

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Бенин Григорий Михайлович

Должность: Р.о. директора института мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова

Дата подписания: 08.10.2025 13:07:11

Уникальный программный ключ:

dc6dc8315334aed86f2a7c3a0ce2cf217be1e29



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

2025 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 05.04.06 Экология и природопользование

Направленность: Экологический мониторинг и проектирование

Курс 1

Семестр 1

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчик (и):

Мешалкина Ю.Л., к.с.-х.н., доцент

Илюшкова Е.М., старший преподаватель

“27” 06 2025 г.

“27” 06 2025 г.

Рецензент:

Борисов Б.А., д.б.н., профессор

“27” 06 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта 13.023 Агрохимик-почвовед, 26.008 Специалист в области экологических биотехнологий и учебного плана по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование, направленность экологический мониторинг и проектирование.

Программа обсуждена на заседании кафедры экологии  
протокол № 16/25 от 27.06.25

И.о. заведующего кафедрой, Тихонова М.В., к.б.н., доцент

«27» 06 2025 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института мелиорации водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова  
Щедрина Е.В., к.п.н., доцент

«25» августа 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой

Тихонова М.В.

«25» 08 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.07 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДАННЫХ В ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>6</b>
4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ .....	6
по семестрам .....	6
4.2 Содержание дисциплины.....	9
4.3 Лекции/лабораторные/практические/ занятия.....	11
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>14</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>14</b>
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	14
6.2. Описание показателей и критерии контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	26
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>28</b>
7.1 Основная литература .....	28
7.2 Дополнительная литература.....	28
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....</b>	<b>29</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .</b>	<b>30</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	30
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>30</b>

## **Аннотация**

**рабочей программы учебной дисциплины**

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

**для подготовки магистра по направлению**

**05.04.06 Экология и природопользование**

**направленности Экологический мониторинг и проектирование**

**Цель освоения дисциплины:** Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта 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 среды R, приобретение ими практических навыков и компетенций в сфере целостного анализа исследовательской ситуации в экологии и природопользовании.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена обязательную в часть, учебного плана по направлению подготовки 05.04.06. Экология и природопользование, направленность: Экологический мониторинг и проектирование.

**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:** 4/144 (зач.ед./час.)

**Промежуточный контроль:** экзамен

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** 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 среды R, приобретение ими практических навыков и компетенций в сфере целостного анализа исследовательской ситуации в экологии и природопользовании.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** включена в часть, относится к дисциплине обязательной части Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений. **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 05.04.06. *Экология и природопользование*, направленность: Экологический мониторинг и проектирование.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** являются «Методология организации и проведения научных исследований», «Современные проблемы и международное сотрудничество в области экологии и природопользования», «Современные методы инструментальных исследований в экологии и природопользовании».

Дисциплина **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Организация, приборная и информационно-методическое обеспечение эко-логического и агроэкологического мониторинга», «ГИС-технологии и анализ данных дистанционного зондирования в системах экологического мониторинга и проектирования».

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 анализа карт и картосхем, а также пространственных данных и использования ГИС-технологий при выполнении исследований и проектных

работ, а также грамотного оформления, интерпретации и визуализации полученных при этом результатов.

Рабочая программа дисциплины **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** 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 Б1.О.07**

**Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта, 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 **Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** составляет 4 зачетные единицы (144 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компе- тенций (для 3++)	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 выбранных 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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- типы экспериментов и основные схемы пробоотбора; способы статистической обработки данных;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современные критерии оценки качества моделирования; получать необходимую справочную информацию посредством электронных ресурсов, официальных сайтов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выбора оптимальной модели с точки зрения различных критериев и анализа остатков;</li> </ul>
		<p>ОПК-5.3 Имеет практический опыт работы над проектом с использованием информационно-коммуникационных технологий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- возможности использования статистического анализа пространственных данных по экологическому состоянию и функциональному качеству базовых компонентов экосистем</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить двухфакторный дисперсионный анализ, используя и программную среду R и грамотно интерпретировать результаты дисперсионного анализа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельного проведения анализа экспериментальных данных, от обоснования выбора объектов и методов анализа и заканчивая подготовкой отчета по выполненной научной работе</li> </ul>

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	В т.ч.
		во 1 семестре
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>52,4</b>	<b>52,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>52,4</b>	<b>52,4</b>
лекции (Л)	12	12
практические занятия (ПЗ)	6	6
лабораторные работы (ЛР)	32	32
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4
<i>Консультация перед экзаменом</i>	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>91,6</b>	<b>91,6</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала, подготовка к экзамену)</i>	64,6	64,6
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	27	27
Вид промежуточного контроля:	экзамен	

\* в том числе практическая подготовка.

## 4.2 Содержание дисциплины

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
Раздел 1. Процесс проведения научного исследования с использованием ЭВМ.	53,8	2	6			45,8
Раздел 2. Основные методы анализа данных и их реализация в программной среде R, интерпретация результатов.	87,8	10		32		45,8
Консультации (Конс)	2				2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>144</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>2,4</b>	<b>91,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>2,4</b>	<b>91,6</b>

\* в том числе практическая подготовка

### 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 получаешь» 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 пробоотборы.

### **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/лабораторные/практические/ занятия

Курс лекций и практических занятий включает в себя основные разделы, описание которых приведено в табл. 4.

#### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4

#### Содержание лекций/лабораторного практикума/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.</b> Процесс проведения научного исследования с использованием ЭВМ				8
	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 выборки.	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>Практическая работа № 2.</u> Расчет основных статистических характеристик и квантилей с помощью электронной таблицы Excel и программной среде R. Грамотное представление результатов исследования.	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
		<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 – рав-	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

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела</b>	<b>№ и название лекций/ практических занятий</b>	<b>Формиру- емые компетенции</b>	<b>Вид контрольного мероприятия</b>	<b>Кол- во часов</b>
		номерно распределенное случайное число.			
2.	<b>Раздел 2.</b> Основные методы анализа данных и их реализация в программной среде R, интерпретация результатов.				<b>44</b>
	Тема 2.1. Предварительный анализ данных и анализ одной выборки	<u>Лекция №2.</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, распределенных нормально и ненормально	<u>Лекция №3.</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 среда R). Анализ сгруппированных данных. Сравнение средних 2 независимых выборок с помощью t-критерия и с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.	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.	8
	Тема 2.3. Дисперсионный анализ	<u>Лекция №4.</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 рабочей 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 №5.</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 рабочей тетради.	2
		<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

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 5

### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела и темы</b>	<b>Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения</b>
<b>Раздел 1.</b> Основные методы анализа данных и их реализация в пакетах Excel, Statistica и R, интерпретация результатов		
1.	Тема 1.1 Основы работы в программной среде R.	1. Сравнить возможности программной среды R и Phyton. 2. Использование цикла в программной среде R и способы его избегания. 3. Продвинутые графики в R (пакет ggplot2). 4. Изучения пакета AQP 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.</b> Модели пространственного варьирования экологических свойств.		
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	Л	Лекция-визуализация
4	Ошибки репрезентативности. Доверительный интервал. Сравнение средних.	Л	Лекция-визуализация
5	Множественный дисперсионный анализ без взаимодействия	Л	Лекция-визуализация
6	Множественный корреляционный и регрессионный анализы	Л	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

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

##### Тема 1.1 Основы работы в программной среде R

Сохраните исходные данные под именем, где указаны номер варианта и задания: например, 1\_dat101.csv, выбрав тип файла – csv (разделители – запятые).

В данном примере десятичным знаком является точка, а разделителем колонок – точка с запятой. В вашем случае, скорее всего, десятичным разделителем будет запятая.

При считывании в программу разделитель колонок (точка с запятой) породит новую переменную. Поэтому с помощью команды Правка - Заменить заменим точку с запятой на пустое место.

```
#Отчет студента Иванова И. вар.101
```

```
#Задание 1
```

```
# Начало - указываем рабочую директорию
```

```
setwd ("D:/MatStat/Zan1")
```

```
getwd()
```

```
dat101=read.csv("1_dat101.csv", header=TRUE, sep="; ", dec=",")
```

```
# Выведите объект на экран
```

```
dat101
```

```
## смотрим размерность таблицы
```

```
dim(dat101)
```

```
[1] 21 1
```

Можно отдельно вывести имена переменных, содержащихся в таблице.

```
## Узнаем имена переменных
```

```
names(dat101)
```

```
[1] "Hum"
```

В объекте dat101 содержится две переменных Hum и Ar

Команда str позволяет вывести тип объекта и переменные, которые в нем содержатся

```
str(dat101)
```

```
'data.frame': 21 obs. of 1 variable:
```

```
 $ HUM: num 2.8 3.47 4.76 4.34 2.51 2.18 5.41 5.34 3.77 3.82
```

С помощью знака \$ можно обратиться к любой переменной, содержащейся в таблице. Обратите внимание, что в названиях переменных важны различия заглавных и прописных букв. (Все указанные ниже операции выполните для одного свойства, соответствующего Вашему варианту).

```
## Выведем только одну переменную – содержание гумуса
```

```
dat101$Hum
```

```
[1] 2.80 3.47 4.76 4.34 2.51 2.18 5.41 5.34 3.77 3.82 3.84
```

```
3.83 4.54 3.42
```

```
[15] 5.01 4.52 3.13 5.22 5.12 2.62 2.73
```

Если будут объекты NA в нужной переменной, то удалите их, переписав данные в новую переменную и продолжите работать с ней (Hum\_new), например, Hum\_new = dat78\$Hum[1:33]

```
#length(x) - функция измерения длины вектора
```

```
x <- c(2, 4, 5, 3, -4, 0)
```

```
length(x)
```

```
## [1] 6
```

```
# выведем тип переменной
```

```
mode(x)
```

```
[1] "numeric"
```

Примените функции length() и mode() к признаку, соответствующему

Вашему варианту, прокомментируйте результат.

```
#посчитаем дисперсию
```

```
varH= var(dat101$Hum); varH
```

```
[1] 1.034031
```

```
#среднее арифметическое сохраним в переменную mH
```

```
mH=mean(dat101$Hum); mH
```

```
[1] 3.922857
```

```
# стандартное отклонение сохраним в переменную s
```

```
sH=sd(dat101$Hum); sH
```

```
[1] 1.016873
```

```
#посчитаем коэффициент вариации
```

```
vH=100*sH/mH; vH
```

```
[1] 25.92175
```

Рассчитайте ошибку среднего, чтобы извлечь корень воспользуйтесь

командой `sqrt()`.

Проверьте, что результаты расчетов в Excel и в R совпадают.

Сохраните скрипт, выбрав в меню File – Save. Выберите кодировку UTF-8

### **Обязательные вопросы к заданию:**

1. Что такое коэффициент вариации?
2. Почему нужно обязательно указывать объем выборки при представлении результатов исследования?
3. Как грамотно представить результаты исследования?
4. Сколько знаков после запятой указывается при представлении результатов?

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

В программе Excel скопируйте на отдельный листок данные своего варианта, начиная с клеточки A1. Поменяйте заголовки таблицы на простую аббревиатуру латинскими буквами. Например, данные могут выглядеть так:

Сохраните этот листок под именем data.csv, выбрав тип файла – csv (разделители – запятые).

```
# Начало - указываем рабочую директорию
setwd ("D:/MatStat/Zan2")
getwd()
dat101=read.csv("data.csv", header=TRUE, sep=";", dec=",")
## смотрим размерность таблицы
dim(dat101)
[1] 21 2
Выведем данные на экран:
dat101
dat101= dat101[,1:2]
dat101[3,1]
dat101[5,]
dat101[,1]
dat101[,]
dat101[4:9,2]
dat101[-(4:11),2]
#общая информация об объекте
summary(dat101)
Hum Ap
Min. :1.380 Min. :15
1st Qu.:1.450 1st Qu.:22
Median :1.520 Median :26
Mean :1.528 Mean :25
3rd Qu.:1.600 3rd Qu.:27
Max. :1.740 Max. :37
```

```

## Узнаем имена переменных
names(dat101)
[1] "Hum" "Ap"
str(dat101)
'data.frame': 21 obs. of 2 variables:
$ Hum: num 1.38 1.66 1.47 1.44 1.57 1.49 1.48 1.74 1.45 1
.65 ...
$ Ap : int 26 24 27 28 19 26 23 28 27 15 ...
#рассчитаем медиану
quantile(dat101$Hum,.50)
50%
1.52
#рассчитаем квантили 32%, 57%, 98%
quantile(dat101$Hum, c(.32, .57, .98))
32% 57% 98%
1.458 1.534 1.708
kvant=c(0,0.1,0.25,0.5,0.75,0.9,1)
res=quantile(dat101$Hum, kvant)
plot(res,kvant)
plot(res, kvant, type= "b",
main = "График квантилей", xlab ="Содержание гумуса", ylab =
"квантили", col ="red")
#найдем длину признака
length(dat101$Hum)
[1] 21
# припишем значения от 1 до найденной длины
Y=1: length(dat101$Hum); Y
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
19 20 21
#Поделим на объем выборки плюс 1
> Y=Y/length(dat101$Hum+1); Y
[1] 0.002267574 0.004535147 0.006802721 0.009070295
0.011337868 0.013605442 0.015873016 0.018140590
[9] 0.020408163 0.022675737 0.024943311 0.027210884
0.029478458 0.031746032 0.034013605 0.036281179
[17] 0.038548753 0.040816327 0.043083900 0.045351474
0.047619048
#Функции sort(x) проводит упорядочивание элементов вектора x.
X = sort(dat101$Hum); X
[1] 1.38 1.42 1.42 1.44 1.44 1.45 1.45 1.47 1.48 1.49 1.52
1.53 1.54 1.57 1.58 1.60 1.62 1.63 1.65 1.66 1.74
plot(X,Y)
# строим гистограммы для свойства
hist(dat101$ Hum)
hist(dat101$Hum, border = "red")
hist(dat101$Hum, main = "Заголовок придумайте свой заголовок",

```

```

col="lightblue", xlab="а что у нас по оси x?",ylab="что же тут написать?")
hist(dat101$ Hum, breaks = 5)
# нарисовать коробочку с усиками
boxplot(dat101$Hum)
boxplot(dat101$Hum, main = "Заголовок графика", col="yellow",
ylab="что же тут написать?")

```

### **Обязательные вопросы к заданию:**

1. Что такое квантиль? В каких случаях и для каких целей используются квантили?
2. Что такое гистограмма?
3. Что изображено на коробочке с усиками (диаграмме размаха)?

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

С помощью команды `rm(list=ls())` можно очистить запомненные переменные в окне Environment и все, что хранилось в оперативной памяти. Выполните эту команду

```

#очистим полностью память
rm(list=ls())
Проверьте рабочую директорию, и, если необходимо, поменяйте ее (см.
предыдущее занятие).
getwd()
РАБОТА С БИБЛИОТЕКАМИ
library("nortest")
# Задание 3
# Выполнил И. Иванов
#3.1
#зададим диапазон значений x для стандартного нормального распре-
деления с шагом 0.1
x=seq(-3.5,3.5,0.1); x
# рассчитаем плотность вероятности для каждого x
y = dnorm(x); y
# рассчитаем накопленную вероятность от минус бесконечности до x
y1=pnorm(x); y1
# нарисуем график для плотности вероятности
plot(x,y)
par(mfrow=c(1,2))
# Два графика будут расположены рядом
# пример для команды lines
a= c(1,2,3,4,5,6,7)
b= c(1,4,2,3.5,5,5.5,9)
d= c(1,2,3,4,5,6,7)
plot(a,b, pch=19, xlim = c(1,7))
lines(a, d, col="green",lwd=3)

```

```

# расчет вероятности того, что случайная величина N(2.5, 2) меньше 1.5
pnorm(1.5, mean=2.5, sd=2, lower.tail=TRUE)
# расчет вероятности того, что случайная величина N(2.5, 2) больше 1.5
pnorm(1.5, mean=2.5, sd=2, lower.tail=FALSE)
#расчет вероятности того, что случайная величина N(2.5, 2) больше 1.5 и
меньше 4.2 pnorm(4.2, mean=2.5, sd=2) - pnorm(1.5, mean=2.5, sd=2) summary(data3var101)

V1
Min. :0.0000
1st Qu.:0.6000
Median :0.9000
Mean :0.9649
3rd Qu.:1.2000
Max. :2.2000
# Посчитаем среднее для переменной
mean(data3var101$V1)
pearson.test(data3var101$V1)      #число классов по умолчанию
pearson.test(data3var101$V1,7) # 7- число классов, указанное в варианте
lillie.test(data3var101$V1)
# построение гистограммы
hist(data3var101$V1,prob=TRUE, breaks =15)
curve(dnorm(x, mean=mean(data3var101$V1), sd=sd(data3var101$V1)),
col ="red", lwd=3, add=TRUE)

```

### **Обязательные вопросы к заданию:**

1. Чем различаются распределения дискретных и непрерывных случайных величин?
2. Что такое плотность вероятности случайной величины?
3. Можно ли в принципе указать вероятность того, что содержание гумуса в почве равно 2,63%, и если можно, то что эта вероятность показывает?
4. Каковы параметры нормального распределения?
5. Каковы основные особенности закона нормального распределения?
6. При каких условиях возникает нормальное распределение?
7. Как соотносятся среднее, медиана и moda для нормального распределения?
8. Что такое нормированное (стандартизированное) отклонение?
9. Для чего используется интеграл вероятности нормального распределения?
10. Что такое стандартное нормальное распределение?
11. Диапазон значений стандартной нормальной величины?
12. Как связаны между собой нормально распределенная случайная величина с параметрами  $\mu$  и  $\sigma$  и стандартное нормальное распределение?
13. Что такое стандартизированное (нормированное) отклонение?
14. Какому значению переменной соответствуют точки перехода выпуклого участка кривой нормального распределения в вогнутый?

15. Как определить вероятность нахождения нормально распределенной случайной величины в заданном интервале?
- 16.Что такое статистическая гипотеза?
- 17.Что такое нулевая гипотеза?
- 18.Что такое альтернативная гипотеза?
- 19.Что такое статистический критерий?
- 20.Что такое уровень значимости?
- 21.Какие уровни значимости наиболее часто используются при проверке гипотез?
- 22.Как соотносятся уровень значимости и доверительная вероятность?
- 23.Алгоритм проверки статистической гипотезы?
- 24.В каких случаях можно использовать критерий хи-квадрат для проверки гипотезы о типе распределения?
- 25.Какие допущения делаются при проверке гипотезы о нормальном распределении при помощи критерия хи-квадрат?
- 26.Сформулируйте нулевую гипотезу при проверке типа распределения?
- 27.Чему равно число степеней свободы при проверке гипотезы о типе распределения при помощи критерия хи-квадрат?

### **Тема 2.3 Дисперсионный анализ**

Создайте новый скрипт для занятия 3 с помощью команд File – New File – R Script. Откроется новый скрипт, назовите его с учетом номера своего варианта, например, Zan5-VAR100.R.

```
# Отчет 5. Однофакторный дисперсионный анализ
```

```
# Студент Неизвестный Н.Н.
```

```
# Вариант 101
```

```
#очистим полностью память
```

```
rm(list=ls())
```

Проверьте рабочую директорию, и, если необходимо, поменяйте ее.  
getwd()

#### **ЗАГРУЗКА ДАННЫХ И ПОДГОТОВКА ПЕРЕМЕННЫХ**

```
adat = read.csv("data5_var100.csv", sep=";", dec=".")
```

```
adat
```

```
herb fert yield
```

```
1 0 control 114
```

```
2 0 control 92
```

```
3 10 control 113
```

```
4 10 control 101
```

```
5 20 control 119
```

```
# проверим размерность
```

```
dim(adat)
```

```
[1] 40 3
```

```
# посмотрим имена
```

```
names(adat)
```

```
[1] "herb" "fert" "yield"
```

```

## Выведем только одну переменную с урожаем
adat$yield
[1] 114 92 113 101 119 118 123 116 102 117 120 144 136
136 135 141 151 140 148 146 150 146
[23] 150 158 136 143 154 159 149 173 170 174 155 142 169
190 165 183 150 161
#проверим структуру файла
str(adat)
'data.frame': 40 obs. of 3 variables:
$ herb : int 0 0 10 10 20 20 30 30 0 0 ...
$ fert : Factor w/ 5 levels "control","NPK120",...: 1 1 1
1 1 1 1 1 3 3 ...
$ yield: int 114 92 113 101 119 118 123 116 102 117 ...
# Превратим переменные herb и fert в группирующую качественную
переменную
adat$herb = factor(adat$herb)
adat$fert = factor(adat$fert)
str(adat)
adat$fert=factor(adat$fert, levels =
c("control","NPK30","NPK60","NPK90","NPK120"))
В результате получаем:
str(adat)
'data.frame': 40 obs. of 3 variables:
$ herb : Factor w/ 4 levels "0","10","20",...: 1 1 2 2 3 3 4 4 1 1
$ fert : Factor w/ 5 levels "control","NPK30",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 .
$ yield: int 114 92 113 101 119 118 123 116 102 117
Проверьте с помощью команды summary, что с данными все в порядке.
summary(adat)
herb fert yield
0 :10 Control:8 Min. :125.0
10:10 NPK30 :8 1st Qu.:138.8
20:10 NPK60 :8 Median :158.5
30:10 NPK90 :8 Mean :157.9
NPK120 :8 3rd Qu.:173.8
Max. :196.0
# Проверим однородность дисперсий - условие применимости ДА
bartlett.test(yield ~ herb, adat)
Bartlett test of homogeneity of variances
data: yield by herb
Bartlett's K-squared = 1.0628, df = 3, p-value = 0.7861
bartlett.test(yield ~ fert, adat)
Bartlett test of homogeneity of variances
data: yield by fert
Bartlett's K-squared = 8.255, df = 4, p-value = 0.08267
# Построение однофакторной модели ДА , факт1- гербицид
model_herb=lm(yield ~ herb, dat = adat)

```

```

anova (model_herb)
Analysis of Variance Table
Response: yield
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
herb 3 2261.3 753.76 1.8756 0.1512
Residuals 36 14467.5 401.88
# Построение однофакторной модели ДА, фактор 2
model_fert=lm(yield ~ fert, dat = adat);
anova (model_fert)
# Рассчитаем средние по градациям каждого фактора
tapply(adat$yield,adat$herb,mean)
0 10 20 30
129.2 144.4 147.5 147.8
tapply(adat$yield,adat$fert,mean)
control NPK120 NPK30 NPK60 NPK90
112.000 164.375 128.875 148.625 157.250
Построим коробочки с усиками для значений по градациям факторов.
# Построим диаграммы рассеивания (коробочки с усиками)
boxplot(yield ~ herb, data=adat)
boxplot(yield ~ fert, data=adat)
boxplot(yield ~ fert, data=adat, col = "green", names = c("Control",
"NPK30", "NPK60", "NPK90", "NPK120"))
library("agricolae")
#Сравним средние по градациям фактора по критерию НСР
out_herb=LSD.test(model_herb,"herb", alpha = 0.05, p.adj="none")
out_herb
out_fert=LSD.test(model_fert,"fert", alpha = 0.05, p.adj="none")
out_fert

```

### **Обязательные вопросы к заданию:**

1. Что такое объем дисперсионного комплекса? Чему он равен?
2. Какие задачи могут быть решены с помощью дисперсионного анализа. Приведите и обсудите примеры.
3. Что такое сумма квадратов отклонений, деленная на число степеней свободы?
4. Как раскладываются общая сумма квадратов отклонений и число степеней свободы в однофакторном дисперсионном анализе?
5. В чем суть дисперсионного анализа? Почему он так назван?
6. Как формулируется нулевая гипотеза для однофакторного дисперсионного анализа?
7. По какому критерию проверяется нулевая гипотеза дисперсионного анализа?
8. Условия применимости дисперсионного анализа?

### **Тема 2.4 Регрессионный анализ**

# Отчет 9. Регрессионный анализ

```

# Студент Неизвестный Н.Н.
# Кафедра географии. Вариант 101
#очистим полностью память
rm(list=ls())
Проверьте рабочую директорию, и, если необходимо, поменяйте ее.
getwd()
rdat = read.csv("data9_var101.csv", sep=";", dec=".")
rdat
K2O NO3 HUM P2O5 PH YIELD
1 7.77 4.52 1.97 15.25 4.90 18.28
2 22.85 8.89 3.96 13.99 5.31 21.10
3 18.58 9.07 3.66 14.89 5.21 20.56
4 19.41 9.11 3.91 13.19 5.31 21.19
5 23.04 8.97 3.96 19.55 4.99 21.72
...
# проверим размерность
dim(rdat)
[1] 21 6
# посмотрим имена
names(rdat)
[1] "K2O" "NO3" "HUM" "P2O5" "PH" "YIELD"
## Выведем только одну переменную с урожаем
rdat$YIELD
#расчет коэффициентов корреляции
cor(rdat, method="pearson")
library(ellipse)
plotcorr(cor(rdat))# образ в виде эллипсов
plotcorr(cor(rdat), type="lower")
plotcorr(cor(rdat), type="upper")
#красивые графики для визуализации корреляций
library(GGally)
ggpairs(rdat)
model1 = lm(YIELD~HUM, data = rdat); model1
#Краткая информация о модели
summary(model1)
# #Проверка применимости модели
anova(model1)
model2 = lm(YIELD~K2O+NO3+PH+P2O5+HUM, data = rdat)
model2
summary(model2)
АНАЛИЗ ОСТАТКОВ
model1 = lm(YIELD~HUM, data = rdat); model1
str(model1)
#посмотрим эти объекты
model1$coefficients[1]
model1$coefficients[2]

```

```

str(model1)
# Выведем вектор предсказанных значений
model1$fitted.values
# Построим график наблюдаемых от предсказанных значений урожайности
plot(model1$fitted.values, rdat$YIELD)
#Добавим линию y=x
abline(a=0, b =1, col="red")
#выведем остатки
model1$residuals
#Найдем сумму остатков
sum(model1$residuals)
#Найдем сумму квадратов остатков
SSR_mod1=sum (model1$residuals^2); SSR_mod1
#RMSE - Среднеквадратичная погрешность отклонений =
#корень из средней квадратичной ошибки
RMSE_mod1 = sqrt(SSR_mod1/length(rdat$YIELD)); RMSE_mod1
#AIC – Информационный критерий Акайке
AIC(model1)
# Построим график остатков от наблюдаемых значений урожая
plot( rdat$YIELD, model1$residuals)
# Нарисуем красным линию, идущую параллельно оси x
abline(a=0, b =0, col="red")
#для поиска коэффициентов для линии зададим модель, связывающую
#остатки и урожай
mo1=lm(model1$residuals~rdat$YIELD)
abline(a=mo1$coefficients[1], b =mo1$coefficients[2], col="blue", main =
“График зависимости остатков от наблюдаемых значений урожайности”)
#График на нормальной вероятностной бумаге
library("car")
qqPlot(model1$residuals)
# нарисовать график на нормальной вероятностной бумаге
qqnorm(model1$residuals, datax=TRUE)
qqline(model1$residuals, datax=TRUE))
model2 = lm(YIELD~K2O+NO3+PH+P2O5+HUM, data = rdat)
model2
summary(model2)

```

### **Обязательные вопросы к заданию:**

1. Какие условия накладываются на X(X1, X2...) и Y для возможности проведения корреляционного анализа?
2. Какие условия накладываются на X (X1, X2...) и Y для возможности проведения регрессионного анализа?
3. Каким образом проверяется гипотеза о том, что регрессионный анализ можно проводить, то есть, что регрессионное уравнение лучше предсказывает среднее

4. Что такое коэффициент множественной корреляции?
5. Чему равен коэффициент детерминации? Что он показывает?
6. Что такое Intercept?
7. Какова размерность коэффициентов в уравнении множественной регрессии?  
Что они обозначают?
8. Как рассчитать доверительные интервалы для коэффициентов регрессии?
9. Каковы требования предъявляются к качеству аппроксимации?
10. Что такое «остатки»? Когда можно считать остатки нормально распределенными?
11. Что делать, если остатки не отвечают требованию нормальности?
12. Что делать, если остатки не отвечают требованию независимости от Y?
13. Что делать, если остатки не отвечают требованию независимости друг от друга?
14. Что показывает график: наблюдаемые значения – предсказанные значения. Как данный график должен выглядеть в идеальном случае?
15. Что понимается под термином «мультиколлинеарность»? На что она влияет?

### **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.
- Лабораторные работы - с помощью выполнения заданий своего варианта и письменных ответов на контрольные вопросы и оформлении результатов работы в виде лабораторной работы.

### **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
P1-Л1	10	10	5	5	0	0	0	0	0
P1-Л2	10	10	5	5	0	0			
P1-Л3	10	10	10	5	5	0	0		
P1-Л4	10	10	10	10	5	5	0	0	
P1-Л5	10	10	10	10	10	5	5	0	0
P1-Л6	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** экзамена в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8  
**Система рейтингового учёта знаний и навыков магистров  
в течение семестра**

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Экзамен</b>
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. Зализняк, В. Е. Математическое моделирование : учебник для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 125 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20525-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566453>
2. 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>
3. Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для вузов / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 233 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19854-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561935>
4. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 181 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07037-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561492>

### **7.2 Дополнительная литература**

1. 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>
2. Щукина, Н. В. Математическое моделирование : учебное пособие / Н. В. Щукина, Н. Д. Харитонова. — Омск : Омский ГАУ, 2022. — 82 с. — ISBN 978-5-907507-69-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/326441>
3. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование : учебник для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 126 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08475-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561369>
4. Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Маликов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15279-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/580666>

5. Харченко, Л. Н. Методика и организация биологического исследования : учебное пособие для вузов / Л. Н. Харченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 138 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20126-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557611>

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

Таблица 10

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

<b>Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**</b>
1	2
Корпус 29, 203	Учебная лаборатория. 6 островных столов, 5 пристенных столов для оборудования, стол преподавателя, 32 стула, стационарный проектор, ноутбук.
Корпус 29, 207	Учебная лаборатория. 14 столов, 15 стульев, лабораторное оборудование
Корпус 29, 212	Компьютерный класс. 14 ПК, Моноблок преподавателя, ТВ, 15 столов, 29 стульев
Корпус 29, 214	Компьютерный класс. 12 моноблоков, моноблок преподавателя, 13 столов, 25 стульев, без мультимедиа систем.
Корпус 29, 217	Мультимедиа проектор LED Xiaomi, ноутбук, маркерная доска, 12 столов, 34 стула, стол преподавателя.
Корпус 29, 400	Помещение для самостоятельной подготовки, 5 столов, 12 стульев, стол преподавателя
Корпус 29, 401	Меловая доска, мобильный проектор, компьютер преподавателя, 23 стола, 46 стульев, стол преподавателя
Корпус 29, 404	Меловая доска, экран для проектора, мобильный проектор, ноутбук, 25 комбинаций парты с лавкой, стол преподавателя, трибуна

\*Специальные помещения – учебные лаборатории, кабинеты, учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы – аудитории для проведения планируемой учебной, учебно-исследовательской, научно-исследовательской работы студентов, выполняемой во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

\*\* Наименование оборудования, которым оснащены специальные помещения и помещения для самостоятельной работы, необходимо указывать в строгом соответствии с инвентаризационной ведомостью. Для практической подготовки обучающихся используется оборудование и технические средства: указать какие.

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

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

лекции (занятия лекционного типа);

семинары, практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);

курсовое проектирование (выполнение курсовых работ);

групповые консультации;

индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;

самостоятельная работа обучающихся;

занятия иных видов.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

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

Студент, пропустивший занятия, обязан предоставить конспект пропущенной лекции или занятия и ответить на поставленные вопросы по пропущенным темам. Время отработки пропущенных занятий устанавливается по предварительной договоренности с преподавателем.

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

**Дисциплина Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта** позволяет студентам углубить знания по одному из разделов экологии, имеющему важное практическое значение всех протекающих процессов на земле и находить способы управления ими.

Одной из форм проведения занятий является практическое занятие. Это один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. При разработке методики практических занятий важное место занимает вопрос о взаимосвязи между практическим занятием и лекцией, самостоятельной работой студентов, о характере и способах такой взаимосвязи. Практическое занятие не должно повторять лекцию, и, вместе с тем, его руководителю необходимо сохранить связь принципиальных положений лекции с содержанием практического занятия.

При условии соблюдения требований методики их проведения практические занятия выполняют многогранную роль: стимулируют регулярное изучение студентами первоисточников и другой литературы, а также внимательное

отношение к лекционному курсу; закрепляют знания, полученные студентами при прослушивании лекции и самостоятельной работе над литературой; расширяют круг знаний благодаря выступлению соуклонников и преподавателя на занятиях; позволяют студентам проверить правильность ранее полученных знаний, вычленить в них наиболее важное, существенное; способствуют превращению знаний в твердые личные убеждения, рассеивают сомнения, которые могли возникнуть на лекциях и при изучении литературы, что особенно хорошо достигается в результате столкновения мнений, дискуссии; прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления по теоретическим вопросам, оттачивают мысль, приучают студентов свободно оперировать терминологией.

Выбор формы практического занятия по Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта, про странственного анализа и моделирования в экологии зависит от ряда факторов:

- от содержания темы и характера рекомендуемых по ней источников и пособий, в том числе и от их объема;
- от уровня подготовленности, организованности и работоспособности данной семинарской группы, ее специализации и профессиональной направленности;

Избранная форма практического занятия призвана обеспечить реализацию всех его функций: познавательной, воспитательной, контроля.

В практике практических занятий в вузах можно выделить ряд форм: развернутая беседа, обсуждение докладов, теоретическая конференция, комментированное чтение, упражнения на самостоятельность мышления и другие.

Использование интерактивных форм и методов на уроках являются актуальной проблемой современного вуза и, вероятно, наступает эпоха расцвета интерактивных методов обучения. ФГОС ВО студентов всех направлений делают обязательным использование именно активных методов обучения. Активные методы обучения являются одним из наиболее эффективных средств вовлечения студентов в учебно-познавательную деятельность.

Интерактивный – означает способность взаимодействовать или находиться в режиме беседы, диалога. Следовательно, интерактивное обучение – диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие педагога и студента.

Одним из условий, обеспечивающих успех практических занятий, является совокупность определенных конкретных требований к выступлению студентов. Эти требования должны быть достаточно четкими и в то же время не настолько регламентированными, чтобы сковывать творческую мысль, насыщать схематизм. Перечень требований к любому выступлению студента примерно таков: 1) связь выступления с предшествующей темой или вопросом. 2) раскрытие сущности проблемы. 3) методологическое значение для научной, профессиональной и практической деятельности.

Важнейшие требования к выступлению студентов - самостоятельность в подборе фактического материала и аналитическом отношении к нему, умение

рассматривать примеры и факты во взаимообусловленности и взаимообусловленности, отбирать наиболее существенные из них.

Приводимые примеры и факты должны быть существенными, по возможности перекликаться с профилем обучения и в то же время не быть слишком «специализированными». Примеры из области наук, близких к будущей специальности студента, из сферы познания, обучения поощряются руководителем семинара. Выступление студента должно соответствовать требованиям логики. Четкое вычленение излагаемой проблемы, ее точная формулировка, неукоснительная последовательность аргументации именно данной проблемы, без неоправданных отступлений от нее в процессе обоснования, безусловная доказательность, непротиворечивость и полнота аргументации, правильное и содержательное использование понятий и терминов.

Желательно, чтобы студент излагал материал свободно. Прикованность к концепту, объясняется обычно следующими причинами: а) плохо продумана структура изложения, вопрос не осмыщен во всей его полноте, студент боится потерять нить мыслей, нарушить логическую последовательность высказываемых положений, скомкать выступление; б) недо-статочно развита культура устной речи, опасение говорить «коряво» и неубедительно; в) материал списан из учебных пособий механически, без достаточного осмысливания его; г) как исключение, материал списан у товарища или же используется чужой конспект. Любая из перечисленных причин, за исключением второй, говорит о поверхностной или же просто недобросовестной подготовке студента к занятию.

Важно научить студентов во время выступления поддерживать постоянную связь с аудиторией, быстро, не теряясь, реагировать на реплики, вопросы, замечания, что дается обычно не сразу, требует постоянной работы над собой. Выступающий обращается к аудитории, а не к преподавателю, как школьник на уроке. Контакт со слушателями - товарищами по группе - помогает студенту лучше выразить свою мысль, реакция аудитории позволяет ему почувствовать сильные и слабые стороны своего выступления. Без «обратной связи» со слушателями выступление студента - это разговор с самим собой, обращение в пустоту; ему однико и неуютно за кафедрой, поэтому на занятиях неплохо ввести в традицию анализ не только содержания выступлений, но и их формы - речи, дикции, поведения за кафедрой, характера общения с аудиторией.

Добавиваясь внимательного и аналитического отношения студентов к выступлению товарищей, руководитель практического занятия заранее ставит их в известность, что содержитственный анализ выступления, доклада или реферата он оценивает так же высоко, как и выступление с хорошим докладом. Вопросы докладчику задают прежде всего студенты.

{Этот раздел включает: описание специфики дисциплины, рекомендации по применению методов преподавания, выбору организационных форм и средств обучения по темам дисциплины; описание особенностей организации самостоятельной работы студентов и т.п.}.

Программу разработал (и):

Мешалкина Ю.Л., к.с.-х.н., доцент  
Илюшкова Е.М., старший преподаватель

*Ю.Л. Мешалкин*  
*Е.М. Илюшкова*

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта»

ОПОП ВО по направлению 05.04.04 Экология и природопользование, направленность –  
Экологический мониторинг и проектирование  
(квалификация выпускника –магистр)

Борисовым Анзорьевичем, д.б.н., профессором кафедры почвоведения, геологии и ландшафтования ФГБУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент) – председатель программы дисциплины Б1.О.07 «Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» ОПОП ВО по 05.04.06 «Экология и природопользование», Направленность: «Экологический мониторинг и проектирование» (магистр) разработанный в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре экологии (Мешалкина Юлия Львовна, доцент кафедры экологии, кандидат сельскохозяйственных наук, Илюшкова Елена Михайловна, старший преподаватель кафедры экологии).

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

1. Представленная рабочая программа дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» (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 обязательной 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 «Б1.В.01 Метрологические основы экологических исследований и сертификации продукции» закреплено би компетенций. Дисциплина «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» и предложенная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют базисность по получения заявленных результатов.

5. Общая трудоемкость дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 05.04.06 – «Экология и природопользование» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

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

8. Программа дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» предполагает б занятия в интерактивной форме.
9. Виды, содержание и трудоемкость самостоятельной работы студентов, представляемые в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направление 05.04.06 – «Экология и природопользование».
10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (в виде выполнения заданий в рабочей тетради, а также защиты работ своего варианта, включая заполнение отчетных форм и устный опрос, лабораторных работ по своему варианту), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.
- Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины варнавитивной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 05.04.06 – «Экология и природопользование».
11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.
12. Ученочно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источник (базовый учебник), дополнительной литературой – 5 наименований, соответствует требованиям ФГОС ВО направления 05.04.06 – «Экология и природопользование».
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» 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 «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании пропедленной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» и обеспечивают использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

На основании пропедленной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Б1.О.07 Математическое моделирование и анализ пространственно распределенных данных в экологии и природопользовании с использованием искусственного интеллекта» и обеспечивают использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

На основании пропедленной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Б1.О.07 Математический моделирование и природопользование», направленность «Экологический мониторинг и проектирование» (квалификация выпускника – магистр), разработанная Мешалкиной Юлией Львовной, доцентом кафедры экологии, кандидатом сельскохозяйственных наук, Илюшковой Еленой Михайловной, старший преподаватель кафедры экологии соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволяет при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Борисов Б.А., д.б.н.,  
профессор кафедры почвоведения,  
геологии и ландшафтования

  
« 29 » ОКТ 2016