

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

Должность: Ученый директор института мелиорации, водного хозяйства и

строительства имени А.Н. Костякова

Дата подписания: 17.03.2025 15:04:14

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

А.Н. Костякова

Д.М.Бенин

26.03.2025 2024 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.ДВ.03.02 «Агроэкологическое моделирование»**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО 3++

Направление: 05.03.06 Экология и природопользование

Направленность: Экология и устойчивое природопользование, Агроэкология и экологически безопасная продукция

Курс 4

Семестр 8

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2024

Москва, 2024

Разработчики:

Васенев И.И., д.б.н., профессор

Бузылёв А.В., старший преподаватель

Рецензент:

Борисов Б.А., д. б. н., профессор


«23» августа 2024 г.

«23» августа 2024г.



«23» августа 2024г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта 10 «Архитектура, проектирование, геодезия, топография и дизайн» по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры экологии  
протокол № 13/24 от «23» августа 2024г.

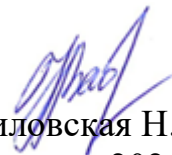
Зав. кафедрой Васенев И.И. д.б.н., профессор



«23» августа 2024г.

**Согласовано:**

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



Гавриловская Н.В.  
« 26» августа 2024 г.

Заведующий выпускающей кафедрой Экологии  
д.б.н, профессор



Васенев И.И

«23» августа 2024г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА», СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....</b>	<b>7</b>
ПО СЕМЕСТРАМ .....	7
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.3 ЛЕКЦИИ / ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	11
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>14</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>15</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	15
<b>ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЁТУ С ОЦЕНКОЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>19</b>
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	21
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>22</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	22
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	22
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>23</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....</b>	<b>23</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>24</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .</b>	<b>25</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	25
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>25</b>

## **Аннотация**

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.ДВ.03.02 «Агроэкологическое моделирование» для подготовки бакалавров по направлению 05.03.06 Экология и природопользование, направленности: «Экология и устойчивое природопользование, Агроэкология и экологически безопасная продукция».

**Цель освоения дисциплины:** является выработка у студентов целостного представления о предмете и методологии системного анализа и моделирования агроэкосистем, решаемых с их помощью задачах информационно-аналитического обеспечения оценки, моделирования и прогноза экологического состояния и функционального качества базовых компонентов природных и антропогенно измененных агроэкосистем, поддержки принятия управленческих, планировочных, экспертных и технологических решений при анализе проблемных экологических и агроэкологических ситуаций в условиях конкретного вида землепользования, региона и ландшафта.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплина по выбору 05.03.06 – «Экология и природопользование».

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ПКос-2.5; ПКос-3.6

**Краткое содержание дисциплины:** ориентирована на формирование у бакалавров базовых знаний, умений и навыков по теоретическим и информационно-методическим основам системного анализа и моделирования экосистем, экологического состояния и функционального качества их базовых компонентов, использования, верификации и настройки рамочных информационно-справочных систем и систем поддержки принятия решений для анализа и решения проблемных экологических и агроэкологических ситуаций в условиях конкретного региона и ландшафта.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 144 часа (4 .ед.).

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой.

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Агроэкологическое моделирование» является освоение студентами целостного представления о предмете и методологии системного анализа и моделирования агроэкосистем, решаемых с их помощью задач информационно-аналитического обеспечения оценки, моделирования и прогноза экологического состояния и функционального качества базовых компонентов природных и антропогенно измененных агроэкосистем, поддержки принятия управленческих, планировочных, экспертных и технологических решений при анализе проблемных экологических и агроэкологических ситуаций в условиях конкретного вида землепользования, региона и ландшафта.

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

Дисциплина «Агроэкологическое моделирование» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплина по выбору. Дисциплина «Агроэкологическое моделирование» 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.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Экологическое проектирование и основы проектного менеджмента» являются Анализ и основы моделирования экосистем с использованием искусственного интеллекта, Агроэкологические основы применения удобрений, Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), Экологические основы планирования землепользования, Органическое сельское хозяйство и "зеленые стандарты", Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель.

Особенностью дисциплины является то, что она тесно взаимосвязана с дисциплинами базовой и вариативной части по направлению 05.03.06 – Экология и природопользование, направленность: Экология и устойчивое развитие, Агроэкология и является формирующей у студентов современные представления об экологическом обосновании и оценке хозяйственной и иной деятельности с применением систем поддержки принятия решений (СППР) и облачных вычислений при разработке систем ведения сельскохозяйственного производства в соответствии с действующим законодательством и с учётом актуальных норм экологической безопасности, а также базирующихся на них «Зелёных стандартах».

Рабочая программа дисциплины «Агроэкологическое моделирование» 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 «Экологическое проектирование и основы проектного менеджмента», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

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

Таблица 1

### Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-2	Иметь базовые знания и практические навыки в области экспертно-аналитической деятельности, включая способность критически оценивать используемые 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, экологического нормирования и проектирования, геоинформационного анализа и дистанционного зондирования, а также материалы ОВОС и ООС, экологического менеджмента и инжиниринга в рамках проведения экологической экспертизы и аудита	ПКос-2.5. Иметь базовые знания и практические навыки в области агроэкологического моделирования и обращения с отходами	Основные этапы и системологику проведения агроэкологического моделирования с применением современных цифровых инструментов (СППР)	Собирать и структурировать аналитическую информацию посредством электронных ресурсов, официальных сайтов.	Навыками обработки и интерпретации информации с применением специализированных систем поддержки принятия решений (СППР). Опытном осуществлении облачных расчётов распределённых задач.
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, экологического нормирования и проектирования, использования ГИС и данных дистанционного зондирования, экологического контроля и аудита, ОВОС и ООС с применением цифровых инструментов и технологий	ПКос-3.6. Обладать знаниями в области информационно-методического обеспечения агроэкологического мониторинга и оценки экологического ущерба	Основные задачи и принципы проведения агроэкологического мониторинга. Нормативно-правовую основу осуществления мониторинга и оценки экологического ущерба.	Собирать исходные данные и осуществлять оценку воздействия и причинения ущерба окружающей среде в рамках экологического мониторинга.	Навыками обработки и интерпретации информации с применением базовых прикладных программ и специализированного программного обеспечения в области экологической оценки и мониторинга.

## 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

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

Таблица 2

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	В т.ч. в семестре № 8
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144/4</b>	<b>144/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>60,35/4</b>	<b>60,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>60,35/4</b>	<b>60,35/4</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	24	24
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	36/4	36/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>83,65</b>	<b>83,65</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, тестированиям)</i>	83,65	83,65
Вид промежуточного контроля:	Зачёт с оценкой	

\* 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	ПКР	
Раздел 1. Анализ агроэкосистем и агроэкологическое моделирование.	30,65	4	8		18,65
Раздел 2. Агроэкологические модели продукционного процесса.	34	6	8/4		20
Раздел 3. Агроэкологические модели потоков углерода и трансформации органического вещества.	27	6	6		15
Раздел 4. Динамические модели миграционно-трансформационных процессов в почвах агроэкосистем.	27	4	8		15
Раздел 5. Агроэкологические модели эрозийных процессов и латерального переноса.	25	4	6		15
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35			0,35	
<b>Всего за 2 семестр</b>	<b>144/4</b>	<b>24</b>	<b>36/4</b>	<b>0,35</b>	<b>83,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144/4</b>	<b>24</b>	<b>36/4</b>	<b>0,35</b>	<b>83,65</b>

\* в том числе практическая подготовка

### Раздел 1. Анализ агроэкосистем и агроэкологическое моделирование

## **Тема 1. Системный анализ структуры, функционирования и устойчивости агроэкосистем.**

Основные представления об агроэкологии и агроэкосистемах. Анализ поведения сложных агроэкосистем. Иерархические структуры. Иерархическая организация агроэкологических систем/подсистем и их моделей. Агроэкологическая паспортизация полей. Агроэкологическая типизация земель и проектирование землепользования.

## **Тема 2. Основы агроэкологического моделирования и классификация агроэкологических моделей.**

Агроэкологические модели и их систематизация. Структура основных вариантов моделей. Принципы моделирования агроэкологических систем и процессов. Идентификация и верификация агроэкологических моделей. Функционально-экологическая интерпретация и пространственная экстраполяция результатов моделирования. Статистические, картографические и концептуальные модели основных процессов. Методическое и нормативно-справочное обеспечение. Тестирование и экстраполяция моделей. Агроэкологические модели оценки земель.

## **Раздел 2. Агроэкологические модели продукционного процесса**

### **Тема 1. Динамические модели продукционного процесса.**

Методы описания динамических процессов. Динамические модели агроэкосистем. Агроэкологическая модель продукционного процесса, ее базовые алгоритмы и программная реализация. Агроэкологические модели продукционного процесса и прогноз урожайности. Расчет потенциальной урожайности по 1-му лимиту плодородия земель в информационно-аналитических модулях ИСС на основе анализа прихода фотосинтетически активной радиации (ФАР) в условиях конкретного участка. Районированные динамические модели продукционного процесса основных сельскохозяйственных культур и сортов.

### **Тема 2. Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.**

Модульная организация агроэкологических моделей прогноза и планирования урожайности. Решение на базе ЛИССОЗ агроэкологических задач прогнозирования продукционного процесса, урожайности культур. Агроэкологические факторы внутрипольного варьирования урожайности. Алгоритмы расчета урожайности с учетом ресурсных и лимитирующих почвенных условий (3-й и 4-й лимиты плодородия) на основе данных агроклиматически обеспеченной урожайности, основных ресурсных и лимитирующих показателей почв.

### **Тема 3. Агроэкологические модели питания растений и оптимизации доз удобрений.**

Балансовые статические и динамические агроэкологические модели питания растений. Агроэкологические модели оптимизации доз удобрения. Решение на базе ЛИССОЗ агроэкологических задач выбора оптимальных систем и

рациональных доз удобрений. Модели структурирования лимитирующих факторов урожайности и дифференцированного применения удобрений в пределах поля. Задача по расчету агроэкологически сбалансированных норм удобрений на заданный урожай.

### **Раздел 3. Агроэкологические модели потоков углерода и трансформации органического вещества почв**

#### **Тема 1. Системный анализ потоков углерода в агроэкосистемах.**

Модели переноса углерода в системе почва – растительность – атмосфера (SVAT). Модели продукционного процесса, движения и трансформации веществ - на основе моделей уровня (i-1) и анализа внутрипольного варьирования агроэкосистем. Детерминистские (механические) и функциональные модели роста растений и их органов. 2-D, 3-D -модели, функциональные модели боковых потоков, модели посевов, доминирующих процессов и режимов.

#### **Тема 2. Модели биотической трансформации органического вещества почв агроэкосистем.**

Биотическая трансформация органического вещества в почве. Экспериментальное моделирование процессов деструкции органического вещества в почве. Определение микробной биомассы методом субстратной индукции. Электрохимические и биохимические модели (детерминистские/механические).

#### **Тема 3. Модели вертикальных потоков углерода в агроэкосистемах.**

Моделирование потоков углерода в экосистемах. Современные модели баланса двуокиси углерода в системе почва – растительность - атмосфера. Определение потока  $\text{CO}_2$  из почвы и газообмена листа. Измерение потока метана между почвой и атмосферой. Механические и описательные модели движения и трансформации веществ во внутрипедной массе почвы, в растении и микроорганизме, на их границах. Модели вихревых потоков и их экспериментальное обеспечение.

### **Раздел 4. Динамические модели миграционно-трансформационных процессов в почвах агроэкосистем**

#### **Тема 1. Динамические модели влагопереноса и миграции в почвах агроэкосистем.**

Гидрофизическое и агрофизическое моделирование агроэкосистем. Модели влагопереноса и трансформации растворов на примере программы LEACHM. Модули LEACHN ( описывают передвижение азота и его трансформацию), LEACHP ( перемещение пестицидов и их деградацию), LEACHC (движение неорганических ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), LEACHB ( динамику популяций микроорганизмов в присутствии одного поддерживающего рост субстрата) с базовым модулем описания водного режима и потоков LEACHW.

## **Тема 2. Педотрансферные функции и агроэкологические модели.**

Педотрансферные функции. Верификация базового блока миграции в агроэкологической модели LEACHM. Кривые водоудерживающей способности и их расчет с использованием уравнений регрессии, которые связывают водоудерживающую способность с каждым из нескольких потенциалов давления для легко определяемых почвенных свойств, таких как распределение частиц по размеру, объемный вес и содержание органического вещества.

## **Тема 3. Динамические модели трансформации и миграции минеральных веществ в почве.**

Моделирование миграции и трансформации загрязняющих веществ. 1-D, 2-D -модели движения и трансформации растворов и веществ. Механические и описательные модели движения и трансформации растворов и веществ в растении и почве, движение растворов по макропорам и сосудам.

## **Раздел 5. Агроэкологические модели эрозионных процессов и латерального переноса**

### **Тема 1. Агроэкологические модели эрозионных процессов и оценка качества эродированных почв.**

Динамические модели геоморфологических и геохимических процессов. Модели эрозии. Автоматизированное дешифрирование проблемных экологических ситуаций землепользования. Геоинформационные модели эрозии и противозерозионной инфраструктуры.

### **Тема 2. Агроэкологические модели латеральных процессов и оценка экологических рисков загрязнения водоемов.**

Проблемы моделирования экологических проблемных ситуаций и обоснование ограничений на землепользование. Детерминистские и стохастические модели изменения агроэкосистем и агроэкологических функций почв и земель, геостатистические и гидрологические модели

### 4.3 Лекции / практические занятия

Таблица 4

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

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Анализ агроэкосистем и агроэкологическое моделирование</b>				<b>12</b>
	<b>Тема 1. Системный анализ структуры, функционирования и устойчивости агроэкосистем</b>	<b>Лекция №1</b> Системный анализ структуры, функционирования и устойчивости агроэкосистем.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Практическое занятие №1.</b> Системы комплексной агроэкологической оценки. Развёртывание. Адаптация. Создание баз данных.	ПКос-2.5	База данных	4
	Тема 2. Основы агроэкологического моделирования и классификация агроэкологических моделей	<b>Лекция №2</b> Основы агроэкологического моделирования.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.		2
		<b>Практическое занятие №2.</b> Комплексная агроэкологическая оценка земель с применением РАСКАЗ.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Отчёт в электронной форме	2
		<b>Практическое занятие №3.</b> Системы поддержки принятия решений в агроэкологическом моделировании. Структура. Функциональные возможности.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
2.	<b>Раздел 2 Агроэкологические модели продукционного процесса</b>				<b>14</b>
	Тема 1. Динамические модели продукционного процесса.	<b>Лекция №3.</b> Агроэкологические модели.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Практическое занятие №4.</b> Динамические модели продукционного процесса. История полей. Развёртывание базы данных.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	База данных	2
	Тема 2. Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.	<b>Лекция №4.</b> Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Практическое занятие №5.</b> Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Отчёт в электронной форме	2
	Тема 3. Агроэкологические модели питания растений и оптимиза-	<b>Лекция №5.</b> Агроэкологические модели питания растений.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	ции доз удобрений.	<b>Практическое занятие №6.</b> Агроэкологические модели питания растений и оптимизации доз удобрений.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Отчёт в электронной форме	4
3.	<b>Раздел 3. Агроэкологические модели потоков углерода и трансформации органического вещества почв</b>				<b>12</b>
	Тема 1. Системный анализ потоков углерода в агроэкосистемах.	<b>Лекция №6.</b> Агроэкологические модели потоков углерода.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Практическое занятие №7.</b> Оптимизация агротехнологий к системе углеродной нейтральности.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	База данных	4
	Тема 2. Модели биотической трансформации органического вещества почв агроэкосистем.	<b>Лекция №7.</b> Модели биотической трансформации органического вещества почв агроэкосистем.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
	Тема 3. Модели вертикальных потоков углерода в агроэкосистемах.	<b>Лекция №8.</b> Модели вертикальных потоков углерода в агроэкосистемах.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.		2
		<b>Практическое занятие №8.</b> Экспорт и развёртывание разработанных технологий на базе СППР.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	База данных	2
4.	<b>Раздел 4. Динамические модели миграционно-трансформационных процессов в почвах агроэкосистем</b>				<b>12</b>
	Тема 1. Динамические модели влагопереноса и миграции в почвах агроэкосистем.	<b>Лекция №6.</b> Динамические модели миграционно-трансформационных процессов.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Практическое занятие №9.</b> Заполнение баз данных функциональных и ценовых констант СППР.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	База данных	2
	Тема 2. Педотрансферные функции и агроэкологические модели.	<b>Лекция №7.</b> Педотрансферные функции и агроэкологические модели.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Практическое занятие №10.</b> Моделирование с применением СППР. Экономическое прогнозирование.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	База данных	4
	Тема 3. Динамические модели трансформации и миграции минеральных веществ в почве.	<b>Практическое занятие №11.</b> Корректировка результатов моделирования с применением СППР.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
5	<b>Раздел 5. Агроэкологические модели эрозионных процессов и латерального переноса</b>				<b>10</b>
	Тема 1. Агроэкологические модели эрозионных процессов и оценка качества эродированных почв.	<b>Лекция №8.</b> Агроэкологические модели эрозионных процессов.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Экспресс-тест	2
		<b>Лекция №9.</b> Агроэкологические модели латеральных процессов.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.		2
	Тема 2. Агроэкологические модели латеральных процессов и оценка экологических рисков загрязнения водоемов.	<b>Практическое занятие №12.</b> Агроэкологические модели эрозионных процессов. ILVIS.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Графический материал	4
		<b>Практическое занятие №13.</b> Оценка экологических рисков загрязнения водоемов.	ПКос-2.5; ПКос-3.6.	Тестирование	2

Таблица 5

### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Анализ агроэкосистем и агроэкологическое моделирование</b>		
	Тема 1. Системный анализ структуры, функционирования и устойчивости агроэкосистем	Агроэкологическая типизация земель и проектирование землепользования. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 2. Основы агроэкологического моделирования и классификация агроэкологических моделей	Функционально-экологическая интерпретация и пространственная экстраполяция результатов моделирования. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
<b>Раздел 2. Агроэкологические модели продукционного процесса</b>		
	Тема 1. Динамические модели продукционного процесса.	Районированные динамические модели продукционного процесса основных сельскохозяйственных культур и сортов. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 2. Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.	Агроэкологические факторы внутрипольного варьирования урожайности. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 3. Агроэкологические модели питания растений и оптимизации доз удобрений.	Модели структурирования лимитирующих факторов урожайности и дифференцированного применения удобрений в пределах поля. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
<b>Раздел 3. Агроэкологические модели потоков углерода и трансформации органического вещества.</b>		
	Тема 1. Системный анализ потоков углерода в агроэкосистемах.	Модели продукционного процесса, движения и трансформации веществ - на основе моделей уровня (i-1) и анализа внутрипольного варьирования агроэкосистем. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 2. Модели биотической трансформации органического вещества почв агроэкосистем.	Современные модели баланса двуокиси углерода в системе почва – растительность - атмосфера. ПКос-2.5, ПКос-3.6.

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	Тема 3. Модели вертикальных потоков углерода в агроэкосистемах.	Механические и описательные модели движения и трансформации веществ во внутрипедной массе почвы, в растении и микроорганизме, на их границах. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
Раздел 4. Динамические модели миграционно-трансформационных процессов в почвах агроэкосистем.		
	Тема 1. Динамические модели влагопереноса и миграции в почвах агроэкосистем.	Модели влагопереноса и трансформации растворов на примере программы LEACHM. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 2. Педотрансферные функции и агроэкологические модели.	Верификация базового блока миграции в агроэкологической модели LEACHM. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 3. Динамические модели трансформации и миграции минеральных веществ в почве.	Механические и описательные модели движения и трансформации растворов и веществ в растении и почве, движение растворов по макропорам и сосудам. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
Раздел 5. Агроэкологические модели эрозионных процессов и латерального переноса.		
	Тема 1. Агроэкологические модели эрозионных процессов и оценка качества эродированных почв.	Автоматизированное дешифрирование проблемных экологических ситуаций землепользования. ПКос-2.5, ПКос-3.6.
	Тема 2. Агроэкологические модели латеральных процессов и оценка экологических рисков загрязнения водоемов.	Проблемы моделирования агроэкологических проблемных ситуаций и обоснование ограничений на землепользование. ПКос-2.5, ПКос-3.6.

## 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.	Системный анализ структуры, функционирования и устойчивости агроэкосистем.	Л Лекция-визуализация
2.	Системы комплексной агроэкологической оценки. Развёртывание. Адаптация. Создание баз данных.	ПЗ Создание баз данных.
3.	Основы агроэкологического моделирования.	Л Лекция-визуализация
4.	Комплексная агроэкологическая оценка земель с применением РАСКАЗ.	ПЗ Создание баз данных. Компьютерное моделирование.
5.	Системы поддержки принятия решений в агроэкологическом моделировании. Структура. Функциональные возможности.	ПЗ Компьютерное моделирование.
6.	Агроэкологические модели.	Л Лекция-визуализация
7.	Динамические модели продукционного процесса. История полей. Развёртывание базы данных.	ПЗ Создание баз данных.
8.	Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.	Л Лекция-визуализация
9.	Агроэкологические модели прогноза и	ПЗ Компьютерное моделирование.

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	планирования урожайности		
10.	Агроэкологические модели питания растений.	Л	Лекция-визуализация
11.	Агроэкологические модели питания растений и оптимизации доз удобрений.	ПЗ	Создание баз данных. Компьютерное моделирование.
12.	Агроэкологические модели потоков углерода	Л	Лекция-визуализация
13.	Оптимизация агротехнологий к системе углеродной нейтральности.	ПЗ	Создание баз данных.
14.	Модели биотической трансформации органического вещества почв агроэкосистем.	Л	Лекция-визуализация
15.	Модели вертикальных потоков углерода в агроэкосистемах.	Л	Лекция-визуализация
16.	Экспорт и развёртывание разработанных технологий на базе СППР.	ПЗ	Создание баз данных. Компьютерное моделирование.
17.	Динамические модели миграционно-трансформационных процессов.	Л	Лекция-визуализация
18.	Заполнение баз данных функциональных и ценовых констант СППР.	ПЗ	Создание баз данных. Компьютерное моделирование.
19.	Педотрансферные функции и агроэкологические модели.	Л	Лекция-визуализация
20.	Моделирование с применением СППР. Экономическое прогнозирование.	ПЗ	Компьютерное моделирование.
21.	Корректировка результатов моделирования с применением СППР.	ПЗ	Компьютерное моделирование.
22.	Агроэкологические модели эрозионных процессов	Л	Лекция-визуализация
23.	Агроэкологические модели латеральных процессов.	Л	Лекция-визуализация
24.	Агроэкологические модели эрозионных процессов. ILVIS.	ПЗ	Компьютеризированное построение, редакция и анализ электронных карт, пространственная обработка данных.
25.	Оценка экологических рисков загрязнения водоемов.	ПЗ	Интерактивное занятие. Электронное тестирование.

## 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 экспресс-тесту по Теме 1 Раздел 1. Системный анализ структуры, функционирования и устойчивости агроэкосистем

1. Современные задачи развития математического моделирования в агроэкологии.
2. Сравнительная оценка и области применения различных агроэкологических моделей.
3. Статистические агроэкологические модели. Нормальное распределение. Основная область применения в агроэкологии.
4. Имитационные модели. Их задачи, возможности и ограничения.

5. Основная область применения в агроэкологии.
6. Регрессионные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в агроэкологии.
7. Оценка качества регрессионной агроэкологической модели.
8. Способы улучшения качества регрессионной модели.
9. Метод наименьших квадратов.

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 2 Раздел 1. Основы агроэкологического моделирования и классификация агроэкологических моделей**

1. Основные особенности моделирования статических и динамических агроэкологических систем
2. Методологические агроэкологических исследований и моделирования
3. Принципы систематизации методов моделирования агроэкологических процессов
4. Дайте определение основным составляющим углеродного баланса в системе – растительность – почва – атмосфера.
5. Перечислите основные экспериментальные методы определения потоков углерода в природных и сельскохозяйственных экосистемах.

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 1 Раздел 2. Динамические модели продукционного процесса.**

1. Какие основные ограничения применения пульсационного метода для наблюдения за потоками диоксида углерода.
2. Какие основные процессы описывают модели типа SVAT?
3. Какие параметры необходимы для задания верхних граничных условий в модели типа SVAT?
4. Какова основная концепция моделей типа SVAT?
5. Какие параметры позволяют рассчитывать модели типа SVAT?
6. Данные каких экспериментальных наблюдений могут быть использованы для тестирования моделей SVAT?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 2 Раздел 2. Агроэкологические модели прогноза и планирования урожайности.**

1. В чем преимущества и недостатки метода сетчатых мешков? Как можно разделить гетеротрофное и авторотрофное дыхание почвы?
2. На чем основаны изотопные методы исследования динамики почвенного углерода? Чем отличается "изотопная подпись" C3- и C4-растений?
3. Какую роль играют численные модели в агроэкологических исследованиях?
4. Что является базовым элементом растровых геоинформационных систем? Как формируются полигоны в векторных геоинформационных системах?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 3 Раздел 2. Агроэкологические модели питания растений и оптимизации доз удобрений.**

1. Какие компьютерные модели можно использовать для количественной оценки агроэкологических рисков сельскохозяйственного землепользования?
2. Как дифференцируются нормативы агроэкологической оценки и типизации земель?
3. Как рассчитывается интегральная оценка качества земель агроэкологически неоднородного участка?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 1 Раздел 3. Системный анализ потоков углерода в агроэкосистемах.**

1. Назовите основные пулы (резервуары) органического углерода в почве? Чем отличается скорость обменных процессов в каждом пуле?
2. Каковы основные пути поступления и выхода углерода в/из почвы?
3. Какие потоки углерода наиболее значимы в агроэкосистемах?
4. Каковы основные экспериментальные подходы к исследованию динамики органического вещества в почве?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 2 Раздел 3. Модели биотической трансформации органического вещества почв агроэкосистем.**

1. Как учитываются лимитирующие факторы почв при расчете потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур.
2. Как влияют экспозиция и форма склона на относительное увлажнение местообитаний и потенциальную урожайность сельскохозяйственных культур?
3. Где используются результаты динамического моделирования продукционного процесса?
4. Что входит в основные задачи агрофизического моделирования агроэкосистем?
5. На чем основано гидрофизическое моделирование агроэкосистем?
6. Как проводятся полевые исследования гидрофизических свойств почв?
7. В чем состоит особенность модульной организации агроэкологических моделей?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 1 Раздел 4. Динамические модели влагопереноса и миграции в почвах агроэкосистем.**

1. Что собой представляют динамические модели продукционного процесса?
2. Что, как правило, учитывается при расчете потенциальной урожайности по 1-му лимиту плодородия земель?
3. На основе каких данных рассчитывается потенциальная урожайность по 2-му лимиту плодородия земель?
4. Как рассчитывается потенциальная урожайность с учетом ресурсных показателей почв?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 2 Раздел 4. Педотрансферные функции и агроэкологические модели.**

1. Что входит в перечень наиболее часто рассматриваемых почвенных агроэкологических функций?

2. В чем состоит основная задача агроэкологической типизации земель и землепользования?
3. Когда достигаются наилучшие условия для практического использования результатов агроэкологической оценки и типизации земель?
4. Что составляет информационную основу агроэкологической оценки и типизации земель?
5. Какие информационно-аналитические процедуры входят в систему анализа агроэкологического качества почв и земель?

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 3 Раздел 4. Динамические модели трансформации и миграции минеральных веществ в почве.**

1. Основная область применения в агроэкологии.
2. Регрессионные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в агроэкологии.
3. Оценка качества регрессионной агроэкологической модели.
4. Способы улучшения качества регрессионной модели.
5. Метод наименьших квадратов.

**Примерные вопросы к экспресс-тесту по Теме 1 Раздел 5. Агроэкологические модели эрозионных процессов и оценка качества эродированных почв.**

1. Имитационные модели. Их задачи, возможности и ограничения.
2. Основная область применения в агроэкологии.
3. Регрессионные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в агроэкологии.
4. Оценка качества регрессионной агроэкологической модели.
5. Способы улучшения качества регрессионной модели.
6. Метод наименьших квадратов.

**Типовые комплекты заданий для теста по дисциплине «Агроэкологическое моделирование»**

1. Что относится к ключевым элементам моделей агроэкологической оценки земель и землепользования?
 

а) агроэкологический паспорт земель	б) районированные шкалы оценки
в) набор основных показателей	г) описание землепользования
2. Предельно допустимая для полевых культур глубина залегания грунтовых вод?
 

а) 1 м	б) 2 м	в) 3 м	г) 5 м
--------	--------	--------	--------
3. Какие базовые алгоритмы включает в себя комплексная оценка агроэкологического состояния антропогенно измененных почв и земель?

- а) Алгоритмы выбора факторов                      б) Алгоритмы частной оценки  
в) Алгоритмы шкал квантификации              г) Алгоритмы функциональной оценки
4. Какая форма поперечного профиля склона наиболее эрозионноопасна?  
а) прямая                      б) выпуклая                      в) вогнутая                      г) никакая
  5. На сколько отличается среднесуточная сумма прямой солнечной радиации южных склонов в 5° от водоразделов?  
а) 1-3 %              б) 4-6 %              в) 7-9%                      г) 10-12%
  6. На каких склонах начинает проявляться линейная эрозия в таежно-лесной зоне?  
а) >1°              б) >2 °                      в) >3 °                      г) >5 °
  7. Глубина залегания грунтовых вод в гидроморфных элементах ландшафта?  
а) 0-1,5 м                      б) 1,5-3 м                      в) 3-6 м                      г) 6-9 м
  8. Высота капиллярного поднятия в суглинках?  
а) 0,2-0,4 м              б) 1,0-1,5 м              в) 3-4 м                      г) 4-6 м
  9. Диапазон значений удовлетворительных запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы?  
а) 30-60 мм              б) 60-90 мм              в) 90-130 мм                      г) 130-160 мм
  10. Каким этапом, в идеале, завершается моделирование системы?  
а) верификацией                      б) тестированием  
в) координацией                      г) аттестацией

### **Примерный перечень вопросов к зачёту с оценкой по дисциплине**

5. Современные задачи развития математического моделирования в агроэкологии. Сравнительная оценка и области применения различных агроэкологических моделей.
6. Статистические агроэкологические модели. Нормальное распределение. Основная область применения в агроэкологии.
7. Имитационные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в агроэкологии.
8. Регрессионные модели. Их задачи, возможности и ограничения. Основная область применения в агроэкологии.
9. Оценка качества регрессионной агроэкологической модели. Способы улучшения качества регрессионной модели. Метод наименьших квадратов.
10. Основные особенности моделирования статических и динамических агроэкосистем.
11. Методологические агроэкологических исследований и моделирования

12. Принципы систематизации методов моделирования агроэкологических процессов
13. Дайте определение основным составляющим углеродного баланса в системе – растительность – почва – атмосфера.
14. Перечислите основные экспериментальные методы определения потоков углерода в природных и сельскохозяйственных экосистемах.
15. Какие основные ограничения применения пульсационного метода для наблюдения за потоками диоксида углерода.
16. Какие основные процессы описывают модели типа SVAT?
17. Какие параметры необходимы для задания верхних граничных условий в модели типа SVAT? Какова основная концепция моделей типа SVAT?
18. Какие параметры позволяют рассчитывать модели типа SVAT? Данные каких экспериментальных наблюдений могут быть использованы для тестирования моделей SVAT?
19. Назовите основные пулы (резервуары) органического углерода в почве? Чем отличается скорость обменных процессов в каждом пуле?
20. Каковы основные пути поступления и выхода углерода в/из почвы? Какие потоки углерода наиболее значимы в агроэкосистемах?
21. Каковы основные экспериментальные подходы к исследованию динамики органического вещества в почве?
22. В чем преимущества и недостатки метода сетчатых мешков? Как можно разделить гетеротрофное и авторотрофное дыхание почвы?
23. На чем основаны изотопные методы исследования динамики почвенного углерода? Чем отличается "изотопная подпись" C3- и C4-растений?
24. Какую роль играют численные модели в агроэкологических исследованиях?
25. Что является базовым элементом растровых геоинформационных систем? Как формируются полигоны в векторных геоинформационных системах?
26. Что входит в перечень наиболее часто рассматриваемых почвенных агроэкологических функций?
27. В чем состоит основная задача агроэкологической типизации земель и землепользования?
28. Когда достигаются наилучшие условия для практического использования результатов агроэкологической оценки и типизации земель?
29. Что составляет информационную основу агроэкологической оценки и типизации земель?
30. Какие информационно-аналитические процедуры входят в систему анализа агроэкологического качества почв и земель?
31. Какие компьютерные модели можно использовать для количественной оценки агроэкологических рисков сельскохозяйственного землепользования?
32. Как дифференцируются нормативы агроэкологической оценки и типизации земель?

33. Как рассчитывается интегральная оценка качества земель агроэкологически неоднородного участка?
34. Что собой представляют динамические модели продукционного процесса?
35. Что, как правило, учитывается при расчете потенциальной урожайности по 1-му лимиту плодородия земель?
36. На основе каких данных рассчитывается потенциальная урожайность по 2-му лимиту плодородия земель?
37. Как рассчитывается потенциальная урожайность с учетом ресурсных показателей почв?
38. Как учитываются лимитирующие факторы почв при расчете потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур?
39. Как влияют экспозиция и форма склона на относительное увлажнение местообитаний и потенциальную урожайность сельскохозяйственных культур?
40. Где используются результаты динамического моделирования продукционного процесса?
41. Что входит в основные задачи агрофизического моделирования агроэкосистем?
42. На чем основано гидрофизическое моделирование агроэкосистем?
43. Как проводятся полевые исследования гидрофизических свойств почв?
44. В чем состоит особенность модульной организации агроэкологических моделей?

## 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.

Таблица 8

<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>	
<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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на</b>

	<b>уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» 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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Гилёва, Л. Н. Мониторинг земель как информационная основа управления использованием земельных ресурсов и объектов недвижимости : учебное пособие / Л. Н. Гилёва. — Тюмень : ТИУ, 2018. — 128 с. — ISBN 978-5-9961-1776-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/188808>
2. Подрядчикова, Е. Д. Инструментальные средства ГИС : учебное пособие / Е. Д. Подрядчикова. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2018. — 86 с. — ISBN 978-5-9961-1887-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138256>
3. Огуреева, Г. Н. Экологическое картографирование : учебное пособие для вузов / Г. Н. Огуреева, Т. В. Котова, Л. Г. Емельянова. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2022. - 147 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-13618-0. - Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490322>
4. Смирязев, Анатолий Владимирович. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве: учебное пособие / А. В. Смирязев, А. В. Исачкин, Л. К. Панкина; Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. — 153 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/2273.pdf>.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Агроэкологическое моделирование и проектирование / И. И. Васенев и др.; под ред. И. И. Васенева - М.: Изд-во РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. - 260 с.
2. Васенев И. И. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии : (интерактивный курс): учебно-практическое пособие / И. И. Васенев, Ю. Л. Мешалкина, Д. А. Грачев ; ред. И. И. Васенев ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. - 212 с.

3. Гео статистика в почвоведении и экологии : (интерактивный курс): учебно-практическое пособие / Ю. Л. Мешалкина [и др.] ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. - 97 с.
4. Смирязев А. В. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве : для бакалавров, обучающихся по направлению "Агрономия" / А. В. Смирязев, А. В. Исачкин, Л. К. Панкина ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. - 153 с. лучше не ссылаться на один и тот же источник разных годов
5. Матвеев Е. Л. Основы системного анализа и моделирование экосистем : метод. пособие для студ. веч. и заоч. отд. фак. почвовед., агрохимии и экол. / Е. Л. Матвеев, А. В. Мерзлов, Э. А. Довлетярова ; Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева. - М. : Земля России, 2003. - 72 с.

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

1. <http://ecolog.pro> – официальный сайт кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
2. [http://ecoline.ru/books/ed\\_catalog](http://ecoline.ru/books/ed_catalog) - Каталог ресурсов по экологическому образованию. Пособия по экологическому образованию, списки организаций, периодические издания, видеоресурсы, источники финансирования, источники ресурсов по экообразованию в Интернете.
3. <http://zelenyshluz.narod.ru> - Зеленый шлюз. Помощник в поиске экологической информации: ссылки на сайты о состоянии природных ресурсов, экология стран и городов, государственные и общественные организации, учебные заведения и др.
4. <http://catalog.alledu.ru/predmet/ecology> - Все образование: экология. Разнообразные ссылки по экологической тематике.

## **9. Перечень программного обеспечения**

Таблица 9

**Перечень программного обеспечения**

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Анализ агроэкосистем и агроэкологическое моделирование	РАСКАЗ	Расчётная	Васенев, Бузылёв	2018
2	Агроэкологические модели продукционного процесса, Агроэкологические модели потоков углерода и трансформации органического вещества почв, Динамические модели миграционно-трансформационных	СППР ЛИССОЗ	Расчётная	Васенев, Бузылёв	2018

	процессов в почвах агроэкосистем				
3	Агроэкологические модели эрозийных процессов и латерального переноса	ILVIS	Геоинформационная система	52North	2005

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

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями

1. Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Лекционная аудитория (корпус №29 – аудитория 218,211, 206)	Интерактивная мультимедиа система
Учебная аудитория (корпус №29 – аудитория 203)	Учебная лаборатория. 6 островных столов, 5 пристенных столов для оборудования, стол преподавателя, 32 стула, стационарный проектор, ноутбук.
Учебная аудитория (корпус №29 – аудитория 217)	Мультимедиа проектор LED Xiaomi, ноутбук, маркерная доска, 12 столов, 34 стула, стол преподавателя.
Учебная аудитория (корпус №29 – аудитория 501)	Мультимедиа проектор LED Xiaomi, ноутбук, маркерная доска, 25 комбинаций стол + лавка, стол преподавателя, 2 стула.
Читальный зал (Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова), Комнаты самоподготовки (общежития)	Для самостоятельной работы студентов

Лекционная аудитория с интерактивной доской.

Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением (табл. 10) и интерактивной доской.

Минимально необходимые характеристики персональных компьютеров (моноблоков, ноутбуков) для использования в практических работах: Частота процессора не ниже 2000 МГц, оперативная память от 4 ГБ, жёсткий диск от 250 Гб, Разрешение экрана не ниже 1280\*1024. Операционная система не ниже Windows Se7en x64.

РАСКАЗ – региональная автоматизированная система комплексной агроэкологического анализа почв и земель. Свидетельство № 2005610897 / Васнев И.И., Хахулин В.Г., Бузылев А.В. В модификации 2018г.

ЛИССОЗ – Локальная информационно-справочная система по агроэкологической оптимизации земледелия. Свидетельство № 2005610898 / Васнев И.И., Руднев Н.И., Хахулин В.Г., Бузылев А.В. В модификации 2018г.

ILVIS – геоинформационная система, предназначенная для векторной и растровой обработки материалов ДЗЗ, поддерживает все основные функции, которые входят в современные системы обработки дистанционной информации, и обеспечивает выполнение следующих и многих других процедур: геометрическая коррекция, повышение визуального качества изображений, извлечение информации, многозональная классификация, редактирование и дополнение результатов обработки снимков картографическими элементами.

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Самоподготовка 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 «Агроэкологическое моделирование».

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 практическом занятии, либо студенты получают дополнительное задание и представляют в той или иной форме отчет о его выполнении.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший занятия, обязан отработать практические занятия, предоставить реферат и ответить на вопросы пропущенных лекций и практических занятий. Написать тест.

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

Начиная с первого занятия, преподаватель должен заложить основы будущих взаимоотношений со студенческой группой. Первое занятие может проходить в форме открытого диалога по вопросам проблем агроэкологии. В период обучения следует шире использовать мультимедийную технику для показа видео сюжетов по изучаемым вопросам. Лекция имеет цель – систематизация основы научных знаний по дисциплине, сконцентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых проблемах экологии и рационального природопользования.

Проведение практических занятий должно быть направлено на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы. Проведение практических занятий направлено на формирование навыков и умений самостоятельного применения полученных знаний в практической деятельности.

### Программу разработали:

Васенев И.И., д.б.н., профессор

Бузылёв А.В., старший преподаватель



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины

**Б1.В.ДВ.03.02 «Агроэкологическое моделирование»**

**ОПОП ВО по направлению 05.03.06 Экология и природопользование**

Направленность: Экология и устойчивое природопользование, Агроэкология и экологически безопасная продукция

**(квалификация выпускника – бакалавр)**

Борисовым Борисов Анорьевичем, д.б.н., профессором кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Агроэкологическое моделирование» ОПОП ВО по 05.03.06 Экология и природопользование, Направленность: Экология и устойчивое природопользование, Агроэкология и экологически безопасная продукция (бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре экологии (разработчик – профессор, д.б.н., Васенев И.И., ст. преподаватель Бузылёв А.В.).

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

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины **«Агроэкологическое моделирование»** (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 включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплина по выбору учебного цикла – **Б1.В.ДВ.03.02.**

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

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Агроэкологическое моделирование» закреплено 2 компетенции. Дисциплина «Агроэкологическое моделирование» и представленная Программа способна 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 «Агроэкологическое моделирование» составляет 4 зачётных единицы (144 часа).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Агроэкологическое моделирование» 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 **«Агроэкологическое моделирование»** предполагает занятия 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 (экспресс-тест, отчёты в электронной форме, базы данных и тестирование) соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачёта с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины формируемой участниками образовательных отношений, по выбору учебного цикла – Б1.В.ДВ.03.02 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 – 4 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 6 соответствует требованиям ФГОС ВО направления *05.03.06 Экология и природопользование*.

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Агроэкологическое моделирование» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе компьютерных и интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Агроэкологическое моделирование».

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Агроэкологическое моделирование» ОПОП ВО по направлению *05.03.06 Экология и природопользование* *Направленность: Экология и устойчивое природопользование, Агроэкология и экологически безопасная продукция* (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная на кафедре экологии (разработчик – Васенев И.И., Бузылёв А.В.) соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

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

