

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: 2023.08.24 17:00:08

Уникальный программный ключ:

dc6dc8515334aed86f2a7c3a8ce2cf217be1e29

**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 А.Н.Костякова  
Кафедра Экологии

УТВЕРЖДАЮ:

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

Д.М. Бенин

“28” августа 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.17 «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием**  
**искусственного интеллекта»**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО 3++

Направление: 05.03.06 – «Экология и природопользование»

Направленность: Экология и устойчивое развитие, Агроэкология,

Природопользование и экологически безопасная продукция

Курс 4

Семестр 7

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Москва, 2023

Разработчики: Васенев И.И. д.б.н., профессор



Бузылев А.В., ст. преподаватель



«28» августа 2023г.

Рецензент: Борисов Б.А., д.б.н., профессор

  
(подпись)

«28» августа 2023г.

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

Программа обсуждена на заседании кафедры Экологии протокол № 11/24 от «28» августа 2023г.

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



«28» августа 2023г.

**Согласовано:**

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



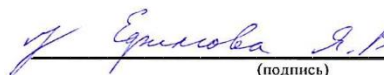
Ивахненко Н.Н.  
«28» августа 2023г.

Заведующий выпускающей кафедры экологии И.И. Васенев, д.б.н., профессор



«28» августа 2023г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛИ 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, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	9
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	12
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>15</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>18</b>
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.....	22
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>23</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	23
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	23
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	24
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	24
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>25</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>25</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>26</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>26</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	28
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АНАЛИЗ И ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ».....</b>	<b>28</b>

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины **Б1.О.17 «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» для подготовки бакалавра по**

направлению 05.03.06. «Экология и природопользование»,  
направленности: Экология и устойчивое развитие, Агроэкология,  
Природопользование и экологически безопасная продукция

**Цель освоения дисциплины:** выработка у бакалавров целостного представления о задачах и возможностях применения современных методов системного анализа и моделирования экосистем, формирование у бакалавров базовых знаний, умений и навыков по теоретическим и информационно-методическим основам системного анализа и моделирования экологических систем, включая оценку экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов, использованию, верификации и настройке рамочных информационно-справочных систем и систем поддержки принятия решений для анализа и решения проблемных экологических и агроэкологических ситуаций в условиях конкретного региона и ландшафта.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть Б1.О учебного плана по направлению подготовки 05.03.06. «Экология и природопользование», направленности: Экология и устойчивое развитие, Агроэкология, Природопользование и экологически безопасная продукция.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2

**Краткое содержание дисциплины:** методологические основы системного анализа и моделирования экосистем. Основные понятия, термины, определения объекта и предмета системного анализа. Основные свойства систем. Открытые, закрытые, статические, динамичные системы. Особенности биологических систем. Экосистемы и агроэкосистемы как объекты системного анализа. Функционально-компонентный анализ экосистем. Методы управления экосистемами. Анализ поведения сложных систем. Иерархическая структура пространственной организации экосистем и агроэкосистем. Геостатистические модели их основных диагностических показателей. Логические, графические и математические модели систем. Роль моделей в экологии. Использование метода ориентированных графов для исследования экосистем. Исследование биосистем. Применение математических методов в прикладной экологии. Информационно-аналитические системы поддержки принятия решений. Агроэкологические модели и их систематизация. Функционально-экологическая интерпретация и пространственная экстраполяция результатов моделирования. Анализ, оценка и мониторинг региональных и локальных экологических проблем с использованием моделей оценки экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов. Динамические модели экосистем и агроэкосистем.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 4 зачетные единицы (144 часа).

**Промежуточный контроль:** экзамен

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем» является выработка у бакалавров целостного представления о задачах и возможностях применения современных методов системного анализа и моделирования экосистем, формирование у бакалавров базовых знаний, умений и навыков по теоретическим и информационно-методическим основам системного анализа и моделирования экологических систем, включая оценку экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов, использованию, верификации и настройке рамочных информационно-справочных систем и систем поддержки принятия решений для анализа и решения проблемных экологических и агроэкологических ситуаций в условиях конкретного региона и ландшафта.

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

Дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» включена в обязательную часть блока Б1. Дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 05.03.06. «Экология и природопользование», направленность Экология и устойчивое развитие, Агроэкология, Природопользование и экологически безопасная продукция

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» являются «Ландшафтоведение», «Общая экология», «Геоэкология», «Сельскохозяйственная экология», «Методы экологических исследований», «Экологический мониторинг», «Агроэкологический мониторинг».

Дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Автоматизированные системы функционально-экологической оценки земель», «Агроэкологическое моделирование», «Основы земельного кадастра».

Освоение дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» позволяет сформировать у студентов целостное представление о возможностях применения современных методов системного анализа и моделирования экосистем, включая оценку экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов, использование, верификацию и настройку рамочных информационно-справочных систем поддержки принятия решений для анализа и решения проблемных экологических и агроэкологических ситуаций.

Рабочая программа дисциплины «Анализ и основы моделирования

экосистем 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, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1:

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знать актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности.	актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере экологии и природопользования, агроэкологии и прочих экосистем	применять знания полученные из российских и зарубежных источников в сфере экологии и природопользования, агроэкологии и прочих экосистем	Навыками обработки информации полученной из российских и зарубежных источников в сфере экологии и природопользования, агроэкологии и прочих экосистем
			УК-1.2 Иметь навыки применения системного подхода для решения поставленных задач	Основные подходы для решения поставленных задач в своей профессиональной области	Анализировать и систематизировать данные для решения поставленных задач в своей профессиональной области	Навыками представления решенных задач в своей профессиональной области
2	ОПК-3	Способен применять базовые методы экологических исследований для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3.3 Уметь применять на практике современные методы математической обработки результатов экологических исследований для решения задач профессиональной деятельности	- методы обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации.	системно обрабатывать /анализировать полевую и лабораторную экологическую информацию.	- методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации.
3	ОПК-5	Способен понимать принципы работы информационных технологий и решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-	ОПК-5.2 Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области природопользования с использованием информационных технологий	методы системного анализа базовой информации в области экологии и природопользования с применением информационных технологий.	- критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования с применением современных ИТ.	- способностью понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования с применением современных ИТ.

		коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий	ОПК-5.3 Владеть навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности в области охраны природы с использованием информационно-коммуникационных и геоинформационных технологий	методы обработки, анализа и синтеза производственной, полевой и лабораторной экологической информации, формирования баз данных, оценки воздействия на окружающую среду.	- системно анализировать производственную, полевую и лабораторную экологическую информацию, с формированием баз данных и оценкой воздействия на окружающую среду.	- методами обработки, анализа и синтеза производственной, полевой и лабораторной экологической информации, формирования баз данных, оценки воздействия на окружающую среду.
4	ОПК-6	Способен проектировать, представлять, защищать и распространять результаты своей профессиональной и научно-исследовательской деятельности	ОПК-6.1 Знать основные методы проектирования в профессиональной и научно-исследовательской деятельности	основные методы проектирования в профессиональной и научно-исследовательской деятельности	Применять основные методы проектирования в профессиональной и научно-исследовательской деятельности	основными методами проектирования в профессиональной и научно-исследовательской деятельности
			ОПК-6.2 Уметь представлять и защищать результаты своей профессиональной и научно-исследовательской деятельности	представлять и защищать результаты своей профессиональной и научно-исследовательской деятельности	представлять и защищать результаты своей профессиональной и научно-исследовательской деятельности на публике	Навыками представления результатов своей профессиональной и научно-исследовательской деятельности



## 4. Структура и содержание дисциплины

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4,0 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ по семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

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

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч. по семестрам
		№ 7
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>70,4</b>	<b>70,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>70,4</b>	<b>70,4</b>
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	34	34
Лабораторные работы (Лаб)	34	34
консультации перед экзаменом	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>73,6</b>	<b>73,6</b>
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	49	49
Подготовка к экзамену	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	экзамен	

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеауди- торная работа СР
		Л	Лаб	ПКР	
Раздел 1. Основные свойства систем и особенности системного анализа	18	4	4		10
Раздел 2. Классификация систем и анализ лимитирующих факторов экосистем.	36	8	8		20
Раздел 3. Автоматизированные модели оценки почв как базовых компонентов экосистем и агроэкосистем.	38	8	10		20
Раздел 4. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений по оптимизации агроэкосистем.	36	8	8		20
Раздел 5. Динамические экологические модели процессов и потоков экосистем.	13,6	6	4		3,6
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4			0,4	
<b>Всего за 7 семестр</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0,4</b>	<b>73,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0,4</b>	<b>73,6</b>

### Раздел 1. Основные свойства систем и особенности системного анализа

## **Тема 1.1. Основные свойства систем, статистические методы и этапы системного анализа**

Базовые определения систем, объекта и предмета системного анализа. Основные свойства систем. История развития системного анализа. Функциональные задачи системного подхода. Этапы системного анализа. Статистические методы системных исследований. Выбор и обоснование рабочей гипотезы анализа (агро-) экосистемы. Тестирование гипотезы с применением методов статистики.

## **Раздел 2. Классификация систем и анализ лимитирующих факторов экосистем**

### **Тема 2.1. Классификация систем и анализ поведения сложных систем.**

Классификация систем. Открытые, закрытые, статические, динамические системы. Особенности биологических систем. Экосистемы и агроэкосистемы как объекты системного анализа. Функционально-компонентный анализ экосистем. Методы управления системами. Анализ поведения сложных систем. Современное состояние системных исследований. Иерархическое структурирование исследуемой системы. Построение модельного древа регрессии.

### **Тема 2.2. Моделирование в системном анализе. Пространственная организация и геостатистические модели экосистем и агроэкосистем.**

Моделирование в системном анализе. Логические, графические и математические модели систем. Роль моделей в экологии. Использование метода ориентированных графов для исследования экосистем. Исследование биосистем. Иерархическая структура пространственной организации экосистем и агроэкосистем. Геостатистические модели их основных диагностических показателей. Геоинформационные системы и анализ локальных и региональных экосистем. Методические особенности растровых и векторных ГИС как геоинформационных моделей экосистем. Геостатистический анализ (агро-) экосистем в SURFER. Автоматизированное построение картографических моделей их основных диагностических показателей.

## **Раздел 3. Автоматизированные модели оценки почв как базовых компонентов экосистем и агроэкосистем**

### **Тема 3.1. Рамочные системы функционально-экологической оценки экосистем и почв как их базовых компонентов и структурно-функциональных подсистем.**

Функционально-компонентный анализ основных вариантов и базовых компонентов экосистем. Функциональное и методическое структурирование экосистем, их моделей и систем мониторинга экосистем. Функционально-экологическая интерпретация и пространственная экстраполяция результатов моделирования. Анализ, оценка и мониторинг региональных и локальных экологических проблем с использованием моделей оценки экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов, экологических моделей и геоинформационных систем.

### **Тема 3.2. Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель как структурно-функциональных подсистем.**

Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель. Базовые алгоритмы агроэкологической оценки и программа Региональной автоматизированной системы комплексного агроэкологического анализа земель (РАСКАЗ). Геоинформационные и информационно-справочные системы для агроэкологической оценки и оптимизации сельскохозяйственного землепользования и агротехнологий земледелия. Электронные атласы агроэкологического состояния земель.

#### **Раздел 4. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений по оптимизации экосистем и агроэкосистем**

##### **Тема 4.1. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений. Принятие решений в условиях неопределенности и риска.**

Системный анализ проблемных экологических и агроэкологических ситуаций. Применение математических методов в прикладной экологии и агроэкологии. Информационно-аналитические системы поддержки принятия решений. Анализ, выбор, фильтрация базовых параметров при решении оценочно-оптимизационных экологических и агроэкологических задач. Научные основы теории принятия решений. Принятие решений в условиях различной определенности и риска. Многокритериальные задачи принятия решений.

##### **Тема 4.2. Оптимизационные задачи в экологии и агроэкологии. Агроэкологические модели и их систематизация.**

Автоматизированные системы принятия решений в экологии и агроэкологии. Оптимизационные задачи. Критерии оптимальности. Вопросы объективности решений. Функциональные модели решения оптимизационных задач в экологии и агроэкологии. Решение оптимизационных задач с применением экспертных информационно-справочных систем. Решение на базе СППР ЛИССОЗ (АКОРД-Р) типовых задач прогнозирования продукционного процесса, урожайности культур и агроэкологической оптимизации землепользования. Агроэкологические модели и их систематизация. Структура основных вариантов моделей. Методическое и нормативно-справочное обеспечение. Тестирование моделей. Экстраполяция результатов. Сфера применения. Иерархические структуры. Иерархическая организация экологических систем/подсистем и их моделей. Решение типовых задач выбора оптимальных культур, систем обработки почв и доз удобрений с учетом свойств конкретного участка.

#### **Раздел 5. Динамические экологические модели процессов и потоков экосистем и агроэкосистем**

##### **Тема 5.1. Динамические модели функционирования экосистем, агроэкосистем, миграции и трансформации веществ.**

Динамика биологических и экологических систем. Методы описания динамических процессов. Динамические модели экосистем и агроэкосистем. Модели потоков парниковых газов. Модели фотосинтеза и продукционного процесса. Модели влагопереноса и трансформации растворов. Идентификация и верификация экологических и агроэкологических моделей. Педотрансферные функции. Моделирование миграции и трансформации загрязняющих веществ.

Экологическая регламентация землепользования с применением динамических моделей и геоинформационных систем.

### 4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

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

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Основные свойства систем и особенности системного анализа.</b>				
	Тема 1.1. Основные свойства систем, статистические методы и этапы системного анализа	Лекция № 1. Основные свойства систем, статистические методы и этапы системного анализа.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
		Лабораторная работа № 1. Формирование базы данных по анализу рабочего участка исследуемой (агро)экосистемы в Excel. Выявление основных диагностических параметров качества агроэкосистем.	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Отчет в письменной форме	2
		Лабораторная работа № 2. Выбор и обоснование лимитирующих факторов функционирования (агро)экосистемы. Верификация лимитирующих факторов с анализом регрессионных моделей в Excel.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Отчет в письменной форме	2
2	<b>Раздел 2. Классификация систем и анализ лимитирующих факторов экосистем.</b>				
	Тема 2.1. Классификация систем и анализ поведения сложных систем.	Лекция № 2. Классификация систем и анализ поведения сложных систем.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
		Лабораторная работа № 3. Функционально-иерархическое структурирование исследуемой (агро)экосистемы в Excel. Статистический анализ выделенных подмассивов данных.	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2
		Лабораторная работа № 4. Многофакторный дисперсионный анализ агроэкологических характеристик. Построение обратного древа регрессии лимитирующих параметров качества агроэкосистем.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Защита отчета по работе	2
	Тема 2.2. Моделирование в системном анализе. Пространственная организация и геостатистические модели экосистем и агроэкосистем	Лекция №3. Моделирование в системном анализе. Пространственная организация и геостатистические модели экосистем и агроэкосистем.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
Лабораторная работа № 5. Геостатистический анализ исследуемой (агро-) экосистемы в SURFER. Интерполяция и прикладная интерпретация результатов.		ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2	

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Лабораторная работа № 6. Автоматизированное построение 2D и 3D картографических моделей основных диагностических показателей исследуемой (агро-) экосистемы в SURFER.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Защита отчета по работе	2
3.	<b>Раздел 3. Автоматизированные модели оценки почв как базовых компонентов экосистем и агроэкосистем.</b>				
	Тема 3.1. Рамочные системы функционально-экологической оценки экосистем и почв как их базовых компонентов и структурно-функциональных подсистем.	Лекция № 4. Рамочные системы функционально-экологической оценки экосистем и почв как их базовых компонентов и структурно-функциональных подсистем	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
		Лабораторная работа № 7. Функционально-экологическое структурирование основных диагностических показателей качества почв. Локализация экологических нормативов оценки.	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2
		Лабораторная работа № 8. Анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных экологических ситуаций в программе РАСКАЗ/АКОРД-Р.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Защита отчета по работе	2
	Тема 3.2. Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель как структурно-функциональных подсистем.	Лекция № 5. Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель как структурно-функциональных подсистем.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
		Лабораторная работа № 9. Агроэкологическая оценка почв и земель как базовых компонентов агроэкосистем (в программе РАСКАЗ/АКОРД-Р)	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2
		Лабораторная работа № 10. Анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных агроэкологических ситуаций в программе РАСКАЗ/АКОРД-Р.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Защита отчета по работе	2
4	<b>Раздел 4. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений по оптимизации экосистем и агроэкосистем.</b>				
	Тема 4.1. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений. Принятие решений в условиях неопределенности и риска.	Лекция № 6. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений. Принятие решений в условиях неопределенности и риска.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
		Лабораторная работа № 11. Заполнение и анализ базы данных почвенных и метрических характеристик двух локальных моделируемых агроэкосистем в программе ЛИССОЗ.	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2
		Лабораторная работа № 12. Анализ потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур на двух полях при разных уровнях обеспеченности суммы активных температур и осадков вегетационного периода.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Защита отчета по работе	2
	Тема 4.2. Оптимизационные задачи в	Лекция №7.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	экологии и агроэкологии. Агроэкологические модели и их систематизация	Оптимизационные задачи в экологии и агроэкологии. Агроэкологические модели и их систематизация.			
		Лабораторная работа № 13. Агроэкологическая оптимизация выбора системы обработки почв с учетом предшественника и агроэкологических особенностей земель двух анализируемых участков.	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2
		Лабораторная работа № 14. Агроэкологическая оптимизация выбора системы удобрения почв двух анализируемых участков с учетом планируемой урожайности, агроэкологических особенностей почв, наличия органических удобрений и состава доступных минеральных удобрений.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Защита отчета по работе	2
		Лабораторная работа № 15. Экономическая и агроэкологическая оценка базовых вариантов агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур на двух полях с разным уровнем обеспеченности суммы активных температур и осадков вегетационного периода.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Защита отчета по работе	2
5.	<b>Раздел 5. Динамические экологические модели процессов и потоков экосистем и агроэкосистем.</b>				
	Тема 5.1. Динамические модели функционирования экосистем, агроэкосистем, миграции и трансформации веществ	Лекция № 8. Динамические модели функционирования экосистем, агроэкосистем, миграции и трансформации веществ.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Экспресс-тесты	2
		Лабораторная работа № 16. Экологическая оценка динамики почвенных потоков CO <sub>2</sub> в пост-агрогенной сукцессии зарастания лесом залежной дерново-подзолистой почвы.	ОПК-5.2; ОПК-5.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2	Отчет в письменной форме	2
		Лабораторная работа № 17. Экологическая оценка эрозии почв на склонах с разным уровнем защиты почв от эрозии при осадках различной интенсивности и длительности.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-3.3;	Отчет в письменной форме	2

Таблица 5

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Основные свойства систем и особенности системного анализа.</b>		
1.	Тема 1.1. Основные свойства систем, статистические методы и этапы системного анализа	История развития системного анализа. Функциональные задачи системного подхода. Этапы системного анализа. Выбор и обоснование рабочей гипотезы анализа (агро-) экосистемы. Тестирование гипотезы с применением методов статистики.

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 2. Классификация систем и анализ лимитирующих факторов экосистем.</b>		
2.	Тема 2.1. Классификация систем и анализ поведения сложных систем	Экосистемы и агроэкосистемы как объекты системного анализа. Функционально-компонентный анализ экосистем. Методы управления системами. Современное состояние системных исследований.
3.	Тема 2.2. Моделирование в системном анализе. Пространственная организация и геостатистические модели экосистем и агроэкосистем.	Иерархическая структура пространственной организации экосистем и агроэкосистем. Геостатистические модели их основных диагностических показателей. Геоинформационные системы и анализ локальных и региональных экосистем. Автоматизированное построение картографических моделей их основных диагностических показателей.
<b>Раздел 3. Автоматизированные модели оценки почв как базовых компонентов экосистем и агроэкосистем.</b>		
4.	Тема 3.1. Рамочные системы функционально-экологической оценки экосистем и почв как их базовых компонентов и структурно-функциональных подсистем.	Функционально-экологическая интерпретация и пространственная экстраполяция результатов моделирования. Анализ, оценка и мониторинг региональных и локальных экологических проблем с использованием моделей оценки экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов, экологических моделей и геоинформационных систем.
5.	Тема 3.2. Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель как структурно-функциональных подсистем.	Геоинформационные и информационно-справочные системы для агроэкологической оценки и оптимизации сельскохозяйственного землепользования и агротехнологий земледелия. Электронные атласы агроэкологического состояния земель.
<b>Раздел 4. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений по оптимизации экосистем и агроэкосистем.</b>		
6.	Тема 4.1. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений. Принятие решений в условиях неопределенности и риска	Анализ, выбор, фильтрация базовых параметров при решении оценочно-оптимизационных экологических и агроэкологических задач. Научные основы теории принятия решений. Принятие решений в условиях различной определенности и разного уровня вероятного экологического или агроэкологического риска. Многокритериальные задачи принятия решений.
7.	Тема 4.2. Оптимизационные задачи в экологии и агроэкологии. Агроэкологические модели и их систематизация.	Основные виды классификации элементарных поверхностей рельефа по цифровой карте рельефа и их интерпретация в экологии, почвоведении и агроэкологии. Основные параметры и шкалы ранжирования. Типизация характеристик.
<b>Раздел 5. Динамические экологические модели процессов и потоков экосистем и агроэкосистем.</b>		
8.	Тема 5.1. Динамические модели функционирования экосистем, агроэкосистем, миграции и трансформации веществ.	Функциональные модели решения оптимизационных задач в экологии и агроэкологии. Структура основных вариантов агроэкологических моделей. Методическое и нормативно-справочное обеспечение. Тестирование моделей. Экстраполяция результатов. Сфера применения. Иерархические структуры. Иерархическая организация экологических систем/подсистем и их моделей.

## 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	Лекция № 1. Основные свойства систем, статистические методы и этапы системного анализа.	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
2	Лабораторная работа № 1. Формирование базы данных по анализу рабочего участка исследуемой (агро)экосистемы в Excel. Выявление основных диагностических параметров качества агроэкосистем.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
3	Лабораторная работа № 2. Выбор и обоснование лимитирующих факторов функционирования (агро)экосистемы. Верификация лимитирующих факторов с анализом регрессионных моделей в Excel.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
4	Лекция № 2. Классификация систем и анализ поведения сложных систем	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
5	Лабораторная работа № 3. Функционально-иерархическое структурирование исследуемой (агро-)экосистемы в Excel. Статистический анализ выделенных подмассивов данных.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
6	Лабораторная работа № 4. Многофакторный дисперсионный анализ агроэкологических характеристик. Построение обратного древа регрессии лимитирующих параметров качества агроэкосистем.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
7	Лекция №3. Моделирование в системном анализе. Пространственная организация и геостатистические модели экосистем и агроэкосистем.	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
8	Лабораторная работа № 5. Геостатистический анализ исследуемой (агро-) экосистемы в SURFER. Интерполяция и прикладная интерпретация результатов.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
9	Лабораторная работа № 6. Автоматизированное построение 2D и 3D картографических моделей основных диагностических показателей исследуемой (агро-) экосистемы в SURFER.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
10	Лекция № 4. Рамочные системы функционально-экологической оценки экосистем и почв как их базовых компонентов и структурно-функциональных подсистем	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
11	Лабораторная работа № 7. Функционально-экологическое структурирование основных диагностических показателей качества	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем



№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	почв. Локализация экологических нормативов оценки.		
12	Лабораторная работа № 8. Анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных экологических ситуаций в программе РАСКАЗ/АКОРД-Р.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
13	Лекция № 5. Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель как структурно-функциональных подсистем.	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
14	Лабораторная работа № 9. Агроэкологическая оценка почв и земель как базовых компонентов агроэкосистем (в программе РАСКАЗ/АКОРД-Р)	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
15	Лабораторная работа № 10. Анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных агроэкологических ситуаций в программе РАСКАЗ/АКОРД-Р.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
16	Лекция № 6. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений. Принятие решений в условиях неопределенности и риска.	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
17	Лабораторная работа № 11. Заполнение и анализ базы данных почвенных и метрических характеристик двух локальных моделируемых агроэкосистем в программе ЛИССОЗ.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
18	Лабораторная работа № 12. Анализ потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур на двух полях при разных уровнях обеспеченности суммы активных температур и осадков вегетационного периода.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
19	Лекция № 7. Оптимизационные задачи в экологии и агроэкологии. Агроэкологические модели и их систематизация.	Л	Лекция – визуализация, экспресс-тесты, разбор конкретных ситуаций, интерактивное обсуждение с оценкой активности студентов
20	Лабораторная работа № 13. Агроэкологическая оптимизация выбора системы обработки почв с учетом предшественника и агроэкологических особенностей земель двух анализируемых участков.	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
21	Лабораторная работа № 14. Агроэкологическая оптимизация выбора системы удобрения почв двух анализируемых участков с учетом планируемой урожайности, агроэкологических особенностей почв, наличия органических удобрений и	Лаб	Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	состава доступных минеральных удобрений.	
22	Лабораторная работа № 15. Экономическая и агроэкологическая оценка базовых вариантов агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур на двух полях с разным уровнем обеспеченности суммы активных температур и осадков вегетационного периода.	Лаб Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
23	Лекция № 8. Динамические модели функционирования экосистем, агроэкосистем, миграции и трансформации веществ.	Л Компьютеризированное построение, редакция и анализ электронных карт, пространственная обработка данных
24	Лабораторная работа № 16. Экологическая оценка динамики почвенных потоков CO <sub>2</sub> в пост-агрогенной сукцессии зарастания лесом залежной дерново-подзолистой почвы.	Лаб Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем
25	Лабораторная работа № 17. Экологическая оценка эрозии почв на склонах с разным уровнем защиты почв от эрозии при осадках различной интенсивности и длительности.	Лаб Компьютеризированное моделирование, системный анализ и интерпретация данных характеристики исследуемых (агро)экосистем

## **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 экспресс-тестов для текущего контроля знаний обучающихся (образец)

1. Какой метод обычно используется для анализа наличия связи между результатом и фактором?
  - а) логический анализ
  - б) регрессионный анализ
  - в) корреляционный анализ
  - г) оргграфический анализ
2. Какой метод используется для анализа функциональной связи между результатом и фактором?
  - а) логический анализ
  - б) регрессионный анализ
  - в) корреляционный анализ
  - г) оргграфический анализ
3. Как называются вершины оргграфа, в которые не заходят дуги?
  - а) открытые
  - б) смежные
  - в) начальные
  - г) конечные
4. Как называются вершины оргграфа, из которых не выходят дуги?
  - а) тупиковые
  - б) смежные
  - в) начальные
  - г) конечные
5. Какие свойства системы наиболее важны для ее эффективной работы?



2. Что относится к специфическому аппарату системного анализа? Примеры применения.
3. Для решения каких проблем применяется системный анализ? Приведите пример системного анализа конкретной экосистемы.
4. Что является объектом и предметом системного анализа? Алгоритм применения системного анализа.
5. Что собой представляют структура, элементы и компоненты системы? Как структурируется система?
6. Что составляет функциональную среду системы? Как она используется в системном анализе?
7. В чем состоит целостность и эмерджентность системы? Приведите примеры использования этих понятий.
8. Дайте оценку максимального разнообразия системы, состоящей из 256 элементов. Поясните связь разнообразия и устойчивости системы.
9. В каких условиях возможно целенаправленное функционирование системы? В чем состоит совершенствование структуры системы?
10. История развития и функциональные задачи системного анализа. Примеры систематизации знаний в естественных науках.
11. Что определяет глубину исследования системы? Оптимизация выбора глубины исследования.
12. Формализация и конкретизация целей исследования в рамках системного анализа.
13. Основные этапы постановки задачи в системном анализе. Пример постановки задачи ВКР.
14. Основные этапы экспериментального исследования в системном анализе. Особенности исследования верификационных объектов.
15. Основные этапы моделирования в системном анализе. Определение пределов работы модели.
16. Что является основным фильтром верификации принимаемых в системном анализе решений?
17. Структура и иерархия систем в системном анализе. Простые, сложные и очень сложные системы.
18. Основные свойства систем. Фундаментальные особенности биологических систем.
19. Основные критерии классификации систем. Примеры их применения в экологии и природопользовании.
20. Статические и динамические системы. Устойчивость динамических систем. Анализ устойчивости экосистем.
21. Область применения понятия устойчивости системы. Оценка устойчивости экологических систем.
22. Основные виды состояний динамических систем. Особенности переходного состояния и периодического режима.
23. Состояние системы. Характерные состояния зрелого природного биогеоценоза. Анализ устойчивости экосистем.
24. Основные критерии и следствия равновесного состояния системы. Срыв адаптации и его последствия для системы.
25. Закон адаптации. Анализ разнообразия экосистем. Влияние разнообразия на управляемость и устойчивость экосистем.
26. Анализ смены состояния системы. Кризис, катастрофа, катаклизм системы и их примеры в экологии и биологии.
27. Характеристика катаклизма как смены состояния системы. Примеры катаклизма в экологии.
28. Характеристика кризиса как смены состояния системы. Положительные и отрицательные последствия кризиса.
29. Характерное время развития системы. Метод «черного ящика», его возможности и ограничения.
30. Использование математических методов в задачах прикладной экологии и агроэкологии.

31. Балансовый метод моделирования экологических систем. Примеры практического применения балансового метода при анализе экосистем.
32. Простейшие модели биологических сообществ. Системный анализ модели «хищник – жертва».
33. Задачи линейного программирования. Динамическое моделирование и трансферные функции.
34. Функциональное моделирование поведения экосистемы. Применение функциональных моделей в агроэкологии.
35. Положительные и отрицательные обратные связи в системе. Анализ обратных связей в методе орграфов.
36. Анализ эффективности работы системы. Применение понятий средней производительности ресурса и коэффициента эластичности агроэкосистем.
37. Метод ориентированных графов. Анализ проблемных ситуаций с использованием метода орграфов. Импульсивные процессы актуализации системы.
38. Методы, используемые для анализа наличия связи между результатом и факторами функционирования экосистем?
39. Методы, используемые для анализа функциональной связи между результатом и фактором функционирования экосистем?
40. Анализ производственных функций и их ресурсного потенциала. Экспертные системы: структура и функционирование.
41. Системный анализ и моделирование экологических ниш. Многомерное экологическое фазовое пространство.
42. Формирование рациональной стратегии в теории игр. Анализ полезности принимаемых решений в теории игр.
43. Основные представления о моделировании. Базовые понятия и термины. Основные типы моделей.
44. Современные задачи развития математического моделирования в экологии. Сравнительная оценка и области применения различных моделей.
45. Статистические модели. Нормальное распределение. Выборки и генеральная совокупность. Основная область применения в экологии и почвоведении.
46. Имитационные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в экологии и почвоведении.
47. Графовые модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в экологии и почвоведении.
48. Табличные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в экологии и почвоведении.
49. Регрессионные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в экологии и почвоведении.
50. Основные понятия регрессионного анализа. Типы регрессии. Их прикладная интерпретация.
51. Оценка качества регрессионной модели. Способы улучшения качества регрессионной модели. Метод наименьших квадратов.
52. Множественная регрессия. Ее преимущества и недостатки. Основная область применения в экологии и почвоведении.
53. Пространственные модели. Основная область применения в экологии и почвоведении.
54. Корреляция рядов динамики. Основная область применения в экологии и почвоведении.
55. Оценка точности прогноза. Особенности поискового прогнозирования в экологии и почвоведении.
56. Пространственно координированные данные. Модели представления пространственных данных. Растровый и векторный подход.
57. Классификация пространственных данных. Особенности их применения в экологии и почвоведении.

58. Интерполяция пространственных данных. Особенности применения в экологии и почвоведении.
59. Генерализация пространственных данных. Особенности генерализации пространственных данных в экологии и почвоведении.
60. Имитационное моделирование. Имитация природных процессов. Модульная организация имитационных моделей.
61. Перспективы развития математического моделирования в экологии и почвоведении.
62. Имитационное моделирование продукционного процесса. Имитационные модели роста растений.
63. Использование методов математического моделирования для решения оптимизационных задач.
64. Примеры использования простых и множественных регрессионных моделей в экологии или почвоведении.
65. Геоинформационные модели в экологии и почвоведении. Основная область их применения в системах экологического мониторинга и менеджмента.
66. Основные области применения растровых и векторных геоинформационных моделей в экологии. Их преимущества и недостатки.
67. Использование метода осреднения ряда динамики скользящим окном. Особенности выбора наилучшего тренда ряда динамики.
68. Как можно создавать новые тематические слои экологических геоинформационных моделей и систем?
69. Процедура и задачи оценки наличия автокорреляции в ряду динамики. Особенности построения уравнения авторегрессии.
70. Процедура и задачи оценки автокорреляции между 2 рядами данных. Способы исключения автокорреляции.
71. Критерии точности и надежности прогнозов. Расчет точности прогноза по коэффициенту расхождения.
72. Анализ общих тенденций. Среднее и скользящее среднее значение как предиктор поведения функции.
73. Основные особенности анализа и моделирования статических и динамических систем.
74. Методологические особенности экологического математического моделирования.
75. Основные проблемы и принципиальные ограничения использования методов математического моделирования в почвоведении.
76. Какие методы математического моделирования используются в классификации почв и экосистем?
77. Для решения каких прикладных задач можно использовать экологические геоинформационные модели и системы?
78. Какими методами математического моделирования определяют экологически значимые факторы?
79. Способ генерализации карты методом скользящего окна с помощью геоинформационных моделей и систем.
80. Применение экспертных информационных систем для анализа проблемных экологических и агроэкологических ситуаций.

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

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**Виды текущего контроля:** экспресс-тесты, контрольные работы, защита лабораторных работ.

**Вид промежуточного контроля:** экзамен.

**Критерии оценивания результатов обучения**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины****7.1 Основная литература**

1. Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 133 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/447100>

2. Математическое моделирование и прогнозирование при проведении экологического проектирования и ОВОС: Учебное пособие / А.М. Ярославцев, Ю.Л. Мешалкина, И.И. Васенев. – М.: ООО «Сам Полиграфист». 2015. – 116 с.

3. Математическая статистика и случайные процессы: учебное пособие для вузов / Н. Ю. Энатская. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 201 с. – URL : <https://urait.ru/bcode/451177>

4. Методы экологических исследований / Яшин И.М., Раскатов В.А., Васенев И.И. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2015. – 167 с.

5. Стохастическое моделирование процессов: учебное пособие для вузов / И. А. Кожевникова, И. Г. Журбенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 148 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/454199>

**7.2 Дополнительная литература**

1. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / Черногоров А.Л., Чекмарев П.А., Васенев И.И., Гогмачадзе Г.Д. – М.: Издательство МГУ, 2012. – 268 с.

2. Агроэкологическое моделирование и проектирование / И.И. Васенев, А.В. Бузылев, Ю.А. Курбатова и др. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А.

Тимирязева, 2010. – 260 с.

3. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии (интерактивный курс): Учебно-практическое пособие / Васенев И.И., Мешалкина Ю.Л., Грачев Д.А. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 212 с.

4. Геостатистика в почвоведении и экологии: учебно-практическое пособие / Ю. Л. Мешалкина, И.И. Васенев, И.Ф. Кузякова, В.А. Романенков – Москва : Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. - 97 с.

5. ГИС-технологии для оценки воздействия землепользования на окружающую среду: Учебное пособие / И.И. Васенев, Ю.Л. Мешалкина. – М.: ООО «Сам Полиграфист». 2015. – 116 с.

6. Статистика. Автоматизация обработки информации: учебное пособие для вузов / Е. А. Черткова – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 195 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/452447>

7. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 495 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/449686>

8. Экогеохимия ландшафта / Яшин И.М., Васенев И.И., Черников В.А. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2015. – 306 с.

9. Экологический мониторинг воздействия антропогенеза на поверхностные воды / Яшин И.М., Гареева И.В., Атенбеков Р.А., Васенев И.И. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2015. – 167 с.

10. Экология и природопользование: словарь – справочник / Т.А. Девятова и др.; под ред. Т.А. Девятовой; Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. – 487 с.

### **7.3 Нормативные правовые акты**

1. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017).

2. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.11.2017).

3. "Лесной кодекс Российской Федерации" от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2017).

4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) "Об охране окружающей среды".

### **7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

1. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (методическое пособие) / Васенев И.И., Руднев Н.И., Хахулин В.Г. – Москва: Россельхозакадемия. 2004. – 80 с.

2. Практикум по методам экологических исследований / Яшин И.М., Васенев И.И., Поветкин В.А., Атенбеков Р.А. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016. – 64 с.

3. Экогеохимия. Практикум / Яшин И.М., Васенев И.И., Поветкин В.А., Атенбеков Р.А. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016. – 76 с.



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

1. bioecolog.ru Экомир - гид в мир экологии: биоэкологический портал актуально о защите биоразнообразия, экоархитектуре, альтернативной энергетике и зеленой архитектуре (открытый доступ).

2. <http://www.zin.ru/BioDiv/index.html> – Информационная система «Биоразнообразие России» (открытый доступ).

3. <http://www.ecoport.ru> – ЭкоПортал «Вся экология» (открытый доступ).

4. <http://www.elibrary.ru/> – электронная научная база.

5. <http://www.statsoft.ru/> – электронная база программ статистической обработки данных.

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. . [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) Справочная правовая система «Консультант Плюс».

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Раздел 1. Основные свойства систем и особенности системного анализа. Раздел 2. Классификация систем и анализ лимитирующих факторов экосистем. Раздел 5. Динамические экологические модели процессов и потоков экосистем и агроэкосистем.	Excel	расчётная	Microsoft	2010
2	Раздел 2. Классификация систем и анализ лимитирующих факторов экосистем.	SURFER	расчётная	Golden Software	2012
3	Раздел 3. Автоматизированные модели оценки почв как базовых компонентов экосистем и агроэкосистем.	Программа РАСКАЗ - региональная автоматизированная система комплексной агроэкологического анализа почв и земель. Свидетельство № 2005610897	расчётная	Васенев И.И., Хахулин В.Г., Бузылев А.В.	2005/ 2018
4	Раздел 4. Системный анализ проблемных ситуаций и системы поддержки принятия решений по оптимизации экосистем и агроэкосистем.	Программа ЛИССОЗ - Локальная информационно-справочная система по агроэкологической оптимизации земледелия. Свидетельство № 2005610898	расчётная	Васенев И.И., Руднев Н.И., Хахулин В.Г., Бузылев А.В.	2005/ 2018

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

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
6 учебный корпус, учебная аудитория №305 для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Интерактивная доска Promethean Activ-Board 587 Pro с проектором.</li> <li>2. Парты 10 шт.</li> <li>3. Столы компьютерные 14 шт.</li> <li>4. Стулья 30 шт.</li> <li>5. СБ Intel Core 2 Duo E4700/2,6Ghz/2Mb 14 шт. Инв.№559425/1 – 14.</li> <li>6. Монитор 19 LG Flatron L1953S-BS 14 шт. Инв.№559427/1 – 14</li> </ol>
6 учебный корпус, компьютерный класс 06-156	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Интерактивная доска SMART 680I3 с проектором.</li> <li>2. 10 моноблоков Э-студии 23' с необходимым программным обеспечением и доступом в интернет</li> </ol>
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова, читальный зал, электронный чит. зал - ауд. №144	Компьютеризированная система поиска научных и учебных материалов, сканер, сотрудник-консультант

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

### 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, связывая содержание лекционного материала с актуальными экологическими проблемами и возможностями использования для их решения специализированное программное обеспечение.

Особое внимание следует уделять терминам. Важно понимать, что во многих терминологических системах традиционно встречаются многозначные термины. Все термины и понятия, семантика которых недостаточно ясна учащемуся, он должен проверять с помощью энциклопедий, словарей и справочников. 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. Учащемуся 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. Студент, пропустивший лекционные занятия, обязан предоставить реферат по теме пропущенной лекции и ответить на поставленные вопросы по пропущенным темам недели для того, чтобы быть допущенным(ой) к зачету с оценкой.

### **Рекомендации по подготовке к лабораторным работам.**

Цель лабораторных работ – помочь студентам в усвоении наиболее важных и сложных тем курса, а также способствовать выработке у студентов умения работать со специализированным программным обеспечением и использовать их для решения проблемных экологических и агроэкологических ситуаций.

В ходе подготовки к лабораторным работам студентам следует начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. 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.

Студентам, пропустившим лабораторные работы (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившимся к занятию, следует своевременно явиться на индивидуальную консультацию к преподавателю в назначенное им время и отчитаться по пропущенной теме (работе). Студенты, не отчитавшиеся в срок по каждой не проработанной ими на занятиях теме или не защитившие лабораторную работу, имеют возможность отчитаться по ним в течение последующей недели для того, чтобы быть допущенными к зачету с оценкой.

### **Рекомендации по подготовке к зачету с оценкой.**

При подготовке к зачету с оценкой необходимо опираться, прежде всего, на конспекты лекций, так как они обладают преимуществами функциональной актуализации по сравнению с печатными изданиями. Обычно конспекты более детальны, отражают самую современную и оперативную информацию, подробно освещают вопросы, интересующие учащихся. Однако подготовка только по лекционным материалам все же недостаточна, студентам необходимо использовать рекомендуемую учебную литературу и материалы лабораторных занятий.

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.

С вопросами зачета с оценкой 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 зачете с оценкой является аргументация своей точки зрения с опорой на использованную специальную литературу.

На зачете с оценкой ответ студента по любому вопросу может длиться в пределах 8-10 минут. На это время и нужно ориентироваться при отборе содержания и объема необходимого материала, набросав план будущего ответа.

#### **Рекомендации по выполнению студентами самостоятельной работы.**

Самостоятельная работа студента в вузе является важным видом его учебной и научной деятельности. Выполняя самостоятельную работу, студент должен хорошо освоить обязательный минимум содержания вопросов, выносимых на самостоятельную работу студентов и предложенных по соответствующим разделам дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта».

Осуществляя самостоятельную работу, студент может использовать дополнительные учебные, учебно-методические и методические пособия и т.д., не указанные в списке, предложенным преподавателем. Студенты самостоятельно конспектируют источники теоретического или практического содержания.

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

Студентам, пропустившим лекционные или лабораторные занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения тестов или практических занятий или не подготовившимся к занятию, следует своевременно явиться на индивидуальную консультацию к преподавателю в назначенное им время и отчитаться по пропущенной теме (работе). Студенты, не отчитавшиеся в срок по каждой не проработанной ими на занятиях теме или не защитившие индивидуальную лабораторную работу, имеют возможность отчитаться по ним в течение последующей недели для того, чтобы быть допущенными к зачету с оценкой.

### **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине «Анализ и основы моделирования экосистем»**

Дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» позволяет студентам развить, расширить и систематизировать их профессиональные знания в области использования системного анализа и математических моделей в экологии и

агроэкологии и готовит их к грамотному анализу разноплановых экологических и агроэкологических данных и их функционально-целевой 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 всего обучения студенты выполняют индивидуальные задания.

Использование интерактивных форм и методов обучения на занятиях является одним из наиболее эффективных средств профессиональной мотивации студентов и активного вовлечения их в творческую учебно-познавательную деятельность. Интерактивный – означает способность взаимодействовать или находится в режиме беседы, диалога. Следовательно, интерактивное обучение – диалоговое обучение во всех формах проводимых занятий, в ходе которого осуществляется творческое взаимодействие педагога и студента.

Текущий контроль знаний проводится письменно и в электронной форме (экспресс-тестирование на лекциях и отчеты по лабораторным работам) и устно в ходе изучения каждого из основных разделов дисциплины. Устные ответы и письменные работы студентов оцениваются. Оценки доводятся до сведения студентов и отражаются в рабочей ведомости преподавателя.

В итоге на зачете студент должен продемонстрировать преподавателю широкую компетентность по вопросам использования системного анализа и математических моделей в экологии и агроэкологии в рамках пройденного курса с использованием всех имеющихся современных методических и технических средств обучения на кафедре.

### **Программу разработал(и):**

Васенев И.И., д.б.н., профессор



Бузылев А.В., ст. преподаватель



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины **Б1.О.17 «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта»**

ОПОП ВО по направлению 05.03.06. «Экология и природопользование»

направленность Экология и устойчивое развитие, Агроэкология, Природопользование и экологически безопасная продукция

**(квалификация выпускника – бакалавр)**

Борисовым Борисом Анорьевичем, профессором кафедры почвоведения, ландшафтоведения и геологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» доктором биологических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» ОПОП ВО по направлению 05.03.06. «Экология и природопользование», направленность Экология и устойчивое развитие, Агроэкология, Природопользование и экологически безопасная продукция (бакалавриат), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре экологии (разработчики – Васенев Иван Иванович, заведующий кафедрой экологии, доктор биологических наук, Бузылев Алексей Вячеславович, ст. преподаватель).

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

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 05.03.06. «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.О

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

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Анализ и основы моделирования экосистем» закреплены **7 компетенции**. Дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях.

5. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» составляет 4 зачётные единицы (144 часа).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 05.03.06. «Экология и природопользование» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

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

9. Программа дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» предполагает 100% (50 часов) занятий в интерактивной форме.

10. 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».

11. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос в форме обсуждения отдельных вопросов, участие в письменном тестировании, защита отчетов по лабораторным работам), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1.О ФГОС ВО направления 05.03.06. «Экология и природопользование».

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

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников (включая базовый учебник), дополнительной литературой – 10 наименований со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсами – 5 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 05.03.06. «Экология и природопользование».

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта» ОПОП ВО по направлению 05.03.06. «Экология и природопользование», направленность Экология и устойчивое развитие, Агрэкология, Природопользование и экологически безопасная продукция (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Васеневым Иваном Ивановичем, заведующим кафедрой экологии, доктором биологических наук и Бузылевым Алексеем Вячеславовичем, старшим преподавателем, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Борисов Борис Анорьевич, профессор кафедры почвоведения, ландшафтоведения и геологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор биологических наук



(подпись)

«28» августа 2023 г.