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:

Математическое моделирование в экологии

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

05.04.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

Радиоэкология

Управление земельными ресурсами и биологический контроль окр. среды

Экологический менеджмент и экобезопасность

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 (протокол № 1370).

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*
Высшая математика
Физика
Общая химия
Биология
Климатология с основами метеорологии
Гидрология
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-ОПК-3	М-ОПК-3.1	Владеть теорией и навыками практического анализа в области математического моделирования в экологии
М-ОПК-3	М-ОПК-3.1	Уметь понимать, излагать и критически с помощью математических методов анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования
М-ОПК-3	М-ОПК-3.1	Уметь количественно анализировать полученные расчетные и известные из литературы результаты по математическому моделированию в экологии.

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

5. **Формат обучения** очный

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**
Часть I.	53	18	9			27			26
Введение	11	4	2			6			5
Тема 1	3	2				2			1
Тема 2	4	1	1			2			2
Тема 3	4	1	1			2			2
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 1	8	2	2			4			4
Тема 1	5	1	1.5			2.5			2.5
Тема 2	3	1	0.5			1.5			1.5
Форма текущей аттестации по разделу									
Раздел 2	12	4	2			6			6
Тема 1	5	2	0.5			2.5			2.5
Тема 2	3	1	0.5			1.5			1.5
Тема 3	4	1	1			2			2

Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 3	16	6	2			8			8
Тема 1	5	2	0.5			2.5			2.5
Тема 2	6	2	1			3			3
Тема 3	5	2	0.5			2.5			2.5
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 4	6	2	1			3			3
Тема 1	6	2	1			3			3
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Часть II	53	18	9			27			26
Введение	2		1			1			1
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 1	3	2				2			1
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 2	16	6	2			8			8
Тема 1	6	2	1			3			3
Тема 2	5	2	0,5			2.5			2,5
Тема 3	5	2	0,5			2.5			2,5
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 3	8	2	2			4			4
Тема 1	4	1	1			2			2
Тема 2	4	1	1			2			2
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 4	8	3	1			4			4
Тема 1	8	3	1			4			4

Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 5	10	3	2			5			5
Тема 1	3	1	0,5			1,5			1,5
Тема 2	3	1	0,5			1,5			1,5
Тема 3	2	0,5	0,5			1			1
Тема 4	2	0,5	0,5			1			1
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Раздел 6	6	2	1			3			3
Тема 1	3	1	0,5			1,5			1,5
Тема 2	3	1	0,5			1,5			1,5
Форма текущей аттестации по разделу	Устный опрос в рамках занятий семинарского типа								
Практическая подготовка** *(при наличии)*									
Промежуточная аттестация - экзамен							2		
Итого:	108	36	18			54	54		

***** Практическая подготовка (при наличии) осуществляется на базе …(указать – структурное подразделение МГУ или организацию (предприятие), практическая подготовка на базе которого осуществляется на основании Договора)***

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Часть 1. Введение в математическое моделирование.

Введение.

Тема 1. Методология математического моделирования.

Математизация науки. Основные понятия системного анализа. Основные методологические принципы моделирования. Анатомия математических моделей. Вычислительный эксперимент. Цели моделирования. Основные характеристики моделей (реалистичность, точность, общность, модульность, способность к качественному и количественному развитию).

Тема 2. Специфика экосистем и почв как объекта моделирования.

Специфика почв и экосистем, как объекта моделирования. Открытость. Многокомпонентность. Сложный характер взаимодействия с окружающей средой. Динамичность. Нелинейность. Иерархическая организация. Пространственная неоднородность. Контринтуитивный характер реакции на внешние воздействия.

Тема 3. Основные типы математических моделей.

Классификация экологических моделей (Федоров, Гильманов (1980); Ризниченко (2002); Jorgensen (2008)).

Раздел 1. Процедура моделирования сложных динамических систем.

Тема 1. Процедура моделирования.

Постановка задачи; выбор объекта исследования и определение его временных и пространственных границ; сбор необходимых данных и оценка их качества; выбор типа модели; концептуализация модели; формализация модели; выбор метода решения; реализация модели; верификация модели; анализ чувствительности; калибровка; проверка; заключительный синтез.

Тема 2. Источники неопределенности в экологических моделях.

Пространственная вариабельность. Структура модели. Выбор сценария. Входы и параметры.

Раздел 2. Статические и динамические модели. Качественные методы исследования динамических моделей.

Тема 1. Статические и динамические модели.

Статические модели. Представление статических моделей в виде потоковых диаграмм и матричной форме. Достоинства и недостатки статических моделей. Динамические модели. Точечные модели. Используемый математический аппарат. Учет временной иерархии процессов («быстрые» «средние» и «медленные» переменные). Пространственно-распределенные динамические модели. Используемый математический аппарат. Достоинства и недостатки динамических моделей.

Тема 2. Качественное исследование динамических моделей.

Динамические модели. Простейшие примеры динамических моделей. Качественные методы исследования динамических моделей. Линейные динамические модели. Иллюстративный пример: качественное исследование линейной модели круговорота углерода.

Тема 3. Нелинейные динамические модели.

Особенности динамики нелинейных систем. Простейшие примеры нелинейных динамических моделей. Иллюстративный пример: качественное исследование серии нелинейных моделей круговорота углерода.

Раздел 3. Биогеохимические модели.

Тема 1. Этапы развития математических моделей биогеохимических циклов элементов. Классификация моделей.

Краткое историческое введение (первые модели; 30-40 годы; 70-е годы XX века; современный период). Классификация моделей: микробные, модели разложения подстилки; почвенные, экосистемные, глобальные. Особенности биогеохимических моделей в зависимости от пространственно-временного масштаба.

Тема 2. Моделирование динамики органического вещества почв.

Основные подходы к моделированию динамики органического вещества почв. Процесс-ориентированные и организм-ориентированные (модели пищевых цепей) модели. Процесс-ориентированные модели. Концептуальные пулы в моделях динамики органического вещества почв и измеряемые фракции. Проблема экспериментального обеспечения и проверки моделей динамики органического вещества почв. Редуцирующие функции (температурный фактор, фактор влажности, текстурный фактор), используемые в моделях динамики органического вещества почв.

Тема 3. Источники неопределенности в моделях биогеохимических циклов.

Неоднозначный выбор пулов. Поиск связей между измеряемыми фракциями и концептуальными пулами моделей круговорота углерода. Неопределенность в определении структуры моделей ОВ почв. Противоречивые данные о температурной чувствительности разных пулов органического вещества почв. Использовании моделей в масштабе отличном от того для которого они были развиты. Входные данные и параметры. Проблема пространственно- временного масштаба при моделировании биогеохимических циклов.

Раздел 4. Модели педогенеза.

Тема 1. Основные типы моделей педогенеза.

Факторные модели. Эволюционные модели. Процессные модели. Примеры моделей педогенеза. Модель элювиального процесса. Модель SOILGEN.

Часть II. Математическое моделирование в экологии.

Введение.

Метод математического моделирования в экологии как инструмент исследования и прогнозов.

Раздел 1. Элементы теории колебаний.

Качественный анализ систем дифференциальных уравнений. Стационарные состояния. Изоклины. Главные изоклины. Особые точки: центр, устойчивый узел, неустойчивый узел, устойчивый фокус, неустойчивый фокус, седло. Предельные циклы. Странные аттракторы. Сепаратрисы. Фазовая траектория. Фазовый портрет. Фазовое пространство. Фазовый сдвиг. Параметрический портрет системы. Бифуркация.

Раздел 2. Математическое моделирование динамики популяций.

Тема 1. Одиночная популяция.

Модели динамики одиночной популяции с непрерывным размножением. Рождаемость. Смертность. Коэффициент размножения. Экспоненциальный рост. Закон Мальтуса. Модель Ферхюльста. Логистический рост. Емкость среды. r- и K-стратеги. Модели промысла. Постоянный и долевой промысел.

Математические модели в микробиологии. Модель Моно.

Теория хемостата. Скорость разбавления, время удвоения, точка вымывания. Двухвозрастная модель Н.В. Степановой.

Матричные модели динамики одиночных популяций с возрастной структурой и дискретным размножением. Матрица Лесли. Эффект запаздывания. Возникновение колебаний численности.

Тема 2. Взаимодействие популяций.

Модели взаимодействия популяций. Общий вид системы уравнений, описывающей взаимодействие двух видов.

Система уравнений «хищник-жертва» В. Вольтерра. Особые точки, их устойчивость. Фазовый портрет системы. Возникновение автоколебаний. Форма предельного цикла при различном уровне поступления ресурсов в систему.

Система уравнений «хищник-жертва» при наличии внутривидовой конкуренции среди жертв. Система «хищник-жертва» в условиях проточного культиватора (хемостата).

Система уравнений, описывающая симбиотическое взаимодействие двух видов (а) в отсутствие внутривидовой конкуренции и (б) при наличии внутривидовой конкуренции.

Система уравнений, описывающая конкуренцию двух видов. Параметрический портрет системы. Триггерное переключение.

Взаимодействие трех популяций в системе «хищник-две жертвы» (а) в отсутствие конкуренции среди жертв и (б) при наличии конкуренции среди жертв.

Тема 3. Пространственные эффекты.

Возникновение структур в пространственно-распределенных системах. Билокальная система и ее поведение при различной интенсивности миграции жертв между двумя местообитаниями и при различных уровнях внутривидовой конкуренции среди жертв

Раздел 3. Модели глобального развития.

Тема 1. Локальные модели.

Моделирование эколого-экономического взаимодействия на основе систем дифференциальных уравнений.

Модели Дж. Форрестера «Мир-1» и «Мир-2». Основные компоненты модели. Общий вид уравнений. Зависимость рождаемости и смертности (а) от уровня питания, (б) от материального уровня жизни, (в) от плотности населения, (г) от уровня загрязнения. Основные результаты: кризис истощения ресурсов; кризис загрязнения. Сценарий глобального равновесия.

Модель нулевого роста Д. Медоуза. Усложнение структуры модели «Мир-3» по сравнению с моделями Форрестера.

Тема 2. Пространственно-распределенные модели.

Пространственно-распределенная модель органического роста Месаровича-Пестеля. Региональный подход. Основные блоки модели. Основные результаты и их отличие от прогнозов Форрестера и Медоуза.

Раздел 4. Глобальные климатические модели.

Модель «ядерной зимы».

Сценарии динамики антропогенных выбросов парниковых газов в течение 21 века (по докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата, 2007)

Модели общей циркуляции атмосферы. Основные процессы, моделируемые в модели общей циркуляции атмосферы и океана Института вычислительной математики РАН. Прогноз изменения климата для сценария A1B, полученный на базе МОЦАО ИВМ РАН.

Модель «Климат - углеродный цикл» на базе МОЦАО ИВМ РАН. Основные блоки модели, основные процессы, основные уравнения. Прогноз содержания углерода в основных экосистемах для сценария A1B.

Модели «климат-озон» и «климат-метан» на базе МОЦАО ИВМ РАН. Основные блоки и процессы. Прогноз содержания метана в атмосфере для сценария A1B.

Раздел 5. Имитационное моделирование экосистем.

Тема 1. Общие подходы.

Общая блок-схема имитационных моделей экосистем. Биотический, абиотический, климатический блоки. Общая схема потоков вещества и энергии в экосистеме. Диаграммы Дж. Форрестера. Принцип лимитирующих факторов. Функции отклика. Регрессионные модели. Статистические имитаторы климата. Цели прогнозного моделирования: (а) прогноз отклика экосистемы на изменение ее структуры; (б) прогноз отклика экосистемы на изменение внешних условий.

Тема 2. Агроэкосистемы.

Имитационное моделирование агроэкосистем. Почвенный блок, вегетационный блок, метеоблок. Цели моделирования, особенности продукционных моделей. Модели SOYMOD, СИМОНА, AGROTOOL.

Прогноз поведения сельскохозяйственных экосистем в условиях возможных изменений климата. Проект «PESETA» и его основные результаты для агроэкосистем. Имитационная система «Климат-почва-урожай» ВНИИСХМ и прогнозы изменений продуктивности основных сельскохозяйственных культур при ожидаемых изменениях климата для различных регионов РФ.

Тема 3. Лесные экосистемы.

Имитационные модели лесных экосистем. Цели моделирования. Ярусно-мозаичная концепция. Пространственно-распределенные гэп-модели. 3D-визуализация результатов расчетов. Структура модели Mixfor-3D и пример ее применения для оценки влияния вырубки леса на микроклимат экосистемы. Модель EFIMOD, ее основные блоки и процессы. Моделирование реакции лесных экосистем на возможные изменения климата.

Модели реакции болотных экосистем России на климатические изменения и антропогенные воздействия.

Тема 4. Водные экосистемы.

Имитационные модели водных экосистем. Цели моделирования. Особенности моделей водных экосистем. Имитационная модель экосистемы Невской губы Финского залива. Моделирование динамики популяций промысловых гидробионтов.

Раздел 6. Моделирование динамики отдельных веществ в наземных экосистемах.

Тема 1. Углерод.

Моделирование динамики углерода в наземных экосистемах при различных климатических сценариях. Модели динамики органического углерода Century, RothC. Прогноз динамики запасов органического углерода пахотных земель Европейской территории России при различных системах земледелия. Модель динамики органического вещества почв в лесных экосистемах ROMUL.

Тема 2. Загрязняющие вещества.

Модели динамики загрязняющих веществ в наземных экосистемах. Цели моделирования. Динамическая модель циклов тяжелых металлов для агроландшафтов левобережья Окского бассейна.

Модель динамики ^{137}Cs в пищевой сети экосистемы лиственного леса.

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

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

Математическое моделирование биогеохимических циклов.
Модели динамики популяций.
Моделирование продукционного процесса.
Глобальные климатические модели.
Моделирование загрязнений.

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

Математизация науки. Системный анализ, основные понятия. Множественность моделей. Интерпретация моделей. Возможные цели моделирования.

Анатомия математических моделей (переменные состояния, внешние переменные, контролирующие переменные, математические уравнения, параметры, универсальные константы). Вычислительный эксперимент и его достоинства.

Этапы построения математических моделей сложных динамических систем. Постановка задачи; выбор объекта исследования и определение его временных и пространственных границ; сбор необходимых данных и оценка их качества; выбор типа модели; концептуализация модели; формализация модели; выбор метода решения; реализация модели; верификация модели; анализ чувствительности; калибровка; проверка; заключительный синтез.

Характеристика экосистем как объектов моделирования (*сложность; целостность; эмерджентность; открытость; сложность взаимодействия с окружающей средой; динамичность; иерархичность; историчность; нелинейность; контринтуинтивное поведение*).

Классификации математических моделей (*исследовательские-прикладные; аналитические-алгоритмические; минимальные - имитационные; линейные - нелинейные; статические -динамические; точечные- пространственно-распределенные; детерминированные- стохастические).*

Основные методологические принципы моделирования (принцип итеративности; принцип соответствия точности и сложности)**.** Характеристика моделей (реалистичность, точность, общность, наглядность, модульность, способность к качественному и количественному развитию).

Анализ чувствительности и калибровка математических моделей.

Учет иерархии характерных времен при построении динамических моделей. «Быстрые» и

«медленные» переменные.

Динамические модели. Точечные (локальные) модели. Математический аппарат. Примеры (модель Мальтуса, Простейшая линейная динамическая модель открытой системы). Пространственно-распределенные модели. Математический аппарат.

Качественное исследование динамических моделей. Устойчивость. Метод Ляпунова. Качественное исследование логистической модели.

Анализ устойчивости модели, представленной системой двух линейных дифференциальных уравнений. Типы особых точек. Качественное исследование линейной двухкомпонентной модели динамики органического вещества почв.

Нелинейные динамические системы и особенности их поведения. Самоорганизация. Динамический хаос и фундаментальные ограничения в области прогноза.

Статические биогеохимические модели. Графическая и матричная форма представления статической модели. Достоинства и недостатки статических биогеохимических моделей.

Математическое моделирование биогеохимических циклов. История вопроса. Классификация моделей в соответствии с пространственно-временным масштабом описываемых процессов.

Математические модели биогеохимических циклов. Ротамстедская модель (RothC).

Математические модели биогеохимических циклов. Модель CENTURY.

Представление в биогеохимических моделях зависимости скорости трансформации органического вещества от условий среды. Редуцирующие функции.

Математическое моделирование биогеохимических циклов. Микробные модели разложения органического вещества.

Основные направления развития современных моделей биогеохимического цикла углерода экосистемного и глобального уровней.

Модели динамики одиночной популяции. Закон Мальтуса. Модель Ферхюльста. Рождаемость. Смертность. Коэффициент размножения. Емкость среды.

Модели динамики популяций с возрастной структурой. Матрица Лесли.

Модели промысла. Постоянный и долевой промысел.

Модель «хищник-жертва» В. Вольтерра.

Модель «хищник-жертва» при наличии внутривидовой конкуренции среди жертв.

Модель, описывающая конкуренцию двух видов. Параметрический портрет системы.

Модель, описывающая симбиотическое взаимодействие двух видов (а) в отсутствие внутривидовой конкуренции и (б) при наличии внутривидовой конкуренции. Особые точки, их устойчивость. Фазовый портрет системы.

Билокальная модель и ее поведение при различной интенсивности миграции жертв между двумя местообитаниями и при различных уровнях внутривидовой конкуренции среди

жертв.

Математические модели в микробиологии. Модель Моно.

Теория хемостата. Скорость разбавления, точка вымывания.

Имитационные модели агроэкосистем. Модель Agrotool.

Имитационные модели лесных экосистем.

Модели глобального развития. Модели Форрестера и Медоуза.

Модели глобального развития. Модель Месаровича-Пестеля.

Глобальные климатические модели. Модель «ядерной зимы».

Модели общей циркуляции атмосферы. Модель «Климат - углеродный цикл» на базе МОЦАО

Сценарии динамики антропогенных выбросов парниковых газов в течение 21 века (по докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата, 2007).

Проект «PESETA»: влияние изменений климата на сельское хозяйство в странах Европы.

Модели динамики тяжелых металлов в агроэкосистемах.

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 *(вид оценочных средств: устный экзамен)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

Основная литература

Шеин Е.В., Рыжова И.М. Математическое моделирование в почвоведении. Учебник. 2016. 382 с.

Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. Москва: Наука. 1985.

Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терехин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. Москва: Академия. 2009.

Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическое моделирование в биофизике. Москва: Наука. 1975.

Светлосанов В.А. Основы методологии моделирования природных систем. Москва. 2007.

Дополнительная литература

Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. Москва: Наука. 1976.

Кошелева Н.Е. Моделирование почвенных и ландшафтно-геохимических процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1997.

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.

Мамихин С.В., Бадави В.М., Липатов Д.Н., Манахов Д.В., Парамонова Т.А., Столбова В.В., Щеглов А.И. Имитационная модель посуточной динамики ^{137}Cs в пищевой сети экосистемы лиственного леса // Вестник Моск. ун-та. Серия Почвоведение. 2021. № 2. С. 29-37.

Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя. Москва: Академкнига. 2007.

Пузаченко Ю.Г. Основы общей экологии. Москва: Изд-во Моск. ун-та. 1996.

Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. Москва: Физматлит. 2001.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы: аудитория, ПК, проектор, экран

10. **Язык преподавания:** русский

11. **Преподаватель (преподаватели):**

Рыжова Ирина Михайловна
Должность: профессор
Ученая степень (когда и где присуждена): дбн (02.06.2006 ВАК Минобрнауки РФ)
Ученое звание (когда и кем присвоено): профессор (28.05.2013 ВАК Минобрнауки РФ)

Архангельская Татьяна Александровна
Должность: профессор
Ученая степень (когда и где присуждена): дбн (16.01.2009 ВАК Минобрнауки РФ)
Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент (14.01.2011 ВАК Минобрнауки РФ)

12. **Разработчики программы:**
Рыжова Ирина Михайловна
Должность: профессор
Ученая степень (когда и где присуждена): дбн (02.06.2006 ВАК Минобрнауки РФ)
Ученое звание (когда и кем присвоено): профессор (28.05.2013 ВАК Минобрнауки РФ)

Архангельская Татьяна Александровна
Должность: профессор
Ученая степень (когда и где присуждена): дбн (16.01.2009 ВАК Минобрнауки РФ)
Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент (14.01.2011 ВАК Минобрнауки РФ)

13. **Краткая аннотация дисциплины:**
Курс знакомит с основными понятиями и методологическими принципами моделирования и характеризует специфику почв и экосистем как объекта моделирования. Рассматривается процесс построения моделей и источники их неопределенности. Обсуждаются различные классификации моделей. Представлены характеристики, достоинства, недостатки и область применения различных типов моделей в экологии. Курс включает элементы качественного анализа дифференциальных уравнений в применении к экологическим задачам. Обсуждаются модели динамики популяций при различных внутренних ограничениях и внешних нагрузках, в том числе демографические модели и модели глобального развития. Рассматриваются модели агроэкосистем, лесных экосистем, наземных водных экосистем, а также связанные с ними модели формирования почв и углеродного цикла, климатические модели с различными сценариями эмиссий, модели динамики загрязняющих веществ в наземных экосистемах.