

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА БИОФИЗИКИ**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научно-методической  
и учебной работе

Е.И. Скафа

«28» июня 2017г.



**Рабочая программа учебной дисциплины  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

Направление подготовки:	06.04.01 Биология
Магистерская программа:	биология, биофизика, физиология человека и животных
Программа подготовки	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	очная

УТВЕРЖДАЮ:

Декан биологического факультета

О.С. Горецкий

«26» июня 2017 г.



Программа учебной дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 сентября 2015 г. № 1052.

Программа дисциплины составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от "28" сентября 2016 г. № 1002, зарегистрированного в Министерстве юстиции ДНР от 20 октября 2016 г. № 1652, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР «07» августа 2015 г. №380 (с изменениями и дополнениями «30» октября 2015 г. № 750), учебных планов по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденных Ученым Советом Университета от 31.03.2017 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 77/05 от 06.05 2017 г.).

Разработчик:

к.ф.-м.н., доцент кафедры биофизики

А.А. Гусев

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры биофизики

Протокол № 16 от «15» мая 2017 г.

Заведующий кафедрой

С.В. Беспалова

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией биологического факультета

Протокол № 10 от «23» июня 2017 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета

Е.В. Прокопенко

**1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:** дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 06.04.01 Биология (магистерские программы: биология, биофизика, физиология человека и животных). Дисциплина реализуется на биологическом факультете ДонНУ кафедрой биофизики.

Основывается на базе дисциплин бакалавриата, а также предшествующих и сопутствующих дисциплин магистратуры: Методология и методы научных исследований, Компьютерные технологии в биологии, Иностранный язык профессиональной направленности. Освоение данной дисциплины необходимо для решения задач учебной (по получению первичных профессиональных умений и навыков), производственной (по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) и преддипломной практик, написания научно-исследовательской работы и будущей профессиональной деятельности.

## **2. Структура дисциплины**

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	06.04.01 Биология	
Магистерская программа	биология, биофизика, физиология человека и животных	
Программа подготовки	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 промежуточная аттестация (зачет)	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	2	
Год подготовки	1	
Семестр	2	
Количество часов	72	
- лекционных		
- практических, семинарских	14	
- лабораторных	14	
- самостоятельной работы	44	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	5,1	
в т.ч. аудиторных	1+1	

## **3. Описание дисциплины**

### **Цели и задачи**

Цель – формирование у студентов базовых фундаментальных знаний по основам математического моделирования, формирование общего культурного кругозора в области применения математических методов, формирование необходимых знаний для использования современных компьютерных технологий в качестве инструмента решения практических задач; формирование у студентов навыков, необходимых для построения, анализа и интерпретации результатов, полученных с помощью простейших математических моделей.

**Задачи** – овладеть базовыми понятиями и методами построения математических моделей; углубить системные знания в области математического анализа и дифференциальных уравнений, овладеть методами упрощения систем кинетических уравнений; приобрести навыки по построению моделей Мальтуса, Ферхюльста и Лотки-Вольтерра с помощью специализированного программного обеспечения; приобрести навыки анализа и интерпретации полученных с помощью математических моделей результатов.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 06.04.01 Биология и основных образовательных программ высшего образования направления подготовки 06.04.01 Биология (магистерские программы: биология, биофизика, физиология человека и животных):

**а) общекультурных (ОК):**

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения (ОК-2);

готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

готовность к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);

готовность использовать фундаментальные биологические представления в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач (ОПК-3);

способность 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 (ОПК-4);

готовность творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач (ОПК-7);

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

способность творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность (профиль) программы магистратуры (ПК-1);

способность планировать и реализовывать профессиональные мероприятия (в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры) (ПК-2);

способность применять методические основы проектирования, выполнения полевых и лабораторных биологических, экологических исследований, использовать современную аппаратуру и вычислительные комплексы (в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры) (ПК-3);

способностью генерировать новые идеи и методические решения (ПК-4);

**организационно-управленческая деятельность:**

способность планировать и проводить мероприятия по оценке состояния и охране природной среды, организовать мероприятия по рациональному природопользованию, оценке и восстановлению биоресурсов (ПК-8).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен**

**знать:** основные понятия и методы построения математических моделей роста популяции (на примере моделей Мальтуса и Ферхюльста), а также моделей, описываемых системами двух дифференциальных уравнений (на примере модели Лотки-Вольтерра и модели Гаузе); базовые модели, используемые в биофизике и экологии; способы анализа и интерпретации полученных с помощью математических моделей результатов; метод изоклин,

метод функций Ляпунова исследования устойчивости стационарного состояния; базовые модели, применяемые при описании процессов мышечного сокращения, основные понятия и методы, применяемые при моделировании биохимических реакций и ферментативной кинетики; основные особенности триггерных биологических систем и способов их представления в виде математических моделей; основные принципы моделирования автоколебательных процессов в биологических системах;

**уметь:** строить простейшие математические модели; пользоваться существующими методами упрощения систем кинетических уравнений; анализировать и интерпретировать полученные с помощью математических моделей результаты; решать и анализировать результаты, полученные с помощью простейших математических моделей, вручную и с помощью специализированного программного обеспечения;

**владеть:** навыками построения простейших математических моделей биологических процессов; методами упрощения систем кинетических уравнений; анализа и интерпретации полученных результатов; умениями по решению математических моделей, описывающих динамику численности популяций, кинетику ферментативных реакций, мышечное сокращение, автоколебательные и автоволновые процессы в биологических системах; основами методики численного решения систем дифференциальных уравнений с помощью специализированных программ.

#### 4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа студента.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов, в учебном процессе используются интернет-ресурсы, рассматриваются задачи, максимально приближенные к конкретным научно-исследовательским ситуациям, которые приходится решать для построения моделей соответствующих биологических процессов.

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<b>Содержательный модуль 1</b>	
<b>Тема 1.</b> Методы исследования кинетических систем	Понятие математической модели и задачи моделирования. Особенности биологических систем. Элементы качественных методов исследования динамических систем. Классификация стационарных точек.
<b>Тема 2.</b> Динамические модели взаимодействия видов	Простейшие математические модели роста численности популяции. Модели А. Лотки и В. Вольтерра. Сосуществование видов - модель Гаузе. Дальнейшее развитие популяционных моделей.
<b>Тема 3.</b> Иерархия времён в биологических системах	Методы упрощения систем кинетических уравнений. Кинетика ферментативных реакций. Роль ингибиторов. Субстратное ингибирование. Гистерезисные явления в ферментативных системах. Модель генетического триггера Жакоба-Моно.
<b>Тема 4.</b> Моделирование мышечного сокращения	Основные экспериментальные сведения. Модель скользящих нитей. Механические свойства мышцы. Уравнение Хилла. Модель мышечного сокращения В.И.Дещеревского.
<b>Тема 5.</b> Колебательные процессы в биологии	Математическая модель гликолиза. Автокаталитические системы – «брюсселятор».
<b>Тема 6.</b> Распределенные кинетические системы	Роль процессов диффузии. Базовые модели распределенных систем. Классификация автоволновых процессов. Бифуркации Тьюринга. Модель Пригожина-Лефевра-Николиса.

## Тематический план

Названия содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 1											
	Количество часов											
	Очная форма						Заочная форма					
	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
<b>Тема 1.</b> Методы исследования кинетических систем	11		2	2	7							
<b>Тема 2.</b> Динамические модели взаимодействия видов	11		2	2	7							
<b>Тема 3.</b> Иерархия времён в биологических системах	11		2	2	7							
<b>Тема 4.</b> Моделирование мышечного сокращения	11		2	2	7							
<b>Тема 5.</b> Колебательные процессы в биологии	12		2	2	8							
<b>Тема 6.</b> Распределенные кинетические системы	16		4	4	8							
<b>Итого по содержательному модулю 1</b>	<b>72</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>44</b>							
<b>Всего часов по курсу</b>	<b>72</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>44</b>							

## 5. Методические рекомендации для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

Лекционные занятия не предусмотрены учебным планом.

### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Тема практического занятия</i>	<i>Количество часов</i>
1	Методы исследования кинетических систем	2
2	Динамические модели взаимодействия видов	2
3	Иерархия времён в биологических системах	2
4	Моделирование мышечного сокращения	2
5	Колебательные процессы в биологии	2
6	Распределенные кинетические системы	4
<b>ВСЕГО</b>		<b>14</b>

### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Тема лабораторного занятия</i>	<i>Количество часов</i>
1.	Решение задач по теме «Классификация и исследование устойчивости стационарных точек»	2
2.	Модель Лотки-Вольтерра. Нахождение параметров модели.	2
3.	Изучение модели генетического триггера Жакоба-Моно	2
4.	Кинетическая модель мышечного сокращения	2
5.	Моделирование процессов сокращения летательных мышц насекомых.	2
6.	Модель Пригожина-Лефевра-Николиса (брюсселятор)	4
<b>ВСЕГО</b>		<b>14</b>

## 6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение учебной и методической литературы, составление конспектов, а также подготовку к лабораторным занятиям.

<i>№</i>	<i>Вид работы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Изучение учебной и методической литературы	22
2	Составление конспектов и подготовка к лабораторным работам	22
<b>Всего</b>		<b>44</b>

## 7. Индивидуальные задания

## 8. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Понятие математической модели задачи математического моделирования в биологии.
2. Особенности биологических систем и выбор математического аппарата.
3. Типы дифференциальных уравнений и методы их исследования.
4. Методы уменьшения числа параметров на примере обратимой химической реакции 1-го рода.

5. Общая форма математической модели. Понятие особых точек и изоклин. Определение устойчивости.
6. Классификация особых точек.
7. Бифуркации. Предельные циклы.
8. Особые точки на примере осциллятора с трением.
9. Иерархия времен в биологических системах. Принцип "узкого места".
10. Теорема Тихонова. Особенности Фазового портрета системы 2-х уравнений при наличии "узкого места".
11. Пример нарушения требований теоремы Тихонова. Случай S-образной притягивающей изоклины.
12. Модель химических реакций Лотки.
13. Модель Вольтерра.
14. Модель "хищник-жертва" с учетом самоограничения (поправка Ферхюльста).
15. Модель, описывающая два конкурирующих вида. Закон Гаузе.
16. Обзор популяционных моделей. Модель Розенцвейга и Мак-Артура.
17. Модель мышечного сокращения Дещеревского.
18. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
19. Роль ингибиторов. Конкурентное ингибирование.
20. Неконкурентное ингибирование.
21. Бесконкурентное ингибирование.
22. Субстратное ингибирование.
23. Гистерезисные явления в ферментативных системах.
24. Модель генетического триггера Жакоба и Моно.
25. Биологические триггеры. Методы переключения.
26. Колебательные процессы в биологии. Модель гликолиза.
27. Автокаталитические системы. Точечная модель Пригожина, Лефевра, Николиса.
28. Математические модели распределенных систем. Роль процессов диффузии.
29. Общий вид математической модели распределенной системы. Типы граничных условий.
30. Устойчивость стационарных состояний распределенных систем на примере одного уравнения.
31. Устойчивость стационарных состояний распределенных систем – общий случай.
32. Общий вид базовой модели распределенной системы. Классификация автоволновых процессов.
33. "Брюсселятор" - случай распределенной системы. Понятие диссипативной структуры.

## **9. Образец модульного контроля**

### **Вопросы к модульному контролю**

1. Понятие математической модели.
2. Особенности моделирования биологических систем.
3. Методы исследования дифференциальных уравнений.
4. Общая форма математической модели.
5. Определение устойчивости.
6. Классификация особых точек.
7. Бифуркации.
8. Принцип "узкого места".
9. Фазовый портрет
10. Модель химических реакций Лотки.
11. Модель Вольтерра.
12. Модель "хищник-жертва" с учетом самоограничения (поправка Ферхюльста).
13. Модель, описывающая два конкурирующих вида. Закон Гаузе.
14. Обзор популяционных моделей. Модель Розенцвейга и Мак-Артура.



15. Модель мышечного сокращения Дещеревского.
16. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
17. Биологические триггеры. Методы переключения.
18. Устойчивость стационарных состояний распределенных систем на примере одного уравнения.
19. Устойчивость стационарных состояний распределенных систем – общий случай.
20. Общий вид базовой модели распределенной системы. Классификация автоволновых процессов.

#### **10.Образец экзаменационного билета**

Экзамен не предусмотрен учебным планом

#### **11.Образец тестового задания (при наличии)**

#### **12. Критерии оценивания**

В ходе изучения дисциплины предусматриваются текущий контроль и промежуточная аттестация. Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре (выполнение лабораторных работ, заданий для самостоятельной работы). Целью промежуточной аттестации по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация (зачет) заключается в оценке освоения студентом учебного материала по учебной дисциплине исключительно на основе результатов выполнения им определенных видов работ на практических и лабораторных занятиях. Зачет выставляется по результатам текущего контроля и предусматривает обязательное присутствие студента.

Результаты промежуточной аттестации оцениваются по государственной шкале и шкале ECTS.

	<b>Форма контроля</b>	<b>Баллы</b>
Тема 1	Выполнение лабораторных работ	7
	Самостоятельная работа	2
Тема 2	Выполнение лабораторных работ	7
	Самостоятельная работа	2
Тема 3	Выполнение лабораторных работ	7
	Самостоятельная работа	3
Тема 4	Выполнение лабораторных работ	7
	Самостоятельная работа	3
Тема 5	Выполнение лабораторных работ	7
	Самостоятельная работа	4
Тема 6	Выполнение лабораторных работ	7
	Самостоятельная работа	4
Модульный контроль	Устный опрос	20
Промежуточная аттестация	Устный опрос	20
<b>Общий итог</b>		<b>100</b>

**Соответствие государственной шкалы оценивания  
академической успеваемости и шкалы ECTS**

<b>Оценка по шкале ECTS</b>	<b>Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ</b>	<b>Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>Оценка по государственной шкале (зачет)</b>
A	90–100	5 (отлично)	зачтено
B	80–89	4 (хорошо)	зачтено
C	75–79	4 (хорошо)	зачтено
D	70–74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60–69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35–59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

### **13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса**

Для проведения лабораторных и практических занятий требуется аудитория на группу, оборудования меловой или интерактивной доской, мультимедийным проектором и экраном, персональными компьютерами с доступом к сети Интернет.

### **14. Рекомендованная литература**

#### **Основная**

- 1 Беспалова С.В. Математическое и компьютерное моделирование в биологии [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие/ С. В. Беспалова, А. А. Гусев ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. – Донецк : ДонНУ, 2017 – Электронные данные (1 файл).
- 2 Беспалова С.В. Математичні моделі біологічних процесів : учебное пособие / С.В.Беспалова, О.А. Гусев. — Донецьк, ДонНУ, 2012. — 189 с. – Электронные данные (1 файл).
- 3 Статистические методы в биологических исследованиях: теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост.: О.И.Доценко, Г.В.Тарадина, С.В.Беспалова.- Донецк: ДонНУ, 2013.- 162 с. – Электронные данные (1 файл)
- 4 Основы математической обработки экспериментальных данных в биологии [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост.: Е.В. Тимошенко. – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).

#### **Дополнительная**

- 1 Виленкин, И. В. Высшая математика : интегралы по мере. Дифференциальные уравнения. Ряды / И. В. Виленкин, В. М. Гробер, О. В. Гробер. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2011. - 300 с. (2 экз.)
- 2 Шипачев, В. С. Высшая математика : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / В. С. Шипачев. - Изд. 8-е. - Москва : Высш. шк., 2011. - 479 с. (3 экз.)

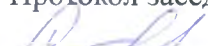
- 3 Беляев, Н. Н. Математическое моделирование в задачах экологической безопасности и мониторинга чрезвычайных ситуаций / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, П. Б. Машихина. - Днепропетровск : Акцент ПП, 2013. - 158 с. (1 экз.)
- 4 Шалдырван, В. А. Дифференциальные уравнения : учеб. пособие / В. А. Шалдырван, К. В. Медведев. - М. : Вузовская книга, 2008. - 356 с. (8 экз.)
- 5 Эльсгольц, Л. Э. Дифференциальные уравнения : учебник для физ. и физ.-мат. фак. ун-тов / Л. Э. Эльсгольц. - Изд. 7-е. - Москва : Изд-во ЛКИ : URSS, 2008. - 309 с. (30 экз.)
- 6 Самарский, А. А. Математическое моделирование : Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд. - М. : Физматлит, 2005. - 320 с. (6 экз.)
- 7 Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования : В 2 т. Т. 2 : Математическое моделирование / Рос. акад. наук ; Ин-т вычислит. математики ; [Отв. ред. В. П. Дымников]. - М. : Наука, 2005. - 405 с. (1 экз.)
- 8 Михеева, Е. В. Информационные технологии в профессиональной деятельности : учеб. пособие / Е. В. Михеева. - Москва : Проспект, 2013. - 448 с. (3 экз.)

### 15. Информационные ресурсы

1. <http://library.donnu.ru/catalog/> – Электронный каталог+ 3 Электронные картотеки Научной библиотеки ДонНУ
2. <http://repo.donnu.ru/> – Электронный архив ДонНУ (репозиторий)
3. <http://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека (НЭБ)
4. <https://dvs.rsl.ru/> – Электронная библиотека диссертаций
5. <https://www.biblio-online.ru/> – Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»
6. <https://cyberleninka.ru/> – Научная электронная библиотека «Киберленинка»

### 16. Программное обеспечение (при наличии)

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614),
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений)
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, R Studio, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 20118-19 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 27.08.18.  
Заведующий кафедрой биофизики  С.В. Беспалова

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 201\_\_\_\_ год. Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ .  
Заведующий кафедрой биофизики С.В. Беспалова

Всего пронумеровано,

прошито и скреплено печатью

11

(одинаковый)

листов



Ректор

С.В. Беспалова