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

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В.Красильников /_____ /

«___» _____2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Системный анализ и математическое моделирование в экологии

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:** - Вариативная часть

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**
Из блока Б2 «Блок общенаучной подготовки»
Математика
Из блока Б4 «Блок профессиональной подготовки»
Экология с основами биогеографии

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**
МПК-2. Способность 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:*** Основы системного анализа и его применения в экологии, место математического моделирования в системном анализе. Что такое экологические математические модели, их возможности, средства реализации, использование их для решения экологических проблем. ***Умеет:*** использовать метод математического моделирования для исследования, прогнозирования или реконструкции экологических процессов. **Имеет опыт**: построения и реализации имитационных моделей в электронных таблицах или кроссплатформенной среде программирования QB64.

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

5. **Формат обучения:** очный или дистанционный

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	**Всего (часы)**	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ***Виды контактной работы, часы****					**Самостоятельная работа обучающегося** ***Виды самостоятельной работы, часы***		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	**Всего**	Подготовка докладов	Построение экологических моделей	**Всего**
Раздел 1. Системный анализ в экологии	2	2							2
Форма текущей аттестации по разделу – контрольная работа.									
Раздел 2. Математическое моделирование в экологии	34	16	18				8	28	70
Тема 1. Имитационное моделирования, как составная системного анализа		2	2						
Тема 2. Этапы построения имитационной мо-		4	4						

дели									
Тема 3. Исследования, прогнозирование, реконструкция в экологии с применением имитационных моделей		2	4						
Тема 4. Примеры успешного использования метода при решении экологических проблем		4	4						
Тема 5. Проблемы аппаратного и программного обеспечения		2	2						
Тема 6. Перспективы применения метода в экологических исследований		2	2						
Форма текущей аттестации по разделу – контрольная работа, доклад с презентацией, построение математической модели.									
Промежуточная аттестация	Зачет						1		
Итого	72	36					36		

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

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1.

Системный подход как общенаучный метод. Принципы системного подхода. Системный подход в биологии, почвоведении, экологии. Работы Дарвина, Докучаева, Сукачева, Одума. Составные системного подхода. Теория систем - гносеологический аспект. Работы Богданова, Берталанфи. Системный анализ - рецептурная или аппаратная организация. Работы Моисеева, Смита, Джефферса, Розенберга. Математизация естественных наук. Математическая экология. Предпосылки широко применения системного анализа в экологии. Свойства экосистем. Компьютеризация экологических исследований как научная методология, включающая в себя математическое моделирование, как обязательный элемент.

Раздел 2.

Тема 1 Имитационное моделирование, как составная системного анализа

Математическое моделирование, как метод исследования экологических систем. Место математического моделирования в системном анализе.

Основные типы математических моделей, использующихся в экологии: аналитические, имитационные, регрессионные. Модели детерминистские и стохастические, точечные и распределенные.

Проблемы математического моделирования в экологии (сложность объектов, стохастичность воздействия внешних факторов, неоднозначность ответных реакций, недостаток исходной информации).

Тема 2 Этапы построения имитационной модели

Постановка задачи. Концептуализация. Спецификация. Идентификация. Наблюдения и эксперименты. Реализация модели. Проверка (верификация) модели. Исследование модели. Численные эксперименты.

Топологическая структура моделей (потоковые диаграммы, язык потоковых диаграмм Форрестера). Аналитическая структура (системы уравнений). Идентификация уравнений функций переноса (в том числе схемы учета факторов влияния) и величины параметров, входящих в уравнения моделей (в том числе методом итераций). Выбор временного масштаба (шага). Численные методы решения дифференциальных уравнений. Конечно-разностные уравнения. Реализация моделей на компьютере. Блочный принцип построения моделей. Отладка программ и проверка работы модели.

Специфика построения экологических математических моделей. Факториальная экология, взаимодействие между факторами влияния, функции отклика.

Типичные ошибки при построении математических моделей.

Тема 3 Исследования, прогнозирование и реконструкция в экологии с применением имитационных моделей

Математическая модель как виртуальный аналог экосистемы. Исследование объекта с помощью модели. Численные эксперименты с моделью по изучению поведения объекта в случившихся или предполагаемых ситуациях, сценарии, реконструкция, прогноз.

Конкретные примеры применения моделирования для изучения реальных экологических объектов.

Тема 4 Примеры успешного использования метода при решении экологических проблем

Продукционные модели. Агроэкологические модели. Модели миграции экотоксикантов. Радиоэкологические модели, миграционные, дозные. Использование моделирования для изучения последствий аварии на Чернобыльской АЭС и минимизации экологических последствий как пример успешного использования метода при экологической катастрофе. Международная радиоэкологическая программа Biomass, как пример использования математического моделирования в экологии (сравнение подходов).

Тема 5 Проблемы аппаратного и программного обеспечения

Аппаратное обеспечение. Быстродействие процессора, операции с плавающей точкой, оперативная память, жесткий диск и т.д. Грид-системы. Программное обеспечение. Выбор среды программирования (алгоритмические языки, системы моделирования). Скорость выполнения расчетов различными версиями языков программирования в различных операционных системах. Кроссплатформенные среды программирования. Возможность реализации демонстрационных версий моделей. Рабочие версии для пользователя.

Тема 6 Перспективы применения метода в экологических исследований

Программы решения систем уравнений, использующие метод интеллектуального подбора. Реализация универсальных многокомпонентных имитационных моделей экосистем. Создание компьютерных моделей планетарного масштаба (глобальных). Развитие международных банков экологических моделей. Перспективы использования искусственного интеллекта в моделировании.

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

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

Построение имитационных моделей поведения техногенных загрязнителей в экосистемах различной сложности.

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

1. Соотношение понятий системный подход, теория систем и системный анализ.
2. Математическое моделирование, как ядро системного анализа.
3. Математическое моделирование, как этап интеграции информации.
4. Характеристика основных типов математических моделей, использующихся в экологии.
5. Этапы построения экологической имитационной модели.
6. Язык потоковых диаграмм Форрестера.
7. Концептуально-балансовые модели.
8. Входные и дополнительные переменные, переменные состояния, функции переноса и параметры.
9. Различия между дифференциальными и конечно-разностными уравнениями.
10. Компьютеризация экологических исследований как методология.

Шкала и критерии оценивания *(шкала и критерии оценивания могут быть едиными (типовыми) для всех дисциплин (модулей, входящих в ОПОП, тогда они могут быть приведены в локальном акте МГУ или в документе Оценочные и методические материалы»)* –

Отлично – ставится за полный и логически выверенный ответ, подтверждённый примерами применения знаний на практике. За полный ответ на дополнительные вопросы углубляющего характера.

Хорошо – ставится за полный и логически выверенный ответ, но при этом допущены неточности, которые студент сам исправляет при помощи дополнительных вопросов преподавателя.

Удовлетворительно – за неполный ответ с неточностями, которые исправляет преподаватель или студент с помощью дополнительных вопросов наводящего характера.

Неудовлетворительно – ставится за неправильный ответ и незнание пройденного материала, за неумение применять полученные теоретические знания на практике, за отказ от ответа.

8. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

Мамихин С.В., Щеглов А.И. Имитационное моделирование в экологии, радиоэкологии и радиобиологии. М., ООО МаксПресс, 2020, 60 с.

Мамихин С.В., Кулигина Е.А., Хомяков Д.М. Компьютеризация исследований в экологии, почвоведении и агрохимии .М.: Издательство Московского университета, 2005, 100 с.

Дополнительная литература:

Левич А.П. Искусство и метод в моделировании систем.М.-Ижевск, Ин-т компьютерных исследований. 2012, 728 с.

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, 172 с.

Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М., Изд-во МГУ, 1980, 464 с.

Шеин Е.В., Рыжова И.М. Математическое моделирование в почвоведении.М., ИП Маракушев А.Б. 2016, 377 с.

- Перечень лицензионного программного обеспечения:

электронные таблицы Excel, кроссплатформенная среда программирования QB64

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

Информационно-учебный ресурс по радиоэкологии, радиобиологии и радиоэкологическому моделированию EcoRadMod http://soil.msu.ru/kaf-radioecologia/ecoradmod

- Описание материально-технической базы

проектор, компьютеры, выход в Интернет

9. **Язык преподавания:** русский

10. **Преподаватель (преподаватели):** Мамихин Сергей Витальевич, д.б.н., в.н.с. кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

11. **Разработчики программы:** Мамихин Сергей Витальевич, д.б.н., в.н.с. кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

12. **Краткая аннотация дисциплины:**

Цель спецкурса – обеспечить учащимся теоретические знания и практические навыки применения метода имитационного моделирования в экологических исследованиях. Дается представление о системном подходе и его составляющих, о месте математического моделирования в системном анализе. Преподаются основы компьютерного моделирования, как необходимой составной современного системного анализа. Изучается применение метода для исследования и прогнозирования или реконструкции экологических процессов. Рассматриваются перспективы применения метода в экологии, а также проблемы аппаратного и программного обеспечения. По окончании курса преполагается овладение учащимися методом имитационного моделирования и приобретение умения применять его при проведении экологических исследований различного масштаба.

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