

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
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Модуляция синаптической передачи

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
06.04.01 - Биология

Направленность образовательной программы
Нейробиология

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02 Модуляция синаптической передачи относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен к постановке и разработке актуальной научной проблемы, научному анализу данных и их обобщению в контексте ранее накопленных в мировой науке знаний, аргументированном у выборе методов исследования, формулированию выводов и практических рекомендаций на основе проведенного анализа (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	<p>ПК-1.1: Знает: основные достижения и проблемы в современной биологической науке, принципы проведения научного исследования и подходы к организации и осуществлению поиска научной информации в базах данных по тематике исследования</p> <p>ПК-1.2: Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить поиск и анализ информации в современных базах данных по избранной теме исследования, подбор методов исследования в соответствии с научными задачами. <p>ПК-1.3: Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками поиска и анализа научной информации, выбора методов исследования, формулировки выводов и рекомендаций. 	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знает принципы клеточной организации компонентов нейронной сети, биофизические и биохимические основы мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности нервной ткани</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Умеет применять фундаментальные знания в области модуляции синаптической передачи в теоретических и прикладных разделах нейробиологии</p> <p>ПК-1.3:</p> <p>Владеет теоретическими навыками исследования модуляции синаптической передачи за счет накопленных теоретических знаний о биохимическом взаимодействии компонентов нейронной сети с внешними факторами</p>	<p>Контрольная работа</p> <p>Реферат</p> <p>Тест</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

ПК-2: Способен использовать современные методы обработки и интерпретации биологической информации при проведении научных исследований, современную аппаратуру и информационно-коммуникационные технологии при выполнении полевых и лабораторных биологических, экологических работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	<p>ПК-2.1: Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные методические подходы при выполнении биологических, биомедицинских и экологических исследований, обработке и интерпретации полученных результатов; <p>ПК-2.2: Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать современную приборную базу для биологических, биомедицинских и экологических исследований, методически грамотного применения статистических и аналитических подходов в обработке результатов <p>ПК-2.3: Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы на современном полевом и лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов 	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать существующие методы исследования и анализа регуляции синаптической передачи для нейротехнологий и биомедицинских технологий</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Уметь работать с литературными и интернет источниками по данной теме, подбирать методы исследования и анализа регуляции синаптической передачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Владеть практическими навыками исследования модуляции синаптической передачи за счет накопленных практических знаний о биохимическом взаимодействии компонентов нейронной сети с внешними факторами</p>	Контрольная работа Реферат Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
--	--	--	---------------------------------------	---------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	2
самостоятельная работа	10
Промежуточная аттестация	36
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Синапс. Синаптическая передача. Типы синапсов. Структура химических синапсов. Механизм проведения возбуждения через синапс. Экзоцитоз синаптических везикул.	18	6	10	16	2
Синаптическая пластичность. Типы синаптической пластичности. Пресинаптический и постсинаптический механизмы кратковременной модуляции синаптической трансмиссии. Долговременная потенция. Долговременная депрессия. Механизм долговременной модуляции синаптической трансмиссии.	22	8	10	18	4
Глиальные клетки. Типы глиальных клеток. Астроциты как компонент трехчастного синапса, их роль в модуляции синаптической трансмиссии.	14	4	8	12	2
Основные лиганд-опосредованные системы модуляции синаптической передачи. Эндogenous каннабиноидная система (ЭКС). Эндоканнабиноид-опосредованный сигналинг в трехчастном синапсе. транспорта ЭК. Нейропротективные свойства ЭКС. Система эндогенных опиоидных пептидов. Функции эндогенных опиоидов. Система нейротрофических факторов. Участие нейротрофинов в модуляции синаптической трансмиссии. Нейропротекторные свойства нейротрофических факторов.	16	6	8	14	2
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	24	36	62	10

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 10 ч.

4. 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.

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- работа с основной и дополнительной литературой в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет;
- подготовка к письменным контрольным работам;
- написание рефератов;
- подготовка к экзамену.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Приведите основные типы классификаций нейронов.
2. Электрический и химический синапс. Нарисуйте схематичное изображение. Охарактеризуйте основные отличия.
3. Роль кальция в процессе экзоцитоза.
4. Формирование SNARE-комплекса при экзоцитозе: этапы, основные белки.
5. Типы синапсов по механизму действия, по локализации на поверхности нервной клетки, по функции.
6. Факторы, определяющие время синаптической задержки. Сравнительная оценка.
7. Ионотропные и метаботропные рецепторы. Нейротрансмиттеры (нейромедиаторы) и нейромодуляторы. Методы изучения.
8. Факторы, определяющие время синаптической задержки. Варианты экспериментального моделирования.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Охарактеризуйте основные типы кратковременной синаптической пластичности.
2. Постсинаптический механизм кратковременной модуляции синаптической трансмиссии (сенситизация и десенситизация рецепторов).
3. Са-зависимый механизм кратковременной модуляции синаптической передачи.
4. Роль дендритных шипиков в механизмах LTP
5. Гомеостатическая пластичность. Клеточные механизмы. Оценить функциональное значение.
6. Правило Хебба. Примеры в практике.
7. Механизмы индукции LTP.
8. Долговременная депрессия (Long Term Depression). Возможность регуляции.
9. Пресинаптический механизм кратковременной модуляции синаптической трансмиссии (фасилитация, усиление, посттетаническая потенция, депрессия). Применение на практике.
10. Роль NMDA и AMPA рецепторов в механизмах формирования долговременной потенции
11. Пресинаптические механизмы фасилитации.
12. STDP (Spike-timing dependent plasticity, или модель пластичности, зависящая от времени спайка). Аналоги.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Ионотропные и метаботропные рецепторы. Гомеостатическое значение.
2. Физиологическая роль эндогенной каннабиноидной системы.
3. Нейропротективные свойства эндогенной каннабиноидной системы.

4. Описание механизма проведения возбуждения через синапс.
5. Нейрон-астроцитарный сигналинг с участием эндогенной каннабиноидной системы.
6. Объяснение механизма образования синаптопоры и экзоцитоза кванта нейротрансмиттеров.
7. Сравнительный анализ молекулярных механизмов долговременной потенциации (Long Term Potentiation).
8. Сравнительный анализ молекулярных механизмов долговременной депрессии (Long Term Depression).
9. Место эндоканнабиноид-опосредованного сигналинга в трехчастном синапсе.
10. Кальциевые волны в астроцитах – механизмы генерации, биологическая роль

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Пресинаптический механизм кратковременной модуляции синаптической передачи (фасилитация, усиление, посттетаническая потенция, депрессия). Лабораторные методы анализа.
2. Использование синаптической эффективности нейротрансмиссии при хроническом действии опиоидов.
3. STDP (Spike-timing dependent plasticity) как модель пластичности, зависящая от времени появления спайка.
4. Каннабиноидные рецепторы в центральной нервной системе. (Составить таблицу).
5. Молекулярные механизмы и значение гомеостатической пластичности. (Составить таблицу).

Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Примеры тестовых заданий

1. Типом долговременной потенциации не является:

1. гомосинаптическая;
2. гетеросинаптическая;
3. ассоциативная;
4. постсинаптическая.

1. Предшественник эндоканнабиноидов –

- 1). N-арахидоноил фосфотидилэтаноламин; 2). D- арахидоноил фосфотидилэтаноламин; 3). этанол;
- 4). арахидоновая кислота.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Метод регистрации полевых потенциалов с нейронов или синапсов является одним из методов

1. иммунологии;
2. альгологии;
3. электрофизиологии;
4. гистологии.

1. Рабочая установка для регистрации полевых потенциалов не включает (4) 1). электроизолирующий каркас;
2. суперперфузионную камеру;
3. стимулирующий электрод;
4. ламинар-бокс.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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 отдельным и 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 базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	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
отлично	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»
очень хорошо	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»
хорошо	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»
удовлетворительно	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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1 (Способен к постановке и разработке актуальной научной проблемы, научному анализу данных и их обобщению в контексте ранее накопленных в мировой науке знаний, аргументированному выбору методов исследования, формулированию выводов и практических рекомендаций на основе проведенного анализа (в соответствии с направленностью программы магистратуры))

1. Синаптическая передача (трансмиссия). Типы синапсов по механизму действия, по локализации на поверхности нервной клетки, по функции.
2. Структура химических синапсов. Ионотропные и метаботропные рецепторы. Нейротрансмиттеры (нейромедиаторы) и нейромодуляторы.

3. Механизм проведения возбуждения через синапс.
4. Понятие модуляции синаптической трансмиссии и синаптическая пластичность.
5. Пресинаптический механизм кратковременной модуляции синаптической трансмиссии (фасилитация, усиление, посттетаническая потенция, депрессия).
6. Механизм экзоцитоза. Основные белки, образующие синаптопоры. Регуляция образования синаптопоры и выброса кванта нейромедиатора.
7. Понятие синаптической задержки. Факторы, определяющие время синаптической задержки.
8. Долговременная потенция (Long Term Potentiation). Типы долговременной потенции (гомосинаптическая, гетеросинаптическая, ассоциативная).
9. Механизмы индукции LTP.
10. STDP (Spike-timing dependent plasticity, или модель пластичности, зависящая от времени спайка). Стимуляция STDP путем синхронизации пресинаптических спайков и ВПС с постсинаптическими спайками.
11. Клеточные механизмы зависимости от времени пластичности.
12. Долговременная депрессия (Long Term Depression). Типы долговременной потенции (гомосинаптическая, гетеросинаптическая, ассоциативная)
13. Гомеостатическая пластичность. Клеточные механизмы и функциональное значение.
14. Эндогенная каннабиноидная система (ЭК).
15. Эндогенные лиганды – эндоканнабиноиды (ЭК).
16. Каннабиноидные рецепторы CB1 и CB2 (GPCRs), их локализация и функции в головном мозге.
17. Ванилоидные рецепторы TRPV1, их локализация и функции в головном мозге.
18. Биосинтез и деградация эндоканнабиноидов. Белки биосинтеза, деградации и транспорта ЭК.
19. Транспорт ЭК в клетку. Механизмы транспорта ЭК.
20. Физиологическая роль ЭК.
21. Эндоканнабиноид-опосредованный сигналинг в трехчастном синапсе. Виды синаптической модуляции с помощью эндоканнабиноидов. Ретроградный сигналинг. Гомосинаптическая ДВД, Гетеросинаптическая ДВД.
22. Эндогенная опиоидная система. Распределение опиоидергических нейронов в ЦНС. Общий предшественник, образование и выделение эндогенных опиоидов.
23. Функции эндогенных опиоидов.
24. Эндогенные лиганды опиоидной системы. Функциональные характеристики энкефалинов, эндорфинов, динорфинов, казонорфинов, дельторфинов.
25. Опиоидные рецепторы, их классификация и локализация в ЦНС, функциональная характеристика.
26. Система нейротрофических факторов. Основные семейства, ключевые представители, их функции. Роль в модуляции синаптической трансмиссии
27. Типы глиальных клеток. Макроглия. Основные представители. Роль в физиологии нервной системы.
28. Астроциты как компонент трехчастного синапса. Их роль в модуляции синаптической передачи. Глиотрансмиттеры. Кальциевые волны.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2 (Способен использовать современные методы обработки и интерпретации биологической информации при проведении научных исследований, современную аппаратуру и информационно-коммуникационные технологии при выполнении полевых и лабораторных биологических, экологических работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры))

1. Са-зависимый механизм кратковременной модуляции синаптической передачи.
2. Постсинаптический механизм кратковременной модуляции синаптической передачи (сенситизация и десенситизация рецепторов).
3. Механизм долговременной модуляции синаптической передачи. Правило Хебба.
4. Проведение в дендритах (a backpropagating action potential). Активные свойства дендритов. Постсинаптический механизм индукции LTP. Включение молчащих синапсов. Дендритные шипики.
5. Не-ретроградный сигналинг (аутокринное ингибирование, постсинаптическая TRPV1-ДВД).
6. Нейрон-астроцитарный сигналинг с участием ЭКС. Spike-timing-dependent LTD. Нейропротективные свойства ЭКС.
7. Механизм модуляции синаптической передачи эндогенными опиоидами. Пресинаптическое ингибирование.
8. Нейропротекторная роль нейротрофических факторов. Нарушения продукции нейротрофических факторов при нейродегенеративных заболеваниях.
9. Микроглия. Типы микроглии. Активированная и неактивированная микроглия.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Гайворонский Иван Васильевич. Анатомия центральной нервной системы и органов чувств : учеб. для акад. бакалавриата. - М. : Юрайт, 2016. - 293 с. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-9916-5864-5 : 240.00., 1 экз.
2. Горбаченко Владимир Иванович. Интеллектуальные системы: нечеткие системы и сети : Учебное пособие для вузов / Горбаченко В. И., Ахметов Б. С., Кузнецова О. Ю. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2017. - 103 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-03678-7 : 259.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=574486&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Осипов Геннадий Семенович. Методы искусственного интеллекта. - М. : Физматлит, 2011. - 296 с. - ISBN 978-5-9221-1323-6 : 250.00., 1 экз.
2. От нейрона к мозгу = From Neuron to Brain / пер. с англ. изд. П. М. Балабана, А. В. Галкина ; под ред. П. М. Балабана, Р. А. Гиниатуллина. - М. : Эдиториал УРСС, 2003. - 672 с. : ил., цв. вкл. -

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
2. webofknowledge.com
3. www.scopus.com
4. elsevierscience.ru
5. elibrary.ru

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 06.04.01 - Биология.

Автор(ы): Мухина Ирина Васильевна, доктор биологических наук, профессор
Митрошина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент.

Рецензент(ы): Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Заведующий кафедрой: Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 06.09.2022, протокол № 1.