

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

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

Дата подписания: 22.07.2026 14:58:13

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

«15» мая 2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01 Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и
технологий

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 05.03.06 Экология и природопользование

Направленность: Экологический мониторинг и агроэкология

Курс 3

Семестр 5

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2026

Москва, 2026

Разработчики:

Морев, к.б.н., доцент



«04» мая 2026 г.

Александров Н.А., старший преподаватель



«04» мая 2026 г.

Рецензент:

Мазиров М.А., д.б.н., профессор



«04» мая 2026 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование» и учебного плана.

Программа обсуждена на заседании кафедры экологии
протокол № 12/26 от «04» мая 2026 г.

И.о. зав. кафедрой экологии, к.б.н., доцент



М.В. Тихонова

«04» мая 2026 г.

Согласовано:

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



Е.В. Щедрина

«07» мая 2026 г.

И.о. зав. выпускающей кафедрой экологии,
к.б.н., доцент

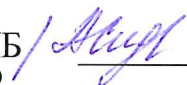


М.В. Тихонова

«04» мая 2026 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)



СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ	9
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	12
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	18
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	ОШИБКА! Закладка не определена.
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
7.1 Основная литература	25
7.2 Дополнительная литература	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
7.3 Нормативные правовые акты	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	26
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)	26
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	27
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .	27
Виды и формы отработки пропущенных занятий	27
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	29

АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины

Б1.В.01 Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий

по направлению подготовки 05.03.06 - «Экология и природопользование»
направленность Экологический мониторинг и агроэкология

Цель дисциплины – формирование у бакалавров системного понимания, знаний, умений и навыков по основам геостатистического анализа и моделей пространственного варьирования экологических свойств, выработка у бакалавров целостного представления в области применения современных геостатистических технологий в экологии и природопользовании, овладение методами современного пространственного анализа, приобретение ими практических навыков и компетенций в сфере целостного анализа пространственного распределения экологических показателей.

Место дисциплины в учебном плане: цикл Б1.В, дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплина осваивается в пятом семестре.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ПКос-1.7; ПКос-3.2

Краткое содержание дисциплины: интегрирует полученные ранее знания по курсам «Общая экология», «Сельскохозяйственная экология», «Почвоведение и картография почв», «Ботаника с основами геоботаники» и ориентирована на приобретение студентами умения и навыков проведения экологической экспертизы сельскохозяйственных объектов на основе знаний геостатистики, схем пробоотбора с учетом различных видов координат для оценки пространственных данных, процесса обработки пространственных данных, особенностей анализа и интерпретации пространственных данных в экологии, природопользовании в системах экологической оценки хозяйственной деятельности.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 ак.ч.), в том числе 4 часа практической подготовки.

Промежуточный контроль: экзамен

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «**Основы геостатистики в сельском хозяйстве на основе цифровых инструментов и технологий**» является изучение основ геостатистического анализа и моделей пространственного варьирования экологических свойств, выработка у бакалавров целостного представления в области применения современных геостатистических технологий в экологии и природопользовании, овладение методами современного пространственного анализа, приобретение ими практических навыков и компетенций в сфере целостного анализа пространственного распределения экологических показателей, в том числе, приобретение необходимых систематизированных теоретических знаний и практических навыков комплексного анализа пространственных данных: данных, располагающихся вдоль траншеи, на площади и внутри трех-

мерного тела; выработка умения формулировать в геостатистических терминах рабочие версии решаемых исследовательских, информационно-аналитических, прогнозных и оценочных задач; освоение основных методов и понятий геостатистики и приобретение практических навыков работы с современными программными пакетами; развитие способностей анализировать экспериментально полученные данные, составлять обоснованные с научной точки зрения схемы пробоотбора для оценки пространственного распределения региональных базовых компонентов природных, агро- и урбоэкосистем; развитие умения делать необходимые и логически обоснованные выводы из анализа пространственного распределения данных по экологическому состоянию и функциональному качеству базовых компонентов природных, агро- и урбоэкосистем с учетом точности исходных данных и пределов работы основных пространственных моделей.

2. Место дисциплины в учебном процессе

«Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина **«Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий»** реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессиональных стандартов: 13 «Сельское хозяйство» 13.023 агрохимик-почвовед, 26 «Химическое, химико-технологическое производство» 26.008 технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий и ОПОП ВО 3++ и Учебного плана по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина **«Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий»** являются «Общая экология», «Химия», «Физика», «Математика», «Информатика», «Общая экология», «Основы природопользования», «Методы экологических исследований».

Дисциплина **Б1.В.01 Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий** является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)», «Правовые основы и экологическое нормирование в экологии и природопользовании», «Агроэкологические основы применения удобрений», «Экологическое нормирование, сертификация и лицензирование», «Агроэкологический мониторинг», «Основы экологической экспертизы».

Особенностью дисциплины является то, что она тесно взаимосвязана со всеми дисциплинами математического и естественнонаучного цикла подготовки по направлению 05.03.06 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.В.01 Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий** 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,
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной
программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций ¹	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	Владеть основными методами научно-исследовательской деятельности, включая методы отбора и полевых исследований основных компонентов экосистем, проведения лабораторных анализов и статистической обработки получаемых данных, экологического моделирования и прогнозирования, экологического мониторинга и системного анализа проблемных экологических ситуаций, экологического нормирования, проектирования и ОВОС, использования ГИС и данных дистанционного зондирования с применением цифровых инструментов и технологий	ПКос-1.7 Владеть основными методами геоинформационных исследований, геостатистической и статистической обработки данных в экологии и природопользовании с применением цифровых инструментов и технологий.	- методы геостатистического анализа данных в области прикладной экологии, экологического картографирования и мониторинга; - основные модели пространственных данных и методы интерполяции;	- импортировать, хранить, обрабатывать, анализировать, визуализировать, экспортировать пространственные данные; - использовать методы геостатистики для решения задач прикладной экологии, экологического мониторинга и проектирования;	- основными методами, и способами получения, хранения, переработки и визуализации пространственных данных; - основными методами применения геостатистических технологий в области прикладного экологического картографирования, в программных средах MS Excel и Rstudio
2.	ПКос-3	Обладать знаниями в области информационно-методического обеспечения контрольно-надзорной деятельности, включая методы отбора и полевых обследований основных компонентов экосистем, статистической и геостатистической обработки получаемых данных, экологического моделирования и прогнозирования, экологического мониторинга и системного анализа проблемных экологических ситуаций, экологи-	ПКос-3.2 Обладать знаниями в области информационно-методического обеспечения экологического проектирования и картографирования с применением цифровых инструментов и технологий	- методы обработки и анализа экологической информации с целью подбора пространственных моделей, построения карт и картограмм; - возможности использования геостатистического анализа пространственных данных по экологическому состоянию и функциональному качеству базовых компонентов экосистем, с применением современных цифровых инстру-	- использовать геостатистические модели для анализа карт и картограмм экологическому состоянию и функциональному качеству компонентов экосистем; - создавать интерполяционные карты и картограммы на основе полученной экологической информации по объектам исследования с использованием открытых цифро-	- навыками работы с компьютером как средством управления информацией для решения профессиональных экологических задач; - геостатистическими методами обработки, анализа, синтеза экологической информации с использованием открытых цифровых инструментов (RStudio, Vesper 1.63)

		ческого нормирования и проектирования, использования ГИС и данных дистанционного зондирования, экологического контроля и аудита, ОВОС и ООС с применением цифровых инструментов и технологий		ментов (Rstudio, ArcGIS, Surfer 13)	вых инструментов (RStudio, Vesper 1.63)	
--	--	--	--	-------------------------------------	---	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины² по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	В т.ч. в семестре №5
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	68,4	68,4
Аудиторная работа	68,4	68,4
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	34	34
практические занятия (ПЗ)	16/4*	16/4*
лабораторные работы (ЛР)	16	16
консультации перед экзаменом	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	75,6	75,6
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, тестированиям)	48,6	48,6
Подготовка к экзамену (контроль)	27	27
Вид промежуточного контроля:	Экзамен	

* в том числе практическая подготовка

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1. Представление о геостатистике в экологии и природопользовании	20	8	2	2		8
Раздел 2. Модели пространственного варьирования экологических свойств	22	4	4	4		10
Раздел 3. Дисперсионный анализ	26	8	4	4		10
Раздел 4 Основные виды простран-	20	6	4	2		8

² Шаблон таблицы для двухсеместровой дисциплины.

ственных интерполяторов						
Раздел 5 Практическая реализация задач геостатистической интерполяции	26,6	8	2	4		12,6
<i>Консультация перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле(КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	27					27
Всего за 5 семестр	144	34	16(4*)	16	2,4	75,6
Итого по дисциплине	144	34	16(4*)	16	2,4	75,6

* в том числе практическая подготовка

Раздел 1. Представление о геостатистике в экологии и природопользовании

Тема 1.1 Ключевые задачи геостатистики и объекты исследований в экологии и природопользовании.

Определение геостатистики и педометрики. Роль геостатистики в агроэкологии и природопользовании. Пространственная неоднородность природных систем как объект системного анализа. Основные задачи геостатистики: выявление закономерностей распределения свойств, прогнозирование, построение карт.

Тема 1.2 Представление о пространственных данных.

Данные и их особенности в почвенных и экологических исследованиях. Понятие пространственных данных, их типы (точечные, линейные, полигональные, растровые). Источники пространственных данных: результаты почвенных обследований, ДЗЗ, сенсоры, базы геоданных. Координатные системы, проекции, масштабы.

Раздел 2. Модели пространственного варьирования экологических свойств

Тема 2.1. Модели пространственного варьирования экологических свойств.

Модель автокорреляции. Регионализованный переменная. Доверительные интервалы случайных величин. Характеристика пространственного варьирования природных свойств. Модель автокорреляции: зависимость между значениями переменной в соседних точках. Понятие «регионализованной переменной» в геостатистике.

Раздел 3. Дисперсионный анализ

Тема 3.1 Основы дисперсионного анализа: цели и принципы.

Цель дисперсионного анализа (оценка влияния факторов на вариацию признака). Разложение общей дисперсии на межгрупповую и внутригрупповую. Связь дисперсионного анализа с геостатистикой и экологией.

Тема 3.2 Однофакторный дисперсионный анализ.

Постановка задачи однофакторного анализа. Расчёт F-критерия. Интерпретация результатов на примере агроэкологических данных.

Тема 3.3 Многофакторный дисперсионный анализ.

Понятие двухфакторного дисперсионного анализа. Взаимодействие факторов и его влияние на результат. Примеры применения (почва × удобрение, сорт × климатические условия).

Тема 3.4 Проверка статистической значимости различий и апостериорные тесты.

Критерии значимости в дисперсионном анализе. Апостериорные тесты. Интерпретация результатов для агроэкологических задач.

Раздел 4. Основные виды пространственных интерполяторов

Тема 4.1 Глобальные интерполяторы.

Методы интерполяции на основе глобальных функций. Полиномиальная аппроксимация, трендовые поверхности. Применение глобальных интерполяторов для экологических данных.

Тема 4.2 Локальные интерполяторы.

Отличие локальных методов от глобальных. Метод ближайшего соседа, обратное расстояние (IDW), сплайновая интерполяция. Сравнение точности локальных интерполяторов.

Тема 4.3 Кригинг как оптимальный интерполятор.

Основы метода кригинга. Типы кригинга (простой, обычный, универсальный). Преимущества кригинга по сравнению с другими методами.

Раздел 5. Практическая реализация задач геостатистической интерполяции

Тема 5.1 Применение геостатистики для управления внесением удобрений, борьбой с эрозией и «точной» мелиорации.

Построение цифровых карт обеспеченности элементами питания. Оптимизация доз удобрений и мелиоративных мероприятий. Геостатистический анализ для выявления зон эрозионного риска.

Тема 5.2 Основы прецизионного земледелия и адаптивно-ландшафтного подхода к планированию агроэкосистем.

Концепция прецизионного земледелия. Геостатистика как инструмент адаптивного управления агроэкосистемами. Примеры интеграции геоданных в практику земледелия.

4.3 Лекции/лабораторные/практические/ занятия

Таблица 4

Содержание лекций/лабораторных /практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Представление о геостатистике в экологии и природопользовании				12
	Тема 1.1 Ключевые задачи геостатистики и объекты исследований в экологии и природопользовании	Лекция №1. Определение геостатистики, педометрики и экологометрии. Ключевые задачи и объекты. Понятие о случайной переменной.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
	Тема 1.2. Представление о пространственных данных	Лекция №2. Данные и их особенности в почвенных и экологических исследованиях. Пассивный и активный эксперимент.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
		Практическое занятие №1. Объекты и признаки	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
		Лабораторная работа №1. Вариационный ряд и квантили	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
2.	Раздел 2. Модели пространственного варьирования экологических свойств				12
	Тема 2.1. Модели пространственного варьирования экологических свойств	Лекция №3. Доверительный интервал и нормальное распределение пространственных данных	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
		Практическое занятие №2. Меры положения и меры разброса. Группировка данных. Построение гистограммы, кумуляты и полигона частот.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
		Лабораторная работа №2. Расчет основных статистических характеристик с помощью различных цифровых инструментов.	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
		Лабораторная работа №3 Систематическая и случайная выборки. Ошибка среднего как характеристика особенностей пробоотбора	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
		Практическое занятие №3. Вычисление доверительных интервалов для нормально распределенных случайных величин и нахождение вероятности принадлежности случайной величины диапазону.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2

3.	Раздел 3. Дисперсионный анализ				16
	Тема 3.1. Основы дисперсионного анализа: цели и принципы	Лекция №4. Понятие о статистической гипотезе. Основы дисперсионного анализа.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
		Лабораторная работа №4. Нахождение вероятности принадлежности случайной величины диапазону. Построение доверительного интервала для нормально распределенной величины	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
	Тема 3.2 Однофакторный дисперсионный анализ	Лекция №5. Однофакторный дисперсионный анализ. Критерии сравнения средних	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
	Тема 3.3 Многофакторный дисперсионный анализ	Лекция 6. Многофакторный дисперсионный анализ. Непараметрические тесты	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
	Тема 3.4 Проверка статистической значимости различий и апостериорные тесты	Практическое занятие №4. Нормальное распределение и расчет критерия Стьюдента	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
		Лабораторная работа №5. Нахождение доверительного интервала для нормально распределенной случайной величины, где параметры (среднее и дисперсия) оценены по выборке	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
4.	Раздел 4. Основные виды пространственных интерполяторов				12
	Тема 4.1 Глобальные интерполяторы	Лекция №.7. Понятие глобальных методов интерполяции. Трендовые поверхности, полиномиальная аппроксимация	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
		Практическое занятие № 5. Сравнение моделей интерполяции (линейных, квадратичных)	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
	Тема 4.2 Локальные интерполяторы	Лекция №.8. Алгоритмы методов локальной интерполяции	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
		Практическое занятие №6. Построение цифровых карт методом обратных взвешенных расстояний и сплайн-интерполяции	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
	Тема 4.3 Кригинг как оптимальный интерполятор	Лекция №9. Основные принципы применения интерполяции методом кригинга. Виды кригинга.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2

		Лабораторная работа №6 Построение картограмм методом кригинга с использованием SAGA GIS и Surfer	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
5.	Раздел 5. Практическая реализация задач геостатистической интерполяции				14
	Тема 5.1 Применение геостатистики для управления внесением удобрений, борьбой с эрозией и «точной» мелиорации	Лекция № 10. Пространственный анализ практических задач моделирования пространственного варьирования почвенных тел	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
		Практическое занятие № 7. Оценка семивариограмм при моделировании ситуаций «точной» мелиорации.	ПКос-1.7 ПКос-3.2		2
		Лабораторная работа №7. Расчет простейшей семивариограммы	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2
	Тема 5.2 Основы прецизионного земледелия и адаптивно-ландшафтного подхода к планированию агроэкосистем	Лекция №11. Основы адаптивно-ландшафтного подхода при землепользовании	ПКос-1.7 ПКос-3.2		4
		Лабораторная работа №8 Расчет вариограммного облака	ПКос-1.7 ПКос-3.2	Устный опрос	2

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1. Представление о геостатистике в экологии и природопользовании		
1.	Тема 1.1. Ключевые задачи геостатистики и объекты исследований в экологии и природопользовании	1. Какие основные задачи решает геостатистика в агроэкологии? 2. Что понимается под пространственной неоднородностью? 3. Какие объекты исследования в экологии и природопользовании чаще всего анализируются методами геостатистики? 4. Чем геостатистика отличается от классической статистики? ПКос-1.7 ПКос-3.2
2.	Тема 1.2. Представление о пространственных данных	1. Какие существуют типы пространственных данных? 2. Что такое растровые и векторные данные, чем они отличаются? 3. Какие источники пространственных данных применяются в АПК? 4. Почему важны системы координат и проекции при работе с геоданными? ПКос-1.7 ПКос-3.2
Раздел 2. Модели пространственного варьирования экологических свойств		
3	Тема 2.1. Модели пространственного варьирования экологических свойств	1. В чем заключается сущность пространственного варьирования природных свойств? 2. Что такое пространственная автокорреляция и как она проявляется в данных? 3. Что подразумевается под «регионализированной переменной»? 4. Почему учет пространственной зависимости важен в экологии? ПКос-1.7 ПКос-3.2
Раздел 3. Дисперсионный анализ		
4	Тема 3.1. Основы дисперсионного анализа: цели и принципы	1. Какова основная цель дисперсионного анализа? 2. Что означает разделение дисперсии на межгрупповую и внутригрупповую? 3. В каких случаях дисперсионный анализ применяется в экологии и аграрных исследованиях? 4. Чем дисперсионный анализ отличается от корреляционного анализа? ПКос-1.7 ПКос-3.2
5	Тема 3.2. Однофакторный дисперсионный анализ	1. В чем суть однофакторного дисперсионного анализа? 2. Как рассчитывается и интерпретируется F-критерий? 3. Какие предпосылки должны выполняться для корректного применения ANOVA? 4. Приведите пример агроэкологической задачи, где уместен однофакторный анализ. ПКос-1.7 ПКос-3.2

6	Тема 3.3. Многофакторный дисперсионный анализ	1. Чем двухфакторный дисперсионный анализ отличается от однофакторного? 2. Что означает «взаимодействие факторов»? 3. Каковы преимущества многофакторного анализа в агроэкологии? 4. Приведите пример исследования, где необходимо учитывать несколько факторов одновременно. ПКос-1.7 ПКос-3.2
7	Тема 3.4. Проверка статистической значимости различий и апостериорные тесты	1. Как определяется статистическая значимость различий в дисперсионном анализе? 2. Какие апостериорные тесты применяются после ANOVA? 3. Чем отличаются тесты Tukey и Bonferroni? 4. Почему апостериорные тесты важны для корректных выводов в аграрных исследованиях? ПКос-1.7 ПКос-3.2
Раздел 4. Основные виды пространственных интерполяторов		
8	Тема 4.1. Глобальные интерполяторы	1. Что такое глобальные методы интерполяции? 2. Как строится трендовая поверхность? 3. В чем особенности полиномиальной аппроксимации пространственных данных? 4. Какие преимущества и недостатки у глобальных интерполяторов? ПКос-1.7 ПКос-3.2
9	Тема 4.2. Локальные интерполяторы	1. Чем локальные интерполяторы отличаются от глобальных? 2. В чем заключается метод обратных расстояний (IDW)? 3. Как работает метод ближайшего соседа? 4. Каковы особенности применения сплайновой интерполяции? 5. Когда локальные интерполяторы дают лучшие результаты, чем глобальные? ПКос-1.7 ПКос-3.2
10	Тема 4.3. Кригинг как оптимальный интерполятор	1. В чем суть метода кригинга? 2. Какие типы кригинга вы знаете (простой, обычный, универсальный)? 3. Какие преимущества кригинга по сравнению с IDW и другими локальными методами? 4. В каких задачах агроэкологии и природопользования кригинг используется наиболее эффективно? ПКос-1.7 ПКос-3.2
Раздел 5. Практическая реализация задач геостатистической интерполяции		
11	Тема 5.1. Применение геостатистики для управления внесением удобрений, борьбой с эрозией и «точной» мелиорации	1. Как геостатистика помогает оптимизировать дозы внесения удобрений? 2. Какие методы используются для картографирования зон эрозионного риска? 3. В чем преимущества применения геостатистики для мелиорации? 4. Как использование геостатистики влияет на экономическую и экологическую эффективность производства? ПКос-1.7 ПКос-3.2

12	Тема 5.2. Основы прецизионного земледелия и адаптивно-ландшафтного подхода к планированию агроэкосистем	1. Что такое прецизионное земледелие и каковы его ключевые принципы? 2. Как геостатистика используется в системах прецизионного земледелия? 3. В чем заключается адаптивно-ландшафтный подход? 4. Как сочетание геостатистики и цифровых технологий способствует устойчивому развитию агроэкосистем? ПКос-1.7 ПКос-3.2
----	---	--

5. Образовательные технологии

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Данные и их особенности в почвенных и экологических исследованиях. Пассивный и активный эксперимент	Л Лекция-визуализация
2.	Вычисление доверительных интервалов для нормально распределенных случайных величин	ПЗ Работа в малых группах
3	Систематическая и случайная выборки. Ошибка среднего как характеристика особенностей пробоотбора	ЛР Работа в малых группах
4	Однофакторный дисперсионный анализ. Критерии сравнения средних	Л Иллюстративный метод
5	Нормальное распределение и расчет критерия Стьюдента	ПЗ Работа в малых группах
6	Нахождение доверительного интервала для нормально распределенной случайной величины, где параметры (среднее и дисперсия) оценены по выборке	ЛР Работа в малых группах
7	Понятие глобальных методов интерполяции. Трендовые поверхности, полиномиальная аппроксимация	Л Работа в малых группах
8	Построение цифровых карт методом обратных взвешенных расстояний и сплайн-интерполяции	ПЗ Работа в малых группах
9	Пространственный анализ практических задач моделирования пространственного варьирования почвенных тел	Л Лекция-визуализация
10	Оценка семивариограмм при моделировании ситуаций «точной» мелиорации.	ПЗ Работа в малых группах
11	Расчет простейшей семивариограммы	ЛР Работа в малых группах

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

Примерные вопросы к устному опросу по Теме 1.2 Представление о пространственных данных

1. Что такое огива?
2. Что такое кумулята?
3. Что понимается под термином «квантильное (персентильное)» представление случайной величины?
4. В каких случаях и для каких целей используются квантили?
5. Какие квантили обычно используются для свертки информации?
6. Что такое медиана? Как можно рассчитать ее с помощью функций Excel (назовите 3 способа)?
7. Что можно сказать про данные, если медиана сильно отличается от среднего арифметического?
8. Что такое нижний квартиль? Как можно его рассчитать с помощью функций Excel (назовите 2 способа)?

Примерные вопросы к устному опросу по Теме 2.1 Модели пространственного варьирования экологических свойств

1. Что такое среднее случайной величины?
2. Что такое «меры положения»?
3. Что такое «меры разброса»?
4. Какие характеристики варьирования Вы знаете и как они связаны между собой?
5. Что такое дисперсия случайной величины?
6. Что такое стандартное отклонение случайной величины?
7. Что такое коэффициент вариации случайной величины?

Примерные вопросы к устному опросу по Теме 3.1 Основы дисперсионного анализа: цели и принципы

1. Что такое выборка из выборки?
2. Что такое ошибка среднего?
3. Какие существуют способы оценить ошибку среднего?
4. Почему ошибка среднего зависит от объема выборки?
5. Основная цель дисперсионного анализа?

Примерные вопросы к устному опросу по Теме 3.4 Проверка статистической значимости различий и апостериорные тесты

1. Каковы параметры нормального распределения?
2. При каких условиях возникает нормальное распределение?
3. Какие апостериорные тесты применяются после дисперсионного анализа?
4. Чем отличаются тесты Туки и Бонфирони?

5. Почему апостериорные тесты важны для корректных выводов в агро-экологических исследованиях?
6. Что такое доверительный интервал?

Примерные вопросы к устному опросу по Теме 4.3 Кригинг как оптимальный интерполятор

1. В чем суть метода кригинга?
2. Какие типы кригинга вы знаете?
3. В чем разница между разными типами кригинга?
4. Какие преимущества кригинга по сравнению с ОВР и другими локальными методами?
5. В каких задачах агроэкологии и природопользования кригинг используется наиболее эффективно?

Примерные вопросы к устному опросу по Теме 5.1 Применение геостатистики для управления внесением удобрений, борьбой с эрозией и «точной» мелиорации

1. Как геостатистика помогает оптимизировать дозы внесения удобрений?
2. Какие методы используются для картографирования зон эрозионного риска?
3. В чем преимущества применения геостатистики для мелиорации?
4. Как использование геостатистики влияет на экономическую и экологическую эффективность производства?
5. Что такое прецизионное земледелие и каковы его ключевые принципы?
6. Как геостатистика используется в системах прецизионного земледелия?
7. В чем заключается адаптивно-ландшафтный подход?
8. Как сочетание геостатистики и цифровых технологий способствует устойчивому развитию агроэкосистем?

Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине

1. Основные представления о геостатистике. Базовые понятия и термины. История и перспективы развития.
2. Каковы предпосылки развития геостатистики в экологии?
3. Что такое геостатистика?
4. Что такое пространственная переменная?
5. Что может выступать в качестве аргумента для пространственной переменной?
6. Что такое хороплеты?
7. Приведите пример пространственных изменений, которые могут быть описаны методом хороплет?

8. Какие преимущества дает использование хороплет при моделировании пространственных зависимостей?
9. Какие недостатки метода хороплет?
10. В каких случаях используется модель трендов? Приведите пример.
11. Чем отличаются тренды 1-го, 2-го и 3-го порядка?
12. Какие недостатки проявляются при использовании трендов высокого порядка?
13. Как может выглядеть функция, описывающая периодические зависимости?
14. Приведите пример наблюдаемой периодической зависимости из экологии или почвоведения?
15. Когда используется модель «отсутствие пространственных зависимостей» и имеет ли смысл ее использовать?
16. Что такое семивариограмма? Как еще называют эту функцию?
17. Что такое шаг (или лаг)?
18. Какие характеристики выделяют для транзитивной семивариограммы и что они описывают?
19. Чем анизотропная семивариограмма отличается от изотропной?
20. Зачем расчетную семивариограмму аппроксимируют некоторой функцией?
21. Что влияет на точность модели семивариограммы?
22. Как производят подгонку модели, по каким критериям?
23. Что такое кригинг?
24. В чем состоит основной принцип крикинга?
25. На основании каких данных делается предсказание значения в точке, где не было наблюдения?
26. Для решения каких задач используется блочный кригинг?
27. Какие еще виды кригинга Вы знаете? Чем они отличаются?
28. Что собой представляет стратифицированный случайный отбор?
29. Какой фактор влияет на стоимость и точность картограмм?
30. Какие факторы влияют на точность предсказания методом кригинга?
31. Какие задачи в области экологии и природопользования можно решить, используя методы геостатистики?
32. Какие этапы анализа выполняются при исследовании моделей?
33. Что понимается под термином «прогнозирование»?
34. Зачем нужно обосновывать схемы пробоотбора?
35. Каким образом выполняется анализ пространственного варьирования?
36. Какие Вы знаете программные продукты, с помощью которых можно проводить геостатистические расчеты?
37. Что можно сказать о сравнении кригинга с другими методами интерполяции?
38. Какие методы интерполяции Вы знаете?
39. Перечислите локальные интерполяторы, чем они отличаются?
40. Перечислите глобальные интерполяторы, чем они отличаются?
41. Каковы основные задачи дисперсионного анализа?

42. В чем заключается принцип разложения дисперсии?
43. Что означает внутригрупповая дисперсия?
44. Что означает межгрупповая дисперсия?
45. Как рассчитывается F-критерий в ANOVA?
46. Какие предпосылки должны выполняться для корректного применения однофакторного дисперсионного анализа?
47. В чем различие между однофакторным и многофакторным дисперсионным анализом?
48. Что означает «взаимодействие факторов» в ANOVA?
49. Приведите пример двухфакторного дисперсионного анализа в агроэкологии.
50. Какие апостериорные тесты применяются после ANOVA?
51. В чем преимущество теста Tukey по сравнению с тестом Bonferroni?
52. Что означает уровень значимости (p-value) в дисперсионном анализе?
53. Каковы ограничения дисперсионного анализа?
54. Чем дисперсионный анализ отличается от корреляционного анализа?
55. Какие экологические задачи можно решать с помощью ANOVA?
56. Что такое пространственная автокорреляция?
57. Какие существуют коэффициенты для измерения автокорреляции (например, Морена)?
58. В чем разница между положительной и отрицательной автокорреляцией?
59. Как автокорреляция связана с пространственным прогнозированием?
60. Приведите пример проявления пространственной автокорреляции в агроэкологии.
61. Что означает понятие «регионализованный переменный»?
62. Как классифицируются пространственные переменные по масштабу?
63. Какие экологические свойства чаще всего исследуются как регионализованные переменные?
64. Почему важно учитывать масштаб при анализе пространственных данных?
65. Что означает понятие «стохастическая поверхность»?
66. Каковы особенности использования метода ближайшего соседа?
67. В чем преимущества и недостатки IDW-интерполяции?
68. Для каких данных чаще всего используют сплайн-интерполяцию?
69. Какие ошибки могут возникнуть при применении локальных интерполяторов?
70. Когда целесообразнее использовать глобальные интерполяторы?
71. Какую роль играет кросс-валидация при выборе метода интерполяции?

72. Что означает ошибка предсказания (RMSE) и как её интерпретировать?
73. Почему при кригинге важен правильный выбор модели семивариограммы?
74. Чем блочный кригинг отличается от обычного?
75. Что такое кригинг с внешним дрейфом?
76. В каких случаях применяется универсальный кригинг?
77. Что такое когрингинг?
78. Чем когрингинг отличается от обычного кригинга?
79. В каких случаях когрингинг используется в агроэкологии?
80. Какие показатели можно оценивать методом кригинга в земледелии?
81. Как геостатистика используется для оптимизации внесения удобрений?
82. Как с помощью геостатистики выявляют зоны риска эрозии?
83. Что означает понятие «точная мелиорация»?
84. В чем преимущества применения геостатистики для мелиорации?
85. Как геостатистика повышает эффективность природопользования?
86. Что такое прецизионное земледелие?
87. Какие задачи решаются в рамках прецизионного земледелия?
88. Как цифровые технологии помогают реализовать адаптивно-ландшафтный подход?
89. Какие данные используются в системах прецизионного земледелия?
90. Как геостатистика интегрируется в систему принятия решений в АПК?
91. Какие виды цифровых карт применяются в агроэкологии?
92. Как данные дистанционного зондирования используются в геостатистике?
93. Какие индексы растительности применяются для анализа агроэкосистем?
94. Что такое ортофотоплан и как он используется?
95. Какие ГИС-инструменты наиболее распространены для агроэкологов?
96. Какие пакеты в R применяются для геостатистики?
97. Какие задачи можно решать в QGIS с помощью плагинов (например, SAGA, GRASS)?
98. Какие возможности Python предоставляет для пространственного анализа?
99. Что такое «геоданные» и чем они отличаются от обычных статистических данных?
100. Каковы перспективы развития геостатистики в агроэкологии и природопользовании?

6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Виды текущего контроля: балльно-рейтинговая система, устные ответы на вопросы по темам практических и лабораторных занятий.

Виды промежуточного контроля: экзамен.

Критерии оценки успеваемости студентов по балльно-рейтинговой системе³:

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.

Студенты в начале курса получают список вопросов для подготовки к практическим занятиям, с отмеченной рекомендуемой основной и вспомогательной литературой для подготовки. Студенты получают баллы за удачные ответы на предложенные вопросы во время практических занятий, удачные устные выступления и ответы на дополнительные вопросы, так же приносят дополнительные баллы. Всего за время прохождения курса студент может получить:

Посещение лекций – 2 балла * 17 = 34 балла

Посещение практических занятий – 2 балла * 9 = 18 баллов

Посещение лабораторных занятий – 2 балла * 8 = 16 баллов

Ответы на устные вопросы – до 10 баллов * 8 = 80 баллов

Устный ответ на экзамене – до 60 баллов

Максимальная сумма баллов $S_{\max} = 34 + 18 + 16 + 80 + 60 = 208$

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.

Критерии оценки ответов на устные вопросы:

Таблица 7

Шкала оценивания, баллы	Критерии оценивания
8-10 баллов	8-10 баллов ставится в том случае, если студент свободно владеет методикой работы и обладает необходимыми теоретическими знаниями по теме работы, правильно выполнил задание на лабораторную работу. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
5-7 баллов	5-7 баллов ставится в том случае, если во время защиты работы, при надлежаще оформленной работе и верно выполненном задании, преподавателю приходилось периодически задавать студенту уточняющие/пояснительные вопросы для выяснения глубины знаний. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на

³ Решение о виде системы контроля принимается на кафедре, закреплённой за данной дисциплиной.

	уровне – хороший (средний).
1-4 баллов	1-4 баллов выставляется студенту, если во время защиты работы, при надлежаще оформленной работе и верно выполненном задании, студент продемонстрировал отрывочные знания теоретической базы и методики выполнения работы, недостаточно проработан анализ данных. Компетенции , закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
0 баллов	Оценка «два» выставляется в том случае, если в ответах студента на вопросы преподавателя выявлена слабая осведомленность о цели, задачах и методике работы, работа оформлена ненадлежащим образом, анализ выполнен поверхностно и/или неверно. Компетенции , закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

Критерии оценки ответов на экзаменационные вопросы:

Таблица 8

Шкала оценивания, баллы	Критерии оценивания
46-60 баллов	От 50 до 60 баллов заслуживает студент, который свободно ориентируется в теме, четко отвечает на заданные вопросы, способен самостоятельно размышлять и находить ответы на дополнительные вопросы. Компетенции , закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
26-45 баллов	От 26 до 45 баллов заслуживает студент, который хорошо разобрался в теме, освоил теоретический материал, но по отдельным вопросам дает не точный ответ, не способен ответить на дополнительные вопросы. Компетенции , закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
10-25 баллов	От 10 до 25 баллов заслуживает студент, который частично с пробелами ориентируется в теме, часто путает или не знает терминологию и формулировки, требуются наводящие вопросы, не может ответить на дополнительные вопросы. Компетенции , закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
0-10 баллов	0-10 баллов заслуживает студент, не освоивший компетенции и теоретический материал. На вопросы не ответил или ответил совсем неверно. Компетенции , закреплённые за дисциплиной, не сформированы

Результаты БРС, для оценки работы студента по дисциплине в целом, переводятся в **традиционную** систему контроля и оценки успеваемости студентов. Критерии перевода баллов в традиционные оценки успеваемости приведены в таблице 9.

Таблица 9

Шкала оценивания, баллы	Критерии оценивания
-------------------------	---------------------

>185 Высокий уровень «5» (отлично)	Оценка «отлично» ставится в том случае, если студент свободно владеет методикой работы и обладает необходимыми теоретическими знаниями по теме работы, правильно выполнил все задания, работа оформлена должным образом. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
160-184 Средний уровень «4» (хорошо)	Оценка «хорошо» ставится в том случае, если во время защиты работы, при надлежаще оформленной работе и верно выполненных заданиях, преподавателю приходилось периодически задавать студенту уточняющие/пояснительные вопросы для выяснения глубины знаний. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
130-159 Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если во время защиты работы, при надлежаще оформленной работе и верно выполненных заданиях, студент продемонстрировал отрывочные знания теоретической базы и методики выполнения работы, недостаточно проработан анализ. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне - достаточный
<130 Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется в том случае, если в ответах студента на вопросы преподавателя выявлена слабая осведомленность о цели, задачах и методике работы, работа оформлена ненадлежащим образом, анализ выполнен поверхностно и/или неверно. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Дубровский, А. В. Геоинформационные системы в управлении отходами производства и потребления: учебно-методическое пособие / А. В. Дубровский. — Новосибирск: СГУГиТ, 2023. — 108 с. — ISBN 978-5-907711-18-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/393653>
2. Цветков, В. Я. Основы геоинформатики / В. Я. Цветков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 188 с. — ISBN 978-5-507-47062-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323108>

7.2 Дополнительная литература

1. Мешалкина, Ю.Л. Информационные технологии. Практические занятия: учебное пособие / Ю. Л. Мешалкина, В. П. Самсонова, И. И. Васенев; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. - 143 с. - Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. - Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). Режим доступа: <http://elibrary.moscow.ru/dl/local/umo146.pdf>.

2. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: на примере дерново-подзолистых почв. — М.:Изд-во ЛКИ, 2008. -160с.
3. Бузмаков, С. А. Экологический мониторинг: учебник для вузов / С. А. Бузмаков, С. М. Костарев, О. С. Ключихина. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 140 с. — ISBN 978-5-507-54493-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/508962>
4. Организация и особенности проектирования экологически безопасных агроландшафтов: учебное пособие / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, Е. А. Коренькова [и др.]; под общей редакцией Л. П. Степановой. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-2638-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112063>

7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ Р ИСО 5725. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. М: ГОССТАНДАРТ России, 2010.
2. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" [Текст] : от 10.01.2002 № 7-ФЗ. - Москва : Кнорус, 2011. - 62 с.; ISBN 978-5-406-01448-6

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. bioecolog.ru Экомир - гид в мир экологии: экологический портал, содержащий публикации по вопросам как общей, так и прикладной экологии, включая охрану окружающей среды, международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и природопользования (открытый доступ).
2. <http://www.mnr.gov.ru/> - вебсайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (открытый доступ).
3. <http://www.mosecom.ru/> - вебсайт специально уполномоченной организации города Москвы по осуществлению государственного экологического мониторинга.
4. <http://www.dpioos.ru/eco/ru/ecology> - раздел сайта Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, посвященный экологии.
5. <http://www.ecoportal.ru> – ЭкоПортал «Вся экология» (открытый доступ).
6. Систематизированный каталог информационных ресурсов Национальной стратегии и плана действий по сохранению биоразнообразия России. <http://www.sci.aha.ru/biodiv/index/npd/htm> (открытый доступ)
7. The World Wide Web Virtual Library. Sustainable Development: атлас —Биоразнообразие (пособие по биоразнообразию для детей и министров) <http://www.sci.aha.ru/biodiv/index/htm> (открытый доступ)

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

Описание материально-технической базы, имеющейся на кафедрах и необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» представлено в таблице 11.

Таблица 10

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
Учебная аудитория (корпус №29 – аудитория 214, 212)	Интерактивная мультимедиа система SMART, ноутбук, 14 персональных компьютеров с доступом в интернет + 1 преподавателя (компьютерный класс), 12 моноблоков для обучающихся с доступом в интернет +1 преподавателя (компьютерный класс), беспроводной интернет, розетки для подключения и зарядки мобильных устройств
Лекционная аудитория (корпус №29 – аудитория 218, 211, 206)	Интерактивная мультимедиа система
Читальный зал (Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова), Комнаты самоподготовки (общежития)	Для самостоятельной работы студентов

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);
- практические и лабораторные занятия (занятия семинарского типа);
- 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.

Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям.

Перед очередной лекцией студентам необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то необходимо обратиться к преподавателю. Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Особое внимание следует уделять терминам. Важно понимать, что во многих терминологических системах традиционно встречаются многозначные термины. Все термины и понятия, семантика которых недостаточно ясна обучающемуся, он должен проверять с помощью энциклопедий, словарей и справочников и выписывать толкование в тетрадь. Студенту необходимо помнить, что от владения специальной терминологией - знания термина и успешного оперирования им - часто зависит успех как в учебной, так и в профессиональной сфере. Обучающемуся рекомендуется составить и непрерывно пополнять свой собственный словарь терминов, общеупотребительной научной лексики, сокращений, аббревиатур. Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет.

Рекомендации по подготовке к семинарским занятиям.

Цель семинарских занятий – помочь студентам в усвоении наиболее важных и сложных тем курса, а также способствовать выработке у студентов умения работать с литературой по теме курса

Практические занятия представляют собой обсуждение заранее данных для подготовки вопросов, как индивидуальные, так и в составе групп.

В ходе подготовки к практическим занятиям студентам следует начать с ознакомления с рекомендуемой литературой по данному занятию, которая в виде списка выдается студентам на первом занятии. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучении обязательной литературы, рекомендованной к данной теме. Кроме основной литературы, необходимо ознакомиться с дополнительной литературой, публикациями в периодических изданиях. Студент, кроме рекомендованного списка литературы, может пользоваться источниками, найденными самостоятельно.

Готовясь к опросу, можно обращаться за методической помощью к преподавателю. В дальнейшем учебные материалы можно использовать при подготовке к другим видам работ. При подготовке к зачету с оценкой необходимо опираться, прежде всего, на конспекты лекций, так как они обладают преимуществами по сравнению с печатными изданиями. Обычно конспекты более детальные, отражают самую современную и оперативную информацию, подробно освещают вопросы, интересующие обучающихся. Однако подготовка только по лекционным материалам все же недостаточна, студентам необходимо ис-

пользовать и другую учебную литературу. Для серьезного раскрытия проблем изучаемой дисциплины рекомендуется использовать два или более учебных пособия, так как не существует идеальных учебников, но каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Сопоставление разных подходов к описанию научных проблем, сравнение теоретической информации позволяют более глубоко и основательно усвоить учебный курс. При освоении данного курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой.

Рекомендации по подготовке к экзамену.

При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на конспекты лекций, так как они обладают преимуществами по сравнению с печатными изданиями. Обычно конспекты более детальны, отражают самую современную и оперативную информацию, подробно освещают вопросы, интересующие обучающихся. Однако подготовка только по лекционным материалам все же недостаточна, студентам необходимо использовать и другую учебную литературу. Для серьезного раскрытия проблем изучаемой дисциплины рекомендуется использовать два или более учебных пособия, так как не существует идеальных учебников, но каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Сопоставление разных подходов к описанию научных проблем, сравнение теоретической информации позволяют более глубоко и основательно усвоить учебный курс.

С вопросами к экзамену рекомендуется ознакомиться в самом начале изучения дисциплины, это позволит в течение семестра эффективно организовать самостоятельную работу, корректировать свои конспекты и особое внимание уделять тем научным проблемам, которые выделены как важнейшие.

Приступая к подготовке, важно с самого начала правильно распределить время и силы. Начинать подготовку следует с ознакомления с программой, списком литературы и основными понятиями. Подготовка должна заключаться не в простом прочтении пособий или учебников, а в составлении готовых текстов устных ответов на каждый вопрос изучаемой темы. При изучении литературы нужно выделять главное (определения, признаки, значимые факты, причинно-следственные связи и т.п.). Одновременно рекомендуется составлять краткий (4-5 пунктов) план ответа на каждый вопрос темы и располагать информацию согласно пунктам этого плана. Важным условием высокой оценки на экзамене является аргументация своей точки зрения с опорой на использованную специальную литературу.

На экзамене ответ студента по любому вопросу может длиться в пределах 8-10 минут (без учёта времени на подготовку – 40 минут). На это время и нужно ориентироваться при отборе содержания и объема необходимого материала, набросать план будущего ответа.

Рекомендации по выполнению студентами самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов в вузе является важным видом его учебной и научной деятельности.

Выполняя самостоятельную работу, студент должен освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный по дисциплине «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий».

Осуществляя самостоятельную работу, студент может использовать дополнительные учебные, учебно-методические и методические пособия и т.д., не указанные в списке, предложенным преподавателем. Если по определенной теме в соответствии с рабочей программой не осуществляется чтение лекции, то данная тема может обсуждаться на лабораторной работе, либо студенты получают дополнительное задание и представляют в той или иной форме отчет о его выполнении.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим оформленного отчета или не подготовившимся к занятию, следует своевременно явиться на консультацию к преподавателю в назначенное им время и отчитаться по изучавшейся теме. Студенты, не отчитавшиеся в срок по каждой не проработанной ими на занятиях теме или не защитившие индивидуальную расчетную работу, имеют возможность отчитаться по ним в течение последующей недели. Оработка расчётных работ проводится в компьютерном классе кафедры экологии с использованием компьютеров и программного обеспечения кафедры. В случае пропуска лекционного занятия студент обязан подготовить и предоставить преподавателю конспект по пропущенной теме, выполненный от руки на листах А4 объемом не менее 7 страниц.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Дисциплина «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» позволит студентам расширить профессиональные знания и подготовит их к грамотному анализу данных и их интерпретации. 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 одного из разделов курса студенты выполняют индивидуальные задания. Использование интерактивных форм и методов на занятиях 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 находится в режиме беседы, диалога. Следовательно, интерактивное обучение – диалоговое обучение, входе которого осуществляется взаимодействие педагога и студента.

Студенты в начале курса получают список вопросов для подготовки к семинарским занятиям, с отмеченной рекомендуемой основной и вспомогательной предположение во время семинарских занятий. Устные ответы и письменные работы студентов оцениваются. Оценки, доводятся до сведения студентов и отражаются в рабочей ведомости преподавателя.

В итоге на экзамене студент должен продемонстрировать преподавателю широкую компетентность по вопросам общей и прикладной экологии в рамках пройденного курса с использованием всех имеющихся современных методических и технических средств обучения на кафедре.

Программу разработали:

Морев Д.В., к.б.н., доцент

Александров Н.А., старший преподаватель



РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины

Б1.В.01 «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» ОПОП ВО по направлению 05.03.06 - Экология и природопользование, направленность: «Экологический мониторинг и агроэкология» (квалификация выпускника – бакалавр)

Мазировым Михаилом Арнольдовичем, профессором кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент), доктором биологических наук, проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» ОПОП ВО по направлению 05.03.06 – «**Экология и природопользование**» по направленности «Экологический мониторинг и агроэкология» (бакалавр), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» Моревым Д.В. доцентом кафедры экологии и Александровым Н.А. старшим преподавателем кафедры экологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

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

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 05.03.06 – «Экология и природопользование», направленность Экологический мониторинг и агроэкология. 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 части, формируемой участниками образовательного процесса учебного цикла – Б1.В.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 05.03.06 Экология и природопользование»

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» закреплено 2 компетенции. Дисциплина «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» 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 «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» составляет 4 зачётных единицы (144 ак. часов, в том числе 4 ч. Практической подготовки).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению – 05.03.06 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 «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» 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 – 05.03.06 «Экология и природопользование».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (балльно-рейтинговая система, устные опросы), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины части, формируемой участниками образовательного процесса, учебного цикла – Б1.В. ФГОС направления – 05.03.06 «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 – 6 наименований (из них 2 – нормативно-правовые акты), Интернет-ресурсы – 6 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления – 05.03.06 *Экология и природопользование*.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» 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 «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Основы геостатистики на основе цифровых инструментов и технологий» ОПОП ВО по направлению 05.03.06 – «*Экология и природопользование*», направленность: «*Экологический мониторинг и агроэкология*» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Моревым Д.В. доцентом кафедры экологии и Александровым Н.А., старшим преподавателем кафедры экологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Мазиров М.А., д.б.н., профессор кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»


(подпись)

«04» мая 2026 г.