

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

Должность: И.о. директора института мелиорации, водного хозяйства и

строительства имени А.Н. Костякова

Дата подписания: 11.01.2024 11:05:58

Уникальный программный ключ:

dcb6dc8315334aed86f2a7c3a0ce2cf217be1e29



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**

**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова  
Кафедра экологии

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института мелиорации,  
водного хозяйства и строительства имени

А.Н. Костякова

Д.М. Бенин

28 августа 2023г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 05.04.06 Экология и природопользование

Направленность: Агроэкологический менеджмент и IoT мониторинг с верификацией почво- и углерод сберегающих технологий, Экологический мониторинг и проектирование

Курс 1

Семестр 1

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Москва, 2023

Разработчик (и):

Мешалкина Ю.Л., к.с.-х.н., доцент

Илюшкова Е.М., ассистент

  


«25» августа 2023 г.

Рецензент:

Мазиров М.А., д.б.н., проф.,



«25» августа 2023 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++ по направлению 05.04.06 Экология и природопользование и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры экологии протокол № 14/23 от «28» августа 2023 г.

Зав. кафедрой: Васенев И.И., д.б.н., профессор



«28» августа 2023 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии  
Института мелиорации, водного хозяйства и  
строительства имени А.Н. Костякова, к.ф.-м.н., доцент

Ивахненко Н.Н.



«28» августа 2023 г.

Заведующий выпускающей кафедрой экологии



Васенев И.И.

«28» августа 2023 г.

/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	4
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	5
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	5
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДААННЫХ В ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ»), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	6
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	6
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	6
ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	15
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	15
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	15
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	16
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	18
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	18
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	18
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	19
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	19
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	20
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	22
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	22
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	22

## АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины

### **Б1.О.07 «Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»**

по направлению подготовки 05.04.06 - Экология и природопользование, направленности Экологический мониторинг и проектирование, Агроэкологический менеджмент и IoT мониторинг с верификацией почво- и углерод сберегающих технологий

**Цель освоения дисциплины:** выработка у студентов целостного представления в области применения базовых основ моделирования, а также современного анализа атрибутивных и пространственных данных в экологии и природопользовании, овладение современными методами моделирования и анализа данных в программной среде R, приобретение ими практических навыков и компетенций в сфере целостного анализа исследовательской ситуации в экологии и природопользовании.

**Место дисциплины в учебном плане:** Цикл Б1.О, основная часть, дисциплина осваивается в 1 семестре.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5.1; ОПК-5.2; ОПК-5.3.

**Краткое содержание дисциплины:** понятие об испытании в экологическом исследовании. Понятие случайной величины. Способы обеспечения репрезентативности выборки. Основные методы анализа атрибутивных и пространственных данных и их реализация в программной среде R, интерпретация результатов. Предварительный анализ данных. Квантильное представление распределения. Критерии проверки выборки на нормальность. Параметры нормального распределения. Сравнение средних 2 независимых выборок с помощью t- критерия и критерия Манна-Уитни. Модель двухфакторного дисперсионного анализа без взаимодействия. Коэффициент корреляции и его значимость. Простая линейная регрессия. Многомерная регрессия. Анализ остаток. График предсказанные и наблюдаемые значения. Метод главных компонент. Некоторые современные направления анализа данных в экологии и природопользовании.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 6 зачетных единиц (216 часов).

**Промежуточный контроль:** экзамен.

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** является выработка у студентов целостного представления в области применения базовых основ моделирования, а также современного анализа атрибутивных и пространственных данных в экологии и природопользовании, овладение современными методами моделирования и анализа данных в программной среде R, приобретение ими практических навыков и компетенций в сфере целостного анализа исследовательской ситуации в экологии и природопользовании.

## 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** относится к дисциплине обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** реализуется в соответствии с требованиями ФГОС и ОПОП ВО 3++ и Учебного плана по направлению 05.04.06 Экология и природопользование.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** являются высшая математика, математическая статистика, экология, агроэкологическое моделирование, экологическое моделирование и проектирование агроэкосистем, дистанционные методы оценки, ГИС-технологии картографирования, введение в геоинформатику, методы экологических исследований и другие.

Дисциплина **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Метрологические основы экологических исследований, Физико-химические процессы в окружающей среде и технологии контроля загрязнений, Компьютерные технологии в экологии и природопользовании, ГИС в экологии и природопользовании, Геоэкологические основы мониторинга подземных вод, Методы цифровой картографии, пространственного анализа и моделирования в экологии, Организация, приборная и информационно-методическое обеспечение экологического и агроэкологического мониторинга, ГИС-технологии и анализ данных дистанционного зондирования в системах экологического мониторинга и проектирования, Оценка воздействия систем земледелия и агротехнологий на окружающую среду, Основы ресурсосберегающего растениеводства, Организация, приборная и информационно-методическое обеспечение экологического и агроэкологического IoT мониторинга.

Особенностью дисциплины является то, что она тесно взаимосвязана со всеми дисциплинами математического и естественнонаучного цикла подготовки по направлению 05.04.06 Экология и природопользование и является основополагающей для грамотной математической обработки и оформления результатов магистерской диссертации.

Рабочая программа дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6,0 зач.ед. (216 часов), их распределение по видам работ семестра представлено в таблице 2.

Таблица 1

### Требования к результатам освоения учебной дисциплины «Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1; знает принципы сбора, отбора и обобщения информации	- основы анализа данных, получаемых в результате комплексных экологических, почвенных и агрохимических исследований;	- использовать программы расчета основных статистических характеристик и грамотно оформить таблицу описательной статистики;	- методами первичного анализа разноплановых данных по функциональному качеству базовых компонентов экосистем,
			УК-1.2; умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности	- основы дисперсионного и регрессионного анализов, а также метода главных компонент;	- самостоятельно формировать рандомизированные и систематические выборки;	- навыками самостоятельной работы в программной среде R
			УК-1.3; имеет практический опыт работы с информационными объектами и сетью Интернет, опыт научного поиска, опыт библиографического разыскания, создания научных текстов	- как пользоваться поисковыми запросами в сети Интернет для получения справочной информации по пакетам в программной среде R; в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	- использовать программы описательной статистики и оформить результаты работы как научный отчет;	- навыками написания и оформления научных отчетов, подготовки таблиц и рисунков для научных публикаций;
2.	ОПК-5	Способен решать задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий	ОПК-5.1; знает современные информационно-коммуникационные средства, в том числе геоинформационные системы, имеет представление о моделях, их видах, задачах и алгоритмах экологического проектирования	- основные виды анализа данных, используемых в экологии и природопользовании, методы оценки достоверности полученных результатов;	- проводить предварительный анализ данных; проводить сравнение средних, грамотно выбирая критерий для этого сравнения; анализировать связи между несколькими переменными;	- методами статистического и системного анализа данных в области экологии и природопользования;

			<p>ОПК-5.2; умеет собирать информацию, оценивать достоверность и неоднородность значений параметров, использовать средства прикладного программирования для расчетов и оформления документации</p>	<p>- типы экспериментов и основные схемы пробоотбора; способы статистической обработки данных;</p>	<p>- использовать современные критерии оценки качества моделирования; получать необходимую справочную информацию посредством электронных ресурсов, официальных сайтов</p>	<p>- выбора оптимальной модели с точки зрения различных критериев и анализа остатков;</p>
			<p>ОПК-5.3; имеет практический опыт работы над проектом с использованием информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>- возможности использования статистического анализа пространственных данных по экологическому состоянию и функциональному качеству базовых компонентов экосистем</p>	<p>- проводить двухфакторный дисперсионный анализ, используя и программную среду R и грамотно интерпретировать результаты дисперсионного анализа</p>	<p>- самостоятельного проведения анализа экспериментальных данных, от обоснования выбора объектов и методов анализа и заканчивая подготовкой отчета по выполненной научной работе</p>



Таблица 2

## Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	В т.ч. в 1 семестре
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>56,4</b>	<b>56,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>56,4</b>	<b>56,4</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	16	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	32	32
<i>практические работы (ПР)</i>	6	6
<i>Консультации (Конс)</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>159,6</b>	<b>159,6</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим работам и т.д.)</i>	135	135
<i>Контроль</i>	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен	

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

## Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПР	ЛР	ПКР	
<b>Раздел 1. Процесс проведения научного исследования с использованием ЭВМ.</b>	49,6	4	6	0		39,6
<b>Раздел 2. Основные методы анализа данных и их реализация в программной среде R, интерпретация результатов.</b>	164	12	0	32		120
Консультации (Конс)	2				2	
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>216</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>2,4</b>	<b>159,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>216</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>2,4</b>	<b>159,6</b>

## Раздел 1. Процесс проведения научного исследования с использованием ЭВМ

## Тема 1.1 Основы работы в программной среде R

Проект по разработке свободного программного обеспечения GNU. История создания языка R. Преимущества программной среды R. Два подхода к разработке прикладных программ и веб-интерфейсов: «что видишь, то и получишь»

и “что ты видишь, есть то, что ты имеешь в виду”. Текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных csv (Comma - Separated Values — значения, разделённые запятыми). Общие сведения о программной среде R. R как калькулятор. Создание векторов. Операции с векторами. Простейшие графики. Проверка и задание рабочей директории. Фреймы (таблицы данных). Создание фрейма, загрузка данных из файла, сохранение данных в файл.

## **Тема 1.2 Типы данных в экологическом, почвенном и агрохимическом исследовании и методы их анализа**

Особенности данных в экологии и природопользовании. Примеры объектов исследования. Примеры признаков. Шкалы признаков. Признаки качественные и количественные. Порядковая шкала.

Параметры и их оценки. Понятие об ошибке среднего. Квантильное представление распределения как свертка информации. Определение элементарного статистического испытания. Общие и второстепенные условия.

Понятие случайной величины. Особенности нормального распределения и его параметры. Генеральная и выборочная совокупности. Примеры. Активные и пассивные эксперименты. Способы обеспечения репрезентативности выборки. Таблица случайных чисел. Случайный, систематический и стратифицированный пробоотбор.

## **Раздел 2. Основные методы анализа данных и их реализация в программной среде R, интерпретация результатов**

### **Тема 2.1 Предварительный анализ данных и анализ одной выборки**

Расчет основных статистических характеристик распределения. Графическое представление распределений: гистограмма, полигон частот, виды «коробочек с усиками». Нормальная вероятностная бумага. Квантильное представление распределения как свертка информации.

Параметры нормального распределения. Среднее. Меры разброса: дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации. Понятие об ошибке среднего. Оценка ошибки среднего по одной выборке и по группе выборок.

### **Тема 2.2 Сравнение средних для данных распределенных нормально и ненормально**

Критерии проверки выборки на нормальность: хи-квадрат и Колмагорова-Смирнова. Сравнение средних 2 независимых выборок с помощью t- критерия и с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. Сравнение двух дисперсий с помощью критерия Фишера.

### **Тема 2.3 Дисперсионный анализ**

Модель двухфакторного дисперсионного анализа без взаимодействия. Сумма квадратов. Средний квадрат. Критерий Фишера. Сравнение группы средних независимых выборок с помощью критерия НСР, критерия Тьюки, Шеффе

и других. Условия применимости дисперсионного анализа. Представление многофакторной модели дисперсионного анализа как суммы моделей однофакторного дисперсионного анализа.

#### Тема 2.4 Регрессионный анализ

Коэффициент корреляции Пирсона и его значимость. Коэффициент детерминации. Простая линейная регрессия. Многомерная регрессия. Значимость коэффициентов регрессии. Анализ остаток. График предсказанные и наблюдаемые значения.

### 4.3 Лекции/практические занятия

Курс лекций и практических занятий включает в себя 2 основных раздела, описание которых приведено в табл. 4.

Таблица 4

#### Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Процесс проведения научного исследования с использованием ЭВМ</b>				<b>10</b>
	Тема 1.1 Основы работы в программной среде R	<u>Лекция № 1.</u> Программная среда R как свободное программное обеспечение. История создания и преимущества. Преимущества программной среды R. Общие сведения о программной среде R.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Заполнение рабочей тетради.	2
		<u>Практическая работа № 1.</u> R как калькулятор. Создание векторов. Операции с векторами. Простейшие графики. Фреймы (таблицы данных). Создание фрейма, загрузка данных из файла, сохранение данных в файл	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Защита задачи по данным своего варианта, включая заполнение отчетных форм и устный опрос.	2
	Тема 1.2 Типы данных в экологическом, почвенном и агрохимическом исследовании и методы их анализа	<u>Лекция №2.</u> Особенности данных в экологии и природопользовании. Шкалы признаков. Свертки информации. Понятие случайной величины. Способы обеспечения репрезентативности выборки.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Заполнение рабочей тетради.	2
		<u>Практическая работа № 2.</u> Расчет основных статистических характеристик и	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3;	Защита задачи по данным своего варианта,	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		квантилей с помощью электронной таблицы Excel и программной среде R. Грамотное представление результатов исследования.	ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	включая заполнение отчетных форм и устный опрос.	
		<u>Практическая работа № 3.</u> Систематическая и случайная выборки. Использование электронной таблицы EXCEL для получения случайной выборки. Ошибка среднего как характеристика особенностей пробоотбора. Функция СЛЧИС – равномерно распределенное случайное число.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Защита задачи по данным своего варианта, включая заполнение отчетных форм и устный опрос.	2
2.	<b>Раздел 2. Основные методы анализа данных и их реализация в программной среде R, интерпретация результатов.</b>				<b>44</b>
	Тема 2.1. Предварительный анализ данных и анализ одной выборки	<u>Лекция №3.</u> Нормально распределенная случайная величина. Предварительный анализ данных	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Заполнение рабочей тетради.	2
		<u>Лабораторная работа № 1.</u> Анализ выборки одномерной случайной величины в программной среде R. Ввод данных. Расчет характеристик распределения. «Коробочка с усиками». Нормальная вероятностная бумага. Гистограмма.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Защита задачи по данным своего варианта, включая заполнение отчетных форм и устный опрос.	4
	Тема 2.2. Сравнение средних для данных нормально и ненормально	<u>Лекция №4.</u> Ошибки репрезентативности. Доверительный интервал. Сравнение средних.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Заполнение рабочей тетради.	2
		<u>Лабораторная работа № 2.</u> Проверка гипотез о типе распределения. Сравнение средних двух независимых выборок (программная	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Защита задачи по данным своего варианта, включая заполнение отчетных	8

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		среда R). Анализ сгруппированных данных. Сравнение средних 2 независимых выборок с помощью t- критерия и с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.		форм и устный опрос.	
	Тема 2.3. Дисперсионный анализ	<u>Лекция №5.</u> Множественный дисперсионный анализ без взаимодействия	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Заполнение рабочих тетради.	4
		<u>Лабораторная работа № 3.</u> Двухфакторный дисперсионный анализ. Сравнение группы средних независимых выборок с помощью критерия НСР в программной среде R	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Защита задачи по данным своего варианта, включая заполнение отчетных форм и устный опрос.	10
	Тема 2.4. Регрессионный анализ	<u>Лекция №6.</u> Множественный корреляционный и регрессионный анализы	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Заполнение рабочих тетради.	4
		<u>Лабораторная работа № 4.</u> Одномерная и многомерная регрессия. Коэффициент корреляции в программной среде R	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3;	Защита задачи по данным своего варианта, включая заполнение отчетных форм и устный опрос.	10

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Освоение дисциплины подразумевает самостоятельное освоение студентами 21 вопроса, которые приведены в таблице 5.

Таблица 5

#### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Основные методы анализа данных и их реализация в пакетах Excel, Statistica и R, интерпретация результатов</b>		

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Тема 1.1 Основы работы в программной среде R.	1. Сравнить возможности программной среды R и Python. 2. Использование цикла в программной среде R и способы его избегания. 3. Продвинутое графика в R (пакет ggplot2). 4. Изучения пакета AQR для количественного анализа почвенных профилей. УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3
2.	Тема 1.2 Типы данных в экологическом, почвенном и агрохимическом исследовании и методы их анализа.	1. Особенности данных, собираемых для решения задач экологии и природопользования. 2. Латинский квадрат как инструмент нивелирования пространственных зависимостей. 3. Отображение общепринятых пространственных масштабов в научных статьях. 4. Интерпретация результатов, полученных в результате выполнения Практической работы 2. 5. Интерпретация результатов, полученных в результате выполнения Практической работы 3. УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3
<b>Раздел 2. Модели пространственного варьирования экологических свойств.</b>		
3.	Тема 2.1. Предварительный анализ данных и анализ одной выборки	1. Предлагается проанализировать 2-3 научных статьи по агрохимии или агропочвоведению для изучения параметров варьирования почвенных переменных, на основании выбранных данных оценить доверительные интервалы. 2. Интерпретация результатов, полученных в результате выполнения Практической работы 4. УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3
4.	Тема 2.2. Сравнение средних для данных распределенных нормально и ненормально	1. Описать ситуацию, когда в экологии, агрохимии или агропочвоведении возникает задачи сравнения переменных (по публикациям). 2. Изучит другие распределения почвенных данных (логнормальное и Пуассона). 3. Интерпретация результатов, полученных в результате выполнения Практической работы 5. УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3
5.	Тема 2.3. Дисперсионный анализ	1. Оценка степени влияния фактора на отклик. 2. Двухфакторные схемы дисперсионного анализа со взаимодействием. 3. Переход от трехфакторных схем дисперсионного анализа к двухфакторным и однофакторным. 4. Интерпретация результатов, полученных в результате выполнения Практической работы 6. УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3
6.	Тема 2.4. Регрессионный анализ	1. Поиск статей по базе e-library, где используется коэффициенты корреляции и линейная регрессия. 2. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена. 3. Интерпретация результатов, полученных в результате выполнения Практической работы 7. УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5-1; ОПК-5-2; ОПК-5-3

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1	Программная среда R как свободное программное обеспечение. История создания и преимущества. Преимущества программной среды R. Общие сведения о программной среде R.	Л	Лекция-визуализация
2	Особенности данных в экологии и природопользовании. Шкалы признаков. Свертки информации. Понятие случайной величины. Способы обеспечения репрезентативности выборки.	Л	Лекция-визуализация
3	Нормально распределенная случайная величина. Предварительный анализ данных		Лекция-визуализация
4	Ошибки репрезентативности. Доверительный интервал. Сравнение средних.		Лекция-визуализация
5	Множественный дисперсионный анализ без взаимодействия		Лекция-визуализация
6	Множественный корреляционный и регрессионный анализы		Лекция-визуализация

### 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

#### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

##### Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)

1. Сколько знаков после запятой указывается при анализе данных?
2. Что такое дисперсия, в каких единицах измеряется?
3. Что указывается в таблице при характеристике распределения нормально-распределённой случайной величины?
4. Что такое квантильное представление случайной величины? Когда оно используется? В чем состоит?
5. Что характеризует ошибка среднего?
6. Что входит в предварительный (пилотный) анализ выборки?
7. Как сравниваются средние для нормально распределённых величин?
8. Что такое доверительный интервал для случайной величины и как его рассчитать для заданного уровня значимости альфа?

9. Почему нужно запомнить число 1,96? Что оно обозначают и для чего его используют?
10. Как сравниваются средние для величин, распределение которых отличается от нормального?
11. Как сравнить группу средних? В каких случаях этого сделать нельзя?
12. Однородность каких дисперсий проверяется в дисперсионном анализе? Для чего?
13. В каких единицах выражено НСР? Что это такое?
14. Почему дисперсионный анализ назван дисперсионным?
15. Что такое коэффициент корреляции? Какие связи он описывает? Когда он значим?
16. Что такое коэффициент детерминации? Что он показывает в множественной регрессии?
17. Что такое «остатки»? Зачем и как их исследуют?
18. Какова размерность коэффициентов в уравнении множественной регрессии? Что они обозначают? (Не забудьте рассказать про свободный член). Как посчитать доверительный интервал для коэффициентов регрессии.
19. Какова размерность коэффициентов в уравнении множественной регрессии в стандартизированном виде? Что они обозначают и для чего они используются?
20. Коэффициент корреляции равен  $0,23/0,7$ . Есть ли связь между признаками или нет? Что можно сказать?

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

**Виды текущего контроля:** оценка знаний и умений проводится на каждом занятии:

- на лекционных занятиях – с помощью письменных ответов на вопросы по лекционному курсу,
- на практических занятиях – с помощью выполнения заданий своего варианта и письменных ответов на контрольные вопросы и оформлении результатов работы в виде научного отчета.

### **Виды промежуточного контроля: экзамен**

Для оценки работы студента по дисциплине в целом используется следующая балльная структура оценки (**балльно-рейтинговая система**) и шкала оценок:

За пропуск занятия без уважительной причины вычитается 2 балла.

Баллы за сданные отчеты (ответы в письменных отчетах и опрос) рассчитываются в зависимости от недели от начала темы, таким образом студенты поощряются сдавать все виды работ вовремя.



Таблица 7

Максимальное количество баллов в зависимости от недели от начала занятий

Вид работы	Неделя от начала занятий								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P1-Л1</b>	10	10	5	5	0	0	0	0	0
<b>P1-Л2</b>	10	10	5	5	0	0			
<b>P1-Л3</b>	10	10	10	5	5	0	0		
<b>P1-Л4</b>	10	10	10	10	5	5	0	0	
<b>P1-Л5</b>	10	10	10	10	10	5	5	0	0
<b>P1-Л6</b>	10	10	10	10	10	10	10	5	5
<b>P1-ПР1</b>	10	10	5	5	0	0	0	0	0
<b>P1-ПР2</b>	10	10	10	5	5	0	0	0	0
<b>P1-ПР3</b>	10	10	10	10	5	5	0	0	0
<b>P2-ПР4</b>	10	10	10	10	10	5	5	0	0
<b>P2-ПР5</b>	15	15	15	15	15	15	15	7	0
<b>P2-ПР6</b>	20	20	20	20	20	20	0	20	10
<b>P2-ПР7</b>	15	15	15	15	15	15	10	15	15

Максимальная сумма баллов:  $S_{\max}=10*10+2*15+20=150$

В основу балльно-рейтинговой системы (БРС) положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

В конце семестра набранные студентом баллы суммируются, и принимается **решение об оценке на зачет с оценкой е** в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8

**Система рейтингового учёта знаний и навыков магистров  
в течение семестра**

Шкала оценивания	Зачет с оценкой
150-126	Отлично
125-96	Хорошо
95-76	Удовлетворительно
75-0	Неудовлетворительно

Студенты, набравшие 150-126 баллов, получают оценку «отлично» по экзамену («экзамен - автомат»), на основании отличной работы в течение семестра и хороших результатов тестирования.

Студенты, набравшие 125-76 баллов, могут повысить свою оценку в ходе экзамена, развернуто ответив на вопросы, входящие в список вопросов. Рекомендованных для экзамена.

Студенты, набравшие 75 балла и менее, допускаются к сдаче экзамена только после выполнения в полном объеме всех запланированных контрольных мероприятий, а также ответа на вопросы по проблемным темам в дополнительное время, назначенное преподавателем.

Студент, пропустивший занятия, обязан предоставить заполненную рабочую тетрадь по пропущенной лекции или выполненную задачу на компьютере и заполненную рабочую тетрадь для данного занятия и ответить на поставленные вопросы по пропущенным темам. Время отработки пропущенных занятий устанавливается по предварительной договоренности с преподавателем.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература**

1. Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для вузов / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 255 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8897-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513132>

2. Прохорова, Н. В. Математическое моделирование в биологии и экологии : учебное пособие / Н. В. Прохорова. — Самара : Самарский университет, 2021. — 64 с. — ISBN 978-5-7883-1690-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/256877>

3. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебное пособие для вузов / Г. Ю. Ризниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 181 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07037-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512499>

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. Пер. с англ. под ред. А.Н. Гельфана, Н.М. Новиковой, М.Б. Шадриной. М.:РАСХН, 1999. 306с.

2. Васенев И.И., Мешалкина Ю.Л., Грачев Д.А. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии (интерактивный курс): Учебно-практическое

пособие / Под ред. И.И. Васенева – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 212 с.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. С основами статистической обработки результатов исследований. Изд.6. – М.: Альянс, 2011. 416 с

4. Исаева, Н. М. Математическое моделирование в биологии : учебно-методическое пособие / Н. М. Исаева, И. В. Добрынина, Н. В. Сорокина. — Тула : ТГПУ, 2018. — 63 с. — ISBN 978-5-6041454-8-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113619>

5. Мешалкина Ю. Л., Самсонова В. П., Васенев И. И. Информационные технологии. Практические занятия: учебное пособие. — ФГБНУ "Росинформагротех" Москва, 2017. — 142 с.

6. Мешалкина Ю.Л., Васенев И.И., Кузякова И.Ф., Романенков В.А. Геоэкология в почвоведении и экологии (интерактивный курс): Учебно-практическое пособие – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 98 с.

7. Пифо Х.-П. Статистика для бакалавров по специальностям АБ, АН и ВПР в Университете Хоэнхайм.- М.:Изд. ВНИИА. 2011. 296с.

8. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. – М.: Академия. 2004.

9. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: на примере дерново-подзолистых почв. –М.:Изд-во ЛКИ, 2008. -160с.

10. Экологическое картографирование (Под ред. Стурман В.И.) М.: Аспект Пресс, 2003.-251 с.

### **7.3 Нормативные правовые акты**

1. ГОСТ Р ИСО 5725. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. М: ГОССТАНДАРТ России. 2010.

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Научная Электронная Библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>

2. Soil&Statistics [Электронный ресурс]. Сайт для обучения математической статистике студентов факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова// Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/soilsstatistics/>

3. StatSoft [Электронный ресурс]// StatSoft Russia – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/>

4. The R Project for Statistical Computing [Электронный ресурс] // R Core Team. – Режим доступа: <http://www.R-project.org/>

5. Информационная система Почвенно-географическая база данных России [Электронный ресурс] // Почвенным дата-центром МГУ имени М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <https://soil-db.ru/>

6. Joint Research Centre European Soil Data Centre (Esdac) [Электронный ресурс] // European Commission – Режим доступа: <http://esdac.jrc.ec.europa.eu/>

**10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Описание материально-технической базы, имеющейся на кафедры и необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании» представлено в таблице 9.

Таблица 9

**Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями**

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
6 учебный корпус, учебная аудитория № 204 для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	Интерактивная мультимедиа система SMART, ноутбук, широкоформатный сканер, беспроводной интернет (1 островной стол, 1 стол преподавателя, 14 стульев)
6 учебный корпус, учебная аудитория № 213	Островной химический стол, оборудование для биотестирования и биоиндикции, пробоподготовка растительных образцов, весовое и общепроаналитическое оборудование, оборудование для определения качества зерна (3 объединённых островных химических стола, 14 химических табуретов)
6 учебный корпус, учебная аудитория № 305	Интерактивная мультимедиа система на базе LED Xiaomi, 14 персональных компьютеров с доступом в интернет (компьютерный класс) + 1 моноблок преподавателя, беспроводной интернет, розетки для

	подключения и зарядки мобильных устройств, копировальный аппарат А3, плоттер А0+ (14 компьютерных столов, 8 ученических столов, стол преподавателя, 40 стульев)
28 учебный корпус, учебная аудитория № 16	Меловая доска, мобильный экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 13 моноблоков для обучающихся с доступом в интернет (компьютерный класс), беспроводной интернет, розетки для подключения и зарядки мобильных устройств, 14 комбинаций стол + лавка, 7 столов, 12 стульев, стол преподавателя
29 учебный корпус, учебная аудитория № 400	Экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 5 столов, 12 стульев, стол преподавателя
29 учебный корпус, учебная аудитория № 401	Меловая доска, мобильный проектор, компьютер преподавателя, 23 стола, 46 стульев, стол преподавателя
29 учебный корпус, учебная аудитория № 403	Меловая доска, экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 4 островных стола, 30 стульев, стол преподавателя
29 учебный корпус, учебная аудитория № 404	Меловая доска, экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 25 комбинаций парта с лавкой, стол преподавателя, трибуна
29 учебный корпус, учебная аудитория № 410	Меловая доска, экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 14 комбинаций парта с лавкой, 10 столов для лабораторно-практических работ, стол преподавателя
29 учебный корпус, учебная аудитория № 501	Мультимедиа проектор LED Xiaomi, ноутбук, маркерная доска, 25 комбинаций стол + лавка, стол преподавателя, 2 стула.
29 учебный корпус, учебная аудитория № 504	Меловая доска, экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 15 столов, 30 стульев
29 учебный корпус, учебная аудитория № 509	Интерактивная мультимедиа система SMART, ноутбук, розетки для подключения и зарядки мобильных устройств, 14 комбинаций парта с лавкой + 1 стол и стул преподавателя
Библиотека, читальный зал, электронный чит. зал - ауд. № 144	Компьютеризированная система поиска научных и учебных материалов, сканер

## **11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины**

Данная дисциплина призвана помочь студентам использовать современные статистические методы при решении задач экологии и природопользования. Все виды аудиторных и самостоятельных работ сопровождаются заполнением отчетными формами. Оценки за отдельные виды контроля сообщаются студентам в виде отметок о правильности ответа (в рабочей тетради). Работа по разделу принимается, когда все задания выполнены правильно и на все вопросы даны правильные ответы.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший занятие без уважительной причины, получает «-2 балла», то есть из суммы баллов вычитается два балла за пропущенное занятие. В случае пропуска студентом занятия по уважительной причине баллы не вычитаются. В любом случае студент должен пропущенное занятие отработать. В день отработки или по предварительной договоренности с преподавателем студент защищает отчет по лекции или по задаче, дополнительно отвечая на блиц-вопросы преподавателя.

В случае пропуска студентом контрольной работы ему предоставляется возможность написать её в установленное кафедрой время. Студент, не сдавший в срок домашнюю письменную работу, имеет возможность сдать её в течение последующей недели, но со снижением оценки за неё согласно рейтинговой таблице.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Дисциплина «**Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании**» позволит студентам расширить профессиональные знания и подготовит их к грамотному анализу данных, получаемых в ходе выполнения практик и сбора данных для ВКР. Позволит самостоятельно проводить дисперсионный и регрессионный анализы, проводить предварительный анализ данных, принимать решения о применении статистических методов и проводить интерпретацию результатов.

Процесс обучения предполагает сочетание аудиторной и самостоятельной работы, поскольку именно дополнение аудиторной работы самостоятельной деятельностью студентов способствует развитию самостоятельности и творческой активности как при овладении, так и практическом использовании полученных

знаний. В течение всего обучения студенты выполняют индивидуальные задания, соответствующие варианту, присвоенному им вначале курса.

Текущие срезы знаний проводятся после изучения каждого из основных разделов дисциплины. Текущий контроль знаний проводится письменно (заполнение рабочей тетради), а также устно. Устные ответы и письменные работы студентов оцениваются. Оценки доводятся до сведения студентов и отражаются в рабочей ведомости преподавателя.

Работа студентов оценивается по балльно-рейтинговой системе. За успешное выполнение письменных работ и активную работу на занятиях студент может получить до 150 баллов за семестр.

Изучение дисциплины заканчивается **экзаменом**. Студенты, набравшие 150-126 баллов, получают оценку «отлично» по экзамену («экзамен - автомат»), на основании отличной работы в течение семестра и хороших результатов тестирования.

Студенты, набравшие 125-76 баллов, могут повысить свою оценку в ходе экзамена, развернуто ответив на вопросы, входящие в список вопросов, рекомендованных для экзамена.

Студенты, набравшие 55 баллов и менее, допускаются к сдаче зачета с оценкой только после выполнения в полном объеме всех запланированных контрольных мероприятий, а также ответа на вопросы по проблемным темам в дополнительное время, назначенное преподавателем.

Студент, пропустивший занятия, обязан предоставить заполненную рабочую тетрадь по пропущенной лекции или выполненную задачу на компьютере и заполненную рабочую тетрадь для данного занятия и ответить на поставленные вопросы по пропущенным темам. Время отработки пропущенных занятий устанавливается по предварительной договоренности с преподавателем.

#### **Программу разработал:**

Мешалкина Ю.Л., к.с.-х.н., доцент



Илюшкова Е.М., ассистент



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины

**Б1.О.07 «Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»**

ОПОП ВО по направлению

05.04.06 «Экология и природопользование», направленность «Экологический мониторинг и проектирование», «Агроэкологический менеджмент и IoT мониторинг с верификацией почво- и углерод сберегающих технологий»

(квалификация выпускника – магистр)

**Мазировым Михаилом Арнольдовичем**, профессором, доктором биологических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** ОПОП ВО по направлению **05.04.06 «Экология и природопользование»**, направленность «Экологический мониторинг и проектирование», «Агроэкологический менеджмент и IoT мониторинг с верификацией почво- и углерод сберегающих технологий» (магистратура), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре экологии (разработчик – Мешалкина Юлия Львовна, доцент кафедры экологии, кандидат сельскохозяйственных наук, Илюшкова Елена Михайловна, ассистент кафедры экологии).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 05.04.06 – «Экология и природопользование». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 05.04.06 «Экология и природопользование».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** закреплено **6 компетенций**. Дисциплина **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях **знать, уметь, владеть** соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.



5. Общая трудоёмкость дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** составляет 6 зачётные единицы (216 часов).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 05.04.06 «Экология и природопользование» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 05.04.06 «Экология и природопользование».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (устный опрос, выполнение расчетных работ, письменное заполнение отчетных форм), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1.О.07 ФГОС ВО направления 05.04.06 «Экология и природопользование».

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника (базовые учебники), дополнительной литературой – 10 наименований, нормативно-правовые акты - 1 источник и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 05.04.06 «Экология и природопользование».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных, методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»**.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании»** ОПОП ВО по направлению *05.04.06 «Экология и природопользование»*, направленность *«Экологический мониторинг и проектирование»*, *«Агроэкологический менеджмент и IoT мониторинг с верификацией почво- и углерод сберегающих технологий»* (квалификация выпускника – магистр), разработанной Мешалкиной Юлией Львовной, доцентом кафедры экологии, кандидатом сельскохозяйственных наук, Илюшковой Еленой Михайловной, ассистентом кафедры экологии соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

**Мазиров Михаил Арнольдович**, профессор, доктор биологических наук

