

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом ученого совета  
ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Математическое моделирование  
биологических процессов**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**Специалитет**

Направление подготовки / специальность

**30.05.02 Медицинская биофизика**

Квалификация (степень)

**Врач-биофизик**

Форма обучения

**Очная**

Нижегород

2022 год

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика.

Студенты к моменту освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов», согласно ФГОС ВО, ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин математики, химии, физики. К моменту изучения дисциплины у студентов присутствуют устойчивые представления, касающиеся понятийного аппарата в области математики и физики, студенты владеют основами навыками работы со специализированной литературой.

### Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов целостного представления о математических моделях живых систем различного уровня и принципах их построения;
- освоение студентами методов исследования математических моделей и обучение их применению теоретических навыков построения и анализа математических моделей к конкретным исследуемым процессам.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-8. Способность планировать и осуществлять прикладные и практические проекты и иные мероприятия по изучению биофизических процессов и явлений.	ПК-8.1 Формулирует в рамках практического проекта и иного мероприятия совокупность взаимосвязанных задач и методов изучения биофизических процессов и явлений. ПК-8.2. Решает конкретные задачи практического проекта и иного мероприятия по изучению биофизических процессов и явлений. ПК-8.3. Публично представляет результаты решения практического проекта и иного мероприятия по изучению биофизических процессов и явлений.	Знать теоретические подходы и представления, лежащие в основе регрессионных, качественных и имитационных моделей; основы разработки регрессионных моделей, методы их построения на основе статистических данных и использования для прогнозирования практических результатов в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения. Уметь формулировать уравнения, выбранную модель; проводить анализ предложенных уравнений; выбирать тип и конкретный вид, осуществлять параметризацию и верификацию математической модели, обеспечивающей оптимальное описание исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения. Владеть навыками разработки математической модели конкретного биологического процесса; навыками разработки регрессионной модели исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения.	Контрольные вопросы, тесты

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении производственной практики и подготовке ВКР.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	48
- занятия лекционного типа	16
- занятия практического типа	32
самостоятельная работа	95
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа			
Модуль 1: Основные типы математических моделей биологических процессов	4	8				12	23
Модуль 2: Методы исследования математических моделей	4	8				12	24
Модуль 3: Примеры математических моделей биологических процессов различного уровня	4	8				12	24
Модуль 4. Разработка математического описания конкретного биологического процесса и его анализ	4	8				12	24
<b>Итого</b>	<b>143</b>	<b>16</b>	<b>32</b>			<b>48</b>	<b>95</b>

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках семинарских занятий. Промежуточная аттестация осуществляется на зачете.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

*Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:*

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет
- подготовка к устному опросу на семинарских занятиях;

- подготовка к тестам;
- подготовка к зачету.

**Методические указания по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю по дисциплине «Математическое моделирование биологических процессов»**

**Подготовка к устному опросу, тестированию**

Все перечисленные виды самостоятельной работы представляют собой систему заданий, позволяющих оценить уровень знаний по основным разделам, темам, проблемам дисциплины, а также умений обучающегося синтезировать материал предшествующих дисциплин.

При подготовке к ним студенту необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) изучить рекомендованную учебно-методическую литературу по данной теме;
- 3) тщательно изучить лекционный материал;
- 4) повторить материалы предшествующих дисциплин.

**Подготовка к зачету**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **зачета**. Подготовка к зачету является концентрированной систематизацией всех полученных знаний по дисциплине «Математическое моделирование биологических процессов».

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к зачету по данной дисциплине, а также использовать в процессе обучения программу, другие методические материалы, разработанные кафедрой по данной дисциплине. Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса за счет:

- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) подготовки докладов по отдельным темам;
- в) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- г) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

**В Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### Примеры вопросов для устных опросов:

1. Общие представления о математическом моделировании биологических процессов. Понятие моделирования. Физические и математические модели. Преимущества и недостатки математического моделирования.
2. Регрессионные модели биологических процессов. Типы регрессионных моделей. Теоретическое обоснование их применимости. Область применения таких моделей. Определение параметров регрессионных моделей и оценка эффективности описания ими исследуемого процесса. Примеры моделей.
3. Качественные модели биологических процессов. Общие особенности. Область применения качественных моделей и их ограничения. Примеры качественных моделей.
4. Имитационные модели биологических процессов. Общие особенности данной группы моделей. Этапы их разработки и подходы к параметризации и верификации. Область применения имитационных моделей. Примеры имитационных моделей.
5. Методы аналитического решения систем дифференциальных уравнений.
6. Методы качественного решения «точечных» систем дифференциальных уравнений.
7. Методы качественного решения систем дифференциальных уравнений с распределенными в пространстве параметрами.
8. Методы численного решения дифференциальных уравнений.
9. Модели на основе термодинамического подхода как пример обобщенного описания процессов в биосистемах. Область применения и исходные допущения таких моделей. Примеры.
10. Некоторые подходы в рамках моделирования молекулярной динамики. Область применения таких моделей. Подходы к ускорению их численного анализа.

### Примеры тестов:

1. Для упрощения систем уравнений, описывающих биологические процессы с различными характерными временами, может быть использован: метод

- А. Эйлера.
- Б. разделения переменных.
- В. быстрых и медленных переменных.
- Г. Монте-Карло.

2. Для оценки эффективности описания экспериментальных данных регрессией может быть использован метод:

- А. Фурье.
- Б. наименьших квадратов.
- В. разделения переменных.
- Г. Ляпунова.

### Примеры ситуационных задач:

1. При анализе скорости перехода электрона с  $Q_A$  на  $Q_B$  в фотосистеме Пвысших растений выявлено, что при увеличении концентрации рост скорости переноса происходит линейно. Оценить применимость закона действующих масс в данной ситуации, обосновать полученный вывод. Записать уравнение для скорости переноса.

2. Адаптировать уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца для стационарного диффузионного потенциала к описанию потенциала покоя, включающего в себя метаболическую компоненту. Примем при этом, что метаболическая компонента –  $H^+$ -АТФаза плазматической мембраны (случай высших растений).

## **6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

Динамические системы и модели в биологии [Электронный ресурс] / Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111928.html>

Физика и биофизика. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс] : учебное пособие / Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970426777.html>

Физика и биофизика [Электронный ресурс]: учебник / В. Ф.Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>

### **б) дополнительная литература:**

Некоркин В. И. - Лекции по основам теории колебаний: учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с.

Оптимальное управление биологическими сообществами [Электронный ресурс] / Андреева Е.А. - Архангельск: ИД САФУ, 2014. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261008804.html>

Нелинейная динамика и управление. Вып. 8. - М.: Физматлит, 2013. - 336 с. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115643.html>

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>,

ЭБС «ZNANIUM.COM»<http://znanium.com/>,

ЭБС «Юрайт»<https://www.biblio-online.ru/>,

Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary»<http://www.studentlibrary.ru/>,

Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения занятий семинарского и лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран), помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ.

Автор \_\_\_\_\_ к.б.н., доц. кафедры биофизики Сухов В.С.

Рецензент \_\_\_\_\_ Якимов В.Н., д.б.н., доцент кафедры экологии

Заведующий кафедрой биофизики \_\_\_\_\_ д.б.н., доц. Воденеев В.А.

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 06.12.2021 года, протокол №3.