

УТВЕРЖДАЮ

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

« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАДИОБИОЛОГИИ
И РАДИОЭКОЛОГИИ**

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.

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

Физика
Химия
Биология
Математика
Почвоведение

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-3. Владеет знаниями об особенностях биогеохимических потоков и циклов естественных и техногенных радионуклидов в биосфере; способен давать оценку и прогноз изменения потоков в окружающей среде при различных радиационных ситуациях.	М-СПК-3.1. Применяет знания об особенностях биогеохимических потоков и циклов естественных и техногенных радионуклидов в биосфере при оценке и прогнозе изменения их потоков в окружающей среде при различных радиационных ситуациях.	Знает: основы использования математического моделирования в радиобиологии и радиоэкологии. Умеет: формулировать цели и задачи создания радиобиологических и радиоэкологических моделей и применять метод математического моделирования для прогнозирования последствий радиоактивного загрязнения, в том числе формирования дозовых нагрузок.

Индикаторы:

4. Объем дисциплины 3 з.е., в том числе 54 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения: очная

делу.	тестирование, подготовка докладов и рефератов по теме, построение моделей		
Промежуточная аттестация	<i>экзамен</i>		5
Итого:	108	54	54

Подробное содержание дисциплины по разделам и темам:

Тема 1 Введение в радиобиологическое и радиоэкологическое моделирование. Краткое описание метода математического моделирования и его применение в биологии. Подтипы моделей: статические и динамические, точечные и распределенные, детерминистские и стохастические, феноменологические. Математическая радиобиология. Теория мишени и принцип попадания. Спектр объектов, процессов и проблем, которые решаются или могут быть решены методом математического моделирования в радиобиологии. Основные типы математических моделей, использующихся в радиобиологии: аналитические (эмпирические), статистические (регрессионные) и имитационные.

Тема 2 Специфика моделирования в радиобиологии и радиоэкологии. Разнообразие уровней организации и сложность объектов, стохастичность воздействия внешних факторов, комбинированное воздействие разных источников излучения и факторов, неоднозначность ответных реакций, недостаток исходной информации и др. Основные области применения (миграционные модели, модели формирования дозовых полей и нагрузок, комбинированные модели). Стохастические модели, основанные на теории марковских случайных процессов. Классификация радиобиологических моделей по объектам моделирования.

Тема 3 Клеточные и субклеточные модели. Объекты и специфика клеточных и субклеточных моделей. Эволюция моделей инактивации облученных клеток. Моделирование нарушений системы гемопоеза при лучевом поражении. Клеточные модели, применяемые в радиотерапии. Разноуровневые («системные») модели.

Тема 4 Организменные модели. Объекты и специфика организменных моделей. Перераспределение радионуклидов в живых организмах (модель метаболизма иода в организме человека, модель поведения Cs-137 в организме лошадей). Формирование дозовых нагрузок на компоненты организмов (внешнее и внутреннее облучение). 3-D моделирование в радиологии. Воксельные модели, их использование в радиотерапии.

Тема 5 Модели экосистемного уровня, региональные и глобальные модели. Прогнозирование последствий радиоактивного загрязнения. Модели, отображающие различные аспекты радиоактивного загрязнения территорий. Миграционные модели. Вертикальная, латеральная и трехмерная миграция радионуклидов в почве. Перераспределение радионуклидов в системе «почва – растения» и в пищевых цепях. Дозиметрические модели. Формирование дозовых нагрузок на компоненты биоты и человека, в том числе в зависимости от характера загрязнения территории. Комбинированные модели. Оценка радиоемкости экосистем с помощью математических моделей. Использование математического моделирования в черномыльских исследованиях. Использование математического моделирования в исследованиях аварии на АЭС Фукусима-1.

Тема 6 Перспективы применения математического моделирования в радиобиологии и радиоэкологии. Программы решения систем уравнений, использующие метод интеллектуального подбора. Реализация универсальных многокомпонентных имитационных радиобиологических и радиоэкологических моделей. Воксельные модели, применение в радиационной медицине. Развитие компьютерных радиоэкологических моделей регионального и планетарного масштаба.

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

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

Построение имитационной модели перераспределения радионуклидов в биологической системе (по самостоятельному выбору обучающегося) и оценка дозовой нагрузки на компоненты данной системы при реализации предполагаемого сценария радиоактивного загрязнения. Модели можно реализовывать в среде программирования QB64, в пакете моделирования ModelMaker или в электронных таблицах Excel (с учетом знаний обучающихся и наличия необходимых программных средств).

Подготовка докладов. Рекомендуемые темы докладов:

1. Миграционные радиоэкологические модели.
2. Прогнозирование последствий радиоактивного загрязнения.
3. Использование математического моделирования в черномыльских исследованиях.
4. Использование математического моделирования в исследованиях аварии на АЭС Фукусима-1.
5. Использование математического моделирования в радиотерапии.
6. Использование моделирования в системе расчета рисков и дозовых нагрузок ERI-CA Assessment Tool.
7. Система моделирования прохождения частиц через вещество GEANT 4, ее применение в радиобиологии.
8. Перспективы использования облачных технологий в радиобиологическом и радиоэкологическом математическом моделировании.

Примеры тестов, темы рефератов, презентаций, докладов по темам

Тема 1 Введение в радиобиологическое и радиоэкологическое моделирование.

1. Спектр объектов, процессов и проблем, которые решаются или могут быть решены методом математического моделирования в радиобиологии.
2. Основные типы математических моделей, использующихся в радиобиологии: аналитические (эмпирические), статистические (регрессионные) и имитационные.
3. Подтипы моделей: статические и динамические, точечные и распределенные, детерминистские и стохастические, феноменологические.

Тема 2 Специфика моделирования в радиобиологии и радиоэкологии.

1. Разнообразие уровней организации и сложность объектов, стохастичность воздействия внешних факторов, комбинированное воздействие разных источников излучения и факторов, неоднозначность ответных реакций, недостаток исходной информации и др.
2. Основные области применения (миграционные модели, модели формирования дозовых полей и нагрузок, комбинированные модели).
3. Стохастические модели, основанные на теории марковских случайных процессов.

Тема 3 Клеточные и субклеточные модели.

1. Объекты и специфика клеточных и субклеточных моделей.
2. Эволюция моделей инактивации облученных клеток.
3. Моделирование нарушений системы гемопозза при лучевом поражении.
4. Клеточные модели, применяемые в радиотерапии.
5. Разноуровневые («системные») модели.

Тема 4 Организменные модели.

1. Перераспределение радионуклидов в живых организмах (модель метаболизма иода в организме человека, модель поведения Cs-137 в организме лошадей).

2. Формирование дозовых нагрузок на компоненты организмов (внешнее и внутреннее облучение).
3. Воксельные модели.

Тема 5 Модели экосистемного уровня, региональные и глобальные модели.

1. Моделирование вертикальной и латеральной миграция радионуклидов в почве.
2. Перераспределение радионуклидов в системе «почва – растения» и в пищевых цепях.
3. Оценка формирования дозовых нагрузок на компоненты биоты и человека в зависимости от характера загрязнения территории.
4. Комбинированные модели.
5. Особенности дозиметрического радиобиологического и радиоэкологического моделирования.
6. Оценка радиоемкости экосистем с помощью математических моделей.

Тема 6 Перспективы применения математического моделирования в радиобиологии и радиоэкологии.

1. Программы решения систем уравнений, использующие метод интеллектуального подбора.
2. Реализация универсальных многокомпонентных имитационных моделей.
3. Воксельные модели, применение в радиационной медицине.
4. Развитие компьютерных радиоэкологических моделей регионального и планетарного масштаба.

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, самостоятельные и контрольные работы)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания

<i>ты, тесты)</i>				
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 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:
Касьяненко А.А., Максимова О.А., Мамихин С.В., Ахмедзянов В.Р. Практические работы по курсу "Радиоэкология": Учебное пособие. - М.: РУДН, 2011.
Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика(ионизирующие излучения). М.: Физматлит, 2004.
Мамихин С.В. Динамика углерода органического вещества и радионуклидов в наземных экосистемах (имитационное моделирование и применение информационных технологий). М., Изд-во Моск. ун-та, 2003.
Мамихин С.В., Кулигина Е.А., Хомяков Д.М. Компьютеризация исследований в экологии, почвоведении и агрохимии .М.: Издательство Московского университета, 2005.
Мамихин С. В., Щеглов А. И. Имитационное моделирование в экологии, радиоэкологии и радиобиологии. М., ООО МаксПресс, 2020 с.
Шейн Е.В., Рыжова И.М. Математическое моделирование в почвоведении. М., ИП Маракушев А.Б., 2016.
- Перечень лицензионного программного обеспечения: MS Windows10, MS Teams, кроссплатформенная среда программирования на Бэйсике QB64.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:
- 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.;
В. Иные материалы

10. Язык преподавания: русский

11. Преподаватель (преподаватели):

Мамихин Сергей Витальевич

Должность: ведущий научный сотрудник

Ученая степень (когда и где присуждена): доктор биологических наук, 3 марта 2000 г.

Высший аттестационный комитет Российской Федерации

12. Разработчики программы:

Мамихин Сергей Витальевич

Должность: ведущий научный сотрудник

Ученая степень (когда и где присуждена): доктор биологических наук, 3 марта 2000 г.

Высший аттестационный комитет Российской Федерации

13. Краткая аннотация дисциплины: В рамках данной дисциплины предлагается ознакомление с основами математической радиобиологии и радиоэкологии и спектром объектов, процессов и проблем, которые решаются или могут быть решены методом математического моделирования. Освоение основных типов и подтипов математических моделей, использующихся в этих областях знаний. Представление о специфике моделирования в радиобиологии и радиоэкологии и об основных областях применения (миграционные модели, модели формирования дозовых полей и нагрузок, комбинированные модели). Ознакомление на конкретных примерах с разноуровневыми моделями, начиная от клеточных и субклеточных, и заканчивая глобальными моделями. Получение представления о перспективах применения математического моделирования в радиобиологии и радиоэкологии. Выполнение практических упражнений по построению моделей поведения радионуклидов и формирования дозовых нагрузок в системах различной сложности и для различных сценариев.