



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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ПРОЦЕССОВ**

Кафедра биохимии и биофизики биологического факультета

Образовательная программа

06.04.01 Биология

Профиль подготовки  
Биохимия и молекулярная биология  
Физиология человека и животных  
Ботаника  
Физиология растений

Уровень высшего образования  
магистратура

Форма обучения  
очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала, 2017

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.04.01 Биология (уровень Магистратура) от «23» сентября 2015 г. № 1052.

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

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры биохимии и биофизики от «24» 03 2017г., протокол № 4  
Зав. кафедрой [подпись] Халилов Р.А.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии биологического факультета от «28»  
марта 2017г., протокол № 7.  
Председатель [подпись] Таджиева И.Х.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «30» марта 2017г. [подпись]

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ» входит в вариативную часть 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.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные 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 в академических часах по видам учебных занятий

Се- местр	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе							
	Все- го	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том чис- ле экза- мен
		из них						
	Лек- ции	Лабора- торные занятия	Прак- тиче- ские заня- тия	КСР	кон- сульта- ции			
10	108	8	8	10			82	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» 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.

Задача: научить пользоваться компьютером и прикладными программами при проведении научных исследований является современным требованием ко всем специалистам, работающим практически в любой области молекулярной биологии, биохимии и биофизики.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к вариативной части дисциплин 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», «Экология популяций и сообществ», «Экология животных», «Микробиология», биологических дисциплин бакалавриата, компьютерного моделирования в биохимии.

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
-------------	-------------------------------------	---

ОПК-4	<p>способностью самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов</p>	<p><b>Знать:</b> знать методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла.</p> <p><b>Уметь:</b> применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей.</p> <p><b>Владеть:</b> практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в биологических и экологических исследованиях, приемами моделирования биологических процессов, а также способов оценки валидности разработанных моделей</p>
ОПК-7	<p>готовностью творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные приемы и способы оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ по принятым и утвержденным формам.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания по оформлению, представлению и интерпретации результаты научно-исследовательских работ в учебной и профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> основными приемами и способами оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ и моделирования биологических процессов.</p>

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

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

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1.</b>									
1	Математические модели в биологии	10	1-5	2	2	2		30	Устный опрос, программированный опрос, презентации и доклады  Формы промежуточной аттестации: коллоквиумы, тренинг, презентации и доклады, работа на компьютере во внеучебное время, программированный опрос
	<b>Итого за модуль 1</b>			2	2	2		30	
<b>Модуль 2</b>									
2	Модели биологических систем, описываемые одним диф. уравнением первого порядка Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений			2	4	2		28	
	<b>Итого за модуль 2</b>			2	4	2		28	
<b>Модуль 3.</b>									
3	Модели роста популяций.			2	2	2		24	Устный и письменный опрос, тренинг, презентации и доклады Устный и письменный опрос, программированный опрос,
4	Классические модели			2	2	2			

									тренинг, презентации и доклады
	<i>Итого за модуль 3</i>			4	4	4		24	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>		<b>8</b>	<b>10</b>	<b>8</b>		<b>82</b>	

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

#### **Модуль 1.**

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. 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. 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 неперекрывающимися 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

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

#### **Практическое занятие 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ: ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРА**

### ▪ **Задача 1**

Рассчитайте, какова будет численность оленей через 1, 3, 5 и 10 лет при полном отсутствии хищников. Отобразите изменения численности оленей в течение данного периода времени графически. Исходная численность оленей – 200, где  $a_1=2$ ,  $a_2=-1$ ,  $v_1=-0,1$ ,  $v_2=0,1$

### ▪ **Задача 2**

Рассчитайте, какова будет численность оленей через 1, 3, 5 и 10 лет, если начальная численность волков составляет 15 особей и не изменяется на протяжении указанного периода времени.

Отобразите изменения численности оленей в течение данного периода времени графически.

### ▪ **Задача 3**

Рассчитайте, какова будет численность оленей через 1, 3, 5 и 10 лет, если начальная численность волков составляет 15 особей и возрастает на 10% ежегодно.

Отобразите изменения численности оленей в течение данного периода времени графически.

## **Практическое занятие 2. МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПИСЫВАЕМЫЕ ОДНИМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА**

Построить динамическую модель, визуализировать полученные расчетные данные, дать анализ модели, исходя из следующих условий:

Для производства вакцины на заводе выращивают культуру бактерий. Экспериментально установлена скорость размножения бактерий. Известно также, что при увеличении числа бактерий начинается самоотравление, причем количество погибающих бактерий пропорционально квадрату биомассы. Определенную массу забирают ежедневно на нужды производства. ( $X=100$ ,  $a=2$ ,  $v=0,01$ ,  $M=20$ )

Требуется установить, как будет меняться масса бактерий с течением времени. Визуализировать полученную модель

### Практическое занятие 3. КИНЕТИКА МОНО- И БИМОЛЕКУЛЯРНОЙ РЕАКЦИИ.

Исходя из следующих условий, построить фазовый портрет динамической системы. исследовать устойчивость системы, используя матричную модель и методом Ляпунова, определить тип особой точки, найти уравнения асимптот

$$y' = \frac{x - 4y}{2y - 3x}$$

### Практическое занятие 4. КИНЕТИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ РЕАКЦИИ (1)

Рассмотреть механизм ферментативной реакции. Описать кинетику реакции системой дифференциальных уравнений, с учетом коэффициентов

k=	1	k <sub>my</sub> =	3
каппа=	4	q=	10
k <sub>mx</sub> =	1.5	k <sub>my'</sub> =	0.4
h=	0.1		

### Практическое занятие 5. КИНЕТИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ РЕАКЦИИ (2)

Рассмотреть механизм ферментативной реакции. Описать кинетику реакции системой дифференциальных уравнений, с учетом коэффициентов. Дать графическое представление результатов расчетов зависимости скорости реакции от нескольких факторов.

k=	5	k <sub>my</sub> =	20
каппа=	20	q=	2
k <sub>mx</sub> =	2	k <sub>my'</sub> =	0,8
h=	0.1		

### Лабораторное занятие 1.

Используя программу Excel, построить модель брюсселятора, если  $A=0,6$   $B=1,2$   
 $H=0,4$   $x=0,1$   $y=1$

$$\frac{\partial x}{\partial t} = A + X^2Y - (B + 1)X + \frac{\partial^2 x}{\partial r^2}$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = BX - X^2Y + \frac{\partial^2 y}{\partial r^2}$$

### Лабораторное занятие 2 КИНЕТИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ РЕАКЦИИ.

Построить модель простейшей ферментативной реакции, если

t	E	ES	S	P	K1	2	Для E = $-k1*[E][S]+k2*[ES]+k3[ES]$
0	1	0	5	0	K2	1	Для ES= $k1*[E][S]-k2[ES]-k3*[ES]$
					K3	6	Для S = $-k1*[E]*[S]+k2*[ES]$
					H	0.	
					=	1	Для P= $k3*[ES]$
							Для T =

### Лабораторное занятие 3 СУБСТРАТНОЕ ИНГИБИРОВАНИЕ

Построить гликолитическую модель. Описать кинетику реакции системой дифференциальных уравнений, с учетом коэффициентов, если

<b>t0=</b>	<b>x0=</b>	<b>y0=</b>		k=	1
0	12,00	6,00		kmx=	2
				каппа=	20
				kmy=	40
				q=	10
				kmy' =	0,1
				h=	0,1

## Лабораторное занятие 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ПОПУЛЯЦИИ В ПРОГРАММЕ MATHCAD И CHEMGRAF

Построить модели процессов, используя следующие условия:

1. Рост опухоли, которая увеличивается экспоненциально, можно описать простым дифференциальным уравнением. Со временем константа роста опухоли уменьшается. Найти зависимость размера роста опухоли от времени, построить график. Исходные значения:  $a:=2$   $b:=1$   $V_0:=5$

$$V(t) := V_0 \cdot e^{\frac{a \cdot (1 - e^{-b \cdot t})}{b}}$$

2. Рассмотреть рост популяции  $p(t)$  от времени  $(t)$ . Если пища и условия жизни не лимитированы и если  $p(t)$  увеличивается пропорционально концентрации, найти  $p(t)$ . Исходные значения:  $c:=1$   $p_0:=1$

$$p(t) := p_0 \cdot e^{c \cdot t}$$

### 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.

### **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 до следующего года доживает  $R = X_n/20$  особей. Каждая самка жертвы дает  $R = 6/Y_n$  особей, доживающих до 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 поведение 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)  $10^9$  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.

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

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-4 Выпускник обладает способностью самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычисли-	<b>знать</b> методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла. <b>Уметь:</b> применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей. <b>Владеть:</b> практическими	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, лабораторная работа



<p>тельных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов</p>	<p>навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в биологических и экологических исследованиях, приемами моделирования биологических процессов, а также способов оценки валидности разработанных моделей</p>	
<p><b>ОПК-7</b> Выпускник обладает готовностью творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные принципы важнейших процессов, протекающих на мембранном уровне: транспорт веществ, выработка энергии, возбудимость. <b>Уметь:</b> излагать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию; обращаться с современной лабораторной техникой и оборудованием. <b>Владеть:</b> комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования различных процессов, протекающих на уровне мембран.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование, лабораторная работа, диспут</p>

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### ОПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Выпускник обладает способностью самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<p><b>Знать:</b> конкретные методы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания по оформлению результаты научно-исследовательских работ в учебной и профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> практическими навыками использования современных компьютерных технологий в биологических исследованиях</p>	Слабо знает методы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий	Хорошо знает методы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий,  Умеет применять теоретические знания по методам сбора биологической информации с использованием современных компьютерных технологий,	Хорошо знает методы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий;  Активно применяет теоретические знания по методам сбора, хранения, биологической информации с использованием компьютерных технологий, <b>владеет</b> практическими навыками и знаниями
Базовый	<p><b>Знать:</b> конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания по оформлению, пред-</p>	Слабо знает методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения	Хорошо знает методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий; <u>умеет</u> применять тео-	Отлично знает методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий; <u>умеет</u> применять теоретические знания по методам

	<p>ставлению и интерпретации результаты научно-исследовательских работ в учебной и профессиональной деятельности;</p> <p><b>Владеть:</b> практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в биологических и экологических исследованиях,</p>	<p>дисциплин профессионального цикла</p>	<p>ретические знания по методам сбора, хранения, обработки биоинформации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей.</p>	<p>сбора, хранения, обработки биоинформации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей; <u>владеет</u> практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий</p>
<p>Продвинутый</p>	<p><b>Знать:</b> конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания по оформлению, представлению и интерпретации результаты научно-исследовательских работ в учебной и профессиональной деятельности; оцени-</p>	<p>Слабо знает методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла</p>	<p>Хорошо знает методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла; <u>умеет</u> применять теоретические</p>	<p>Отлично знает методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин профессионального цикла; <u>умеет</u> применять теоретические знания по методам сбора, хране-</p>

	<p>вать пригодность и эффективность использования тех или иных приемов подачи результатов исследовательской деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в биологических и экологических исследованиях, приемами моделирования биологических процессов, а также способов оценки валидности разработанных моделей</p>		<p>знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей.</p>	<p>ния, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей; <u>владеет</u> практически навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в биологических и экологических исследованиях</p>
--	---	--	---	--

## ОПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «Выпускник обладает готовностью творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<b>Знать:</b> Знать принципы моделирования биологических процессов <b>Уметь:</b> применять теоретические знания по методам сбора биологической информации. <b>Владеть:</b> основными приемами и способами оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ и моделирования биологических процессов.	Слабо знает методы моделирования биопроцессов. Слабо владеет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования	Хорошо знает принципы моделирования биопроцессов. Умеет создавать, редактировать, информационные объекты с помощью современного программного обеспечения Хорошо владеет комплексом компьютерных методов исследования биопроцессов	Отлично знает принципы моделирования биопроцессов. <b>Умеет</b> применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий Прекрасно владеет практическими знаниями моделирования биологических процессов
Базовый	<b>Знать:</b> Знать принципы и методы моделирования биологических процессов и способы оценки корректности разработанных моделей. <b>Уметь:</b> применять теоретические знания по методам сбора, хране-	Слабо знает принципы и методы моделирования биопроцессов.  Слабо вла-	Хорошо знает принципы и методы моделирования биопроцессов.  Хорошо	Отлично знает принципы и методы моделирования биологических процессов и способы оценки моделей.  Свободно при-

	<p>ния, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей.</p> <p><b>Владеть:</b> основными приемами и способами оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ и моделирования биологических процессов.</p>	<p>деет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования биологических процессов</p>	<p>владеет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования биологических процессов</p>	<p>меняет теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки биоинформации с использованием современных компьютерных технологий</p> <p>Прекрасно владеет практическими знаниями моделирования биологических процессов с последующей критической оценкой предложенных моделей</p>
Продвинутый	<p><b>Знать:</b> основные способы математической обработки информации; принципы построения компьютерных систем, принципы и методы моделирования биологических процессов и способы оценки корректности разработанных моделей.</p> <p><b>Уметь:</b> применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей; со-</p>	<p>Слабо знает методы моделирования биологических процессов.</p> <p>Слабо владеет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования биологических процессов</p>	<p>Хорошо знает принципы и методы моделирования биологических процессов и способы оценки корректности разработанных моделей.</p> <p>Хорошо владеет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования</p>	<p>Отлично знает способы математической обработки информации; принципы построения компьютерных систем, принципы и методы моделирования биологических процессов и способы оценки корректности разработанных моделей.</p> <p>Умеет применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с ис-</p>

	<p>здавать собственные программы для реализации биологических моделей;</p> <p><b>Владеть:</b> основными приемами и способами оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ и моделирования биологических процессов.</p>		<p>биологических процессов</p>	<p>пользованием современных компьютерных технологий</p> <p>Прекрасно владеет практическими знаниями моделирования биологических процессов с последующей критической оценкой предложенных моделей</p>
--	---	--	--------------------------------	--

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Примерные задания для проведения промежуточного контроля

#### Вопросы к 1 модулю

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 реше-

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

ние и фазовый портрет

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 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

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

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

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

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 5 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 20 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 40 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 5 баллов.

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

### а) основная литература:

1. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика.- М.:Гранд, 1999. – 720 с.
2. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу. - М.: Мир, 1991. – 248 с.
3. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 1 и 2. М.: Мир. – 1990.
4. Моделирование в биологии. Под. ред. Бернштейна И.А. – М.:ИЛ. – 1963. – 298с.
5. Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – Москва-. Ижевск: Институт компьютерных исследований, – 2003, –184 с.

### б) дополнительная литература:

1. Корниш-Боуден Э. *Основы ферментативной кинетики*. – М.:Мир. – 1979.
2. Рубин А.Б. *Биофизика*. В 2-х томах. – М.:Высш. шк. – 2000.
3. Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. *Кинетика биологических процессов*. - М. МГУ, 1977
4. Шустер Г. *Детерминированный хаос*. М.: Мир, 1988. – 240 с.
5. Sontag E. *Differential equations in biology*.
6. Ж. Сетубал, Ж. Мейданис *Введение в вычислительную молекулярную биологию* НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2007 год, 420 с.
7. Гланц С., *Медико-биологическая статистика*. Пер. с англ. - М. Практика, 1998. - 459 с
8. Philip E. Bourne, Helge Weissig, «*Structural Bioinformatics*» Wiley-Liss | ISBN 0471202002 2003 649 P
9. Математическая биология и биоинформатика: электронный журнал <http://www.matbio.org/about.php>
- 10.Р.Дурбин, Ш.Эдди, А.Крог и Г.Митчисон "Анализ биологических последовательностей"
- 11.Х. Хельтье, В. Зиппль, Д. Роньян, Г. Фолькерс "Молекулярное моделирование, теория и практика"

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

1. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

2. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru>.
3. Интернет-ресурсы - базы данных
4. <http://www.edu.ru/>, [ramdix.ru](http://ramdix.ru), [www.techno.edu.ru](http://www.techno.edu.ru), [reos.ru](http://reos.ru), [www.eduhmao.ru](http://www.eduhmao.ru), [www.fizika.asvu.ru](http://www.fizika.asvu.ru), [biology.asvu.ru](http://biology.asvu.ru), [www.sevin.ru](http://www.sevin.ru), [originweb.info](http://originweb.info), [festival.1september.ru](http://festival.1september.ru) <http://www.insysbio.ru/ru/research/kineticmodeling>

#### **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), HYPERCHEM, ChemSketch, Chemcraft, 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 биологии»

ческих 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.

Лекции-презентации	
Лабораторные занятия/семинары	решение задач, коллективные тренинги, тест-тренинги, деловая онлайн игра
Консультации	Скайп консультации; Форум консультации
Контрольные процедуры	Контрольные процедуры Системы «онлайн-тренажер»: - тренировочное тестирование; - итоговое тестирование; - текущий тестовый контроль; - контроль остаточных знаний; Промежуточная аттестация (зачет)
Учебно-методические материалы	Слайд-лекции;
	Мониторинг работы с текстами;
	Деловая Оффлайн игра;
Самостоятельная работа	Изучение экспериментальных статей по дисциплине; Анализ и изучение обзоров публикаций научных статей

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

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