



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 генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке  
и инновационному развитию



С.Л. Белопухов

«30» августа 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В БИОЛОГИИ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

для подготовки кадров высшей квалификации  
ФГОС ВО

Направление подготовки: **06.06.01 – Биологические науки**  
Направленность программы: **Биотехнология (в том числе  
бионанотехнологии)**

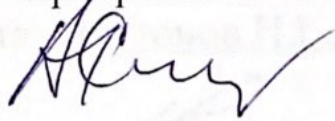
Год обучения - 1

Семестр обучения - 2

Язык преподавания - русский

Москва, 2017

Автор рабочей программы: Смиряев А.В., доктор биологических наук,  
профессор



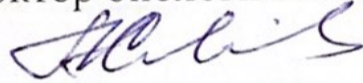
«28»августа 2017 г.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины Блока 1 «Дисциплины» аспирантам очной формы обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 06.06.01 – биологические науки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 871 и зарегистрированного в Минюсте России 20.08.2014 № 33686.

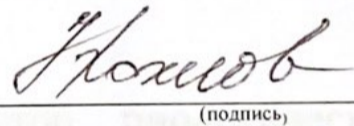
Программа обсуждена на заседании кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства

Зав. кафедрой Соловьев А.А., доктор биологических наук, профессор



«28»августа 2017 г.

Рецензент: Хохлов Н.Ф., д.с.-х.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

**Проверено:**

Начальник учебно-методического отдела  
Управления подготовки кадров  
высшей квалификации

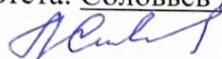
  
(подпись)

С.А. Дикарева



**Согласовано:**

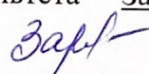
Декан факультета: Соловьев А.А., доктор биологических наук, профессор



28 августа 2017 г.

Программа обсуждена на заседании Ученого совета факультета агрономии и биотехнологии, протокол № 13 от 28 августа 2017 г.

Секретарь ученого совета факультета Заренкова Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент



28 августа 2017 г.

Программа принята учебно-методической комиссией факультета агрономии и биотехнологии, протокол №6 от 28 августа 2017 г

Председатель учебно-методической комиссии Милюкова Н.А., к.б.н., доцент



28 августа 2017 г.

Заведующий кафедрой Соловьев А.А., доктор биологических наук, профессор



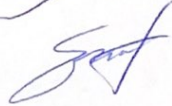
28 августа 2017 г.

Начальник УИТ



М.Ю. Годов

Отдел комплектации ЦНБ



Е.А. Комарова

**Копия электронного варианта получена:**

Начальник отдела поддержки  
дистанционного обучения УИТ



К.И. Ханжиян

## Содержание

АННОТАЦИЯ .....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	6
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ООП.....	6
3. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	7
4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	7
5. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ.....	11
6. ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ.....	11
7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), ВИДЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ И ФОРМ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ.....	11
7.1 Распределение трудоёмкости дисциплины (модуля) по видам работ.....	11
7.2 Содержание дисциплины.....	11
7.3 Образовательные технологии.....	15
7.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины (модуля).....	16
7.5 Контрольные работы /рефераты.....	17
8. ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	18
9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	20
9.1 Перечень основной литературы.....	20
9.2 Перечень дополнительной литературы.....	20
9.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	21
9.4 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса.....	21
9.5 Описание материально-технической базы.....	22
9.5.1 Требования к аудиториям.....	22
9.5.2 Требования к специализированному оборудованию.....	22
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ АСПИРАНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЮ).....	21
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	22

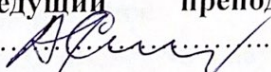


## АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» является важной составной частью Учебного плана подготовки аспирантов по направлению подготовки: 06.06.01 – Биологические науки, программам аспирантуры 03.01.05 – Физиология и биохимия растений, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), 03.02.07 – Генетика.

Основная задача учебной дисциплины – освоение аспирантами теоретических и практических знаний в области планирования и статистического анализа результатов биологических и сельскохозяйственных экспериментов. Дисциплина «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» в системе биологических наук изучает принципы планирования и статистического анализа результатов биологических и сельскохозяйственных экспериментов. Излагаются вопросы теории вероятности и математической статистики, построения и практического использования математико-статистических моделей биологических и сельскохозяйственных объектов. Аспиранты получают представление о современных методах планирования и статистического анализа результатов биологических и сельскохозяйственных экспериментов.

Общая трудоемкость учебной дисциплины «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» составляет 3 зачетные ед., в объеме 108 часов. Контроль знаний аспирантов проводится в форме текущей и промежуточной аттестации. Текущая аттестация аспирантов – оценка знаний и умений проводится постоянно на практических занятиях с помощью устного опроса, решения заданий, оценки самостоятельной работы аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов проводится в форме итогового контроля по дисциплине – зачета.

**Ведущий преподаватель:** Смиряев А.В., профессор,  
д.б.н..... 



## **1. Цель и задачи дисциплины.**

Целью изучения дисциплины (модуля) Б1.В.ОД.3 «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» является освоение аспирантами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков в области планирования и статистического анализа результатов биологических и сельскохозяйственных экспериментов, познания приемов и способов подготовки, проведения и анализа результатов научных экспериментов.

Задачи дисциплины в формировании у аспирантов умений и навыков по планированию и проведению научных исследований в физиологии, биохимии растений, биотехнологии (в том числе бионанотехнологии), а также генетики.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее программа аспирантуры).**

Дисциплина (модуль) Б1.В.ОД.3 «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» включена в перечень ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации), в Блок 1 «Дисциплины» (модули) вариативной части. Реализация в дисциплине «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» требований ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации), ОПОП ВО и Учебного плана по программе аспирантуры, решений учебно-методической комиссии и Ученого совета факультета, отечественного и зарубежного опыта, должна учитывать следующее знание научных разделов:

- методика проведения научных исследований;
- методика преподавания дисциплины «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**»;
- технологии планирования проведения и анализа результатов научных экспериментов в биологии и сельском хозяйстве;

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина, являются: «теория вероятности», «математическая статистика», «общая генетика» «физиология растений», «биохимия растений».

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальностям и написании научно-квалификационной работы (диссертации) по научным специальностям 03.01.05 – Физиология и биохимия растений, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), 03.02.07 – Генетика.



Дисциплина (модуль) является основополагающей в учебном плане подготовки аспирантов по направлению подготовки 06.06.01 – Биологические науки, программам аспирантуры 03.01.05 – Физиология и биохимия растений, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), 03.02.07 – Генетика.

Особенностью учебной дисциплины «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» является научно-исследовательская направленность. Аспирантам в областях физиологии и биохимии растений, биотехнологии (в том числе бионанотехнологии), генетики будет способен самостоятельно планировать, проводить и обрабатывать результаты экспериментов в биологии и сельском хозяйстве. Это предполагает знания принципов и методов планирования и статистической обработки генетических и биотехнологических данных.

**3. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, из которых 30 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем ( 10 часов занятия лекционного типа, 20 часов занятия семинарского типа), 78 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

#### **4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы аспирантуры**

Дисциплина (модуль) должна формировать следующие компетенции:

УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-3 готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

Освоение учебной дисциплины «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» направлено на формирование у аспирантов компетенций, представленных в таблице 1.

Контроль знаний аспирантов проводится в форме текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация аспирантов – оценка знаний и умений проводится постоянно на практических занятиях с помощью устного опроса, решения контрольных заданий, оценки самостоятельной работы аспирантов.

Промежуточная аттестация аспирантов проводится в форме итогового контроля по дисциплине –зачет.



Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве», соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы аспирантуры

№ п/п	Код компетенции	Содержание формируемых компетенций	В результате изучения дисциплины(модуля) обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	При решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	технологиями критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
2	УК-3	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;	современные принципы организации российских и международных исследовательских коллективов	организовать научно-исследовательскую работу в коллективе, состоящем из специалистов различного уровня подготовки	методами как биологических, так и других современных направлений для работы в коллективах ученых разных направлений
3	ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую	основы планирования и анализа результатов экспериментов	Обобщать и анализировать полученную научную	методами планирования и количественного

		<p>деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>помогают составить целостное представление о картине мира на научной основе, формировать способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения</p>	<p>информацию, правильно ставить цели и выбирать пути ее достижения</p>	<p>анализа биологических и сельскохозяйственных экспериментов</p>
--	--	--	---	---	---



## 5. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по теории вероятности, математической статистики, общей генетики, физиологии растений, биохимия растений

## 6. Формат обучения

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

## 7. Содержание дисциплины (модуля), виды учебных занятий и формы их проведения.

### 7.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

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

Таблица 2

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	зач. Ед.	час.
<b>Общая трудоемкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>3</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>0,83</b>	<b>30</b>
Лекции (Л)	0,28	10
Практические занятия (ПЗ)	0,55	20
<b>Самостоятельная работа (СРА)<sup>1</sup></b>	<b>2,17</b>	<b>78</b>
в том числе:		
самоподготовка к текущему контролю знаний	1,92	69
Вид контроля:		
Зачет	<b>0,25</b>	<b>9</b>

### 7.2. Содержание дисциплины

<sup>1</sup> Оставить только те виды учебной работы, которые включены в СРА по дисциплине

Таблица 3

## Тематический план дисциплины

**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего, час.	Контактная работа, час.		Самостоятельная работа, час.
		Лекция	Практические занятия	
Раздел I. Основы математического моделирования в биологии и сельском хозяйстве	<b>33</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>24</b>
Тема 1 Статистические методы, параметры и их оценки	<b>11</b>	1	2	8
Тема 2. Математические модели биологических систем	<b>11</b>	1	2	8
Тема 3. Моделирование кинетики метаболизма	<b>11</b>	1	2	8
Раздел II. Теория эксперимента	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
Тема 1. Последовательный анализ	11	1	2	8
Тема 2. Построение регрессионных моделей	11	1	2	8
Раздел III. Вероятностные модели в генетике и биотехнологии	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
Тема 1. Оценки вероятностных параметров	22	2	4	16
Раздел IV. Модели и параметры популяционной генетики	31	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>22</b>
Тема 1. Параметры популяции, ее динамика и равновесие	11	1	2	8
Тема 2. Оценка влияния эволюционных факторов на параметры популяции	22	2	4	14
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>78</b>



### Тема 1. Оценки вероятностных параметров.

Сумма и произведение событий. Формула полной вероятности. Теория мишени и ряд Пуассона.

### Раздел IV. Модели и параметры популяционной генетики

#### Тема 1. Параметры популяции, ее динамика и равновесие

Понятие полиморфизма популяции. Оценки генетической и генотипической структуры. Закон Харди-Вайнберга, предположения для его выполнения, проверка равновесия по ограниченной выборке, применение закона в генетических и селекционных исследованиях. Закономерности установления равновесия популяции и статистические методы для проверки равновесия. Оценки полиморфности и гетерозиготности популяций.

#### Тема 2. Оценка влияния эволюционных факторов на параметры популяции

Влияние дрейфа, отбора, мутаций, миграции

Таблица 4

Содержание семинарских занятий по дисциплине и контрольных мероприятий

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (укрупнено)	№ и название практических/семинарских занятий	Вид контрольного мероприятия	Количество академических часов
1	Раздел I. Основы математического моделирования в биологии и сельском хозяйстве			6
2	Тема 1 Статистические методы, параметры и их оценки	Оценки статистических параметров по экспериментальным данным	Опрос, решение задач	2
3	Тема 2. Математические модели биологических систем	Динамика численности популяции, модель роста дерева	Опрос, решение задач	2
4	Тема 3. Моделирование кинетики метаболизма	Модели и эксперименты в биотехнологии	Защита практической работы	2
5	Раздел II. Теория эксперимента			4

6	Тема 1. Последовательный анализ	Минимизация экспериментальной выборки	Активность участия в дебатах	2
7	Тема 2. Построение регрессионных моделей	Эффективность аппроксимации регрессиями первого порядка	Контрольная работа	2
8	Раздел III. Вероятностные модели в генетике и биотехнологии			4
9	Тема 1. Оценки вероятностных параметров	Влияние объема экспериментальной выборки на вероятность успеха эксперимента	Опрос, решение задач	4
10	Раздел IV. Модели и параметры популяционной генетики			6
11	Тема 1. Параметры популяции, ее динамика и равновесие	Экспериментальная оценка параметров популяции	Опрос, решение задач	2
12	Тема 2. Оценка влияния эволюционных факторов на параметры популяции	Оценки параметров, характеризующих влияние эволюционных факторов	Контрольная работа	4
	<b>Итого по дисциплине</b>			<b>20</b>

### 7.3. Образовательные технологии

Таблица 5

#### Активные и интерактивные формы проведения занятий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Кол-во часов	№ п/п
1.	Планирование эксперимента	Л	Лекция-беседа с вкрапленными заданиями	4
2.	Вероятностные модели экспериментов	ПЗ	Тематическая дискуссия	4
3.	Оценка параметров	ПЗ	Тематическая дискуссия	4



гетерогенности и гетерозиготности популяций			
Всего:			<b>12</b>

Общее количество часов аудиторных занятий, проведённых с применением активных и интерактивных образовательных технологий составляет 12 часов (40% от общей аудиторной трудоемкости дисциплины).

#### 7.4. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины (модуля) «Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»

Таблица 6

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	Количество часов
1	Раздел I. Основы математического моделирования в биологии и сельском хозяйстве		<b>24</b>
2	Тема 1 Статистические методы, параметры и их оценки	Оценки статистических параметров по экспериментальным данным	8
3	Тема 2. Математические модели биологических систем	Динамика численности популяции, модель роста дерева	8
4	Тема 3. Моделирование кинетики метаболизма	Модели и эксперименты в биотехнологии	8
5	Раздел II. Теория эксперимента		<b>16</b>
6	Тема 1. Последовательный анализ	Минимизация экспериментальной выборки	8
7	Тема 2. Построение регрессионных моделей	Эффективность аппроксимации регрессиями первого порядка	8
8	Раздел III. Вероятностные модели в генетике и биотехнологии		<b>16</b>
9	Тема 1.	Влияние объема экспериментальной	16



	Оценки вероятностных параметров	выборки на вероятность успеха эксперимента	
10	Раздел IV. Модели и параметры популяционной генетики		22
11	Тема 1. Параметры популяции, ее динамика и равновесие	Экспериментальная оценка параметров популяции	8
12	Тема 2. Оценка влияния эволюционных факторов на параметры популяции	Оценки параметров, характеризующих влияние эволюционных факторов	14
	<b>Итого по дисциплине</b>		<b>78</b>

## 7.5. Контрольные работы

### Вопросы контрольной работы № 1.

1. Что такое моделирование, общее определение модели, для чего их используют? 2. Приведите классификацию моделей и определение математической модели. 3. В чем разница понятий робастности и адекватности модели? 4. Что такое идентификация, настройка и верификация модели? Как они проводятся? 5. Чем отличаются дескриптивные и оптимизационные модели? 6. Приведите уравнение (модель) для описания прогрессии размножения, когда нет никаких ограничений на  $N$ . Как изменится эта модель, если ввести ограничение – предельную численность популяции  $K_{max}$ ? 7. Поясните понятие популяционных волн и их классификацию, от чего зависит форма волн численности? 8. Из каких частей состоят уравнения - модель для описания изменений численности популяций хищника и жертвы в их ограниченном ареале совместного обитания? 9. В чем состоит общая гипотеза, объясняющая причину остановки роста дерева, и какие упрощающие предположения используются для построения модели роста? 10. Каковы основные количественные показатели, используемые при моделировании кинетики биотехнологических процессов? 11. Привести графики простейших зависимостей удельной скорости роста биомассы (плотности) популяции от концентрации основного компонента субстрата, а также от концентрации продукта метаболизма. Сформулировать модельные предположения для каждого графика. 12. Задать конкретные значения констант в модели Колпикова, которая предполагает ингибирующее влияние концентрации субстрата на популяцию микроорганизмов. Построить соответствующий график зависимости удельной скорости диссимиляции микроорганизмов от  $s$ . 13. По аналогии с моделями Моно, Мозеса и Андрюса составить формулы



зависимости удельной скорости биосинтеза основного продукта биотехнологического процесса от  $s$ . Пояснить смысл каждой зависимости. 14. Пояснить способ оценки среднего возраста культуры в биореакторе. Какие модельные зависимости предложены для описания влияния среднего возраста на удельную скорость биосинтеза продукта? 15. Каковы модельные предположения о характере деградации продукта метаболизма в процессе его биосинтеза? 16. Какова структура уравнения расхода субстрата в биотехнологическом процессе? 17. Каковы основные принципы планирования эксперимента, обеспечивающие получение максимума информации при минимуме опытов. 18. Что такое последовательный анализ, какова его цель? 19. Приведите схемы многофакторных экспериментов с количественной градацией изучаемых вариантов. Что такое полный факторный эксперимент и каковы его характеристики?

### Вопросы контрольной работы № 2.

1. Чем отличаются стохастические модели от детерминистических?. Пояснить на примерах. 2. Определить соотношение долей генотипов  $Aa$  и  $aa$  в популяции  $F_3$ , полученной после самоопыления популяции  $F_2$  пшеницы со структурой  $0,25AA; 0,5Aa; 0,25aa$ . 3. Привести примеры генетических, микробиологических, экологических и медицинских экспериментов, при анализе которых может быть применена теория мишени. 4. Для каких целей в экологии можно использовать ряд Пуассона? Пояснить на примерах. 5. Как по выборке данных в популяции определить частоты генотипов и генов? Приведите числовой пример. 6. Закон Харди-Вайнберга. Ограничения, при которых он выполняется. 7. Установление равновесия в популяции при частичном самоопылении. Приведите числовой пример. 8. Влияние иммиграции на структуру популяции. Приведите числовой пример. 9. Оценка относительной приспособленности и коэффициента отбора генотипа в популяции. Приведите числовой пример. 10. Эффективная численность и ее влияние на структуру популяции. 11. Влияние мутационного процесса на генетическую структуру популяции (судьба единичной мутации, равновесие при регулярных мутациях).

### 8. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их «карты» (см. карты компетенций).

Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине:

1. Что такое моделирование, общее определение модели, для чего их используют?



2. Приведите классификацию моделей и определение математической модели.
3. В чем разница понятий робастности и адекватности модели?
4. Что такое идентификация, настройка и верификация модели? Как они проводятся?
5. Чем отличаются дескриптивные и оптимизационные модели?
6. Приведите уравнение (модель) для описания прогрессии размножения, когда нет никаких ограничений на  $N$ . Как изменится эта модель, если ввести ограничение – предельную численность популяции  $K_{\max}$ ?
7. Поясните понятие популяционных волн и их классификацию, от чего зависит форма волн численности?
8. Из каких частей состоят уравнения - модель для описания изменений численности популяций хищника и жертвы в их ограниченном ареале совместного обитания?
9. В чем состоит общая гипотеза, объясняющая причину остановки роста дерева, и какие упрощающие предположения используются для построения модели роста?
10. Каковы основные количественные показатели, используемые при моделировании кинетики биотехнологических процессов?
11. Привести графики простейших зависимостей удельной скорости роста биомассы (плотности) популяции от концентрации основного компонента субстрата, а также от концентрации продукта метаболизма. Сформулировать модельные предположения для каждого графика.
12. Задать конкретные значения констант в модели Колпикова, которая предполагает ингибирующее влияние концентрации субстрата на популяцию микроорганизмов. Построить соответствующий график зависимости удельной скорости диссимиляции микроорганизмов от  $s$ .
13. По аналогии с моделями Моно, Мозеса и Андрюса составить формулы зависимости удельной скорости биосинтеза основного продукта биотехнологического процесса от  $s$ . Пояснить смысл каждой зависимости.
14. Пояснить способ оценки среднего возраста культуры в биореакторе. Какие модельные зависимости предложены для описания влияния среднего возраста на удельную скорость биосинтеза продукта?
15. Каковы модельные предположения о характере деградации продукта метаболизма в процессе его биосинтеза?
16. Какова структура уравнения расхода субстрата в биотехнологическом процессе?
17. Каковы основные принципы планирования эксперимента, обеспечивающие получение максимума информации при минимуме опытов.
18. Что такое последовательный анализ, какова его цель?
19. Приведите схемы многофакторных экспериментов с количественной градацией изучаемых вариантов. Что такое полный факторный эксперимент и каковы его характеристики?
20. Что такое дробный факторный эксперимент?
21. Чем отличаются стохастические модели от детерминистических?. Пояснить на примерах.



22. Определить соотношение долей генотипов  $Aa$  и  $aa$  в популяции  $F_3$ , полученной после самоопыления популяции  $F_2$  пшеницы со структурой  $0,25AA; 0,5Aa; 0,25aa$ .
23. Привести примеры генетических, микробиологических, экологических и медицинских экспериментов, при анализе которых может быть применена теория мишени.
24. Для каких целей в экологии можно использовать ряд Пуассона? Пояснить на примерах.
25. Как по выборке данных в популяции определить частоты генотипов и генов? Приведите числовой пример.
26. Закон Харди-Вайнберга. Ограничения, при которых он выполняется. 7. Установление равновесия в популяции при частичном самоопылении. Приведите числовой пример.
28. Влияние иммиграции на структуру популяции. Приведите числовой пример.
29. Оценка относительной приспособленности и коэффициента отбора генотипа в популяции. Приведите числовой пример.
30. Эффективная численность и ее влияние на структуру популяции.
31. Влияние мутационного процесса на генетическую структуру популяции (судьба единичной мутации, равновесие при регулярных мутациях).

#### **Формы промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.**

#### **9. Ресурсное обеспечение:**

##### **9.1 Перечень основной литературы**

3. Рыков В.В., Иткин В.Ю. Математическая статистика и планирование эксперимента. Учебное пособие. М.: РГУ НГ. 2009. – 303 с.
1. А.В. Смиряев, А.В. Исачкин, Л.К. Панкина Моделирование в биологии и сельском хозяйстве. Учебное пособие. Издание 2-е// М., ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2013. - 153 с.
- 2 Смиряев А.В., Кильчевский А.В. Генетика популяций и количественных признаков. Учебник. М.: КолосС, 2007. – 256 с.

##### **9.2 Перечень дополнительной литературы**

1. Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. – 274 с.
2. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Высшая школа, 1974. – 322 с.
3. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971, - 208 с.

4. Ллойд Э., Ледерман У. Справочник по прикладной статистике. Т. 1. М.: Финансы и статистика. – 1989. 450 с.

**9.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

1. Web of Science реферативно-библиографическая база данных научного цитирования (<http://isiknowledge.com>)

**9.4 Описание материально-технической базы.**

Для реализации программы подготовки по дисциплине «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» необходимо мультимедийное оборудование для демонстрации учебных материалов.

**9.4.2 Требования к специализированному оборудованию**

Аспирантская лаборатория укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой и подключены к сети "Интернет", что обеспечивает доступ в электронную информационно-образовательную среду РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

**10. Методические рекомендации аспирантам по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» следует уделить внимание использованию различных источников информации при самостоятельной внеаудиторной работе: не только учебников и учебных пособий, но и периодических научных изданий. Интерактивные формы занятий требуют предварительной подготовки аспиранта в виде подбора свежих научных статей или их резюме по заранее объявленной преподавателем теме для последующего совместного обсуждения с ним и другими аспирантами в ходе выполнения заданий. Необходимым является использование публикаций на иностранных языках.

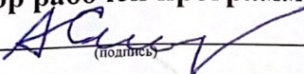
**12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине (модулю)**

Преподавание дисциплины «**Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве**» требует сжатой подачи теоретического материала при одновременной привязке к решению конкретных практических задач в области планирования и обработки результатов биологических и сельскохозяйственных экспериментов. Рекомендуется на всех практических занятиях кроме первого (вводного) проводить с аспирантами обсуждение выдержек из новых публикаций по изученным темам. При этом следует добиваться понимания аспирантами сути задания – не просто поиска и



копирования информации с заданными ключевыми словами, а проведения краткого анализа, обобщения с собственными комментариями и выводами. В качестве упражнения на закрепление пройденного материала можно предлагать аспирантам разрабатывать решение освещаемых в научной прессе проблем планирования и обработки результатов биологических и сельскохозяйственных экспериментов. Следует акцентировать внимание аспирантов на большом значении изучаемой ими дисциплины.

**Автор рабочей программы:** д.б.н., профессор Смиряев А.В.

  
(подпись)



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу по дисциплине **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»**  
ОПОП ВО по направлению подготовки 06.06.01 – Биологические науки,  
программам аспирантуры 03.01.05 – Физиология и биохимия растений;  
03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии);  
03.02.07 – Генетика

Хохловым Николаем Федоровичем (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы по дисциплине **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** ОПОП ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 06.06.01 – Биологические науки, программам аспирантуры 03.01.05 – Физиология и биохимия растений, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), 03.02.07 – Генетика, разработанной в ФГБОУ ВО «Российский аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства (разработчик – д.б.н, профессор Смирязев А.В.)

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

1. Предъявленная рабочая программа учебной дисциплины **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 06.06.01 – биологические науки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 871 и зарегистрированного в Минюсте России 20.08.2014 № 33686.
2. Рабочая программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам, предъявляемым к рабочей программе дисциплины в соответствии с Письмом Рособнадзора от 17.04.2006 № 02-55-77ин/ак.
3. Представленная в Рабочей программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла Блок 1 «Дисциплины».
4. Представленные в Рабочей программе цели учебной дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направления подготовки 06.06.01 – биологические науки с учётом профессиональных стандартов: «Преподаватель», «Научный работник», рекомендуемых для всех направлений подготовки.
5. В соответствии с Рабочей программой за дисциплиной **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** закреплена две универсальные (УК-1, УК-3) и одна



общефессиональная компетенций (ОПК-1), которые реализуются в объявленных требованиях.

6. Результаты обучения, представленные в Рабочей программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.
7. Содержание учебной дисциплины, представленной Рабочей программы, соответствует рекомендациям примерной рабочей программы дисциплины, рекомендуемой при реализации ФГОС ВО по направлениям подготовки в аспирантуре.
8. Общая трудоёмкость дисциплины **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** составляет 3 зачётные единицы (108 часов), что соответствует ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) для направления подготовки 06.06.01 – биологические науки.
9. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Учебная дисциплина **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и Учебного плана по направлению подготовки 06.06.01 – биологические науки и возможность дублирования в содержании отсутствует.
10. Представленная Рабочая программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.
11. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы аспирантов, представленные в Рабочей программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направления подготовки 06.06.01 – биологические науки.
12. Представленные и описанные в Рабочей программе формы текущей оценки знаний соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.  
Форма промежуточного контроля знаний аспирантов, предусмотренная Рабочей программой, осуществляется в форме кандидатского экзамена, что соответствует примерной рабочей программе дисциплины, рекомендуемой для всех направлений подготовки, а также статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла Блока I (вариативная часть, обязательная дисциплина) ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направления подготовки 06.06.01 – биологические науки.
13. Формы оценки знаний, представленные в Рабочей программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.



14. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника, дополнительной литературой – 4 наименования, Интернет-ресурсы – 1 источник и соответствует требованиям ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направления подготовки 06.06.01 – биологические науки.
15. Материально-техническое обеспечение соответствует специфике дисциплины «» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.
16. Методические рекомендации аспирантам и методические рекомендации преподавателям дают представление о специфике обучения по дисциплине **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** и соответствуют требованиям Письма Рособнадзора от 17.04.2006 N 02-55-77ин/ак.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Статистический анализ экспериментов в биологии и сельском хозяйстве»** ОПОП ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 06.06.01 – Биологические науки, программам аспирантуры 03.01.05 – Физиология и биохимия растений, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), 03.02.07 – Генетика, разработанная рабочая программа соответствует требованиям ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации), современным требованиям экономики, рынка труда, профессиональных стандартов «Преподаватель» и «Научный работник», позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент

Хохлов Н.Ф., д. с.-х. н., профессор кафедры земледелия и методики опытного

дела  
