

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Биологический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ**

Кафедра биохимии и биофизики биологического факультета

Образовательная программа

06.04.01 Биология

Профиль подготовки  
Биохимия и молекулярная биология

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная,  
очно-заочная

Статус дисциплины: часть, формируемая участниками образовательных отношений

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология от «11» 08\_2020г. №934.

Разработчик: кафедра биохимии и биофизики, Пиняскина Елена Владимировна, к.б.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры биохимии и биофизики от «11» 06\_2021г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Халилов Р.А.  
(подпись) (Ф.И.О)

на заседании Методической комиссии биологического факультета от «02» 07\_2021г., протокол №11.

Председатель  \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» 07 2021г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.  
(подпись)

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы магистратуры по направлению 06.04.01 Биология.

Дисциплина реализуется на биологическом факультете кафедрой биохимии и биофизики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основными закономерностями математического моделирования биологических процессов в живых системах.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-4, ОПК-7; профессиональных – ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных работ, коллоквиумов и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе 108 ч. в академических часах по видам учебных занятий

#### а) очная форма обучения

Семестр	Учебные занятия								СРС	Форма промежуточной аттестации
	в том числе:									
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем								
		всего	из них							
Лекции			Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
1	108	32	16	-	16			76	зачет	

#### б) очно-заочная форма обучения

Семестр	Учебные занятия								СРС	Форма промежуточной аттестации
	в том числе:									
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем								
		всего	из них							
Лекции			Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
1	108	24	12		12			84	зачет	

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование в биологии» является формирование у магистров математического мышления при работе с данными экологических исследований и экспериментов, знакомство с основными методами математической обработки биологических и экологических данных, приемами анализа, хранения и интерпретации биологической экологической информации, а также обучение методам знакового и объектного моделирования биологических процессов, с последующей оценкой корректности разработанных моделей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.01.09) образовательной программы магистратуры по направлению 06.04.01 Биология.

Курс опирается на знания магистров, полученные при изучении следующих дисциплин:

-«Математика и математические методы в биологии», «Методы статистического анализа в биологии»,

-перечень дисциплин, использующих результаты изучения данной дисциплины «Экология популяций и сообществ», «Экология животных», «Микробиология», биологических дисциплин магистратуры, компьютерного моделирования в биохимии.

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).**

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-6. Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок	ОПК-6.1. Использует современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности.	<u>Знает:</u> пути и перспективы применения современных компьютерных технологий в биологических науках и образовании. <u>Умеет:</u> работать с профессиональными базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности. <u>Владеет:</u> необходимым математическим аппаратом и навыками анализа и хранения электронных изображений, имеет опыт модификации компьютерных технологий в целях профессиональных исследований.	Устный опрос, письменный опрос;
	ОПК-6.2. Готовность творчески применять современные компьютерные	<u>Знает:</u> способы получения новых знаний с использованием информационных технологий; методологию, конкретные методы	

	<p>технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач.</p>	<p>и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла; новые методы исследования и компьютерные технологии для сбора и анализа биологической информации.</p> <p><u>Умеет:</u> строить математические и компьютерные модели биологических систем; работать с различными источниками информации, используя разные формы работы с научной литературой, составлять библиографический список; применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий; планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические работы по теме магистерской программы с применением современных компьютерных технологий.</p> <p><u>Владеет:</u> методами математического моделирования для решения профессиональных задач; современными компьютерными технологиями при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации</p>	
<p>ОПК-8. Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач В</p>	<p>ОПК-8.1. Выбирает и использует соответствующее оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений.</p>	<p>Знает: типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности; Умеет: использовать современную вычислительную технику; Владеет: способностью творчески модифицировать технические средства для решения инновационных задач В</p>	<p>Производственная, преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа;</p>

профессиональн ой деятельности		профессиональной деятельности.	
	ОПК-8.2. Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные с использованием современных методов анализа для получения обоснованных выводов	<u>Знает:</u> традиционные и современные методы статистической обработки данных; <u>Умеет:</u> применять методы статистической обработки данных к конкретной ситуации с учетом специфики исследований и характера полученных данных; <u>Владеет:</u> методами анализа достоверности и оценки перспективности результатов проведенных экспериментов и наблюдений	Подготовка к процедуре защиты и защита квалификац ионной работы.
ПК-5. Способен применять современные методы научных исследований, использовать современную аппаратуру, вычислительные комплексы, современные информационные технологии (в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры) в научных, производственных и клинических сферах деятельности	ПК-5.1. Анализирует, оптимизирует и применяет современные информационные технологии при решении научных задач	<u>Знает:</u> основные типы основные формы анализа и изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, разработки и внедрения информационных систем и технологий, баз данных при решении научных задач; основные приёмы оптимизации условий труда с учетом инноваций в области техносферной безопасности. <u>Умеет:</u> анализировать результаты научно-исследовательской работы по решению технических задач; применять информационные технологии для оценки результатов научно-исследовательской работы; оценивать эффективность и выбирать современные методики и информационные технологии для проведения научных исследований в области решения научно-исследовательских задач <u>Владеет:</u> базовыми приёмами изучения и анализа литературных и патентных источников, организации научных исследований с использованием информационных технологий; навыками решения научных задач с применением информационных технологий.	
	5.2. Осуществляет организацию и	<u>Знает:</u> принципы и подходы в организации и управлении работ в	Подготовка к процедуре

	управление	сфере профессиональной деятельности, теоретические основы и понятия биоэтики и разделов в предметной области; <u>Умеет:</u> грамотно осуществлять организацию и управление работами в разных областях профессиональной деятельности, учитывая биоэтические принципы и углубленные профессиональные знания; <u>Владеет:</u> навыками организации и управления работами в разных областях профессиональной деятельности с учетом биоэтических принципов и углубленных профессиональных знаний-	защиты и защита квалификационной работы.
--	------------	---	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

##### 4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
<b>Модуль 1.</b>							
1	Математические модели в биологии	2	4	4	-	28	Устный опрос, программированный опрос, презентации и доклады
	<b><i>Итого за модуль 1</i></b>		4	4	-	28	<u>Формы промежуточной аттестации:</u> коллоквиумы, презентации и доклады, работа на компьютере во вне учебное время,

<b>Модуль 2</b>							
2	Модели биологических систем, описываемые одним диф. уравнением первого порядка		4	4	-	20	
	Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений		4	2	-		
	<b>Итого за модуль 2</b>		8	8	-	20	
<b>Модуль 3.</b>							
3	Модели роста популяций.		2	2		28	Устный и письменный опрос, тренинг, презентации и доклады Устный и письменный опрос, программированный опрос, тренинг, презентации и доклады
4	Классические модели		2	2			
	<b>Итого за модуль 3</b>		4	4		28	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>76</b>	

б) очно-заочная форма обучения

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
<b>Модуль 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ</b>							
1	Математические модели в биологии	1	2	2		32	Устный опрос, программированный



	<i>Итого за модуль 1</i>		2	2		32	опрос, презентации и доклады
<b>Модуль 2 МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПИСЫВАЕМЫЕ ОДНИМ И ДВУМЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ</b>							<u>Формы промежуточной аттестации:</u> коллоквиумы
2	Модели биологических систем, описываемые одним диф. уравнением первого порядка		2	2		28	тренинг, презентации и доклады, работа на компьютере во вне учебное время, программированный опрос
	Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений		2	2			
	<i>Итого за модуль 2</i>		4	4		28	
<b>Модуль 3. МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИЙ</b>							
3	Модели роста популяций.		2		2	24	Устный и письменный опрос, программированный опрос, тренинг, презентации и доклады
4	Классические модели		4		4		
	<i>Итого за модуль 3</i>		6		6	24	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>12</b>		<b>12</b>	<b>84</b>	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Модуль 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ

##### Содержание темы: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ

1. Понятие модели.
2. Объекты, цели и методы моделирования.
3. Модели в разных науках. Компьютерные и математические модели.
4. История первых моделей в биологии. Современная классификация моделей биологических процессов.
5. Регрессионные, имитационные, качественные модели.

6. Принципы имитационного моделирования и примеры моделей. Специфика моделирования живых систем.

## **Модуль 2.**

### **Тема 2-1. МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПИСЫВАЕМЫЕ ОДНИМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА**

Содержание темы:

1. Модели, приводящие к одному дифференциальному уравнению.
2. Стационарное состояние (состояние равновесия).
3. Устойчивость состояния равновесия.
4. Решение линейного дифференциального уравнения
5. . Примеры: экспоненциальный рост, логистический рост.
6. Рост колонии микроорганизмов
7. Популяционное моделирование

### **Тема 2-2. МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЕМЫЕ СИСТЕМАМИ ДВУХ АВТОНОМНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.**

Содержание темы:

- Фазовая плоскость.
- Фазовый портрет.
- Метод изоклин.
- Главные изоклины.
- Устойчивость стационарного состояния.
- Линейные системы.
- Типы особых точек: узел, седло, фокус, центр.
- Пример: химические реакции первого порядка

## **Модуль 3.**

### **Тема 3. МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИЙ.**

Содержание темы **Модели роста популяций:**

- Непрерывные модели: экспоненциальный рост,
- логистический рост,
- модели с наименьшей критической численностью.
- Модели с непрерывающимися поколениями.
- Дискретное логистическое уравнение.

## **Тема 4.**

Содержание темы: **Классические модели**

- Ограничения по субстрату. Модели Моно и Михаэлиса-Ментен.
- Базовая модель взаимодействия. Конкуренция. Отбор.
- модель альтернативного синтеза двух ферментов Жакоба и Моно как триггерная система
- Классические модели Лотки и Вольтерра
- Колебания и ритмы в биологических системах

### **4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине**

## **Модуль 1.**

### **Тема 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ**

1. Построение простейших популяционных моделей
2. Построение модели Мальтуса

### 3. Популяционное моделирование

#### Модуль 2.

##### Тема 2-1. МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПИСЫВАЕМЫЕ ОДНИМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

1. Стационарное состояние (состояние равновесия).
2. Устойчивость состояния равновесия.
3. Решение линейного дифференциального уравнения
4. Построение модели Ферхюльста (логистическое уравнение)
5. Построение модели роста микроорганизмов

##### Тема 2-2. МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЕМЫЕ СИСТЕМАМИ ДВУХ АВТОНОМНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.

1. Построение фазовых портретов систем
2. Определение устойчивости систем
3. Качественные методы исследования динамических систем

#### Модуль 3.

##### Тема 3. МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИЙ

1. Построение непрерывной модели: экспоненциальный рост
2. Построение модели с наименьшей критической численностью.
3. Построение модели с перекрывающимися поколениями

##### Тема 4.

Содержание темы: **Классические модели**

- Ограничения по субстрату. Модели Моно и Михаэлиса-Ментен.
- Построение модели гликолиза, ферментативная кинетика
- Построение классической модели Лотки - Вольтерра

### 5. Образовательные технологии

Предусмотрено широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги). Кроме того: лекции, практические занятия, письменные задания, интернет во внеаудиторное время, программированный опрос по тестовым заданиям, устный опрос, презентации, видеоролики и обучающие видеофильмы. По дисциплине предусмотрено 12 часов занятий в интерактивных формах, с применением следующих методов: дискуссии, дебатов, кейс-метода, метода «мозгового штурма», деловой игры.

В рамках учебных курсов предусмотрены встречи с представителями российских государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

### 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов.

Самостоятельная работа магистранта над глубоким освоением фактического материала организуется в процессе выполнения практических заданий, подготовки к занятиям, по текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний. Пропущенные лекции отрабатываются в форме составления отчетов по пропущенной теме и лабораторных работах. На практических занятиях проводится изучение видеоматериалов, демонстрирующих математические методы в решении проблем современной биологии. Задания по самостоятельной работе разнообразны:

- обработка учебного материала по учебникам и лекциям,
- поиск и обзор публикаций и электронных источников информации при подготовке к занятиям, презентаций
- работа с тестами и контрольными вопросами при самоподготовке;
- обработка и анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации магистранта (зачет). При этом проводятся тестирование, экспресс-опрос на практических занятиях, проверка письменных контрольных работ

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### 7.1. Типовые контрольные задания

*(Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся примерные тестовые задания, контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.)*

### **Вопросы для самостоятельной работы:**

1. Животным пустыни приходится преодолевать большие расстояния между источниками воды. Как зависит максимальное расстояние, которое способно преодолеть животное, от его размера?
2. Пусть сила тяжести на некой гипотетической планете составляет  $2/g$  земной, а атмосферное давление в 2 раза меньше, чем на Земле, однако парциальное давление кислорода то же, что и на Земле. Каков будет максимальный вес летающих животных на этой планете, если на Земле он составляет 14 кг?
3.  $X_n$  и  $Y_n$  — численности жертвы и хищника соответственно в  $n$ -м году. Взрослые особи обоих видов, участвовавшие в размножении в этом году, погибают до наступления следующего. Каждая самка хищника лает потомство, из которого ло следующего года доживает  $R = X_n/20$  особей. Каждая самка жертвы дает  $R = 6/Y_n$  особей, доживающих ло следующего года и участвующих в размножении
4. а) найдите равновесные численности хищника и жертвы.
5. б) Выпишите уравнение, для малых отклонений от состояния равновесия.
6. в) Как ведет себя решение этого уравнения?
7. г) Как зависит повеление решения от того, что в выражениях для  $R$  и  $R'$  взяты конкретные значения 20 и 6?
8. Популяция бактерий растет, подчиняясь логистическому уравнению: равновесная плотность составляет  $5 \cdot 10^8$  клеток на 1 мл. При малой плотности популяция удваивается за 40 мин. Какова будет плотность популяции через 2 час, если начальная плотность равна: а)  $10^8$  клеток на 1 мл: б)  $10^6$  клеток на 1 мл?
9. В популяционном ящике, где содержатся плодовые мушки (*Drosophila*). корм для взрослых особей имеется в избытке, а для личинок — в ограниченном количестве. Взрослые самки откладывают 10 яиц в день. Соотношение полов 1:1. Ежедневно гибнет 10 от всех взрослых особей. Яйцо превращается в личинку спустя 24 час после того, как оно было отложено. Спустя 4 дня личинка окукливается, а через 5 дней после окукливания вылупляется взрослая особь. Смертность имеется лишь на личиночной стадии развития. Вероятность того, что данное яйцо доживет до окукливания, равна  $(1 + x/100)^{-1}$ . где  $x$  — число яиц, отложенных за четыре предыдущих дня: другими словами. это численность личинок в ящике в момент, когда вылупится рассматриваемая личинка (если пренебречь смертностью).

- 10.а) Какова равновесная плотность взрослых особей в ящике? Какова будет равновесная плотность, если:
- 11.б) каждая самка будет ежедневно откладывать вдвое больше яиц:
- 12.в) ежедневная смертность взрослых особей вдвое уменьшится:
- 13.г) изымать из ящика половину всех ежедневно появляющихся взрослых особей?
- 14.Если в начальный момент в ящике было 200 взрослых особей, то какой приблизительно будет численность взрослых особей в последующие 30 дней.

### **Примерные задания для проведения промежуточного контроля**

#### **Вопросы**

1. Классификация моделей биологических систем.
2. Объект, метод и цель моделирования. Качественные, регрессионные и имитационные модели.
3. Математический аппарат моделирования биологических систем. Модели, описываемые одним уравнением. Понятие устойчивости стационарного состояния и устойчивости решения.
4. Модели, описываемые одним дифференциальным уравнением.
5. Автономное и неавтономное уравнение. Аналитическое решение.
6. Уравнение с запаздыванием. Возможные типы решения. Метод Ляпунова и графический метод исследования устойчивости стационарного состояния.
7. Модели роста отдельной популяции. Непрерывные модели Мальтуса, Ферхюльста, модель с минимальной критической численностью.
8. Модели популяций с неперекрывающимися поколениями. Типы решений: ограниченный рост, колебания, хаос. Бифуркационная диаграмма.
9. Модели с запаздыванием. Учет возрастной структуры популяции.
10. Модели, описываемые двумя уравнениями. Фазовая плоскость и фазовый портрет.
11. Метод изоклин. Главные изоклины вертикальных и горизонтальных касательных. Система двух линейных уравнений, ее решение. Особые точки.
12. Система двух автономных дифференциальных уравнений общего вида. Метод Ляпунова исследования устойчивости стационарного состояния (линеаризации решения в окрестности особой точки). Примеры: уравнения химической реакции Лотки и уравнения взаимодействия видов Вольтерра.
13. Модели взаимодействия видов.
14. Классификация типов взаимодействий. Вольтерровские модели.
15. Обобщенная модель Колмогорова. Типы трофических функций.
16. Автоколебательные системы. Модель темповых процессов фотосинтеза.
17. Примеры: модель Лоренца, модель хищник - две жертвы.

18. Понятие идентификации динамических моделей. Общая схема идентификации системы. Методы идентификации параметров динамических моделей.

19. Для уравнения Лотка - Вольтерра с логистической поправкой (модель конкурирующих видов с "логистической поправкой") проанализировать решение и фазовый портрет

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = (a - bx_2)x_1 - \alpha \cdot x_1^2 \\ \frac{dx_2}{dt} = (-c + dx_1)x_2 - \alpha \cdot x_2^2 \end{cases}$$

20. Распределенные системы. Структуры и автоволны в активных биологических средах.

21. Проанализировать решение и фазовый портрет для системы Лотка – Вольтерра

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = (a - bx_2)x_1, \\ \frac{dx_2}{dt} = (-c + dx_1)x_2, \end{cases} \quad \text{где } a, b, c, d > 0.$$

22. Для взаимоотношений типа "хищник-жертва" или "паразит-хозяин" проанализировать решение и дать интерпретацию фазового портрета

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_1(a_1 - b_{12}x_2 - c_1x_1), \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_2(a_2 + b_{21}x_1 - c_2x_2). \end{aligned}$$

23. Решить логистическое уравнение с запаздыванием, построить график процесса и дать

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right).$$

интерпретацию результатов

$$\frac{dN}{dt} = rN(t) \left[1 - \frac{N(t-T)}{K}\right].$$

24. Модель ограниченного роста Ферхюльста. Построить график роста популяции и дать интерпретацию результатов

25. Что такое предельный цикл? Биологические ритмы и их анализ на фазовой плоскости

## 7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

- методическое указание по дисциплине «Математическое моделирование»

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 40% и промежуточного контроля - 60%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 5 баллов,

- участие на практических занятиях – 0-100 баллов,

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – (0-100)\*0,4 баллов,

- письменная контрольная работа - (0-100)\*0,6 баллов,

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) адрес сайта курса

платформе Moodle <http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=1340>

### б) основная литература:

1. Бландов А.Н. Кинетика ферментативных реакций [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Бландов А.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2015.— 30 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/66505.html> .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 09.09.2018)
2. Тупик Н.В. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тупик Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 230 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/13016.html> .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 09.09.2018)
3. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1 [Электронный ресурс]/ Ризниченко Г.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2002.— 232 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/17629.html> .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 09.09.2018)
4. Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – Москва-. Ижевск: Институт компьютерных исследований, – 2003, –184 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/16565.html> (дата обращения 09.09.2018)
5. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика.- М.:Гранд, 1999. – 720 с.

### б) дополнительная литература:

1. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу. - М.: Мир, 1991. – 248 с.
2. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 1 и 2. М.: Мир. – 1990.
3. Моделирование в биологии. Под. ред. Бернштейна И.А. – М.:ИЛ. – 1963. – 298с.
4. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – Москва-. Ижевск: Институт компьютерных исследований, – 2003, –184 с.
5. Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс]: учебник/ Рубин А.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
6. 2004.— 448 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13075.html>
7. .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 04.06.2018)
8. Багаев С.Н. Система кровообращения и артериальная гипертензия. Биофизические и генетико-физиологические механизмы, математическое и компьютерное моделирование [Электронный ресурс]/ Багаев С.Н., Бибердорф Э.А., Блохин А.М.— Электрон. текстовые

данные.— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2008.— 252 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15816.html> .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 04.06.2018)

9. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ В.Г. Артюхов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016.— 295 с.— Режим доступа:

10. <http://www.iprbookshop.ru/60018.html> .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 04.06.2018)

11. Сетубал Ж. Введение в вычислительную молекулярную биологию [Электронный ресурс]/ Сетубал Ж., Мейданис Ж.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007.— 420 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16497.html> .— ЭБС «IPRbooks»

12. (дата обращения 04.06.2018)

13. Математическая биология и биоинформатика: электронный журнал <http://www.matbio.org/about.php>

14. Бородовский М. Задачи и решения по анализу биологических последовательностей [Электронный ресурс]/ Бородовский М., Екишева С.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2008.— 440 с.— Режим доступа:

15. <http://www.iprbookshop.ru/16519.html> .— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 04.06.2018)

16. Корниш-Боуден Э. *Основы ферментативной кинетики*. – М.:Мир. – 1979.

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистров по направлению 06.04.01 Биология:

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. *Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке( доступ будет продлен)*
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
4. **Moodle** [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).



5. Доступ к электронной библиотеке на <http://elibrary.ru> на основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
6. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
7. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> / (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
8. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
9. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru> 10. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru> 9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
12. **Springer**. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP, подписанный Министерством образования и науки, предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>  
Доступ предоставлен на неограниченный срок

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Самостоятельная работа магистранта над глубоким освоением фактического материала можно организовать в процессе выполнения практических работ, подготовки к занятиям, текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний.

Пропущенные лекции отрабатываются в форме составления рефератов.

Задания по самостоятельной работе могут быть разнообразными:

- проработка учебного материала при подготовке к занятиям, текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний по модульно-рейтинговой системе;
- поиск и обзор публикаций и электронных источников информации при подготовке к зачету, написании рефератов и курсовых работ;
- работа с тестами и контрольными вопросами при самоподготовке.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Используются следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т.д), программное обеспечение электронного ресурса сайта ДГУ, инновационную систему тестирования, а также сетевую версию.

При осуществлении образовательного процесса студентами используются следующие информационно справочные системы: автоматизированная система управления (Деканат), электронные издания УМК, Видео-презентации к лекциям на закрытой части сайта группы

«математическое моделирование биологических процессов», Виртуальные справочные службы, Библиотеки, Англоязычные ресурсы и порталы по биологии.

В случае проведения занятий с использованием инновационных дистанционных технологий используются следующие аналоги традиционных занятий, представленных в таблице.

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

- мультимедиа-проектор - демонстрация
- компьютер- демонстрация
- персональные компьютеры