

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шитикова Александра Васильевна  
Должность: И.о. директора института агробиотехнологии  
Дата подписания: 17.07.2023 12:01:02  
Уникальный программный ключ:  
fcd01ecb1fdf76898cc51f245ad12c3f716ce658

УТВЕРЖДАЮ  
И. о. директора института  
агробиотехнологии  
С.Д. Белопухов  
« 02 » 09 2022 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
**Б1.О.07 «Моделирование в агрономии»**  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 35.04.04 Агрономия  
Направленность: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве», «Технология производства продукции растениеводства», «Генетика, селекция и семеноводство», «Интегрированная защита растений», «Фитотехнологии и биопродукционные системы»  
Курс 1  
Семестр 1  
Форма обучения очная

Год начала подготовки 2019  
В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2022 г. начала подготовки.

Разработчик: Хохлов Н.Ф., д-р с.-х.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «01» 09 2022г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры земледелия и методики опытного дела протокол № 1 от «01» 09 2022г.

Заведующий кафедрой Зеленев А.В.

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой земледелия и МОД, д.с-х.н., доцент  
Зеленев А.В. «01» 09 2022г.





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)

Факультет Агрономии и биотехнологии  
Кафедра Земледелия и методики опытного дела



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана факультета  
Агрономии и биотехнологии

В.И. Леунов

« 11 » 02 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.0.07. Моделирование в агрономии**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление 35.04.04 Агрономия

Направленность: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве»; «Технология производства продукции растениеводства»; «Генетика, селекция и семеноводства»; «Интегрированная защита растений»; «Фитотехнологии и биопродукционные системы».

Курс 1  
Семестр 1

Форма обучения: Очная  
Год начала подготовки 2019

Регистрационный номер \_\_\_\_\_


Москва, 2020



Разработчик: Хохлов Н.Ф. д.с.-х. н., профессор

  
«1» 02 2020г.


Рецензент: Мельников В.Н. к.с.-х. н., доцент

  
«3» 02 2020г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.04.04. Агрономия и учебного плана

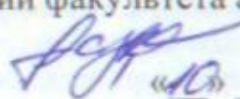
Программа обсуждена на заседании кафедры Земледелия и МОД протокол № 6 от «04» 02 2020г.

Зав. кафедрой земледелия и мод Мазиров М.А. д. б.н., профессор

  
«04» 02 2020г.

**Согласовано:**


Председатель учебно-методической комиссии факультета агрономии и биотехнологии Лазарев Н.Н., д.с.-х.н., профессор

  
«10» 02 2020г.

Заведующий выпускающей кафедрой земледелия и МОД Мазиров М.А., д.б.н. профессор

  
«04» 02 2020г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

**Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных материалов получены:**

Методический отдел УМУ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_г

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	5
ПО СЕМЕСТРАМ .....	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
3.3. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	12
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>12</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО .....</b>	<b>13</b>
<b>ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>13</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	13
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>16</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	16
7.3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ .....	16
<b>8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
8.1 ТРЕБОВАНИЯ К АУДИТОРИЯМ (ПОМЕЩЕНИЯМ, МЕСТАМ) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ.....	16
8.2 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМУ ОБОРУДОВАНИЮ .....	17
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>17</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	17
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ .....</b>	<b>17</b>
<b>ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>17</b>

## АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины Б1.0.07. «Моделирование в агрономии» для подготовки магистра по направлению 35.04.04 «Агрономия», направленности: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве»; «Технология производства продукции растениеводства»; «Генетика, селекция и семеноводства»; «Интегрированная защита растений»; «Фитотехнологии и биопродукционные системы».

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины «Моделирование в агрономии» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области инновационного инструментария понимания, прогнозирования и принятия научно-обоснованных решений сложных исследовательских и проектно-производственных задач в высоко технологичном агропроизводстве.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в (базовую) часть учебного плана по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия; УК-4,2 Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные; УК-4,3 Демонстрирует интегративные умения, необходимые для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях; ОПК-4 .Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы; ОПК-4,3 Формулирует результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач; ОПК- 5,3 Разрабатывает предложения по повышению эффективности проекта в агрономии

**Краткое содержание дисциплины:** В рамках дисциплины осваиваются вопросы устройства и использования современных математических моделей при разработке проектов оптимизации элементов системы земледелия, технологий производства растительной продукции (с учетом экологических ограничений).

**Общая трудоемкость дисциплины:** 108 час. (3 зач. ед.)

**Промежуточный контроль:** Зачет с оценкой

Ведущие преподаватели : проф. Н.Ф.Хохлов

### 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Моделирование в агрономии» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области инновационного инструментария понимания, прогнозирования и принятия научно-обоснованных решений сложных исследовательских и проектно-производственных задач в высокотехнологичном агропроизводстве.

### 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Моделирование в агрономии» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана базовой/вариативной части (или вариативную часть дисциплин по выбору). Дисциплина «Моделирование в агрономии» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.04.04. «Агрономия», направленность: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве»; «Технология производства продукции растениеводства»; «Генетика, селекция и семеновод-

ства»; «Интегрированная защита растений»; «Фитотехнологии и биопродукционные системы».

Дисциплина «Моделирование в агрономии» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: инновационные агробiotехнологии, системы интенсивного культивирования, физиологические основы управления продукционным процессом.

Особенностью дисциплины является ее созидательная направленность, позволяющая систематически получать актуальную комплексную (интегративную) научную информацию по агрофизическим, агрохимическим и биологическим условиям экспериментальных участков полевой опытной станции.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование в агрономии» 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 (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

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

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

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины «Моделирование в агрономии»

Таблица 1

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4,2 Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные	Способы представления результатов академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные	Представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные	Навыками представления результатов академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
2.			УК-4,3 Демонстрирует интегративные умения, необходимые для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях	Логические основы ведения профессиональных дискуссий	Вести профессиональные дискуссии с демонстрацией интегративных умений	Навыками ведения профессиональных дискуссии с демонстрацией интегративных умений
3.	ОПК-4	Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы	ОПК-4,3 Формулирует результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач	Способы формулирования результатов, полученных в ходе решения исследовательских задач	Формулировать результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач	Формулирования результатов, полученных в ходе решения исследовательских задач
5.	ОПК-5	Способен осуществлять технико-экономическое обоснование проектов в профессиональной деятельности	ОПК 5,3 Разрабатывает предложения по повышению эффективности проекта в агрономии	Алгоритм разработки предложений по повышению эффективности проекта в агрономии	Разрабатывать предложения по повышению эффективности проекта в агрономии	Разработки предложений по повышению эффективности проекта в агрономии



## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	час.
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	108
<b>1. Контактная работа:</b>	22,35
<b>Аудиторная работа</b>	22
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	22
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	85,65
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, и т.д.)</i>	76,65
<i>Подготовка к зачёту</i>	9
Вид промежуточного контроля:	Зачёт с оценкой

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа	Внеаудиторная работа СР
		ПЗ	
Введение и формирование общего представления (информационной матрицы) курса	3	1	2
Раздел 1. Математическое моделирование классической агрономии	37	7	30
Раздел 2. Моделирование в агрономии в эру компьютеров и интернет	38	10	28
Раздел 3. Эколого-климатические проблемы и моделирование в современной агрономии	26,65	4	25,65
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35		
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>22</b>	<b>85,65</b>

## 3.3. Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Роль математического моделирования в ускорении научно-технического прогресса и экологизации агропроизводства. Моделировании агроэкосистем (далее МА), как ключевое словосочетание, центрального понятия дисциплины «Моделирование в аг-

рономии». Понятие о МА. Широкий и узкий взгляд на предмет дисциплины, ее содержание и место в системе дисциплин магистратуры по направлению «Агрономия». МА – как современная как интегральная дисциплина второго академического уровня.

Основные задачи моделирования в агрономии. Математические модели агроэкосистем, как основной метод и инструмент прогнозирования их динамики – база для принятия решений по проблемам создания и устойчивого развития рациональных систем агропроизводства: оптимизации структуры землепользования, агроэкологическая оптимизация применения средств химизации в земледелии. Классификация моделей агроэкосистем. Динамические модели и модели статики. Эмпирические и теоретические функциональные модели. Стохастические и детерминированные. Их основные особенности.

Пространственные фундаментальные уровни агробиологических систем как объекты и условия моделирования. Одномерные и двумерные пространственные модели (траншея).

Моделирование продукционного процесса на уровне, клетки, ткани, органа, растения, (фитоценоза) сообщества. Специфическая потребность моделирования урожая на уровне поля, севооборота, агроландшафта, хозяйства, региона.

Краткая предистория моделирования в агрономии. Английские экономисты и Мальту. МА. Митчерлих и первые математические модели в агрономии. Формулировка Митчерлихом закона взаимодействия факторов жизни растений. Вычислительные сложности. От линейного к нелинейному моделированию. Традиционные и новые вычислительные средства для математического моделирования. Технические и программные ограничения возможности внедрения моделирования в агрономию.

Поворот агрономических наук и инженерной мысли к проблеме прогноза и проектирования агропроизводства с использованием моделирования. Институционализация науки: организация научно-исследовательских институтов по моделированию, университетских кафедр по информатике и моделированию.

Критика регрессионных моделей и требования к расширению исследований и практики на основе динамического моделирования. Основные проблемы создания и эффективного использования моделей агроэкосистем. Методические и информационные проблемы. Соотношение точности оценок экстраполяции и интерполяции и требования к экспериментальному обеспечению. Текущее состояние исследований в области применения информационных технологий и математического моделирования в агропроизводстве. Комплексные имитационные модели их структура Информационные модели агроэкосистем. Их структура. Банки данных как форма статистических моделей. Требования к методам исследований для формирования банков данных агроэкосистем. Примеры использования банков данных и облачных технологий при построении моделей агроценозов.

Информационное обеспечение математических моделей агроэкосистем. Системы поддержки принятия решений (СППР), геоинформационные системы (ГИС), системы управления базами данных (СУБД), автоматизированные системы управления (АСУ). Программы ARC/INFO, р MAP и их использование при прогнозе развития агроэкосистем.

Вычислительный эксперимент и планирование структуры элементов полевого опыта.

Основные проблемы продвижения моделей в агроэкспериментирование.

## **Раздел 1. Математическое моделирование в классической агрономии**

### **Тема 1 Основные функциональные и стохастические зависимости, используемые в МА**

Основные функциональные зависимости, используемые в математическом моделировании агроэкосистем: линейная, степенная, показательная, экспоненциальная логариф-

мическая, логистическая, с одним (параболическая ) и несколькими (полиномиальная) экстремумами и их использование в агрономии (к примеру, при конструировании эффективных структуры полевого хозяйства, удобрений).

Природа моделируемых физиологических и других процессов и явлений-приоритет для адекватного математического описания. На примерах теоретических знаний зависимости накопления биомассы от наличия влаги, прихода ФАР подбирают адекватное математическое уравнение и его параметры.

Статистические зависимости и МА. Основные условия (допущения) их создания (строительства). Эмпирические статистические модели (корреляционный и факторный анализ, анализ временных рядов). Границы распространения. Обусловленность использования регрессионных моделей особенностями эмпирических данных. Возможность применимости в другом месте и другое время. Этапы истории разработки статистических моделей продуктивности агроэкосистем. Моделирование по обобщенным агрометеорологическим показателям. Моделирование на основе регрессионных уравнений (производственные функции). Требования к регрессионному моделированию: включение основных факторов, широкий диапазон значений, соответствие реальным биологическим закономерностям. Решение учебных задач в рамках регрессионного моделирования с использованием пакета компьютерных программ.

### **Тема2. Модели урожая (продуктивности) в земледелии**

На базе понимания одномерных точечных или агрегированных моделей обсуждаются вопросы прогнозирования урожая. В качестве примера используют уравнения Либиха, Мичерлиха, с указанием вклада Спилмана. Заканчивает подтему построение студентами многомерной регрессионной модели (к примеру, урожайности и 5-7 факторов условий).

Подготовив студентов в рамках самостоятельной работы к пониманию преимуществ содержательных моделей разбирают моделям фотосинтеза и роста (К. де Витта, В. Дункана).

### **Тема 3. Модели порогов вредоносности.**

Располагая учебными данными в малых группах отрабатывают построение эмпирических моделей с нахождением параметров для прогнозирования потерь урожая от численности сортного компонента в агрофитоценоза, численности вредителей, степени пораженности культур.

## **Раздел 2. Моделирование в агрономии в эру компьютеров и интернет**

### **Тема 4. Модели на базе спутникового зондирования**

Подведя итоги эпохе классической агрономии, развивающейся на базе слабой вычислительной техники, к тому же не имеющей инструментальной возможности обеспечения сложных содержательных моделей большими массивами данных отмечается, что главный задел для использования моделей для понимания сложных биологических систем был сделан. Исследователи качественно моделировали продуктивность единичного растения и подготовили почву к моделированию фитоценозов и агроэкосистем. Объединив усилия ученых в области космонавтики, фотосъемки и т.д. созданы модели прогноза урожая на базе дистанционных методов (Ceres-Weat, Ceres-Meize). На занятиях изучают одну из них.

### **Тема5. Модели систем земледелия**

Наряду с моделями глобального уровня создавались комплексные и даже «сшивные» модели систем земледелия. Сообщение в рамках доклада делают о наиболее разработанной к настоящему времени модели систем земледелия APSIM.

В рамках дискуссии обсуждают роль моделирования в учении о плодородии пахотных почв. Моделирование и экспериментальное обоснование оптимальных величин показателей плодородия почвы. Технологические модели плодородия как пример информационных моделей. Использование моделирования при проектировании элементов систем земледелия.

Применение прогнозного моделирования при оценке, проектировании и введении севооборотов. Моделирование и эколого-энергетическая оценка севооборотов. Долгосрочные прогнозные расчеты в земледелии. Длительные полевые опыты как основная база экспериментального обеспечения долгосрочного прогнозирования. Опыт и разработки адаптивно-ландшафтных систем на основе моделирования.

#### **Тема 6. Модели эрозии почвы**

Моделирование потоков вещества, энергии при изучении систем земледелия. Модели почвенной эрозии. Особое место в историческом контексте отводится модели EPIC. Эта эмпирическая модель не требовала большого информационного обеспечения, что позволяет начать с нее освоение темы. Более совершенными стали модели влияния эрозии почвы на продуктивность с.-х. культур USLE, WEPP.. Универсальные модели потерь почвы эрозии USLE, WEPP

**Тема 7. Динамические модели агроэкосистем.** Наиболее полно рассматриваются динамические модели агроэкосистем. В качестве типичного представителя используются модели формирования урожая О.Д. Сиротенко. Р.А. Полуэктова. При обсуждении акцент делается на основные блоки моделей продуктивности и современный принцип платформ.

### **Раздел 3. Эколого-климатические проблемы и моделирование в современной агрономии.**

Осознание опасности практики без прогноза природоохранного развития. Критика техногенной культуры. Выявление пределов развития на основе технократической идеологии. Переход комплексным моделям с включением экологических параметров в связи с распространением холистических мировоззренческих представлений.

Новые успехи синтеза математики и информатики в развитии моделирования в природоохранном земледелии. Моделирование и агроэкологическая оптимизация применения средств химизации в земледелии. Модели зависимости продуктивности культур от условий среды государственного гидрологического института.

#### **Тема 8. Модели накопления и распада пестицидов.**

Требование экологизации агрономии и земледелия реализовано в рассмотрении динамических моделей накопления и тяжелых металлов и пестицидов. Использование математических моделей для экологически безопасного применения пестицидов в севооборотах. Краткая информация о программе «макро-дабе».

#### **Тема 9. 2-D 3-D модели**

В заключении курса рассматриваются изобразительные и численные средства описывающих связь объектов и процессов в пространстве. Студенты осваивают приемы геостатистики для построения по одному признаку 2-D 3-D моделей.

### 4.3 Практические занятия

Таблица 4

#### Содержание практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Введение	ПЗ №1. Установочное			1
1.	<b>Раздел 1. Математическое моделирование в классической агрономии</b>		УК-4, УК-4,2, УК-4,3, ОПК-4 ОПК-4,3 ОПК -5,3		
	Тема 1 Основные функциональные и стохаст. зависимости в МА	ПЗ №1. Основные функциональные зависимости в МА. ПЗ № 2. Основные функциональные зависимости в МА	ОПК-4 ОПК-4,3 ОПК -5,3	Опрос	3
	Тема2. Модели продуктивности в земледелии	ПЗ № 3. Законы Либиха и Митчерлиха ПЗ № 4. Модели фотосинтеза и роста (К. де Витт, В. Дункан)	УК-4 УК-4,2, УК-4,3	Выступление с презентацией	2
	Тема 3. Модели порогов вредоносности	ПЗ № 5 Модели прогнозирования порогов вредоносности (насекомых, болезней, сорняков)	УК-4 УК-4,2, УК-4,3	Выступление с презентацией	2
2.	<b>Раздел 2. Моделирование в агрономии в эру компьютеров и интернет</b>		УК-4, УК-4,2 УК-4,3		<b>10</b>
	Тема.4 Модели на базе спутн. зондирован.	ПЗ №6. Модели прогноза урожая на базе дистанционных методов (Ceres-Weat, Ceres-Meize),	УК-4, УК-4,2 УК-4,3	Выступление с презентацией	2
	Тема5 Модели систем земледелия	ПЗ №7. Модели систем земледелия APSIM	УК-4, УК-4,2, УК-4,3	Выступление с презентацией	2
	Тема 6. Модели эрозии почвы	ПЗ №8. Модели влияния эрозии почвы на продуктивность с-х культур (EPIC) USLE, WEPP.	УК-4, УК-4,2 , УК-4,3	Выступление с презентацией	2
	Тема 7. Динамические модели агро-экосистем.	ПЗ №8 -9. Динамические модели агроэкосистем. Модели формирования урожая О.Д. Сиротенко. Р.А. Полуэктова.	УК-4, УК-4,2, УК-4,3	Выступление с презентацией	4
3.	<b>Раздел 3. Эколого-климатические проблемы и моделирование в современной агрономии</b>		УК-4, УК-4,2, УК-4,3		<b>4</b>
	Тема 8. Модели накопления и рас-	ПЗ №10. Динамические модели накопления и тяжелых металлов и пестицидов.	УК-4, УК-4,2, УК-4,3	Выступление с презентацией	2



№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Введение	ПЗ №1. Установочное			1
	пада пестицидов.	Контрольная работа			
	Тема 9. 2-D 3-D модели	ПЗ №11. 2-D 3-D модели.	УК-4, УК-4,2, УК-4,3	Выступление с презентацией	2

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Введение	Классификация моделей в агрономии, Роль моделирования в инновационном развитии агрономии и агропроизводства. Интернет как базовое условие информационных моделей. Большие данные, смарт-технологии, облачные технологии, нейросети и робототехника в экспериментальной агрономии.
<b>Раздел 1.</b>		
2	Тема 1-3	История моделирования в эпоху классической агрономии.
<b>Раздел 2.</b>		
2.	Тема 4	История агромоделирования в эру компьютеров и интернет.
3.	Тема 7	Холизм и комплексные модели в агрономии.
4.	Тема 4-7	Экспериментальное обеспечение моделей продуктивности агрофитоценозов
<b>Раздел 3.</b>		
5.	Тема 8	Использование моделирования в практике регулирования экологических ограничений агропроизводства (выделение CO <sub>2</sub> ).

#### 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.	Основные функциональные и стохаст. зависимостив МА	ПЗ	Работа в малых группах
2.	Модели порогов вредоносности сорняков, вредителей и болезней	ПЗ	Работа в малых группах
3.	Динамические модели агроэкосистем	ПЗ	Работа в малых группах
4.	Модели на базе спутникового зондирования	ПЗ	Работа в малых группах

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

Для допуска к зачету магистру необходимо, подготовить реферат, выступить с презентацией и написать контрольную работу.

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

#### 6.1.1. Темы для выступления

- 1 Законы Либиха и Митчерлиха – первые математические модели продуктивности в земледелии
- 2 Модели фотосинтеза и роста (К. де Витт, В. Дункан)
- 3 Модели прогноза урожая на базе дистанционных методов/ Ceres-Weat, Ceres-Meize),
- 4 Модели влияния эрозии почвы на продуктивность с-х культур (EPIC) USLE, WEPP.
- 5 Модели систем земледелия APSIM
- 8 Модели прогнозирования экономических порогов вредоносности (насекомых, болезней)
- 7 Динамические модели агроэкосистем. Модели формирования урожая О.Д. Сиротенко.
- 8 Динамические модели агроэкосистем. Модели формирования урожая Р.А. Полуэктова.

### Критерии оценивания результатов выступления

Таблица 6

Оценка	Критерии оценивания
«5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, проявившим знания по теме доклада без пробелов на высоком качественном уровне.
«4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, проявившим знания по теме доклада без пробелов на приемлемом качественном уровне.
«3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания
«2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не проявившим знания по теме доклада

#### 6.1.2. Письменные контрольные работы

##### Примерное содержание вопросов контрольной работы

1. Основные блоки моделей продуктивности
2. Понятие о моделях и моделировании. Значение моделирования в исследованиях агрономии.
3. Структура и функции модели. Способы построения модели.
4. Классификация математических моделей и их характеристика:
5. Свойства модели. Принципы моделирования
6. Этапы моделирования
7. Роль математического моделирования при проектировании технологий управления производственным процессом агрофитоценозов

8. Виды моделей, используемых в агрономии
9. Статистические модели агроэкосистем условия их применения
10. Динамические модели.
11. Использование моделирования в практике регулирования минерального питания, реакции среды, экологической обстановки
12. Динамические модели формирования урожая О.Д. Сиротенко. Р.Полуэктова.
13. Причинно-следственные связи и зависимости, положенные в основу моделей почвенного плодородия.
14. Зависимость урожая сельскохозяйственных культур от свойств и показателей плодородия почв и их обоснование для включения в модель.
15. Моделирование и экспериментальное обоснование оптимальных величин показателей плодородия почвы.
16. Технологические модели плодородия как пример информационных моделей.
17. Использование моделирования в практике регулирования сорного компонента агрофитоценозов. Моделирование связи засоренности и продуктивности.
18. Использование моделирования в практике регулирования физических режимов и состояния почвы (температуры, воздушный )
19. Использование моделирования в практике регулирования экологических параметров (выделение CO<sub>2</sub>)
20. Моделирование в селекции сельскохозяйственных культур. Требование к модели сорта.
21. Динамические модели накопления и распада пестицидов.
22. М. А. Митчерлих и первые математические модели в агрономии.
23. Использование моделей при разработке проектов технологий производства растительной продукции.
24. Моделирование при планировании урожайности культур. Оптимизация модели посева культур для различных условий регионов
25. Моделирование пространственного распределения свойств почвенного покрова и параметров агрофитоценоза (урожайности, сорняков, вредителей болезней по полю, участку, делянке)
26. Использование моделей при разработке проектов технологий производства растительной продукции.
27. Основные технологические блоки управления продукционным процессом растений. Базовая модель технологий производства продукции растениеводства.
28. Использование математических моделей для экологически безопасного применения пестицидов в севооборотах. Понятие о программе макро-дабе
29. Системы поддержки принятия решений (СППР), геоинформационные системы (ГИС), системы управления баз данными (СУБД),
30. Программы ARC/INFO, р MAP и их использование при прогнозе развития агроэкосистем
31. Модели фотосинтеза и роста (К. де Витт, В. Дункан)
32. Модели прогноза урожая на базе дистанционных методов/ Ceres-Weat, Ceres-Meize),
33. Модели влияния эрозии почвы на продуктивность с-х культур (EPIC) USLE, WEPP.
34. Модели систем земледелия APSIM
35. Экспериментальное обеспечение моделей продуктивности агроэкосистем (блок растение)
36. Экспериментальное обеспечение моделей продуктивности агроэкосистем (блок почва)

37. Экспериментальное обеспечение моделей продуктивности агроэкосистем (блок атмосфера)
38. Экспериментальное обеспечение моделей водной эрозии
39. Экспериментальное обеспечение моделей продуктивности агроэкосистем (блок сорные растения, вредители, болезни)
40. Вычислительный эксперимент и планирование структуры элементов полевого опыта.
41. Инновационные разработки и моделирование. Цифровая экономика (большие данные) и моделирование. Смарт технологии и моделирование

При оценивании контрольных работ используются следующие критерии (табл.7).

### Критерии оценивания контрольной работы

Таблица 7

Оценка	Критерии оценивания
«5» (отлично)	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший теоретический материал без пробелов на высоком качественном уровне.
«4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, освоивший теоретический материал без пробелов на приемлемом качественном уровне.
«3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания
«2» (неудовлетворительно)	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший теоретический материал.

### Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Зачет «5» (отлично)	Оценку зачет и отлично заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Зачет «4» (хорошо)	Оценку зачет и «хорошо» заслуживает студент, освоивший теоретический материал без пробелов на приемлемом качественном уровне. выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом, практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы
Зачет «3» (удовлетворительно)	Оценку зачет и «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом, практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы
Зачет «2» (неудовлетворительно)	Оценку <b>«незачет» (неудовлетворительно)</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Смиряев А. В. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве / А. В. Смиряев, А. В. Исачкин, Л. К. Панкина - 2-е изд., испр. и доп. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. - 153 с.
2. Научные основы защиты почв от водной эрозии и дефляции / А. Я. Рассадин [и др.] – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. - 231 с.
3. Гунар Л. Э. Применение биофизических методов исследований для прогнозирования продуктивности и качества сельскохозяйственных культур – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. - 290 с.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Ковалев, В. М. Теория урожая / В. М. Ковалев. - 3-е изд., М.: МСХА, 2003. – 331 с.
2. Смиряев, А. В. Основы биоинформатики: учебное пособие для подготовки магистров по напр. "Агрономия": / А. В. Смиряев, Л. К. Панкина - М.: МСХА, 2008. - 102 с.
3. Сиротенко, О. Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии, Обнинск: ВНИИГ-МИ-МЦД, 2011- Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии: учебное пособие. Для студентов вузов, обуч. по направлению "Гидрометеорология" и специальностям "Метеорология" и "Агрономия". кн. 1 : Математические модели в агрометеорологии / О. Д. Сиротенко - 2012. - 135 с.
4. Полуэктов, Р. Э. Динамические модели агроэкосистемы / Р. Э. Полуэктов. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
5. Моделирование продуктивности агроэкосистем / Н. Ф. Бондаренко, Е. Е. Жуковский, И. Г. Мушкин и др. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. - 264 с.
6. Математическое моделирование популяций растений и фитоценозов: сб. науч. ст. / РАН, Науч. совет по пробл. экологии и антропоген. динамики биол. систем и др. (Отв. ред. Д. О. Логофет). - М.: Наука, 1992. – 118 с.

### 7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Амелянчик О. А. Моделирование продуктивности агроэкосистем / <http://soil.msu.ru/kafedry/kaf-agrokhimii/agrohimia-kursi/2764-modelirovanie-produktivnosti-agroekosistem>
2. Хворова Л. А., Топаж А. Г. Построение моделей агроэкосистем и их адаптация к конкретным условиям. / <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-modeley-agroekosistem-i-ih-adaptatsiya-k-konkretnym-usloviyam>
3. Математические модели природных и антропогенных систем <http://agrotool.ru/content/files/Sbornik.pdf>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 8.1 Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

Аудитория для работы малыми группами.

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Аудитория № 311, учебная мультимедийная – для проведения лекций и семинаров,	1. Парты 30 шт. 2. скамейки 30 шт



практических занятий	3. Доска меловая 1 шт 4. Системный блок с монитором (558777/11) 5. Видеопроектор 3500 Лм 1 шт (558760/5)
310 компьютерный класс	1. Парты 8 шт. 2. Стулья 16 шт. 3. Доска меловая 1 шт. 4. Системный блок 8 шт. (592038, 557563/11, 600779, 35592, 560557/10, 34529, 35064/2, 410134000002182) 5. Монитор 8 шт. (592351, 557560/19, 35165, 35281, 210134000002569, 210138000000400, 557560/18, 557560/19)
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова, Читальные залы	

## 8.2 Требования к специализированному оборудованию

Для проведения курса необходимы: компьютеры и мультимедийный проектор.

## 9. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины «Моделирование в агрономии» студентам необходимо использовать знания по ряду дисциплин с целью формирования у них способности комплексно оценивать исследуемый объект, зная взаимосвязи и взаимовлияние отдельных компонентов агроэкосистемы и умея количественно определить интересующие показатели. При освоении дисциплины особое внимание уделяется развитию способности применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший занятия обязан подготовить теоретические и практические вопросы по теме пропущенного занятия и : готовит реферат по теме лекции объемом 10-15 страниц.

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

Дисциплина может изучаться как самостоятельно, так и в составе междисциплинарных модулей. Каждая группа (4-5 студентов) использует на практических информацию, полученную в рамках дисциплины «Инструментальные методы исследований». При распределении тем для выступления с презентацией следует учитывать входные знания студентов. Более сложные темы с преобладанием математического аппарата лучше предлагать выпускникам инженерных вузов или вузов с повышенным объемом дисциплин математического ряда.

### Программу разработал:

Хохлов Н.Ф., д. с.-х. н., профессор

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины **Б1.0.07. «Моделирование в агрономии» ОПОП ВО** по направлению **35.04.04 Агрономия**, направленности: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве»; «Технология производства продукции растениеводства»; «Генетика, селекция и семеноводства»; «Интегрированная защита растений»; «Фитотехнологии и биопродукционные системы».  
(квалификация выпускника – магистр)

Мельниковым Валерием Николаевичем, доцентом кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом с.-х. наук (далее по тексту рецензент) проведена экспертиза рабочей программы дисциплины «Моделирование в агрономии» ОПОП ВО для подготовки магистров по направлению **35.04.04 Агрономия**, направленности: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве»; «Технология производства продукции растениеводства»; «Генетика, селекция и семеноводства»; «Интегрированная защита растений»; «Фитотехнологии и биопродукционные системы». (разработчик профессор Хохлов Н.Ф., (кафедра земледелия и МОД ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева»).

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

Предъявленная рабочая программа дисциплины «Моделирование в агрономии» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению **35.04.04 - Агрономия**.

1. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой/вариативной части учебного цикла – Б1.В.01.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления **35.04.04 Агрономия**.

В соответствии с Программой за дисциплиной «Моделирование в агрономии» закреплено **4 компетенции**. Дисциплина «Моделирование в агрономии» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

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

Общая трудоёмкость дисциплины «Моделирование в агрономии» составляет 3 зачётных единицы (108 часов).

Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Моделирование в агрономии» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению **35.04.04 Агрономия** и возможность дублирования в содержании отсутствует.

5. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины. Программа дисциплины «Моделирование в агрономии» предполагает 4 занятия в интерактивной форме.

6. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления шифр **35.04.04 - Агрономия**.

7. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, диспутах, круглых столах, мозговых штурмах и ролевых играх, выполнение эссе, участие в тестировании, коллоквиумах, работа над домашним заданием в форме игрового проектирования (в профессиональной области) и аудиторных заданиях - работа с историческими текстами), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой/ части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления **35.04.04 -Агрономия**

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

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой 3 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 6 наименований, Интернет-ресурсы –3 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **35.04.04 – Агрономия.**

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Моделирование в агрономии» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

11. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Моделирование в агрономии».

#### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Моделирование в агрономии» ОПОП ВО по направлению **35.04.04 - Агрономия**, направленности: «Адаптивные системы земледелия», «Управление агробизнесом в растениеводстве»; «Технология производства продукции растениеводства»; «Генетика, селекция и семеноводства»; «Интегрированная защита растений»; «Фитотехнологии и биопродукционные системы». (квалификация выпускника – магистр), разработанная Хохловым Н.Ф, профессором, д. с.-х. н, (кафедра земледелия и МОД) соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Мельников В. Н., доцент кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат сельскохозяйственных наук

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.  
(подпись)