радиоуглеродного метода, связанные с природными (биологические особенности растений) и антропогенными («послебомбовый» С-14) факторами.

5) Другие методы датировки: а) самариево-неодимовый метод (Sm-Nd) метод; б) лютецио-гафниевый метод (Lu-Hf) метод; в) методы датирования, основанные на спонтанном делении урана

7.**Фонд оценочных средствдля оценивания результатов обучения по дисциплине**:

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

1. Радиоактивность и источники загрязнения природных сред.
2. Миграция радионуклидов в почвах и факторы, ее обусловливающие.
3. Особенности поведения естественных радионуклидов в почвах различных типов
4. Особенности поведения техногенных радионуклидов в почвах различных типов
5. Роль растительности и грибов в аккумуляции и перераспределении радионуклидов.
6. Биоиндикаторы радиоактивного загрязнения

7. Основные потоки радионуклидов в ландшафтах и факторы, их определяющие
8. Перераспределение в системе геохимически сопряженных ландшафтов, динамика этого процесса.
9. Особенности биогеохимических циклов природных радионуклидов в экосистемах.
10. Особенности биогеохимических циклов техногенных радионуклидов в природных и агроэкосистемах.
11. Зонирование лесных территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, в системе контрмер.
12. Основные требования к сельскохозяйственному производству в условиях радиоактивного загрязнения.
13. Мероприятия по снижению уровней загрязнения радионуклидами в продукции растениеводства и животноводства.
14. Концепция проживания и ведения хозяйственной деятельности на территориях, загрязненных радионуклидами
15. Использование метода «меченых атомов» в почвенных исследованиях
16. Особенности применения урано-(ториево)-свинцовового метода датировки
17. Особенности применения калиево-аргонового метода датировки
18. Особенности применения рубидиево-стронциевого метода датировки
19. Особенности применения радиоуглеродного метода датировки

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

1. Основные источники радиоактивного загрязнения биосферы
2. Радионуклиды в биосфере, их классификация и радиоэкологическая характеристика
3. Трансформация радиоактивных выпадений в почвах различных природно-климатических зон
4. Особенности поведения естественных и техногенных радионуклидов в почвах различных природно-климатических зон
5. Экологические функции почвы при радиоактивном загрязнении.
6. Особенности поведения радионуклидов в системе «почва – растение»
7. Отличительные особенности биогеохимических циклов техногенных радионуклидов от биогеохимических циклов их стабильных изотопов и химических аналогов.
8. Биоидиагностика радиоактивного загрязнения. Биотестирование при радиоактивном загрязнении
9. Контрмеры в лесном хозяйстве при радиоактивном загрязнении.
10. Контрмеры в сельском хозяйстве при радиоактивном загрязнении.
11. Использование радиоактивных изотопов в почвенных и агрохимических исследованиях
12. Основные радиоизотопные методы датировки возраста биологических объектов, горных пород, почв
13. Выбор радиоактивных методов датировки применительно к различным объектам
14. Современные представления о возрасте различных фракций органического вещества почв

8. **Ресурсное обеспечение:**

- Переченьосновной и дополнительнойучебнойлитературы

Основная литература:

1. Бекман И.Н. Экологическая радиохимия и радиоэкология. Учебное пособие. М.: ОНТО, 2015.400с.(http://profbeckman.narod.ru/tom6_originalmaketstranic.pdf)
2. Белозерский Г.Н.Радиационная экология. М.: Центр «Академия», 2008.418 с.(https://mx3.urait.ru/uploads/pdf_review/9A04C31A-0D43-4E97-AE4D-35E0A1FD2418.pdf)
3. Вагнер Г. А. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М.: Техносфера, 2006.575 с.(http://padabum.com/d.php?id=44127)
4. Пивоваров Ю.П., Михалев В.П. Радиационная экология. М.: Центр «Академия», 2004. 240 с. (https://nashaucheba.ru/v57139/?download=1)
5. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.289 с. (https://rucont.ru/file.ashx?guid=79b46c13-e3bd-46dd-8bc8-f69ff86c74ab)
6. Сахаров В.К. Радиоэкология. Учебное пособие. СПб: Изд-во «Лань», 2006. 320 с.(http://padabum.com/d.php?id=170070)
7. Торшин С.П., Смолина Г.А. Биогеохимия радионуклидов. Учебник. М.: Инфра-М, 2016. 320 с. (http://www.tnu.in.ua/study/books/entry-1398146.html)
8. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10–летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. М.: Наука, 2000. 266 с. (http://bookre.org/reader?file=1517187)

Дополнительная литература:

1. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Велихов Е.П. Системный анализ причин и последствий аварии на АЭС «Фукусима-1» М.:ИБРАЭ РАН, 2018. 408 с. (http://www.ibrae.ac.ru/docs/Monografii/velikhov_web.pdf)
2. Василенко О.И.Радиационная экология. М.: Медицина, 2004. 214 с (http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/vrad.htm)
3. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры /ред. Л.А. Ильин, В.А. Губанов. М.: ИздАт, 2001. 752 с. (http://elib.biblioatom.ru/text/krupnye-radiatsionnye-avarii_2001/)
4. Куликова М.А. Радиоуглерод (^{14}C) в окружающей среде и метод радиоуглеродного датирования. Учебно-методическое пособие. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2011. 40 с (https://geoecology.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0129/129785.grbuteobzg.pdf)
5. Нейтрализация загрязненных сред /ред. Ю.А. Можайский. Рязань: Изд-во Мещерский филиал ГНУ ВНИИИ-ГИМ Россельхозакадемии, 2008 (https://search.rsl.ru/ru/record/01004040265).
6. Тихомиров Ф.А. Радиоизотопы в почвоведении. М.:МГУ, 1985. 91 с.

7. Фесенко С.В., Алексахин Р.М., Лисинский К.Б., Санжарова Н.И. Анализ стратегий применения защитных мероприятий в сельском хозяйстве после аварии на ЧАЭС // Радиационная биология. Радиоэкологияю 1998. Т. 38. Вып. 5. С. 337-353.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
  - Microsoft Windows 10
  - Microsoft Windows XP
  - Microsoft Office 365
  - Microsoft Teams
  - ПО «Прогресс»
- Переченьпрофессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
  - EcoRadMod (http://soil.msu.ru/kafedry/kaf-radioecologia/ecoradmod) – информационно-учебный ресурс содержит материалы по поведению радионуклидов в биосфере, по воздействию ионизирующих излучений (радиации) на компоненты биосферы, по динамике дозовых нагрузок, по математическому моделированию в этой области.
- Описание материально-технической базы
  - Альфа-бета-гамма-спектрометрический комплекс «Мультирад»
  - Радиометры радона (РРА-01-М01; РРА-01-М03; Альфарад плюс-АРП)
  - Полевые портативные спектрометры СКС-99 «Спутник»
  - Поисковые радиометры-дозиметры (СРП-68-01; ДКС-96 с блоком детектирования БДВГ-96)
  - Радиометры-дозиметры (ДРБП-01; ДКС-96 с блоком детектирования БДМГ-96)

9. **Язык преподавания:**Русский

10. **Преподаватель (преподаватели):**

Щеглов Алексей Иванович, заведующий кафедрой радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор, доктор биологических наук (1997, МГУ им. М.В. Ломоносова): старший научный сотрудник (ВАК при Совете Министров СССР)

Цветнова Ольга Борисовна, ведущий научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, кандидат биологических наук (1987, МГУ им. М.В. Ломоносова): доцент (2013, Министерство образования и науки РФ)

11. **Разработчики программы:**

Щеглов Алексей Иванович, заведующий кафедрой радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор, доктор биологических наук (1997, МГУ им. М.В. Ломоносова): старший научный сотрудник (ВАК при Совете Министров СССР)

Цветнова Ольга Борисовна, ведущий научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, кандидат биологических наук (1987, МГУ им. М.В. Ломоносова): доцент (2013, Министерство образования и науки РФ)

12. **Краткая аннотация дисциплины:**

Курс направлен на овладение теоретическими основами радиоэкологии, базирующимися на изучении поведения радионуклидов в биосфере. Он охватывает основные разделы, посвященные рассмотрению вопросов радиоактивности окружающей среды, источникам радиоактивного загрязнения; большое внимание уделяется вопросам поведения радионуклидов в почвах, системе «почва-растение», потокам радионуклидов в ландшафтах и особенностям биогеохимических циклов радионуклидов. Обучающиеся знакомятся с современными системами методов и способов рекультивации загрязненных территорий. Рассматриваются особенности применения контрмер в лесном и сельском хозяйстве при различных уровнях загрязнения и категориях земель (лесного фонда, сельскохозяйственногоназначения), прорабатываются различные сценарии организации контрмер и дается оценка их эффективности. В рамках курса дается представление об основных радиоизотопных методах датировки возраста биологических объектов, горных пород, почв и рассматриваются особенности применения этих методов.

Руководитель магистерской программы чл.-корр. РАН С.А. Шоба