

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шитикова Александра Васильевна  
Должность: И.о. директора института агробиотехнологии  
Дата подписания: 19.04.2024 10:38:38  
Уникальный программный ключ:  
fcd01ecb1fdf76898cc51f245ad12c3f716ce658

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора института  
агробиотехнологии  
Шитикова А.В.  
«19» 04 2023 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
Б1.О.07 «МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

для подготовки магистров  
Направление: 19.04.01 - Биотехнология  
Направленность: Биоинженерия и бионанотехнологии  
Форма обучения очная  
Год начала подготовки: 2022

Курс 1  
Семестр 2

В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2023 г. начала подготовки.

Разработчик: Чередниченко М.Ю., канд. биол. наук, доцент Чер

«28» 08 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры биотехнологии, протокол № 53 от «28» 08 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой Чер

**Лист актуализации принят на хранение:**

И.о. заведующего выпускающей кафедрой биотехнологии Чер  
«28» 08 2023 г.

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шиткина Анна Васильевна  
Должность: директор института агrobiотехнологий  
Дата подписания: 2023-11-10 13:34:35  
Уникальный программный ключ:  
fcd01ecb11d76898c517245ad123f716ce658



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 агrobiотехнологий  
Кафедра биотехнологии



УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. директора Института  
агrobiотехнологий

С.Л. Белопухов  
2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.07 «МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

для подготовки магистров

ФГОС ВО 3++

Направление: 19.04.01 – Биотехнология

Направленность: Биотехнология и молекулярная биология

Курс 1

Семестр 2

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Москва, 2022





## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	9
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	9
ПО СЕМЕСТРАМ.....	9
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ ПРАКТИЧЕСКИЕ/СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	13
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	13
6.2. Примерный перечень вопросов к дифференцированному зачету по дисциплине.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	15
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	16
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	16
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	16
7.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	16
7.4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ .....	17
8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	17
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	17
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	18

## АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.07 «Методы моделирования биотехнологических процессов» для подготовки магистров по направлению 19.04.01 – Биотехнология, программа «Биоинженерия и бионанотехнологии»

**Цель освоения дисциплины:** формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области современного моделирования биотехнологических объектов и процессов, включая основные понятия, классификации моделей и методов моделирования, их возможности и ограничения; использования специализированного программного обеспечения, баз данных, адаптации известных программных продуктов, элементов искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности; разработки алгоритмов и участия в разработке программ в сфере своей профессиональной деятельности; выбора и использования современных инструментальных методов и технологий, освоения новых методов и техник исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности; разработки и применения на практике инновационных решений в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.

**Место дисциплины в учебном плане.** Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» включена в цикл дисциплин обязательной части Учебного плана по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», программа «Биоинженерия и бионанотехнологии».

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6.

**Краткое содержание дисциплины:** Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» призвана обучить студента принципам современного моделирования: основным понятиям, классификации моделей и методов моделирования, их возможностям и ограничениям. Материал иллюстрирован примерами применения моделирования и задачами (большинство со схемами решения) из биотехнологии, экологии, генетики, селекции, растениеводства, физиологии и защиты растений, медицины, вирусологии, радиологии, демографии, теории эволюции, а также из экономики. Особенностью дисциплины является последовательное изучение принципов современного моделирования: основным понятиям, классификации моделей и методов моделирования, их возможностям и ограничениям. Дисциплина является наукоемкой и комплексной, требующей знаний основ высшей математики, математической статистики, информатики.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов», являются «Информационные технологии в биотехнологии», «Методологические основы исследований в биотехнологии», «Клеточная инженерия», «Бионанотехнологии». Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» является основополагающей для изучения дисциплины «Системная биология», «Основы коммерциализации технологических достижений», «Вторичный метаболизм высших растений», «Прикладная биотехнология».

**Общая трудоемкость дисциплины/в т.ч. практическая подготовка:** 108

часов (3 зач.ед.) / 0

**Промежуточный контроль:** экзамен.

### **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области современного моделирования биотехнологических объектов и процессов, включая основные понятия, классификации моделей и методов моделирования, их возможности и ограничения; использования специализированного программного обеспечения, баз данных, адаптации известных программных продуктов, элементов искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности; разработки алгоритмов и участия в разработке программ в сфере своей профессиональной деятельности; выбора и использования современных инструментальных методов и технологий, освоения новых методов и техник исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности; разработки и применения на практике инновационных решений в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.

Цель дисциплины соотнесена с общими целями основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО) по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», в рамках которого изучается дисциплина.

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

Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» включена в цикл дисциплин обязательной части Учебного плана. Реализация в дисциплине «Методы моделирования биотехнологических процессов» требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 19.04.01 – «Биотехнология», программа «Биоинженерия и бионанотехнологии», позволит решать профессиональные задачи, иметь помимо профессиональной и мировоззренческую направленность; охватывать теоретическую, познавательную деятельность и практические компоненты подготавливаемого специалиста.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов», являются «Информационные технологии в биотехнологии», «Методологические основы исследований в биотехнологии», «Клеточная инженерия», «Бионанотехнологии».

Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» является основополагающей для изучения дисциплины «Системная биология», «Основы коммерциализации технологических достижений», «Вторичный метаболизм высших растений», «Прикладная биотехнология».

Рабочая программа дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.



## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п компетенции	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Уровень пестей (для 3-4)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	Способен использовать специализированное программное обеспечение, базы данных, печатные, графические адаптивные известные программные продукты, элементы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Знает пути и перспективы применения современных компьютерных технологий в биологических науках и образовании	пути и перспективы применения современных компьютерных технологий в биологических науках и образовании	находить информацию о путях и перспективах применения современных компьютерных технологий в биологических науках и образовании	навыками применения современных компьютерных технологий в биологических науках и образовании
2.	ОПК-3	Способен разрабатывать алгоритмы и участвовать в разработке программ в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Знает методы алгоритмизации, языки и технологии программирования, прикладные для практического применения в профессиональной области	методы алгоритмизации, языки и технологии программирования, прикладные для практического применения в профессиональной области	применять методы алгоритмизации, языки и технологии программирования при решении профессиональных задач	навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач
3.			ОПК-3.2 Умест применять методы алгоритмизации, языки и технологии программирования при решении профессиональных задач	методы алгоритмизации, языки и технологии программирования, прикладные для практического применения в профессиональной области	применять методы алгоритмизации, языки и технологии программирования при решении профессиональных задач	навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач

4.			ОПК-3.3 Владеет навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач	методы алгоритмизации, языки и технологии программирования, прикладные для практического применения в профессиональной области	применять методы алгоритмизации, языки и технологии программирования при решении профессиональных задач	навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач
5.	ОПК-4	Способен выбирать и использовать современные инструменты и технологии, осваивать новые методы и технику исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знает современные методы, технологии и оборудование для лабораторных исследований в области профессиональной деятельности	современные методы, технологии и оборудование для лабораторных исследований в области профессиональной деятельности	использовать современные методы, технологии и оборудование для исследований в области профессиональной деятельности	способностью творчески модифицировать технические средства для решения инновационных задач в профессиональной деятельности
6.			ОПК-4.3 Владеет способностью творчески модифицировать технические средства для решения инновационных задач в профессиональной деятельности	современные методы, технологии и оборудование для лабораторных исследований в области профессиональной деятельности	использовать современные методы, технологии и оборудование для исследований в области профессиональной деятельности	способностью творчески модифицировать технические средства для решения инновационных задач в профессиональной деятельности
7.	ОПК-6	Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом	ОПК-6.2 Оценивает риски и управляет процессом разработки и принятия решений на основе использования современных методов исследования и технологий	принципы оценки рисков и управления процессом разработки и принятия решений на основе использования современных методов исследования и технологий	оценивать риски и управлять процессом разработки и принятия решений на основе использования современных методов исследования и технологий	навыками использования современных методов исследования и технологических решений

8.		экономических, экологических, социальных и других ограничений	Ческих решений ОПК-6.3 Анализ- рует, Управляет и совершенствует технологические процессы в про- фессиональной сфере	технологические процес- сы в профессиональной сфере	анализировать, управ- лять технологическими процессами в профес- сиональной сфере	навыками совершен- ствования технологи- ческих процессов в профессиональной сфере
----	--	---	--	---	--	---

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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

#### 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.

Таблица 2

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

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	в т.ч. по семестрам № 2
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>108/0</b>	<b>108/0</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>66,4/0</b>	<b>66,4/0</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>66,4/0</b>	<b>66,4/0</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	32	32
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	32	32
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>41,6</b>	<b>41,6</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>самоподготовка к текущему контролю знаний (самостоятельное изучение разделов, проработка и повторение лекционного материала и материала учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)</i>	17	17
<i>подготовка к экзамену</i>	24,6	24,6
<b>Вид контроля:</b>	экзамен	

\* практическая подготовка

#### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

##### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ПКР	
Раздел 1. «Дескриптивные математические модели»	32	14	12	-	6

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ПКР	
Тема 1.1. Модели динамики биологических и биотехнологических систем	17	8	6	-	3
Тема 1.2. Вероятностные модели	15	6	6	-	3
<b>Раздел 2. «Исследование операций»</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>6</b>
Тема 2.1. Исследование операций на основе оптимизационных моделей	15	6	6	-	3
Тема 2.2. Имитационное моделирование	13	6	4	-	3
<b>Раздел 3. «Модельные организмы»</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>5</b>
Тема 3.1. Использование модельных организмов	21	6	10	-	5
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	-	-	2	-
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	-	-	0,4	-
<i>подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6	-	-	-	24,6
<b>Всего за 2 семестр</b>					
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>2,4</b>	<b>41,6</b>

\* практическая подготовка

##### Раздел 1. «Дескриптивные математические модели»

Тема 1.1. Модели динамики биологических и биотехнологических систем

Модели и моделирование. Прогрессия размножения. Моделирование численности взаимодействующих популяций. Модели биотехнологических процессов. Модели баланса вещества и энергии. Биологический метод борьбы с нежелательным видом. Модели эпидемии.

Тема 1.2. Вероятностные модели

Сумма и произведение событий для моделирования генетических и селекционных процессов. Формула полной вероятности для моделирования скрещиваний. Теория мишени как основа моделей в биологии, экологии и медицине

##### Раздел 2. «Исследование операций»

Тема 2.1. Исследование операций на основе оптимизационных моделей  
Линейное, нелинейное, динамическое программирование. Многокритериальные задачи. Проблемы оптимизации в условиях неопределенности

Тема 2.2. Имитационное моделирование

Построение и проверка имитационных моделей. Модель агробиоценоза.



### Раздел 3. «Модельные организмы».

#### Тема 3.1. Использование модельных организмов

*Arabidopsis thaliana, Bacillus subtilis, Brachypodium distochyon, Caenorhabditis elegans, Chlamydomonas reinhardtii, Escherichia coli, Medicago truncatula, Neurospora crassa, Oryza sativa, Populus trichocarpa, Saccharomyces cerevisiae, Zea mays, Mus musculus, Cavia porcellus, Phiscomitrella patens, Drosophila melanogaster*

#### 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/ из них практическая подготовка
<b>Раздел 1. «Дескриптивные математические модели»</b>					
1.	Тема 1.1. Модели динамики биологических и биотехнологических систем	Лекция № 1 «Модели динамики биологических и биотехнологических систем»	ОПК-4.1, ОПК-4.3	-	8
2.		Практическое занятие № 1 «Модели и моделирование»	ОПК-4.1, ОПК-4.3	опрос по теме занятия	4
3.		Практическое занятие № 2 «Модели биотехнологических процессов»	ОПК-4.1, ОПК-4.3	опрос по теме занятия	2
4.	Тема 1.2. Вероятностные модели	Лекция № 2 «Вероятностные модели»	ОПК-4.1, ОПК-4.3	-	6
5.		Практическое занятие № 3 «Вероятностные модели»	ОПК-4.1, ОПК-4.3	опрос по теме занятия	4
6.		Практическое занятие № 4 «Теория мишени как основа моделей в биологии, экологии и медицине»	ОПК-4.1, ОПК-4.3	опрос по теме занятия	2
<b>Раздел 2. «Исследование операций»</b>					
7.	Тема 2.1. Исследование операций на основе оптимизационных моделей	Лекция № 3 «Исследование операций на основе оптимизационных моделей»	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	-	6
8.		Практическое занятие № 5 «Исследование опера-	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	опрос по теме занятия	4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
9.		ций на основе оптимизационных моделей» Практическое занятие № 6 «Многокритериальные задачи. Проблемы оптимизации в условиях неопределенности»	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	опрос по теме занятия	2
10.	Тема 2.2. Имитационное моделирование	Лекция 4 «Имитационное моделирование»	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	-	6
11.		Практическое занятие № 7 «Имитационное моделирование»	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	опрос по теме занятия	4
<b>Раздел 3. «Модельные организмы»</b>					
12.	Тема 3.1. Использование модельных организмов	Лекция № 5 «Модельные организмы»	ОПК-2.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3	-	6
13.		Практическое занятие № 8 «Использование модельных организмов»	ОПК-2.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3	устный доклад	10

Таблица 5

#### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. «Дескриптивные математические модели»</b>		
1	Тема 1.1. Модели динамики биологических и биотехнологических систем	Модели и моделирование. Прогрессия размножения. Моделирование численности взаимодействующих популяций. Модели биотехнологических процессов. Модели баланса вещества и энергии. Биологический метод борьбы с нежелательным видом. Модели эпидемии (ОПК-4.1, ОПК-4.3)
2	Тема 1.2. Вероятностные модели	Сумма и произведение событий для моделирования генетических и селекционных процессов. Формула полной вероятности для моделирования скрещиваний. Теория мишени как основа моделей в биологии, экологии и медицине (ОПК-4.1, ОПК-4.3)
<b>Раздел 2 «Исследование операций»</b>		
3	Тема 2.1. Исследование операций на основе оптимизационных моделей	Линейное, нелинейное, динамическое программирование. Многокритериальные задачи. Проблемы оптимизации в условиях неопределенности. (ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3)
4	Тема 2.2. Имитационное моделирование	Построение и проверка имитационных моделей. Модель агробиоценоза. (ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3)
<b>Раздел 3. «Модельные организмы»</b>		

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
5	Тема 3.1. Использование модельных организмов	<i>Arabidopsis thaliana, Bacillus subtilis, Brachypodium distachyon, Caenorhabditis elegans, Chlamydomonas reinhardtii, Escherichia coli, Medicago truncatula, Neurospora crassa, Oryza sativa, Populus trichocarpa, Saccharomyces cerevisiae, Zea mays, Mus musculus, Cavia porcellus, Phiscomitrella patens, Drosophila melanogaster</i> (ОПК-2.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3)

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)	
1.	Тема 1.2. Вероятностные модели	Л	Анализ конкретных ситуаций
2.	Тема 1.2. Вероятностные модели Теория мишени как основа моделей в биологии, экологии и медицине	ПЗ	Тематическая дискуссия
3.	Тема 2.2. Имитационные модели	ПЗ	Анализ конкретных ситуаций
4.	Тема 3.1. Модельные организмы	ПЗ	Анализ конкретных ситуаций

## 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

#### 6.1.1. Примерный перечень вопросов к опросу на практических занятиях

##### *Практическое занятие № 1 «Модели и моделирование»*

1. Задачи моделирования.
2. Классификация моделей.
3. Значение моделирования.
4. Прогрессия размножения.
5. Моделирование численности взаимодействующих популяций.

##### *Практическое занятие № 2 «Модели биотехнологических процессов»*

1. Модели баланса вещества и энергии.
2. Биологический метод борьбы с нежелательным видом.
3. Модели эпидемии
4. Модели динамики возрастных групп.

##### *Практическое занятие № 3 «Вероятностные модели»*

1. Сумма и произведение событий для моделирования генетических и селекционных процессов.

2. Формула полной вероятности для моделирования скрещиваний.

##### *Практическое занятие № 4 «Теория мишени как основа моделей в биологии, экологии и медицине»*

1. Ряд Пуассона.
2. Теория мишени как основа моделей в биологии.
3. Теория мишени как основа моделей в экологии.
3. Теория мишени как основа моделей в медицине.

##### *Практическое занятие №5 «Исследование операций на основе оптимизационных моделей»*

1. Линейное программирование
2. Выбор курса лечения
3. Рациональное размещение.
4. Определение плана перевозок
5. Нелинейное программирование
6. Динамическое программирование
7. Оптимизация пути.
8. Распределение ресурсов.
9. Оптимальная загрузка.

##### *Практическое занятие №6 «Многокритериальные задачи. Проблемы оптимизации в условиях неопределенности»*

1. Многокритериальные задачи.
2. Проблемы оптимизации в условиях неопределенности.
3. Теория игр.
4. Игры с природой

##### *Практическое занятие № 7 «Имитационное моделирование»*

1. Построение и проверка имитационных моделей.
2. Модель агробиоценоза.
3. Модель сои.

##### *Практическое занятие № 8 «Использование модельных организмов»*

1. Модельные организмы как объект биотехнологии
2. Омиксные исследования модельных организмов
3. Биоинформатические ресурсы.

#### 6.1.2. Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Моделирование: общее определение модели, использование.
2. Классификация моделей и определение математической модели.
3. Робастность и адекватность модели.
4. Настройка модели и ее проведение.
5. Дискриптивные и оптимизационные модели.
6. Популяционные волны и их классификация.

7. Уравнение – модель для описания изменений численности популяций хищника и жертвы в их ограниченном ареале совместного обитания
8. Предположения для построения модели роста дерева.
9. Генетическая основа биологического метода борьбы с нежелательным видом. Модель для описания изменений численностей нормальных и стерильных самцов.
10. Построение модели для определения биомассы определённых возрастных групп.
11. Вероятностные и детерминистические модели.
12. Генетические, микробиологические, экологические и медицинские эксперименты, при анализе которых может быть применена теория мишеней.
13. Использование ряда Пуассона в экологии.
14. Исследование операций. Модели и методы, предназначенные для выбора оптимальных решений.
15. Особенности моделей и постановка задач линейного и нелинейного программирования.
16. Особенности оптимизационных задач, решаемых методом динамического программирования.
17. Многокритериальные задачи: постановка и методы решения.
18. Решение оптимизационных задач с учетом влияния неопределенностей различного типа. Выбор критериев оптимизации.
19. Задачи, критерии и оптимальные стратегии в теории игр.
20. Метод имитационного моделирования.
21. Области применения и отличия аналитического и имитационного моделирования.
22. Этапы построения любой математической модели сложной системы.
23. Проверка адекватности построенной модели.

## 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.

Экзамен – отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно

### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на

Таблица 8

	уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «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. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

### Критерии оценивания опроса

- оценка «отлично» выставляется студенту, если был дан блестящий ответ с незначительными недочётами;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в целом была проведена серьёзная подготовка, но с рядом замечаний;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если ответ был неплохой, однако имеются серьёзные недочёты при подготовке ответов на вопрос;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если не было ответа на поставленный вопрос.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Смирязев А.В., Исачкин А.В. Панкина Л.К. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 132 с.
2. Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Воронин Е.С. и др. Сельскохозяйственная биотехнология. - Учебник. М.: Высшая школа, 2008. - 469 с.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Гринин А.С., Орехов Н.А., Новиков В.Н. Математическое моделирование в экологии: Учеб. пособие М.: ЮНИТИ-Дана, 2003. 269 с.
2. Ризниченко Г.Ю. Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноконструкторах. М.: Ин. Компьютерных исслед., 2010. 447с.
3. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Математические модели биологических производственных процессов. М.: МГУ, 1993. 299 с.

### 7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям



1. Смирязев А.В. Моделирование кинетики метаболизма в биотехнологии. Методические указания, М.: РГАУ-МСХА, 2011, 21 с.

2. Осипов Д.С. Математическое моделирование биосинтеза продуктов метаболизма. Методика анализа, М., 2002.  
<http://www.studzona.com/referats/view/1542>

3. Моделирование микробной популяции. Лекция.  
<http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/lect11.htm>.

#### 7.4 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. AGROS - Пакет программ по моделям и математическим методам в генетике и селекции растений.

2. <http://worlddocuments.org/docs/index-1949.html> - Сайт Уральского государственного университет им. А.М. Горького «Математическое моделирование. Математическая биология и биоинформатика»

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Учебная лаборатория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Учебный корпус № 3, аудитория № 104)	Компьютеры 10 шт. Стул деревянный 10 шт. (№№ 599044, 599055, 599064, 599105, 599115)
Учебная лаборатория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Учебный корпус № 3, аудитория № 109)	Стол лабораторный №№ 560198/10, 560198/11, 560198/12, 560198/13, 560198/14, 560198/15, 560198/16, 560198/17, 560198/18, 560198/2, 560198/3, 560198/4, 560198/5, 560198/6, 560198/7, 560198/8, 560198/9, 591056, 591056/1, 591056/10, 591056/11, 591056/12, 591056/13, 591056/14
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова. Читальные залы библиотеки.	

Для проведения лекций и практических занятий по дисциплине «Методы моделирования биотехнологических процессов» необходима специализированная лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и соответствующим демонстрационным сопровождением.

#### 9. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Для успешного усвоения каждой из тем дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» студент должен внимательно прослушать и законспектировать лекцию по конкретной теме, подготовиться к выполнению практической работы, выполнить домашнее задание и в срок

сдать его на проверку. Для самоконтроля студентов предназначены контрольные вопросы.

Для конспектирования лекций рекомендуется завести отдельную тетрадь из 96 листов. Конспект каждой лекции следует начинать с названия темы лекции и указания даты ее проведения. Все заголовки разделов лекции следует четко выделять, например, подчеркиванием. Во время лекции следует внимательно следить за ходом мысли лектора и записывать важнейшие определения, разъяснения, формулы, термины. Также нужно стараться воспроизводить в конспекте рисунки и таблицы, которые демонстрирует лектор. При самостоятельной работе студента с конспектом лекций следует осуществлять самопроверку, то есть следить за тем, чтобы освоенным оказался весь материал, изложенный в лекции. Материал, который кажется студенту недостаточно понятным, следует проработать по учебнику и воспользоваться помощью преподавателя на консультациях. Работать с конспектом лекций следует еженедельно, внося в него свои дополнения, замечания и вопросы (для этого в тетради следует оставлять широкие поля).

Для подготовки и фиксирования практических работ следует завести лабораторный журнал (тетрадь). При подготовке к практической работе необходимо составить краткий (1-2 страницы) конспект теоретического материала, на котором основана данная практическая работа и ход ее выполнения. Для подготовки конспекта используют практикум, главы или разделы учебника, рекомендованные преподавателем и конспект лекций. Также при домашней самостоятельной подготовке к практической работе нужно начертить таблицы, приведенные в практикуме, и, если требуется, произвести необходимые для проведения работы расчеты. Домашняя подготовка является необходимой частью практической работы, без нее невозможен осмысленный подход к выполнению экспериментов и измерений. Кроме того, ограниченное время, отводимое на выполнение практической работы, требует хорошо скорректированных действий студента, к которым также необходимо предварительно подготовиться.

#### Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, представляет конспект по теме лекции. При пропуске практического занятия студент представляет конспект по теме пропущенного занятия. Оценка конспектов и лабораторных работ – зачтено, не зачтено.

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

Спецификой дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» является неразрывная связь теории с практикой. Поэтому многие теоретические знания, которые магистранты получают на лекциях, подтверждаются и усваиваются на практических занятиях.

При преподавании дисциплины необходимо ориентироваться на современные образовательные и информационные технологии. Необходимо проводить устный опрос студентов и контролировать выполнение заданий. Кон-

трольные вопросы выдаются студентам по разделам и темам непосредственно перед их изучением. Акцент делается на активные методы обучения на практических занятиях и интерактивной форме обучения.

**Программу разработал:**

Чердниченко М.Ю., канд. биол. наук, доцент



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.07 «Методы моделирования биотехнологических процессов» ОПОП ВО по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», программа «Биоинженерия и бионанотехнологии» (квалификация выпускника – магистр)

Таракановым Иваном Германовичем, заведующим кафедрой физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доктором биологических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» ОПОП ВО по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», программа «Биоинженерия и бионанотехнологии» (магистратура), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре биотехнологии (разработчик – Чередниченко Михаил Юрьевич, доцент кафедры биотехнологии, кандидат биологических наук).

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

1. «Методы моделирования биотехнологических процессов» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС по направлению 19.04.01 – «Биотехнология». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.О.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС направления 19.04.01 – «Биотехнология».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Методы моделирования биотехнологических процессов» закреплено 4 компетенции (8 индикаторов). Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» 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 «Методы моделирования биотехнологических процессов» составляет 3 зачётные единицы (108 часов).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Методы моделирования биотехнологических процессов» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 19.04.01 – «Биотехнология» и возможность дублирования в содержании отсутствует. Поскольку дисциплина не предусматривает наличие специальных требований к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, хотя может являться предшествующей для специальных, в том числе профессиональных дисциплин, использующих знания в области лесного хозяйства в профессиональной деятельности бакалавра по данному направлению подготовки.

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

9. Программа дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» предполагает проведение занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 19.04.01 – «Биотехнология».

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях,

участие в тестировании, коллоквиумах), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного плана – Б1.О.07 ФГОС ВО 3++ направления 19.04.01 – «Биотехнология».

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

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовых учебника), дополнительной литературой – 3 наименования, методические указания - 3 источников со ссылкой на электронные ресурсы и соответствуют требованиям ФГОС ВО 3++ направления 19.04.01 – «Биотехнология».

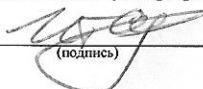
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Методы моделирования биотехнологических процессов».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Методы моделирования биотехнологических процессов» ОПОП ВО по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», программа «Биоинженерия и бионанотехнологии» (квалификация выпускника – магистр), разработанная доцентом кафедры биотехнологии, кандидатом биологических наук Чередниченко М.Ю., соответствует требованиям ФГОС ВО 3++, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Тараканов И.Г., заведующий кафедрой физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доктор биологических наук, профессор

  
(подпись)

« 29 » 08 2022 г.