

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 президиума
Ученого совета ННГУ
протокол от
«20» апреля 2021 г. № 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Основы биофизики и физиологии возбудимых систем»

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

06.03.01 «Биология»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Профиль «Биомедицина»

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очно-заочная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем» относится к вариативной части блока Б1 ОПОП по направлению подготовки 06.03.01 «Биология». Дисциплина предназначена для освоения студентами очной формы обучения, преподается в заключительном 10 семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Перед изучением курса обучающийся должен освоить следующие дисциплины: «Цитология», «Физиология человека и животных», «Биофизика», «Биохимия», «Зоология позвоночных».

Целями освоения дисциплины «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем» являются:

- Изучение основ физико-химических закономерностей ответной реакции возбудимых систем на раздражитель, механизмов проведения возбуждения на молекулярно-клеточном уровне.
- Формирование у студентов системных знаний о физиологических основах методов исследования функций возбудимых систем на различных уровнях организации.
- Воспитание навыков логического физиологического мышления, способности к анализу и синтезу.

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

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 способностью применять на практике приемы составления научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт и пояснительных записок, излагать и критически анализировать получаемую информацию и представлять результаты полевых и лабораторных биологических исследований (завершающий этап формирования)	З (ПК-2) Знать правила оформления протоколов электрофизиологических, микробиологических экспериментов, последовательность составления отчета по результатам проделанной экспериментальной работы
	У (ПК-2) Уметь оформлять протоколы электрофизиологических, микробиологических экспериментов, составить письменный протокол эксперимента и описать полученные в ходе работы результаты
	В (ПК-2) Владеть методами анализа и оформления полученных экспериментальных данных и способностью их интерпретировать, полагаясь на теоретические знания

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 22 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем, 1 час – текущий контроль, и 85 часов приходится на самостоятельную работу обучающегося.

Структура дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание	Всего	В том числе
-----------------------------------	-------	-------------

раздела дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них		Всего	Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Практические занятия			
		Очная	Очная		Очная
Тема 1. Введение. Раздражимость и возбудимость биологических систем. История изучения биологического электричества.	11	3		3	8
Тема 2. Транспорт веществ через мембрану	12	4		4	8
Тема 3. Происхождение мембранного потенциала покоя	13	4		4	9
Тема 4. Механизмы развития потенциала действия	12	4		4	8
Тема 5. Физиология нервных проводников	12	4		4	8
Тема 6. Физиология скелетных и гладких мышц	11	3		3	8
В т.ч. текущий контроль	1				
Промежуточная аттестация - зачет					

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках семинарских занятий.

1. Образовательные технологии

По дисциплине «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем» читаются лекции с использованием мультимедийного оборудования. Проводится обсуждение результатов самостоятельной работы студентов на практических занятиях семинарского типа.

Предусматривается широкое использование активных и интерактивных форм приобретения новых знаний, включая модульно-рейтинговую систему, при которой учебный материал разделяется на логически завершённые части (модули), после изучения которого проходит аттестация – зачет.

2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В качестве вида самостоятельной работы обучающегося выбрана внеаудиторная самостоятельная работа в библиотеке и в иных условиях с доступом к ресурсам Интернет и литературе, соответствующей тематике дисциплины. Порядок контроля выполнения самостоятельной работы – обсуждения на семинаре.

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- работа с основной и дополнительной литературой в библиотеке;

- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет;
- самоподготовка к занятиям семинарского типа (устный опрос);
- подготовка к тестам;
- подготовка докладов и презентаций;
- подготовка к дискуссиям;
- подготовка к зачету.

Распределение форм текущего контроля по разделам учебной дисциплины

Раздел / тема учебной дисциплины	Проверяемые знания, умения и владения	Форма текущего контроля и оценивания самостоятельной работы студентов
Тема 1. Введение. Раздражимость и возбудимость биологических систем. История изучения биологического электричества.	3 ПК-2	Устный опрос Доклад Тестирование
Тема 2. Транспорт веществ через мембрану	3, У, В ПК-2	Устный опрос Тестирование Презентации докладов
Тема 3. Происхождение мембранного потенциала покоя	3, У, В ПК-2	Устный опрос Письменный опрос Практические задания Ситуационная задача Тестирование
Тема 4. Механизмы развития потенциала действия	3, У, В ПК-2	Письменный опрос Тестирование Доклад Практические задания Ситуационная задача
Тема 5. Физиология нервных проводников	3, У, В ПК-2	Устный опрос Презентации докладов Тестирование
Тема 6. Физиология скелетных и гладких мышц	3, У, В ПК-2	Устный опрос Презентации докладов Тестирование

5.1. Методические указания по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю по дисциплине «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем»

Подготовка к тестам, устному и письменному опросам, практическим заданиям и решению ситуационных задач

Устный опрос и тесты 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 тестированию и устному опросу необходимо:

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

Подготовка к докладам и сообщениям

В докладе должны затрагиваться темы, выходящие за рамки основного материала дисциплины. Таким образом, пройденный материал должен закрепляться конкретными

примерами, разобранными самостоятельно с возможностью выбора на основе личного интереса. Время выступления 10-12 минут, обсуждение 10-12 минут, объем текста 6-8 страниц.

Доклад должен быть подготовлен с использованием нескольких источников литературы и ресурсов сети Интернет.

Важной задачей подготовки доклада является ознакомление с современными методами электрофизиологии, активно используемых в научных лабораториях, с целью расширения возможностей для планирования собственных исследований и будущей профессиональной деятельности.

В конце доклада обязательно дать ссылки на используемую литературу (книги, статьи, информационные сайты (адресная строка URL) и т.п.)

Доклад должен сопровождаться наглядными примерами в виде схем и иллюстраций, представленных в формате визуальной презентации.

Знание содержания работы, умение отвечать на поставленные вопросы по теме работы и навыки публичного выступления формируют итоговую оценку за доклад.

Подготовка к зачету.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **зачета**. Подготовка к зачету является концентрированной систематизацией всех полученных знаний по дисциплине «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

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.
- Вопросы для подготовки к зачету представлены в п.6 данной программы..

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. 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

ПК-2 - способностью применять на практике приемы составления научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт и пояснительных записок, излагать и критически анализировать получаемую информацию и представлять результаты полевых и лабораторных биологических исследований.

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

Этап формирования компетенций: *завершающий*

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»

Знать правила оформления протоколов электрофизиологических, микробиологических экспериментов, последовательность составления отчета по результатам проделанной экспериментальной работы	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала при наличии ошибок	Знание основного материала с заметными погрешностями	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок	Знание основного и дополнительного материала без ошибок
Уметь оформлять протоколы электрофизиологических, микробиологических экспериментов, составить письменный протокол эксперимента и описать полученные в ходе работы результаты	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Владеть методами анализа и оформления полученных экспериментальных данных и способностью их интерпретировать, полагаясь на теоретические знания	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Шкала оценок по проценту правильно выполненных заданий	0-20%	21-50%	51-70%	71-80%	81-90%	91-99%	100%

6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Умения и владения формируемых в рамках данной дисциплины компетенций оцениваются на семинарских занятиях, оценка суммируется с оценкой за теоретический вопрос на зачете.

Критерии оценивания на зачете

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Владение знаниями в полном объеме. Продemonстрированы все умения. Выполнение всех заданий, решение всех задач в полном объеме и без недочетов.
	Отлично	Знание основного материала без ошибок в полном объеме. Продemonстрированы все умения и решены все задачи без существенных недочетов. Выполнены все задания в полном объеме.
	Очень хорошо	Знание основного материала с незначительными погрешностями. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
	Хорошо	Знание основного материала с заметными погрешностями. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
	Удовлетворительно	Продemonстрированы основные знания и умения, решение типовых заданий при наличии негрубых ошибок. Владение материалом и умениями не в полном объеме.
Не зачтено	Не удовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки
	Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала и минимальных умений. Невозможность оценить полноту знаний и наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих сформированность компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний ПК-2 (завершающий этап формирования компетенции) используются следующие процедуры и технологии:

- тестирование,
- доклад,
- письменные ответы на вопросы,

- устный опрос.

Для оценивания результатов обучения в виде умений ПК-2 (завершающий этап формирования компетенции) используются следующие процедуры и технологии:

- практические задания.

Для оценивания результатов обучения в виде владений ПК-2 (завершающий этап формирования компетенции) используются следующие процедуры и технологии:

- ситуационные задачи.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

6.4.1. Тестирование

Для текущего контроля уровня знаний, полученных и закрепленных в процессе изучения как отдельной темы, так и блока из нескольких тем могут использоваться тесты. Время, выделяемое на выполнение данного задания, варьируется из расчета: 1 мин. на вопрос теста (от 10 до 20 вопросов, предел длительности контроля – 20 минут). Тестирование исключает возможность использования учебных материалов.

Полный комплект тестовых заданий приведен в *фондах оценочных средств* рабочей программы дисциплины «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

Примеры тестовых заданий для оценки знаний компетенции ПК-2

1. Последовательность действий при проведении экспериментальной работы - это: (2)

- 1). ведомость эксперимента;
- 2). протокол эксперимента;
- 3). инструкция эксперимента;
- 4). методическое пособие.

2. В научной статье технические детали проведения эксперимента наиболее полно отражаются в разделе: (4)

- 1). результаты;
- 2). выводы;
- 3). результаты и обсуждения;
- 4). материалы и методы.

3. Для описания пространственно-временных характеристик волновых процессов наиболее подходят: (3)

- 1). графики;
- 2). гистограммы;
- 3). активационные карты;
- 4). таблицы данных.

6.4.2. Доклад

Студентам предлагается подготовить доклад в виде презентации. Оценочное средство в виде подготовки доклада с последующей презентацией используется при проведении практического занятия во время аудиторной работы.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	10-12 минут
Обсуждение	10-12 минут
Критерии оценки:	
«отлично»	содержание презентации соответствует теме доклада, информация изложена четко и логично, является достоверной; включает примеры из практики; количество слайдов – в пределах 20; присутствует творческий, оригинальный подход
«хорошо»	содержание презентации соответствует теме доклада, информация, в целом, изложена четко и логично, является достоверной; количество слайдов – в пределах 15
«удовлетворительно»	тема доклада раскрыта поверхностно; перегружена текстом; количество слайдов – в пределах 10

Примеры тем докладов для оценки знаний компетенции ПК-2

1. История открытия «животного электричества».
2. История развития представлений о строении биологической мембраны.
3. Синапс.

6.4.3. Письменные ответы на вопросы

Вопросы, требующие письменного ответа, используются для осуществления контроля знаний графического отображения процессов на клеточной мембране и строения компонентов биологических систем

Полный перечень вопросов приведен в *фондах оценочных средств* рабочей программе дисциплины «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

Примеры вопросов для ответов в письменном виде для оценки знаний компетенции ПК-2:

1. Покажите на графике фазы потенциала действия.
2. Схематично изобразите компоненты клеточной мембраны в модели Даниэлли и Доусона.
3. Нарисуйте схему ацетилхолинового рецептора.

6.4.4. Устный опрос

Устный опрос используется для контроля знаний студентов в качестве проверки результатов освоения основных принципов и положений по дисциплине «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

Полный перечень вопросов приведен в *фондах оценочных средств* рабочей программе дисциплины «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

Примеры вопросов для текущего контроля знаний компетенции ПК-2:

1. Примеры возбудимых систем.
2. Различия между понятиями «раздражимость» и «возбудимость».
3. Строение синапса.

4. Компоненты клеточной мембраны.

Примеры вопросов для оценки знаний компетенции ПК-2 к зачету:

1. Функциональная классификация ионных каналов. Диффузия ионов через водные каналы.

2. Кальциевые (Ca^{2+}) каналы возбудимых мембран. Классификация по месту расположения Ca^{2+} – каналов.

3. Происхождение мембранного потенциала покоя.

4. Калиевые каналы (K^{+}) возбудимых мембран. Рецепторуправляемые K^{+} -каналы.

Особенности структуры и функции.

5. Кальциевые (Ca^{2+}) каналы возбудимых мембран. Блокаторы Ca^{2+} каналов. Особенности и функциональные характеристики.

6.4.5. Практические задания

Практические задания предполагают решение одной или нескольких задач в одно или два действия. К ним можно отнести: простые задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий.

Полный перечень практических заданий приведен в *фондах оценочных средств* рабочей программе дисциплины «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	20 минут
Предлагаемое количество заданий	2
Критерии оценки:	
«отлично»ж	Решение приведено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполнен анализ ошибок.
«хорошо»	Решение приведено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе допущены 2-3 недочета
«удовлетворительно»	Решение приведено не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки
«неудовлетворительно»	Решение приведено не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

Примеры практических заданий для оценки знаний компетенции ПК-2

1. Отобразите на графике предполагаемое изменение направления кривой потенциала действия при

- выходе ионов калия из клетки
- выходе ионов натрия из клетки
- входящем токе ионов хлора
- активации «funny»-токов

2. Определите последовательность представления научной общественности опытов: «второй опыт Гальвани»-«опыт Маттеучи»-«первый опыт Гальвани», проиллюстрируйте принципиальные отличия указанных экспериментальных опытов.

6.4.6. Ситуационные задачи

Предполагают решение в два и более действий. Полный перечень ситуационных задач приведен в *фондах оценочных средств* рабочей программе дисциплины «Основы биофизики и физиологии возбудимых систем».

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	15-20 минут
Предлагаемое количество заданий	1
Критерии оценки:	
«отлично»	Решение приведено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи, вычисления; правильно выполнен анализ ошибок.
«хорошо»	Решение приведено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе допущены 2-3 недочета
«удовлетворительно»	Решение приведено не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки
«неудовлетворительно»	Решение приведено не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

Пример ситуационной задачи для проверки умений компетенции ПК-2:

Мышечная ткань была подвергнута условиям гипоксии. Каких процессов на клеточной мембране можно ожидать? С изменением проводимости для каких ионов в большей степени будут связаны наблюдаемые изменения? Приведите примеры воздействий на ткань для возвращения ее функционального состояния к норме.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное 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

1. Балезина О.П. Физиология: биопотенциалы и электрическая активность клеток: Учеб. пособие для академического бакалавриата / О.П. Балезина, А.Е. Гайдуков, И.Ю. Сергеев - 2-е изд., пер. и доп.- М.: Юрайт, 2017. – 165 с. Доступ: <https://biblio-online.ru/book/32C8B2F4-7134-4A53-8F04-A40313F1110A>
2. Гайворонский А. И., Гайворонский И. В., Ничипорук Г. И. Анатомия центральной нервной системы и органов чувств. М.: Юрайт, 2016. - 293 с. Доступ: Библиотека ННГУ; ЭБС - <https://biblio-online.ru/book/C2E806B1-1759-4B12-87F3-280CDA4DB0F9>
3. Дембицкая Ю.В., Лебедева А.В., Тюрикова О.В., Семьянов А.В., Методика регистрации электрической активности нейронов методом патчкламп, учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2012. – 27с. Доступ: <http://www.neuro.unn.ru/dept/teaching>.
4. Доронин М.С., Дембицкая Ю.В., Лебедева А.В., Тюрикова О.В., Семьянов А.В., Обработка электрофизиологических данных в нейробиологии, учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 25 с. Доступ: <http://www.neuro.unn.ru/dept/teaching>.

5. Самко Ю.Н. Морфология и физиология сенсорных систем и высшей нервной деятельности: Учебное пособие / Ю.Н. Самко. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 158 с. Доступ: <http://znanium.com/bookread2.php?book=420414>.

6. Харьковская Е.Е., Другова О.В., Осипов Г.В., Мухина И.В. Мультиэлектродная регистрация электрической активности изолированного сердца крысы. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 28 с. Доступ: <http://www.neuro.unn.ru/dept/teaching>.

б) дополнительная литература

1. Auld D.S., Robitaille R. Glial cell and neurotransmission: An inclusive view of synaptic function // *Neuron*. 2003. Vol. 40. P.389-400.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089662730300607X>

2. Pfrieger F.W. Role of glia in synapse development // *Curr. Opin. Neurobiol.* 2002. Vol. 12. P. 486-490 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2705714/>

3. Gary P. Schools, Min Zhou, and Harold K. Kimelberg. Development of gap junctions in hippocampal astrocytes: evidence that whole cell electrophysiological phenotype is an intrinsic property of the individual cell. *Journal of Neurophysiology* 96, June, 14, 2006. https://www.researchgate.net/publication/7008896_Development_of_Gap_Junctions_in_Hippocampal_Astrocytes_Evidence_That_Whole_Cell_Electrophysiological_Phenotype_Is_an_Intrinsic_Property_of_the_Individual_Cell

4. Toni – fei Wang, Chen Zhou, Ai – hui Tang, Shi – qiang Wang, Zhen Chai. Cellular mechanism for spontaneous calcium oscillations in astrocytes. *Acta Pharmacologica Sinica*, July, 2006. 27 (7). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-7254.2006.00397.x/abstract>

5. Perea G, Navarrete M, Araque A. Tripartite synapses: astrocytes process and control synaptic information. *Trends Neurosci.* 2009 Aug;32(8):421-31 [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166-2236\(09\)00101-5](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166-2236(09)00101-5)

6. Douglas Fields R. and Beth Stevens-Graham. New insights into neuron-glia communication. *Science*, October, 18, 2002 <http://science.sciencemag.org/content/298/5593/556.long>.

7. Swanson C., Bures M., Johnson M., Linden A-M, Monn J, Schoepp D., Metabotropic glutamate receptors as novel targets for anxiety and stress disorders, *Nature Reviews Drug Discovery* 4, 131-144, 2005 <http://dx.doi.org/10.1038/nrd1630>

8. Li Z., Sheng M. Some assembly required: the development of neuronal synapses *Nat Rev Mol Cell Biol* 2003 Nov; 4(11): 833-41. <http://www.nature.com/nrm/journal/v4/n11/abs/nrm1242.html>

9. Hamill O. P. Ion transport by single receptor channels. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 1983; 48: 247—257. <http://symposium.cshlp.org/content/48/247.extract>

10. Николлс Дж. Г., Мартин О.В., Валлас Б. Дж., Фукс П.А. От нейрона к мозгу. Изд. 4. М: Либроком. 2017. 676 с. Доступ: <http://www.neuro.unn.ru/dept/teaching>.

11. Калинин Я.И., Мухина И.В., Семьянов А.В. Приготовление переживающих срезов мозга крыс: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. - 36 с. Доступ: <http://www.neuro.unn.ru/dept/teaching>.

12. Пимашкин А.С., Корягина Е.А., Гладков А.А., Симонов А.Ю., Мухина И.В., Казанцев В.Б. Исследование биоэлектрической активности нейронных сетей в культурах гиппокампа: стимуляция, регистрация и анализ. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2011. – 26 с. Доступ: <http://www.neuro.unn.ru/dept/teaching>;

13. Сергеев И.Ю. Физиология человека и животных в 3 т. Т. 1 Нервная система: анатомия, физиология, нейрофармакология: Учебник и практикум для академического бакалавриата / И.Ю. Сергеев, В.А. Дубынин, А. А. Каменский - М.: Юрайт, 2017. – 393 с. Доступ: <https://biblio-online.ru/book/9F5EDA0F-E8B1-47BF-865F-3345E2D77470>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В учебном процессе необходимы:

1. Поточные лекционные аудитории оснащенных современными техническими средствами обучения (компьютер, проектор, интерактивная доска).
2. Ноутбук.
3. Проекционная техника.
4. Видеотехника.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению **06.03.01 Биология**, профиль **Биомедицина**.

Авторы _____ д.б.н., проф. И.В. Мухина
(подпись)

_____ ассистент Е.Е. Харьковская
(подпись)

Рецензент _____ д.б.н., проф. А.С. Корягин
(подпись)

Заведующий кафедрой Нейротехнологий _____ д.ф.-м.н., В.Б. Казанцев

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института биологии и
биомедицины