

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  
(факультет / институт / филиал)

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» августа 2021 г. № 11

Рабочая программа дисциплины  
**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕЙРОН-ГЛИАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Уровень высшего образования  
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки

**06.06.01 Биологические науки**

Направленность

**03.01.02 Биофизика**

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**Очная**

Нижний Новгород

2021

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ОПОП)

Дисциплина «Математические модели нейрон-глиальных систем» относится к числу общепрофессиональных дисциплин, изучается на 2 году обучения, в 4 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования: молекулярная биология, общая биофизика, теории колебаний и волн, теория дифференциальных уравнений, математика и математические методы в биологии, информатика, современные информационные технологии, физиология высшей нервной деятельности.

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

### Цель освоения дисциплины.

Изучить биофизические модели кальциевой сигнализации в астроците (модель Лиганда, Уллаха), модели нейронов (модель Ходжкина-Хаксли, модель Фитц-Хью-Нагумо), модели нейрон-глиального взаимодействия, биофизические механизмы нейрон-глиального взаимодействия, биофизические механизмы кальций-зависимого высвобождения глутаматергических, биофизические механизмы астроцитарной регуляции сигнализации в нейронных сетях.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**знать:** биофизические модели кальциевой сигнализации в астроците (модель Лиганда, Уллаха), модели нейронов (модель Ходжкина-Хаксли, модель Фитц-Хью-Нагумо), модели нейрон-глиального взаимодействия, биофизические механизмы нейрон-глиального взаимодействия, биофизические механизмы кальций-зависимого высвобождения глутаматергических, биофизические механизмы астроцитарной регуляции сигнализации в нейронных сетях.

**уметь:** самостоятельно приобретать новые знания и умения с помощью компьютерных технологий, применять творческий подход для постановки и решения новых задач, профессионально оформлять и представлять результаты научно-исследовательских работ.

**владеть:** терминологией моделирования в нейробиологии.

**Таблица 1**

### Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и этап формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-3: способность использовать и развивать высокотехнологичные физико-химические методы и современные информационно-	ЗНАТЬ: актуальные проблемы биологии и биомедицины; основные методы научно-исследовательской деятельности; основные методы физико-химического анализа, применяемые в биологии и биомедицине УМЕТЬ:



**Таблица 3****Содержание дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела</b>	<b>Форма проведен ия занятия</b>	<b>Форма текущего контроля *</b>
<b>1</b>	Введение. Цели, принципы и основные методы математического моделирования в нейродинамике. Классификация моделей на принципиальные и биолого-правдоподобные. Обзор математических моделей нейронов и кальциевой активности астроцитов	Биофизическая модель нейрона Ходжкина-Хаксли. Механизмы генерации кальциевых сигналов в астроцитах. Биофизические модели кальциевой динамики астроцитов. Модель Уллаха, модель Ли-Ринцеля	семинар	Проверочная работа
<b>2</b>	Механизмы астроцитарного регулирования синаптической передачи. Моделирование нейрон-глиального взаимодействия	Биофизические механизмы нейрон-глиального взаимодействия. Обзор существующих моделей астроцитарного регулирования синаптической передачи.	семинар	Проверочная работа
<b>3</b>	Моделирование нейрон-глиальных сетей	Особенности построения нейрон-глиальных сетей мозга. Подходы к моделированию нейрон-глиальных сетей мозга.	семинар	Проверочная работа
<b>4</b>	Методы исследования математических моделей нейрон-глиальных систем	Анализ получаемых в сетевых моделях сигнализаций нейронов и астроцитов. Исследование эффектов воздействия астроцитов на динамику нейронной сети.	семинар	перевод научного текста

**4. Образовательные технологии**

Особенностью курса «Математические модели нейрон-глиальных систем» является перевод, обсуждение и обобщение актуальных научных статей в области математического моделирования.

## 5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Формы и методы контроля и оценки результатов освоения модулей приведены в таблице:

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Математические модели нейронов и кальциевой активности астроцитов	обзорное знакомство с математическими моделями нейронов и кальциевой активности астроцитов	Проверочная работа.
Механизмы астроцитарного регулирования синаптической передачи. Моделирование нейрон-глиального взаимодействия	обзорное знакомство с механизмами астроцитарного регулирования синаптической передачи с помощью дополнительной литературы	Проверочная работа
Моделирование нейрон-глиальных сетей	обзорное знакомство с принципами построения нейрон-глиальных сетей мозга с помощью дополнительной литературы	Проверочная работа
Методы исследования математических моделей нейрон-глиальных систем	чтение дополнительной литературы (4, 5)	перевод с англ.

## 6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

*а. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования*

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

*б. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания*

Зачтено	Знание биофизических принципов построения моделей кальциевой сигнализации в астроците (модель Ли-Ринцеля, Уллаха), моделей нейронов (модель Ходжкина-Хаксли, модель Фитц-ХьюНагумо), моделей нейрон-глиального взаимодействия и биофизических процессов, которые выше перечисленные модели описывают, с незначительными недочётами. Знание методов и подходов нелинейной динамики для исследования моделей.
---------	---

Не зачтено	Знание только самых основ биофизических механизмов нейрон-глиального взаимодействия, биофизических механизмов кальциевой сигнализации в астроцитах, неумение сопоставлять и анализировать
------------	---

с. *Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.*

**Вопросы к проверочной работе по теме Математические модели нейронов и кальциевой активности астроцитов.**

1. Биофизическая модель изменения мембранного потенциала нейрона Ходжкина-Хаксли.
2. Биофизическая модели кальциевой динамики астроцита модель Ли-Ринцеля.
3. Биофизическая модели кальциевой динамики астроцита модель Уллаха.

**Вопросы к проверочной работе по теме Механизмы астроцитарного регулирования синаптической передачи. Моделирование нейрон-глиального взаимодействия**

1. Биофизические механизмы астроцитарного регулирования синаптической передачи
2. Существующие модели нейрон-глиального взаимодействия
3. Основные эффекты влияния астроцитов на нейронную активность
4. Принципы построения нейрон-глиальных сетей мозга.
5. Архитектура моделей нейрон-глиальных сетей мозга.
6. Методы исследования математических моделей нейрон-глиальных систем.

**Вопросы к проверочной работе по теме Биофизические механизмы и моделирование астроцитарного регулирования синаптической передачи.**

1. Биофизические механизмы астроцитарного регулирования синаптической передачи
2. Существующие модели нейрон-глиального взаимодействия
3. Основные эффекты влияния астроцитов на нейронную активность

**Вопросы к проверочной работе по теме Подходы к моделированию нейрон-глиальных сетей мозга.**

1. Принципы построения нейрон-глиальных сетей мозга.

**Вопросы к зачету по дисциплине «Математические модели нейрон-глиальных систем»**

1. Цели, принципы и основные методы математического моделирования в нейродинамике. Классификация моделей на принципиальные и биолого-правдоподобные.
2. Построение моделей для описания конкретных феноменов, конкретных типов клеток и конкретных сетевых архитектур.
3. Основные понятия теории динамических систем: фазовое пространство, аттракторы, устойчивость, грубость.
4. Биофизическая модель нейрона Ходжкина-Хаксли.
5. Модель нейрона Фитц-ХьюНагумо.
6. Механизмы генерации потенциала действия в модели Ходжкина-Хаксли.
7. Биофизические механизмы генерации кальциевых сигналов в астроцитах.

8. Математические модели, описывающие кальциевую активность в астроцитах.
9. Основные отличия в динамике нейрона и кальциевой динамике в астроците.
10. Биофизические механизмы нейрон-глиального взаимодействия.
11. Биофизические механизмы кальций-зависимого высвобождения глутаматергических из астроцита.
12. Модель воздействия нейрона на астроцит.
13. Математические модели, описывающие механизмы астроцитарного регулирования синаптической передачи.
14. Подходы к моделированию нейрон-астроцитарных сетей.
15. Методы исследований динамики моделей нейрон-глиальных систем.

По решению преподавателя для оценки знаний по компетенциям курса могут использоваться тесты (*полный перечень заданий приводится в приложении 2 ФОС*).

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

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 12.02.2014 №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:

1. 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.

б) дополнительная литература:

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

2. Нейронные сети: основы теории [Электронный ресурс] / Галушкин А.И. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. (<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991200820.html>)

в) Интернет-ресурсы:

1. <http://elibrary.ru>
2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
3. <http://www.tandfonline.com/loi/>

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

Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран). 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 ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки

Автор \_\_\_\_\_ Казанцев В.Б.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_ Воденеев В.А.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Казанцев В.Б.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института ИББМ от 30 августа 2021 года, протокол №1.



### Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

**ПК-3: способность использовать и развивать высокотехнологичные физико-химические методы и современные информационно-коммуникационные технологии при решении задач биологии и биомедицины**

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины	Отсутствие навыка	Фрагментарное применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины	В целом успешное, но не систематическое применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины	Успешное и систематическое применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины	Отсутствие навыка	Фрагментарное применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины	В целом успешное, но не систематическое применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины	Успешное и систематическое применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины	Отсутствие навыка	Фрагментарное применение навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины	В целом успешное, но не систематическое применение навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины	Успешное и систематическое применение навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины
<b>УМЕТЬ</b> анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач	В целом успешное, но не систематическое умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач	Успешное и систематическое умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и

выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов		биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов
УМЕТЬ критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте	Отсутствие умений	Частично освоенное умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте	В целом успешное, но не систематическое умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте	Успешное и систематическое умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте
ЗНАТЬ принципы основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и ограничения	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и ограничения	Неполные знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и ограничения	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и ограничения	Сформированные и систематические знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и ограничения
ЗНАТЬ современные информационно-коммуникационных технологии, применяемые для решения задач биологии и биомедицины	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины	Неполные знания современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины	Сформированные, но современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины	Сформированные и современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины