

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников



от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ – ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ  
НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В  
АСПИРАНТУРЕ**

Область науки: 1. Естественные науки  
Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки  
Научная специальность: 1.5.2. Биофизика  
Форма обучения: очная

Наименование отраслей науки, по которым присуждаются ученые степени:  
Биологические

Москва  
2025

## **1. Общие положения**

Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры), по научной специальности «Биофизика», реализуемая Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Государственным научным центром РФ Институтом биоорганической химии им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова Российской академии наук (далее – ГНЦ ИБХ РАН, Институт) представляет собой комплект документов, разработанный на основе Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиями их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденные Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951.

Программа аспирантуры представляет собой комплекс основных характеристик образования (объем, структура, условия ее реализации, сроки освоения с учетом формы обучения, образовательные технологии, особенности отдельных категорий аспирантов).

Программа аспирантуры включает комплект документов, в которых определены требования к результатам ее освоения, план научной деятельности, учебный план, календарный учебный график, рабочие программы дисциплин (модулей) и практики, оценочные и методические материалы, формы аттестации.

Образовательная деятельность по программе аспирантуры осуществляется на государственном языке Российской Федерации.

### **1.1. Нормативные документы для разработки программы аспирантуры**

- Федеральный закон от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 23.08.1996 №127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»;
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 №2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Приказ Минобрнауки России от 24.02.2021 №118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;
- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 №951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;
- Устав и иные локальные нормативные акты Института, касающиеся подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

## **1.2. Цели и задачи программы аспирантуры**

Цель программы аспирантуры по научной специальности «Биофизика» является подготовка высококвалифицированных научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре к деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки и знаний в области биофизики, в том числе к научно-исследовательской работе и педагогической деятельности.

### **Задачи программы:**

1. Углубленное изучение теоретических, методологических и научно-практических основ в области биофизики.
2. Обеспечение становления научно-исследовательского мышления аспирантов, формирование у них четкого представления об основных профессиональных задачах, способов их решения.
3. Формирование знаний и навыков планирования, организации и проведения научно-исследовательской деятельности по теме диссертации.
4. Формирование умений использовать современные технологии сбора информации, обработки и интерпретации полученных данных, результатов исследования.
5. Овладение современными статистическими и математическими методами обработки и систематизации данных.
6. Формирование способностей проектирования и прогнозирования в ходе научного исследования, готовности внедрять результаты исследования в учебный процесс.
7. Формирование готовности к профессиональному самосовершенствованию, развитию инновационного мышления и творческого потенциала, профессионального мастерства.
8. Формирование умений и навыков научных коммуникаций, публичного обсуждения результатов научно-исследовательской деятельности.
9. Формирование умений представлять и публично обсуждать промежуточные результаты научных исследований, оформлять отчетную документацию.
10. Самостоятельное формулирование и решение задач, возникающих в ходе научно-исследовательской деятельности и требующих углубленных профессиональных знаний.

## **1.3. Срок освоения программы аспирантуры**

Срок освоения программы аспирантуры составляет 4 года.

## **1.4. Структура и объем программы аспирантуры**

Программа аспирантуры включает в себя научный компонент, образовательный компонент, а также итоговую аттестацию.

### **Научный компонент программы аспирантуры включает:**

- научное исследование аспиранта, в рамках которого аспирант выполняет самостоятельную научную деятельность в соответствии с программой аспирантуры, и подготовку диссертации;
- промежуточную аттестацию по этапам выполнения научного исследования;
- участие аспиранта в научных мероприятиях;
- публикацию основных научных результатов научного исследования аспиранта в рецензируемых научных изданиях и (или) подачу заявок на изобретения и другие результаты интеллектуальной деятельности.

### **Образовательный компонент программы аспирантуры включает:**

дисциплины (модули) и практику, а также промежуточную аттестацию по указанным дисциплинам (модулям) и практике.

Объем дисциплин (модулей) и элективных дисциплин (модулей) исчисляется в кредитах и составляет не более 13 кредитов. Объем одного кредита составляет 36 академических часов. Продолжительность академического часа равна 45 минутам.

Объем дисциплин (модулей) и элективных дисциплин (модулей) не зависит от применяемых образовательных технологий или реализации обучения с использованием сетевой формы.

### **Практика**

Прохождение практики при освоении образовательной компоненты программы аспирантуры организуется в форме практической подготовки, необходимой для осуществления научной (научно-исследовательской) деятельности.

### **Итоговая аттестация**

Итоговая аттестация по программам аспирантуры проводится в форме оценки диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

## **Структура и объем программы аспирантуры**

<b>№</b>	<b>Структура программы аспирантуры</b>	<b>Объем программы аспирантуры (кредиты)</b>
<b>1. Научный компонент</b>		
1.1.	Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание ученой степени кандидата наук к защите	-
1.2.	Подготовка и публикация основных научных результатов научного исследования аспиранта: в журналах и изданиях, входящих в Web of Science, Scopus, ВАК в соответствии с требованиями, установленными федеральными государственными требованиями	-
1.3.	Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	-
<b>2. Образовательный компонент</b>		
2.1.	Дисциплины (модули), в т. ч. элективные, факультативные дисциплины (модули) (в случае включения их в программу аспирантуры) и (или) направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена (экзаменов)	13
2.2.	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной	3



	деятельности	
2.3.	Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	-
<b>3. Итоговая аттестация</b>		-
<b>Объем программы аспирантуры</b>		16

### **1.5. Требования к поступающим**

К освоению программ аспирантуры допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего (специалитет или магистратура). Требования к поступающим изложены в «Правилах приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре».

## **2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКА**

### **2.1. Паспорт научной специальности**

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.5. Биологические науки

**Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:**

Биологические науки

**Научная специальность:** 1.5.2. Биофизика

**Направления исследований:**

1. Теоретическая и математическая биофизика.
2. Молекулярная биофизика.
3. Физические принципы взаимодействия биологических систем с наноразмерными объектами.
4. Биофизика модельных мембран.
5. Биофизика природных мембран.
6. Биофизика клетки.
7. Биофизика подвижности и цитоскелета.
8. Фотофизические и фотохимические процессы в биологии.
9. Физические основы редокс-процессов в биологических системах.
10. Биофизика регуляторных и сигнальных процессов.
11. Биоэнергетика клетки.
12. Биофизические механизмы сенсорной рецепции.
13. Биофизические эффекты действия на биологические объекты электрических, магнитных и других полей.
14. Физика биологических реологических жидкостей.
15. Теоретическая и экспериментальная разработка физических методов исследования биосистем.
16. Использование аппарата современной системной биологии и биоинформатики для решения биофизических задач.

**Смежные специальности (в рамках группы научной специальности):**

- 1.5.1. Радиобиология;
- 1.5.3. Молекулярная биология;
- 1.5.4. Биохимия;

- 1.5.5. Физиология человека и животных;
- 1.5.6. Биотехнология;
- 1.5.7. Генетика;
- 1.5.8. Математическая биология, биоинформатика;
- 1.5.10. Вирусология;
- 1.5.11. Микробиология;
- 1.5.15. Экология;
- 1.5.17. Паразитология;
- 1.5.18. Микология;
- 1.5.22. Клеточная биология;
- 1.5.23. Биология развития, эмбриология.

### **2.1. Виды профессиональной деятельности**

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу аспирантуры:

- научно-исследовательская деятельность в области биологических наук;
- преподавательская деятельность в области биологических наук.

Программа аспирантуры направлена на освоение всех видов профессиональной деятельности, к которым готовится выпускник.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

3.1. В результате освоения программы аспирантуры аспирант достигает следующие образовательные и научно-исследовательские результаты:

Компонент	Полученные образовательные результаты
Образовательный компонент	ОР – 1. Сданный кандидатский экзамен (экзамены) по научной специальности подготавливаемой диссертационной работы.
	ОР – 2. Освоенные дисциплины, предусмотренные учебным планом программы. Результаты обучения по дисциплинам устанавливаются программами дисциплин.
	ОР – 4. Доклад (ды) / участие с докладом (дами) на научной конференции/семинаре (в том числе на иностранном языке) по результатам проведенного научного исследования.
Научный компонент	ОР – 3. Обоснование выбора темы диссертации; обзор литературы по теме диссертации; развернутый план диссертационного исследования.
	ОР – 5. Подготовленные рукописи научных публикаций для журналов и изданий, входящих в Web of Science, Scopus, ВАК, РИНЦ в соответствии с требованиями, установленными федеральными государственными требованиями.

	ОР – 6. Наличие опубликованных (принятых в печать) статей в журналах и изданиях, входящих в Web of Science, Scopus, ВАК, РИНЦ в соответствии с требованиями, установленными федеральными государственными требованиями.
	ОР – 7. Наличие текста отдельных разделов/глав диссертации (при подготовке диссертации в виде отдельной целостной работы).
	ОР – 8. Подготовленное введение и заключение к диссертации в соответствии с требованиями, установленными федеральными государственными требованиями.
	ОР – 9. Успешное обсуждение диссертации на соискание ученой степени кандидата наук с выдачей заключения организации, на базе которой выполнялась диссертация.

3.2. В результате освоения программы аспирантуры аспирантом должны быть получены все образовательные результаты (ОР), указанные в пункте 3.1. Требований.

3.3. Совокупность достигнутых результатов подтверждает способность аспиранта к осуществлению научной и научно-педагогической деятельности и соисканию ученой степени кандидата наук.

3.4. Обязательным требованием программы аспирантуры является прохождение итоговой аттестации и выполнение ее критериев, устанавливаемых локальными нормативными актами Института.

3.5. Достижение аспирантом образовательных результатов оценивается на промежуточной аттестации в соответствии с локальными нормативными актами Института. Формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспиранта по каждой учебной дисциплине (модулю) определяются в программах учебных дисциплин или в иных локальных нормативных актах Института, описывающих особенности реализации образовательных модулей.

#### **4. ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

##### **4.1. Учебный план и календарный учебный график**

В учебном плане отображается логическая последовательность освоения дисциплин (модулей), практик. Указывается общая трудоёмкость дисциплин (модулей), практик в зачётных единицах, а также их общая трудоёмкость и контактная работа в часах.

**4.2. Научный компонент программы аспирантуры** включает научную деятельность аспиранта, направленную на подготовку диссертации на соискание научной степени кандидата наук; подготовку публикаций, в которых излагаются

основные научные результаты диссертации; промежуточную аттестацию по этапам выполнения научного исследования.

**Научная деятельность**, направленная на подготовку диссертации к защите, заключается в выполнении индивидуального плана научной деятельности, написании, оформлении и представлении диссертации для прохождения итоговой аттестации.

План научной деятельности включает в себя:

- примерный план выполнения научного исследования,
- план подготовки диссертации и публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации,
- перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры,
- распределение указанных этапов и итоговой аттестации аспирантов.

**Подготовка публикаций** включает подготовку публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых и научных изданиях, в приравненных к ним научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus и международных базах данных, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в науко-метрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем.

**4.3. Образовательный компонент программы аспирантуры включает:** дисциплины (модули), практику, промежуточную аттестацию по дисциплинам (модулям) и практике. Для всех дисциплин минимальный объем составляет 36 часов.

В обязательную часть образовательного компонента программы аспирантуры включаются следующие дисциплины (модули):

**Обязательные дисциплины:**

- История и философия науки
- Иностранный язык
- Специальная дисциплина «Структурная биология»

**Дисциплины по выбору:**

- Структура и функции пептидов и белков
- Биоинформатика
- Молекулярная биология: перспективные направления современных исследований
- Химия липидов и мембранология
- Низкомолекулярные биорегуляторы
- Химия углеводов и гликобиология

**Элективные (факультативные дисциплины):**

- От пространственной структуры белка к его функциям
- Биохимия клетки
- Основы генной инженерии
- Биологическая эволюция и биотехнология
- Нейробиология
- Гены, геномика, генотерапевтические препараты

- Биоинженерия лекарственных препаратов на основе рекомбинантных белков и малых молекул.

Основная образовательная программа аспирантуры «Биофизика» включает в себя рабочие программы всех дисциплин (модулей) учебного плана, включая элективные дисциплины. В рабочей программе дисциплины (модуля) есть методические указания для аспирантов по освоению дисциплины (модуля) и оценочные средства.

**Практика.** Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Основная образовательная программа аспирантуры «Биофизика» включает в себя рабочую программу практики. Приложениями к рабочей программе практики являются формы отчетной документации по практике и оценочные средства.

## **5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

### **5.1. Информационное обеспечение образовательного процесса при реализации программы аспирантуры**

Институт обеспечивает аспиранту в течение всего периода освоения программы аспирантуры индивидуальный доступ к электронной информационно-образовательной среде, посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и (или) локальной сети Института в пределах, установленных законодательством Российской Федерации в области защиты государственной и иной охраняемой законом тайны.

Институт обеспечивает аспиранту доступ к учебно-методическим материалам, библиотечным фондам и библиотечно-справочным системам, а также информационным, информационно-справочным системам, профессиональным базам данных, состав которых определен программой аспирантуры и индивидуальным планом работы аспиранта.

#### **Электронные источники информации:**

- Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/window>)
- Научная электронная библиотека e-LIBRARY. Режим доступа: <http://www.e-library.ru/>
- Справочно-поисковая система. Консультант Плюс (Consultant Plus).
- Справочно-поисковая система. Гарант плюс (Garant system).
- Федеральная электронная медицинская библиотека (<http://193.232.7.109/feml>)
- Документационный центр Всемирной организации здравоохранения (<http://whodc.mednet.ru>).

### **5.2. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по программе аспирантуры**

ГНЦ ИБХ РАН обеспечивает аспиранту доступ к научно-исследовательской инфраструктуре в соответствии с программой аспирантуры и индивидуальным планом работы. Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормами обеспечивающей проведение всех видов образовательной и научной деятельности обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной

аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин (модулей).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде института.

Институт обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав определяется в рабочих программах дисциплин (модулей) и подлежит обновлению при необходимости).

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы аспирантуры, включает в себя лабораторное оборудование в зависимости от степени сложности, для обеспечения преподавания дисциплин (модулей), осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки диссертации, а также обеспечения проведения практики.

Перечень помещений и оборудования указан в рабочих программах дисциплин, практики, плане научной деятельности.

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

### **5.3. Кадровое обеспечение образовательного процесса по программе аспирантуры.**

Не менее 60% процентов численности штатных научных и (или) научно-педагогических работников, участвующих в реализации программы аспирантуры, имеют ученую степень (в том числе ученую степень, полученную в иностранном государстве и признаваемую в Российской Федерации) и (или) ученое звание (в том числе ученое звание, полученное в иностранном государстве и признаваемое в Российской Федерации).

## **6. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

Институт является ответственным за обеспечение качества подготовки обучающихся при реализации программы аспирантуры и получения обучающимися результатов освоения программы.

### **6.1. Контроль качества**

Контроль качества освоения программ аспирантуры включает в себя:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточную аттестацию аспирантов;
- итоговую аттестацию аспирантов.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку хода этапов проведения научных исследований, освоения дисциплин (модулей), прохождения практики в соответствии с индивидуальным планом научной деятельности и индивидуальным учебным планом.

Текущий контроль успеваемости по этапам осуществления научной деятельности аспиранта проводится с участием научного руководителя, который обеспечивает контроль за своевременным выполнением аспирантом индивидуального плана научной деятельности.

Промежуточная аттестация аспирантов обеспечивает оценку результатов осуществления этапов научной (научно-исследовательской) деятельности, результатов освоения дисциплин (модулей), прохождения практики в соответствии с индивидуальным планом научной деятельности и индивидуальным учебным планом.

Сдача аспирантом кандидатских экзаменов относится к оценке результатов освоения дисциплин (модулей), осуществляемой в рамках промежуточной аттестации.

Научный руководитель представляет в период проведения промежуточной аттестации отзыв о качестве, своевременности и успешности проведения аспирантом этапов научной (научно-исследовательской) деятельности.

К итоговой аттестации, которая является обязательной, допускается аспирант, полностью выполнивший индивидуальный план работы, в том числе подготовивший диссертацию к защите.

#### **6.2. Оценочные материалы**

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в Институте создан фонд оценочных средств (ФОС), включающий в себя ФОС по дисциплинам (модулям), практикам и итоговой аттестации и позволяющий оценить достижение запланированных в программе аспирантуры результатов.

### **7. ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ (ОВЗ)**

7.1. Институт предоставляет инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья (далее – инвалиды и лица с ОВЗ) по их заявлению возможность обучения по адаптированной программе, представляющей собой ИУП, учитывающий особенности их психофизического развития, индивидуальные возможности и, при необходимости, обеспечивающей коррекцию нарушений развития и социальную адаптацию указанных лиц.

7.2. Электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, применяемые при обучении инвалидов и лиц с ОВЗ, предусматривают возможность приема передачи информации в доступных для них формах.

7.3. Выбор мест прохождения практик для инвалидов и лиц с ОВЗ учитывает состояние здоровья и требования по доступности для данных обучающихся.

7.4. В Институте предусмотрены все необходимые специальные условия проведения вступительных испытаний, процедур итоговой аттестации с учетом особенностей психофизического развития и индивидуальных возможностей инвалидов и лиц с ОВЗ.

## **Приложения**

1. Рабочие программы обязательных дисциплин и дисциплин по выбору.
2. Рабочие программы факультативных дисциплин.
3. Рабочая программа научно-производственной практики.
4. Программа итоговой аттестации.
5. Справка о кадровом обеспечении.



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
( ГНЦ ИБХ РАН )**

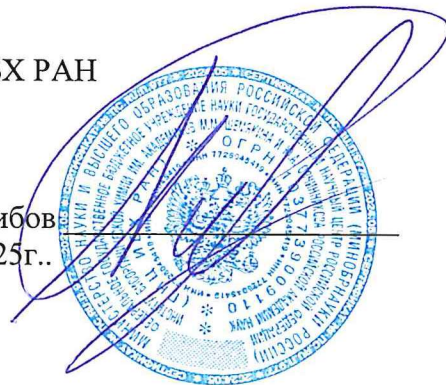
СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.



академик А.Г.Габибов  
от «11» апреля 2025г..



**ПЛАН  
НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в  
аспирантуре**

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.5. Биологические науки

**Научная специальность:** 1.5.2. Биофизика

**Форма обучения:** очная

**Срок обучения:** 4 года

Москва  
2025

## 1. Общие положения

План научной деятельности образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее - план научной деятельности) разработан в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951.

План научной деятельности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее - программа аспирантуры) относится к научному компоненту программы аспирантуры.

### Структура научного компонента и итоговой аттестации программы аспирантуры:

Индекс	Наименование	Форма контроля
<b>1.</b>	<b>Научный компонент</b>	Зачёт с оценкой
1.1	Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите	
1.1.1	Подготовка публикаций по результатам научного исследования	
1.1.2	Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	
<b>2.</b>	<b>Итоговая аттестация</b>	
2.1	Представление диссертации, соответствующей установленным критериям	Заклучение о соответствии / не соответствии представленной диссертации

План научной деятельности является примерным и содержит:

- план выполнения научного исследования;
- план подготовки диссертации;
- план подготовки публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации;
- план прохождения промежуточной и итоговой аттестации, а также перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры, распределение указанных этапов по курсам и форму контроля их выполнения.

Целью освоения аспирантом научного компонента является становление его как профессионального ученого, формирование и совершенствование у него навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности. Для достижения данной цели аспирант в соответствии с научной специальностью выполняет самостоятельные научные исследования, направленные на подготовку к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Для аспирантов рекомендуется следующий примерный план научной деятельности.

## 2. ПРИМЕРНЫЙ ПЛАН НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АСПИРАНТА

№ этапа	Виды работ	Примечание	Планируемый срок выполнения
1.	Утверждение темы диссертационного работы	Определяется совместно с научным руководителем. Утверждается на Ученом совете Института.	1 год обучения (не позднее 30 календарных дней с даты зачисления аспиранта)
2.	Составление индивидуального плана работы аспиранта*, в том числе индивидуального плана научной деятельности		
3.	Обзор литературы по теме диссертации	С указанием планируемых источников (конкретные научные журналы и т.д.)	1 год обучения
4.	Определение объекта и предмета исследования. Формулировка целей и задач исследования	В соответствии с паспортом научной специальности	1 год обучения
5.	Выполнение теоретических и (или) экспериментальных исследований	С описанием примерных этапов проведения исследований	1-4 год обучения
6.	Обработка экспериментальных данных	При необходимости	1-4 год обучения
7.	Оценка результатов исследования	Оценка достоверности и достаточности данных исследования; Формулирование выводов и предложений, возможных практических результатов	2-4 год обучения
8.	Оформление и апробация результатов исследования	Публикация результатов исследования в рецензируемых научных изданиях уровня, требуемого для подготовки диссертации (число публикаций - не менее трех); Участие в конференциях, форумах, симпозиумах, семинарах; При наличии прикладных результатов - подача заявок на охраноспособные РИД	2-4 год обучения
9.	Подготовка рукописи диссертации		4 год обучения
10.	Подготовка научного доклада по диссертации, представленной к оценке на итоговой аттестации		4 год обучения

\*Индивидуальный план работы аспиранта включает, помимо индивидуального плана научной деятельности, также индивидуальный учебный план


11.	Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	Проводится на заседаниях аттестационной комиссии и лабораторных семинарах структурных подразделений дважды в учебный год: в апреле и октябре	1-3 год обучения
12.	Промежуточная аттестация -допуск к итоговой аттестации	Проводится на заседании аттестационной комиссии в апреле	4 год обучения
13.	Итоговая аттестация - оценка диссертации на соискание ученой степени кандидата наук на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»	Проводится на открытом научном семинаре структурного подразделения, где проводилась подготовка диссертации, в соответствии с порядком, установленным Положением об итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре; оформляется протоколом	4 год обучения

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:

Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов  
от «11» апреля 2025г.



**УЧЕБНЫЙ ПЛАН ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ «БИОФИЗИКА»**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: 1.5.2. Биофизика

Срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная


Москва 2025

Срок обучения: 4 года  
Форма обучения: очная

[illegible]

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

  
Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

  
академик А.Г.Габибов  
от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ПЕПТИДОВ И БЕЛКОВ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

**Разработчики программы:** проф., д.х.н. Овчинникова Т.В., проф., д.х.н. Белогуров А.А.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Структура и функции пептидов и белков» является дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы по укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки по научной специальности 1.5.2 Биофизика.

## **I. Цели и задачи изучения дисциплины**

**Цель дисциплины:** ознакомление аспирантов с теоретическими основами и практическими методами современной химии белка.

**Задачи дисциплины:** рассмотрение и усвоение теоретических основ современной химии белка и практических методов структурно-функционального исследования пептидов и белков.

**Связь с другими дисциплинами:** Химия белка как наука о наиболее общих закономерностях в структуре и функции белково-пептидных молекул, а, следовательно, о наиболее общих законах живой природы, в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы в аспирантуре по укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки.

## **II. Объем дисциплины и виды учебной работы**

### **Форма обучения – ОЧНАЯ**

**Общий объем дисциплины:** 2 зачетных единицы или 72 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)	Контроль (час)
72	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы		
	22	22	-	28	
	44				



### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Аминокислоты. Номенклатура, строение.	2	2
2	Основные этапы развития знаний о структуре и функциях пептидов и белков. Биологическая роль белков.	2	2
3	Биологическая роль пептидов.	2	2
4	Первичная структура белков.	2	2
5	Пространственная структура пептидов и белков (вторичная, третичная, четвертичная структура белков).	2	2
6	Функциональная значимость особенностей вторичной и третичной структуры глобулярных белков.	2	2
7	Фибриллярные белки. Прионы и амилоиды.	2	2
8	Биосинтез и сортинг белков в клетке. Шапероны и шаперонины.	4	4
9	Посттрансляционная модификация белков.	2	2
10	Протеолитическая деградация белков в клетке.	2	2
	Всего:	22	22
	<b>Итого:</b>	44	

## III. Содержание курса

### Раздел 1.

#### Аминокислоты.

Номенклатура, строение. Генетически кодируемые аминокислоты. Оптическая изомерия  $\alpha$ -аминокислот. Кислотно-основные характеристики. Химические свойства: реакции  $\alpha$ -амино- и  $\alpha$ -карбоксильной группы, функциональных групп боковых цепей. Методы синтеза аминокислот.

### Раздел 2.

#### Основные этапы развития знаний о структуре и функциях пептидов и белков. Биологическая роль белков.

Основные этапы развития знаний о структуре и функциях пептидов и белков. Ферменты. Белки-гормоны. Инсулин, гормон роста. Механизм действия белковых гормонов. Аденилатциклазная система. Защитные белки. Иммуноглобулины. Система комплемента. Медиаторы иммунного ответа: интерфероны, цитокины. Белки системы гемостаза. Двигательные белки. Актин-миозин. Белки бактериальной системы подвижности. Структурные белки. Коллаген, кератин, фиброин. Рецепторные белки. Рецепторы, сопряженные с G-белками. Зрительный родопсин, бактериородопсин. Ацетилхолиновый рецептор постсинаптических мембран. Регуляторные белки. Транспортные белки. АТФазы. Цитохром c, гемоглобин, сывороточный альбумин. Белки-токсины микробного и растительного происхождения.

Зоотоксины. Запасные белки. Казеин, овальбумин, ферритин.

### **Раздел 3. Биологическая роль пептидов.**

#### **3.1. Структура пептидов.**

Природа пептидной связи. Гомодетные и гетеродетные пептиды, депсипептиды. Линейные и циклические пептиды.

#### **3.2. Биологическая роль пептидов.**

Пептидные гормоны и релизинг-факторы. Нейропептиды. Представление о пептидах нейротрансмиттерах, нейромодуляторах, коннекторах. Энкефалины и эндорфины. Окситоцин и вазопрессин. Гормоны желудочно-кишечного тракта, щитовидной железы, тимуса, тканевые гормоны. Иммуноактивные пептиды. Антимикробные пептиды. Пептидные токсины и антибиотики. Ионофоры. Пептиды как лекарственные средства. Пептиды. Биологическая роль пептидов.

### **Раздел 4. Первичная структура белков.**

#### **4.1. Уровни структурной организации белков.**

Понятие о вторичной, третичной и четвертичной структурах.

#### **4.2. Определение первичной структуры белков.**

Общая стратегия определения аминокислотной последовательности. Анализ аминокислотного состава. Определение N- и C-концевых аминокислотных остатков. Фрагментация полипептидной цепи. Ферментативные методы гидролиза. Ограниченный протеолиз. Химические методы расщепления полипептидной цепи по остаткам метионина, триптофана, цистеина и по связям Asn-Gly, Asp-Pro. Последовательная деградация пептидов по методу Эдмана с идентификацией фенилтиогидантоинов и дансиламинокислот. Автоматическое секвенирование белков. Использование масс-спектрометрии для анализа структуры и идентификации белков. Понятие о протеомике. Анализ расположения сульфгидрильных групп и дисульфидных связей. Сложные белки: глико-, липо-, нуклео-, хромо-, фосфо- и металлопротеины.

### **Раздел 5. Пространственная структура пептидов и белков.**

#### **5.1. Взаимодействия, определяющие пространственную структуру полипептидов.**

Электронное строение и конфигурация пептидной связи. Углы  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $\chi$ . Карты Рамачандрана. Типы взаимодействий, определяющие пространственную структуру полипептидов. Связь пространственной структуры белка с аминокислотной последовательностью. Роль молекулярных шаперонов.

#### **5.2. Вторичная структура белков.**

$\alpha$ -Спираль,  $3_{10}$ -спираль, параллельная и антипараллельная  $\beta$ -структуры,  $\beta$ -изгиб, другие типы регулярных структур полипептидной цепи. Сверхвторичная структура белков. Понятие о доменах.

#### **5.3. Третичная структура белков.**

Использование рентгеноструктурного анализа и ЯМР-спектроскопии для изучения пространственного строения белков. Денатурация и ренатурация.

#### **5.4. Четвертичная структура белков.**

Примеры субъединичных структур. Методы исследования четвертичной структуры.

## **Раздел 6.**

### **Функциональная значимость особенностей вторичной и третичной структуры глобулярных белков.**

Особенности пространственной структуры глобулярных белков как основа их функционального разнообразия. Понятие структурных мотивов глобулярных белков: кальций-связывающий мотив (EF-рука),  $\beta$ -шпильки, греческий ключ,  $\beta$ - $\alpha$ - $\beta$ -мотив и др. Доменная организация белков; классы доменных структур:  $\alpha$ -спиральные домены,  $\beta$ -структурные домены,  $\alpha/\beta$ -домены,  $\alpha+\beta$ -домены. Характерные белковые представители доменных классов и их функции. Общая стратегия определения аминокислотной последовательности.

## **Раздел 7.**

### **Фибриллярные белки. Прионы и амилоиды.**

Особенности структуры фибриллярных белков. Структура  $\alpha$ -кератина,  $\beta$ -фиброина шелка, коллагена. Белки внеклеточного матрикса. Структура мышечных фибрилл, актин-миозиновый комплекс. Структура амилоидных фибрилл. Прионные заболевания. Болезнь Альцгеймера и бета-амилоидные фибриллы.

## **Раздел 8.**

### **Биосинтез и сортировка белков в клетке. Шапероны и шаперонины.**

Общая схема биосинтеза белка. Информационная РНК, ее структура, функциональные участки. Понятие генетического кода. Транспортная РНК. Первичная, вторичная, третичная структура РНК, роль модифицированных нуклеотидов. Аминоацилирование тРНК, аминоацил-тРНК-синтетазы, их структура и механизм действия. Прокариотический и эукариотический типы рибосом. Стадии трансляции: инициация, элонгация и терминация. Роль сигнальных пептидов при сортировке белков. Импорт белков в клеточные органеллы: ядро, митохондрии, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, пероксисомы, хлоропласты. Роль шаперонов и шаперонинов. Hsp70 шапероны. Структура GroEL/GroES системы.

## **Раздел 9.**

### **Посттрансляционная модификация белков.**

Неферментативная посттрансляционная модификация. Ферментативная посттрансляционная модификация с расщеплением полипептидной цепи. Ковалентная посттрансляционная модификация аминокислотных и карбоксильных групп. Метилирование, гидроксилирование, введение дополнительной карбоксильной группы, фосфорилирование, гликозилирование, АДФ-рибозилирование, пренилирование, сульфатирование и убиквитинилирование белков.

## **Раздел 10.**

### **Протеолитическая деградация белков в клетке.**

Лизосомный и протеасомный пути деградации белков в клетке. Мультикаталитические протеиназные комплексы. Строение и механизм работы 26S протеасомы. Убиквитин и

его роль в протеолитической деградации. Убиквитин-подобные белки. Неканонические сигналы протеасомной деградации. Лекарственные средства на основе ингибиторов протеасомы.

#### **IV. Практические занятия (семинары)**

Практические занятия (семинары) по курсу «Структура и функции пептидов и белков» призваны заложить фундамент, на котором будущий выпускник аспирантуры будет самостоятельно проводить научные исследования и осуществлять разработку технической документации в рамках прикладных проектов. В связи с этим на практических занятиях предполагается проработать темы теоретического курса в учебных аудиториях под руководством преподавателя. Как правило, практические занятия по теме проводятся после прослушанной на эту тему лекции. Преподаватель может предложить аспирантам подготовить рефераты по выбранной теме или научной статье и сделать устные сообщения на практическом занятии. В ходе контроля за выполнением задания на занятиях преподаватель выступает в роли консультанта. Аспирант, не выполнивший план практических занятий, к зачету не допускается.

#### **V. Самостоятельная работа**

В современных условиях широкого доступа к учебной и справочной информации вопрос о самостоятельной работе ставится как вопрос о самостоятельной проработке не только учебных пособий, но и оригинальных научных статей по тематике курса. В процессе освоения предмета предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса с представлением конспекта проработанного материала. Виды самостоятельной работы аспирантов:

- 1) проработка лекционного материала, соответствующих разделов курса по учебникам;
- 2) подготовка к контрольной работе;
- 3) проработка методических указаний к лабораторным работам в процессе подготовки к их выполнению и защите;
- 4) подготовка реферата по выбранной преподавателем теме или оригинальной научной статье;
- 5) подготовка презентации и устного сообщения по выбранной преподавателем теме или оригинальной статье.

#### **VI. Итоговая проверка знаний**

Учебный план предусматривает промежуточный контроль знаний в форме проведения контрольных работ по дисциплине «Структура и функции пептидов и белков» с выставлением оценок в пятибалльной системе. Оценки по контрольным работам напрямую влияют на оценку итоговых аттестаций. Контрольные работы будут проводиться на практических занятиях (семинарах) в течение 45 минут по всем темам. Существенной стороной такой методики контроля текущей учебной работы аспирантов является анализ результатов каждой контрольной работы с разбором допущенных ошибок и указанием правильных ответов.

**Форма итоговой проверки и оценки знаний** - дифференцированный зачет.

**Вопросы для дифференцированного зачета:**

1. Основные классы биологически активных пептидов. Пептиды как лекарственные

средства.

2. Пептидные гормоны гипофиза, гипоталамуса, кишечно-желудочного тракта, щитовидной железы.
3. Пептидные антибиотики и пептиды - регуляторы иммунитета.
4. Гомодетные и гетеродетные пептиды, депсипептиды. Циклические пептиды, ионофоры. Нерибосомальный синтез пептидов.
5. Типы взаимодействий, определяющих пространственную структуру полипептидов. Элементы вторичной и третичной структур белка.
6. Конфигурация пептидной связи. Углы  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$ . Карты Рамачандрана.
7. Принципы образования пептидной связи. Понятие о защитных и активирующих группах. Твёрдофазный синтез белков.
8. Образование пептидной связи: методы смешанных ангидридов и активированных эфиров, карбодиимидный и карбоксиангидридный методы конденсации.
9. Понятие о защите и активации  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-группы. Специфическая модификация  $\alpha$ - и  $\epsilon$  аминогрупп в белках: гуанидирование, взаимодействие с имидоэфирами, карбамилирование.
10. Защита и активация карбоксильной группы. Химическая модификация карбоксильных групп белка.
11. Особенности синтеза циклических пептидов. Современные возможности пептидного синтеза. Проблема рацемизации при синтезе пептидов.
12. Анализ аминокислотного состава белка. Определение N- и C-концевых аминокислот белка.
13. Химический метод расщепления полипептидной цепи белка по остатку Met.
14. Химический метод расщепления полипептидной цепи белка по остатку Trp.
15. Расщепление полипептидной цепи белка по связям Asp-Pro.
16. Расщепление полипептидной цепи белка по связям Asn-Gly.
17. Ферментативные методы гидролиза пептидных связей. Изменение специфичности действия трипсина с помощью химической модификации остатков Lys, Arg и Cys гидролизуемого белка.
18. Деградация пептидов по методу Эдмана. Дансильный метод Эдмана.
19. Определение аминокислотной последовательности белка с помощью жидкофазного, твердофазного и газофазного секвенаторов.
20. Использование методов масс-спектрометрии при определении первичной структуры белка.
21. Химическая модификация остатков Tyr и Trp в белках.
22. Химическая модификация остатков Cys в белке.
23. Химическая модификация  $\alpha$ - и  $\epsilon$ -аминогрупп в белках.
24. Химическая модификация карбоксильных групп, остатков His и Met в белках.
25. Биоспецифическая модификация белков.
26. Кросс-сшивающие реагенты, их классификация. Задачи, решаемые с помощью этих реагентов.
27. Фотоактивируемые кросс-сшивающие реагенты.
28. Посттрансляционная модификация белков с расщеплением полипептидного остова белка предшественника.
29. Посттрансляционные модификации  $\alpha$ -NH<sub>2</sub> группы белков.
30. Посттрансляционные модификации  $\alpha$ -COOH группы белков.
31. N- и O-гликозилирование белков, гликопротеины и протеоглики.
32. Неферментативные посттрансляционные модификации белков.
33. Посттрансляционная модификация белков, образование остатков Gla и N-концевое ацетилирование белков.

34. Посттрансляционное гидроксилирование.
35. Убиквитинирование и сумоилирование белков.
36. Пренилирование белков. Другие типы липопротеинов.
37. Проблемы, связанные с анализом посттрансляционно модифицированных аминокислотных остатков в белках.
38. Шапероны и шаперонины.
39. Шапероны семейств Hsp100 и Hsp70.
40. Шаперонины про- и эукариот.
41. Время жизни белков в цитозоле клетки. Шапероны Hsp90.
42. Импорт белков в ядро клетки.
43. Импорт белков в митохондрии.
44. Импорт белка в эндоплазматический ретикулум.
45. Сортинг белков в эукариотической клетке. Сигнальные пептиды. Везикулярный импорт.
46. Принципы международной классификации ферментов. Шесть основных классов ферментов. Примеры. Классификация протеаз MEROPS.
47. Основные отличия ферментативного и химического катализа. Гипотеза Э. Фишера; Понятия специфичности и эффективности ферментативного катализа.
48. Основные представления о способах понижения ферментом активационного барьера химической реакции. Диаграмма зависимости энергии системы от координаты реакции; Ключевые имена и гипотезы.
49. Гипотетические концепции напряжения и деформации. Названия, даты, основные положения и характерные черты.
50. Концепция индуцированного соответствия Д. Кошланда. Основные постулаты и понятия; динамическая комплементарность фермента и субстрата; факторы катализа.
51. Основные черты концепции стабилизации переходного состояния. Принципиальное отличие от концепций дестабилизации основного состояния, экспериментальные подтверждения; примеры.
52. Основные кинетические кривые. Временные стадии ферментативной реакции. Понятие начальной скорости. Принцип стационарности.
53. Основные кинетические кривые. Зависимость начальной скорости реакции от концентрации субстрата в кинетике Михаэлиса. Фермент-субстратный комплекс. Форма кинетической кривой.
54. Кинетика Михаэлиса-Ментен. Основное уравнение для начальной скорости реакции. Вывод уравнения, физический смысл констант.
55. Кинетика Михаэлиса-Ментен. Линеаризация основного уравнения. Практическая необходимость. Примеры.
56. Ингибирование. Типы ингибирования. Влияние на вид кинетических кривых.
57. Ингибирование. Примеры ковалентных ингибиторов протеиназ. Структурные формулы, принципы ингибирования.
58. Фермент – белковая система. Уникальность феномена биокатализа; специфичность и эффективность.
59. Основные особенности строения активных центров ферментов, связывание субстрата; каталитические остатки; подвижность групп активного центра. Примеры.
60. Межатомные взаимодействия в фермент-субстратных комплексах. Природа и характеристика видов взаимодействий; зависимость видов взаимодействий от расстояния между атомами и молекулярного окружения.
61. Типы катализа протеиназами. Классификация протеиназ по типу катализа и строению активного центра.
62. Молекулярный механизм действия трипсина. Понятие о ковалентном типе катализа. Стереохимические особенности отдельных стадий каталитической

реакции.

63. Ацилфермент при катализе протеиназами. Строение, получение, реакция транспептидации.

64. Молекулярный механизм действия пепсина. Понятие об обще-основном катализе. Стереохимические особенности стадий каталитической реакции.

65. Молекулярный механизм действия лизоцима. Стереохимические особенности стадий каталитической реакции.

66. Молекулярный механизм действия аспаратаминотрансферазы.

67. Каталитические антитела. Основные понятия, получение, использование.

68. Ферменты в биотехнологии. Расщепление гибридных белков, амидирование.

69. Протеолитическая деградация белка в клетке. Лизосомный и протеасомный путь. Роль убиквитина.

### Оценочные средства дисциплины

Оценка	Критерии оценки зачета
5 баллов	Аспирант демонстрирует методологические и теоретические знания, свободно владеет научной терминологией по дисциплине. Проявляет творческие способности, знание дополнительной литературы. Демонстрирует хорошие аналитические способности, способен при обосновании своего мнения свободно проводить аналогии между темами дисциплины.
4 баллов	Аспирант демонстрирует методологические и теоретические знания, свободно владеет научной терминологией по дисциплине. Демонстрирует хорошие аналитические способности, однако допускает некоторые неточности при оперировании научной терминологией.
3 баллов	Имеет ограниченные теоретические знания, допускает существенные ошибки при установлении логических взаимосвязей, допускает ошибки при использовании научной терминологии.
2 балла	Имеет слабые теоретические знания, не использует научную терминологию. Обнаруживает неспособность к построению самостоятельных заключений.

### VII. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

#### Рекомендуемая литература:

1. Ю.А.Овчинников. Биоорганическая химия. М., Просвещение, 1987.
2. Д.Г.Кнорре, Т.С.Годовикова, С.Д.Мызина, О.С.Фёдорова. Биоорганическая химия. Новосибирск, РИЦ НГУ, 2011.
3. Д.Нельсон, М.Кокс. Основы биохимии Ленинджера. Т.1-3. М., Бином, 2011.
4. И.В.Шугалей, А.В.Гарабаджиу, И.В.Целинский. Химия белка. Санкт-Петербург, Проспект Науки, 2011.
5. Н.А.Тюкавкина, Ю.И.Бауков. Биоорганическая химия. М., Дрофа, 2010.

6. В.М.Степанов. Молекулярная биология. Структура и функции белков. М., Высшая школа, 1996.
7. Проблема белка. Т.1. Химическое строение белка. Ред. В.М.Липкин.М., Наука, 1995.
8. Проблема белка. Т.2. Пространственное строение белка. Ред. Т.И.Соркина. М., Наука, 1996.
9. Белки и пептиды. Т.1. Ред. В.Т.Иванов, В.М.Липкин. М., Наука, 1995.
10. А.В. Финкельштейн, О.Б. Птицын. Физика белка: курс лекций с цветными и стереоскопическими иллюстрациями и задачами. 4-е изд. М., Книжный дом «Университет», 2012.
11. С.Д.Варфоломеев. Химическая энзимология. Москва. Изд. центр «Академия», 2005.
12. В.К.Антонов. Химия протеолиза. М., Наука, 1991.
13. М.Диксон, Э.Уэбб. Ферменты. М., Мир, 1982.

#### **Дополнительная литература:**

1. A.Kessel, N. Ben-Tal. Introduction to Proteins: Structure, Function, and Motion. CRC Press, 2010.
2. J.M.Berg, J.L.Tymoczko, L.Stryer. Biochemistry. The 5th edition, W.H. Freeman & Company, 2002.
3. Metzler D.E. Biochemistry. The chemical reactions of living cells. The 2nd edition. V.1 – 2. Harcourt/Academic Press, London, 2001.
4. A. Fersht. Structure and Mechanism in Protein Science. W.H.Freeman & Co., 1999.
5. C. Branden, J. Tooze. Introduction to protein structure. 2nd ed. Garland Publishing, New York, USA, 1998.
6. A.M. Lesk. Introduction to protein architecture. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001.
7. T.E.Creighton. Proteins. Structure and Molecular Properties. W.H.Freeman & Co., 1997.
8. T.E.Creighton. Protein Function. IRL Press, 1997.
9. G.C.Howard, W.E.Brown. Modern Protein Chemistry. CRC Press, 2002.
10. G. Walsh. Proteins: Biochemistry and Biotechnology. Wiley, 2001.
11. D.Whitford. Proteins: Structure and Function. Wiley, 2005.
12. J.Kyte. Structure in Protein Chemistry. Garland Publishing, 1995.
13. J.Kyte. Mechanism in Protein Chemistry. Garland Publishing, 1995.
14. Protein Sequencing Protocols. Ed. J.Smith. Humana Press, 1997.
15. Mass Spectrometry of Proteins and Peptides. Ed. R.Chapman. Humana Press, 2000.
16. Proteins LabFax. Ed. N.C.Price. Academic Press, 1996.
17. Protein Purification Protocols. Ed. S.Doonan. Humana Press, 1996.
18. Techniques in Protein Chemistry VI. Ed. J.W.Crabb. Academic Press, 1995.
19. David Blow. So do we understand how enzymes work? Structure (2000), 8: R77-R81.
20. N.S. Andreeva, L.D. Rumsh. Analysis of crystal structures of aspartic proteinases: On the role of amino acid residues adjacent to the catalytic site of pepsin-like enzymes. Protein Science (2001), 10:2439-2450.
21. N.D. Rawlings, D.P. Tolle, A.J. Barrett. MEROPS: the peptidase database. Nucleic Acids Research (2004), 32:D160-D164.
22. M.H. Glickman, N. Adir. The Proteasome and the Delicate Balance between Destruction and Rescue. PLoS Biology (2004), 8:25-27.
23. D.J. Vocadlo, G.J. Davies, R. Laine, S.G. Withers. Catalysis by hen egg-white lysozyme proceeds via a covalent intermediate. Nature. (2001), 412: 835-838.
24. H.Hayashia, H. Mizuguchia, I. Miyaharab, M.M. Islama, H. Ikushiroa, Y.Nakajimab, K.Hirotsub, H.Kagamiyamaa Strain and catalysis in aspartate aminotransferase. Biochimica et Biophysica Acta. (2003), 1647:103-109.



## **VIII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК (АНГЛИЙСКИЙ)**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

Разработчик: к.ф.н. ИЯз РАН Л.Н. Митирева

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: достижение практического владения иностранным языком, позволяющего использовать его в научной работе; подготовка к сдаче промежуточного экзамена по иностранному языку.

Задачи дисциплины: в рамках данного курса предполагается обеспечить формирование и развитие навыков и умений в различных видах речевой коммуникации, которые дают возможность:

- свободно читать оригинальную научную литературу на иностранном языке;
- оформлять извлеченную из иностранных источников информацию в виде перевода или резюме;
- делать сообщения и доклады на иностранном языке на темы, связанные с научной работой аспиранта (экстерна);
- вести беседу по направлению подготовки на иностранном языке.

По освоению программы дисциплины «Иностранный язык» аспиранты (экстерны) смогут успешно вести научную деятельность, используя иностранный язык во всех типах коммуникации, получают больший доступ к научной информации и возможностям дальнейшего повышения своей квалификации и профессионального уровня.

## 2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Форма обучения — очная.

Общий объем дисциплины: 4 зачетных единиц или 144 академических часов.

**Распределение аудиторных часов по видам учебной работы и темам**

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная работа (час)
144	лекции	практическое занятие (семинары)	Лабораторные работы	
	74		-	70
	74			

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	
		аудиторные занятия	самостоятел ьная работа
1	Понятие научного функционального стиля, его лексико-грамматические особенности (общенаучная и специальная терминология, грамматические и синтаксические трудности).	30	14
2	Виды и структура академических текстов (обзор, реферат, аннотация, тезисы). Особенности поиска и обработки научной литературы.	10	14
3	Виды и стратегии чтения научной литературы. Анализ и перевод научных текстов. Устное и письменное аннотирование и реферирование научных текстов.	20	14
4	Аудирование научных текстов и подготовленное / неподготовленное говорение.	7	14
5	Работа над темой собственного исследования, анализ имеющихся по теме научных данных.	7	14
	ИТОГО	74	70

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Работа над языковым материалом

В курсе обучения совершенствуются, расширяются и углубляются знания и умения в области фонетики, лексики, грамматики, теории перевода и функциональной стилистики, необходимые для формирования программных компетенций. В соответствии с Федеральными государственными требованиями, обучающийся по данной дисциплине должен иметь уровень владения иностранным языком, позволяющий ему вести профессиональную

деятельность в иноязычной среде. Обучающийся по данной дисциплине должен иметь твердые знания по следующим грамматическим темам:

### **Морфология.**

Существительное: 1) словообразовательные суффиксы и префиксы; 2) множественное число существительных; 3) функции существительного в предложении.

Местоимения: личные, указательные, притяжательные, неопределенные. Слова-заместители. Относительные местоимения и союзы.

Прилагательные и наречия, степени сравнения прилагательных и наречий.

Глагол: 1) наиболее употребительные временные формы; 2) страдательный залог; 3) модальные глаголы (*can, may, must, should, would*) и их аналоги.

Правило согласования времен.

Сослагательное наклонение.

Неличные формы глагола: причастия I и II и их функции в предложении; герундий, герундиальные обороты; инфинитив и его функции, инфинитивные конструкции.

### **Синтаксис.**

Атрибутивные конструкции.

Порядок слов простого предложения.

Сложное предложение: сложносочиненное и сложноподчиненное предложения. Бессоюзные придаточные предложения.

Обороты “complex subject” и “complex object”. Эллиптические конструкции. Эмфатические конструкции типа *It is... that...* и усилительное *do*. Двойное отрицание.

## **3.2. Обучение видам речевой коммуникации**

**Чтение.** Совершенствование умений чтения на иностранном языке предполагает овладение видами чтения с различной степенью полноты и точности понимания: просмотровым, ознакомительным и изучающим. Просмотровое чтение имеет целью ознакомление с тематикой текста и предполагает умение на основе извлеченной информации кратко охарактеризовать текст с точки зрения поставленной проблемы. Ознакомительное чтение характеризуется умением проследить развитие темы и общую линию аргументации автора, понять в целом не менее 70% основной информации. Изучающее чтение предполагает полное и точное понимание содержания текста.

**Аудирование.** В области восприятия речи на слух (аудирование) обучение направлено на достижение обучаемым следующих целей: понимание звучащей аутентичной монологической и диалогической речи по научной и профессиональной проблематике, представленной в записи на аудионосителях; понимание речи при непосредственном контакте в ситуациях научного, делового и профессионального общения (доклад, интервью, лекция, дискуссия, дебаты).

**Говорение.** Основное внимание уделяется коммуникативной адекватности высказываний монологической и диалогической речи (в виде пояснений,

определений, аргументации, выводов, вопросов, оценки, возражений, сравнений, противопоставлений и т.д.).

**Перевод.** Устный и письменный перевод с иностранного языка на родной язык используется как наиболее эффективный способ контроля полноты и точности понимания. Формирование базовых умений перевода опирается на изучение особенностей научного функционального стиля, переводческих трансформаций, способов контекстуальных замен, полисемии и т.п.

**Письмо.** Формирование умений письменной формы общения на иностранном языке – составление конспекта прочитанного, изложение содержания прочитанного в письменном виде (в том числе в форме резюме, реферата и аннотации), написание статьи или доклада по теме специальности аспиранта.

#### **4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В учебном процессе активно используются новые технологии обучения, основу которых составляют компетентностный подход как ключевая категория современной образовательной парадигмы; коммуникативная компетенция как необходимое условие осуществления межкультурной профессиональной коммуникации; ориентация на общепризнанные уровни владения иностранным языком; личностно-ориентированный подход, предполагающий равноправные взаимоотношения между участниками учебного процесса в атмосфере сотрудничества, активную и ответственную позицию аспирантов за ход и результат овладения иностранным языком; использование социально ориентированных технологий, способствующих предметному и социальному развитию аспирантов. В ходе практических занятий используются академические презентации и метод кейсов, проводится разбор исследовательских заданий и панельные обсуждения. В группах продвинутого уровня владения иностранным языком возможны проведения научных круглых столов, панельных дискуссий и даже защит исследовательских проектов, выполненных на базе реферируемой литературы.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ**

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, подготовленные сотрудниками кафедры.

#### **6. КОНТРОЛЬ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ**

Формы текущего контроля:

- проверочные работы в течение всего курса;
- особая форма текущего контроля, включающая подготовку письменного перевод научного текста по направленности обучающегося с иностранного языка на язык обучения, объем текста 15 000 знаков.
- написание реферата на материале прочитанной на иностранном языке литературы по направленности аспиранта.

Требования к реферату:

- 1) реферат выполняется на русском языке на основе прочитанной литературы;
- 2) объем текстового материала на иностранном языке, используемого для написания реферата, должен быть не менее 45–50 страниц;
- 3) объем реферата – 12–15 страниц печатного текста;
- 4) словарь терминологических словосочетаний по научной специальности аспиранта (не менее 50 словосочетаний).

– промежуточный экзамен по иностранному языку.

На экзамене аспирант должен продемонстрировать умение пользоваться иностранным языком как средством профессионального общения в научной сфере.

**Требования к сдающим экзамен по видам речевой коммуникации:**

1. Говорение. На кандидатском экзамене аспирант должен продемонстрировать владение подготовленной монологической речью, а также неподготовленной монологической и диалогической речью в ситуации официального общения в пределах программных требований. Оценивается содержательность, адекватная реализация коммуникативного намерения, логичность, связность, нормативность высказывания.
2. Чтение. На кандидатском экзамене аспирант должен продемонстрировать умение читать оригинальную литературу по специальности. Оцениваются навыки изучающего, поискового и просмотрового чтения.
3. Письменный перевод научного текста по специальности. Оценивается общая адекватность перевода, соответствие норме и узусу языка перевода, включая употребление терминов.
4. Резюме прочитанного текста. Оценивается объем и правильность извлеченной информации, адекватность реализации коммуникативного намерения, содержательность, логичность, смысловая и структурная завершенность.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Основная литература:**

1. Гольдберг М.Л. Сборник научно-популярных текстов для работы на кандидатском семестре. Учебное пособие. Изд. 5, дополн. М.: ИЯз РАН, 2011.
2. Рубцова М.Г. Чтение и перевод научной и технической литературы: лексико-грамматический справочник. Учебник. 2-е изд. испр. и доп. М.: Астрель: АСТ, 2010.

3. Сиполс О.В. Develop Your Reading Skills: Comprehension and Translation Practice. Обучение чтению и переводу (английский язык). Учебное пособие. М.: Флинта: Наука, 2007.

4. Широкова Г.А., Практическая грамматика английского языка. Учебное пособие по переводу. 3-е издание, стереотипное. М.: Флинта: Наука, 2017.

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Разинкина Н.М., Гуро Н.И. Международные контакты. Пособие для переводчиков. Изд. 4, испр. и перераб. М.: Высшая школа, 2004.

2. Сиполс О.В., Широкова Г.А. Англо-русский учебный словарь с синонимами и антонимами. Общенаучная лексика. М.: Флинта: Наука, 2003.

3. Сиполс О.В., Широкова Г.А. Англо-русский словарь начинающего переводчика. М.: Флинта: Наука, 2008.

### **в) дополнительная литература:**

1. Абакарова Н.М. Fine Arts (Portraits: 1700 years). Английский язык. Научный текст с упражнениями. М.: ИЯз РАН, 2011.

2. Ашихмина Г.В., Баграмова Л.С., Зелинский Н.Н. Сборник текстов на английском языке. История. М.: ИЯз РАН, 2008.

3. Голова И.Л. Лексические и грамматические особенности английской научной литературы гуманитарного профиля. Пассивные конструкции. Учебное пособие. 2-е изд. испр. и доп. М.: ИЯз РАН, 2011.

4. Зилова Н.М. Этнография. Английский язык. Научный текст с комментариями и упражнениями. Учебное пособие. М.: ИЯз РАН, 2010.

5. Зотова А.К. Работа с научно-популярным текстом на кандидатском семестре. Учебник. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008 г.

6. Иванова С.П. Научные тексты для самостоятельной работы и работы с преподавателем в группах кандидатского семестра. М.: ИЯз РАН, 2011.

7. Михельсон Т.Н., Успенская Н.В. Сборник упражнений по основным разделам грамматики английского языка. Практическое пособие. Л.: Наука, 1989.

8. Наумова О.В. Практикум по грамматике английского языка (для подготовки к экзамену кандидатского минимума). В 2-х частях М.: ИЯз РАН, 2011.

9. Павликова М.А. Лексико-грамматические тесты по обучению пониманию английского научного текста. Учебное пособие. М.: ИЯз РАН, 2007.

10. Разинкина Н.М. Стандартные фразы повседневного общения. Русско-английские соответствия. Издание третье, исправленное и дополненное. М.: АСТ: Астрель, 2012 г.

11. Рубцова М.Г. Полный курс английского языка. Учебник-самоучитель. Четвертое издание, исправленное и дополненное. М.: АСТ, 2014 г.

12. Свинчукова Е.Г. Сборник текстов и упражнений по переводу на кандидатском семестре (по специальностям «машиноведение», «материаловедение»). Английский язык. М.: ИЯз РАН, 2014.

13. Сизов М.М. Комплексное пособие на материале научно-популярных текстов на английском языке (обучение чтению, аудированию, говорению,



письму и переводу). Учебное пособие. Второе издание, исправленное и дополненное. М.: ИЯз РАН, 2012.

14. Сизов М.М. Некоторые языковые особенности научно-популярной беседы в современном английском языке (пособие для преподавателей и аспирантов третьего уровня). М.: ИЯз РАН, 2012.

15. Сиполс О.В. Test your grammar, vocabulary and reading comprehension. Учебное пособие. М.: Советский писатель, 2007.

16. Словесная А.А. Let's Speak & Write Science. Учебное пособие для занятий в группах кандидатского и II семестров. М.: ИЯз РАН, 2010.

17. Mc Carthy M., O'Dell F. Academic Vocabulary in Use. Cambridge University Press, 2008

18. Wallwork, A. English for Writing Research Papers. USA: Springer, 2011

19. Wallwork, A. English for Academic Research: Writing Exercises USA: Springer, 2011

20. Интернет – ресурсы:

<http://www.englishforum.com>;

<http://openlearn.open.ac.uk>

<http://www.learnhigher.ac.uk/>

<https://writesite.elearn.usyd.edu.au/>

<https://www.ted.com/talks>

<http://www.phrasebank.manchester.ac.uk/>

[www.natcorp.ox.ac.uk](http://www.natcorp.ox.ac.uk)

21. Периодические издания – Angewandte Chemie, ARKIVOC, Chemical Abstracts Service, Combustion and Flame, Journal of Chemical & Engineering Data, Nature Chemistry, Nature Nanotechnology, Progress in Energy and Combustion Science, Pure and Applied Chemistry, JACS, JOCS, Journals of Royal Chemical Society.

## **8. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

– Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ГНЦ ИБХ РАН

– Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ГНЦ ИБХ РАН

– Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

## **9. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ (ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ)**

– Consultant Plus

– Garant system

– Библиотека ГНЦ ИБХ РАН

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта. При проведении практики аспирантом используется оборудование и приборы, содержащиеся на балансе соответствующего структурного подразделения Института, в котором проводится практика:

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-F

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН  
академик А.Г. Табибов

от «11» апреля 2025г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
БИОИНФОРМАТИКА**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

**Разработчики программы: к.б.н. Арапиди Г.П., к.б.н. Залевский А.О.**

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований.

## **I. Цели и задачи изучения дисциплины.**

**1.1. Цель дисциплины:** ознакомление с высокопроизводительными информационно-компьютерными технологиями для информационного сопровождения научных исследований.

**1.2. Задачи дисциплины:** ознакомить аспирантов с основными инструментами и алгоритмами биоинформатики, такими как базовый филогенетический анализ, алгоритмы выравнивания последовательностей, белок структурный анализ, аннотации генов и геномов, а также с основными базами данных, в которых хранятся последовательности нуклеиновых кислот, белков и данные эпигенетики.

## **II. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Форма обучения – ОЧНАЯ

**Общий объем дисциплины:** 1 зачетная единица или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
36	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
	28	-	-	8
	28			

### **Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:**

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Введение в биоинформатику. Биоинформатика: данные, методы и применение. Множественное выравнивание.	4	
2	Множественное локальное выравнивание (motif identification).	2	
3	Классификация белков. Семейства белков PFAM. Структура белков. Прогнозирование структуры белка, докинг.	4	
4	Филогенетические деревья.	4	
5	Распознавание генов. Методы de novo. Функциональная аннотация геномов.	4	
6	Эволюция и разнообразие CRISPR систем.	2	

7	NGS в медицине глазами клинициста - методы, клиническое значение, интерпретация, эволюция методов. Онкогенетика.	2	
8	Секвенирование геномов и транскриптомов.	4	
9	Биоинформатика последовательностей. Введение в системную биологию.	2	
	Всего:	28	

### III. Содержание курса «Биоинформатика»

#### Тема 1. Введение в биоинформатику.

Биоинформатика: данные, методы и применение. Краткий обзор: что может быть достигнуто использованием различных вычислительных методов в биологии. Краткое введение в NGS. Различные типы данных, которые обычно используют биоинформатики. Обсуждение экспериментальных лабораторных методов, лежащие в основе этих данных.

#### Тема 2. Множественное локальное выравнивание (motif identification).

Множественное локальное выравнивание (motif identification). Концепция выравнивания. Алгоритмы. Приложение, лучшее практики. CLUSTAL, MUSCLE. Локальное выравнивание. Алгоритмы. Как это может быть применимо? Регуляторные мотивы. MEME.

#### Тема 3. Классификация белков. Семейства белков PFAM. Структура белков. Прогнозирование структуры. белка, докинг.

Классификация белков. Семейства белков PFAM. Как узнать функцию белка? Базы данных, содержащие информацию о функции белков. Структура белка: основные элементы. Можно ли предсказать структуру белка? Прогнозирование вторичной структуры белка, de novo предсказание третичной структуры белка, докинг. Работа с белковыми моделями.

#### Тема 4. Филогенетические деревья.

Филогенетические деревья. Максимум вероятность. Основные алгоритмы. Приложения. Лучшие практики. Пакеты: MEGA, PHYLIP и др.

#### Тема 5. Распознавание генов. Методы de novo Функциональная аннотация геномов.

Распознавание генов. Методы de novo. Открытые рамки для чтения. Предсказание генов, разные методы и краткий обзор алгоритмов. GeneMark, GLIMMER, GenScan и т.д. Использование данных транскриптома: AUGUSTUS др. Сравнительные методы. Функциональная аннотация геномов. Основные конвейеры и инструменты для аннотирования генома. Основные базы данных и инструменты. Основные источники данных. Базы данных с геномными, эпигеномными и белковыми данными. GenBank and BLAST. InterPro. Genome Browser and ENSEMBLE.

#### Тема 6. Эволюция и разнообразие CRISPR систем

Эволюция CRISPR систем. Разнообразие CRISPR систем. Классы систем, типы и подтипы. Основные ферменты, участники системы.

### **Тема 7. NGS в медицине глазами клинициста.**

NGS в медицине глазами клинициста - методы, клиническое значение, интерпретация, эволюция методов. Онкогенетика.

### **Раздел 8.**

#### **Секвенирование геномов и транскриптомов.**

Пайплайны для геномного-экзомного секвенирования, классификации вариантов по патогенности. Базы данных.

### **Раздел 9.**

#### **Биоинформатика последовательностей.**

Биоинформатика последовательностей. Анализ и каталогизация биохимических путей и сетей. Введение в системную биологию.

### **IV. Самостоятельная работа**

Дисциплина базируется на аудиторной и самостоятельной внеаудиторной работе аспирантов. Предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса дисциплины «Биоинформатика» в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

### **V. Итоговая проверка знаний**

Учебный план по дисциплине «Биоинформатика» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата.

#### **Примерные темы рефератов:**

1. БД Science Citation Index (Web of Science), её тематическая направленность, принципы составления поискового предложения.
2. БД Medline (PubMed), её тематическая направленность, принципы составления поискового предложения.
3. Научная электронная библиотека (НЭБ), её тематическая направленность, принципы составления поискового предложения.
4. Российская патентная БД ФГУ ФИПС, принципы составления поискового предложения.
5. Американская патентная БД USPATFULL, принципы составления поискового предложения.
6. Базы данных, содержащие нуклеотидные последовательности. Формат документа.
7. Базы данных, содержащие аминокислотные последовательности. Формат документа.
8. База данных, содержащая двумерные электрофоретические карты белков в полиакриламидных гелях. Формат документа.
9. Базы данных, содержащие семейства белков.
10. Базы данных, содержащие семейства гомологичных доменов белков.
11. Базы данных, содержащие пространственные структуры биологических макромолекул: белков, нуклеиновых кислот, белково-нуклеиновых комплексов. Формат документа.
12. Базы данных, содержащие структуры углеводов и низкомолекулярных биорегуляторов.
13. Комбинированные банки, содержащие информацию о семействах, структурах, функциях, генах, геномах. Интегрированная система для поиска библиографической и фактографической информации.

## **VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература:**

1. Н.Ю. Часовских. Биоинформатика. 2020.
2. Хаубольд Б., Вие Т. Введение в вычислительную биологию. Эволюционный подход. URSS, 2011.
3. Ригден Д.Дж. Структура и функционирование белков: Применение методов биоинформатики. URSS. 2014.
4. Введение в биоинформатику / А. Леск; пер. с англ. —М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
5. Гельфанд М. Биоинформатика и геномика. <https://postnauka.ru/courses/42433>.
6. Методы молекулярной биологии. Биоинформатика. 2008.

### **Дополнительная литература:**

7. Д.Леон, С.Маркел, Sequence Analysis in a Nutshell - справочник от O'Reilly по наиболее часто используемым в биоинформатике базам данных и программам по анализу последовательностей. <http://bioinformatics.ru/Ssylki.html>

## **VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

## **VIII. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

Разработчики: чл-корр РАН, д.х.н. Смирнов И.В., д.б.н. Рыскина Е.А.

Рабочая программа разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951) и утверждена Учебным планом аспирантов по направлению 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика на основании решения Учёного совета ГНЦ ИБХ РАН.

## 1. Цели и задачи

Основная цель изучения дисциплины — это изучение основных технологий, которые улучшают организм человека, восстанавливают здоровье и продлевают жизнь. Задачи курса изучение: значение целенаправленного изменения биологических объектов для терапевтических целей. В курсе аспиранты изучают: недостатки традиционных лекарственных средств в сравнении с биоинженерными лекарственными средствами (БЛС) нового поколения: биопрепараты, нанолечения, таргетные препараты, персонализированные лекарственные средства, тераностики, генотерапевтические лекарственные средства, полученные методами биоинженерии, технологии создания новых лекарств, синтез новых низкомолекулярных лекарственных веществ (малых молекул) на основе изучения зависимости между структурой и действием веществ, геномные и постгеномные технологии создания лекарственных средств, новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний на примере рассеянного склероза, создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства.

## 2. Объем программы и виды учебной работы

Объём программы составляет 72 академических часов (2 зачётных единицы). Лекционно/семинарские занятия могут проводиться в очной форме или в формате он-лайн на платформе Webinar.

### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем дисциплины	Количество аудиторных часов, в том числе:			Самостоят работа (час)
		лекции	практич еские занятия (семина	Лабора- торные работы	
1	Введение в биоинженерию. Биоинженерные лекарственные средства (БЛС).	4			
2	Первое поколение лекарственных препаратов: малые молекулы. Разработка противомикробных препаратов на примере Макозинона. Создание эффективных противовирусных препаратов на примере PDSTP.	4			
3	Малые молекулы против рака. Преимущества и недостатки малых молекул. Драг-дизайн: высокопроизводительным скрининг.	4			



4	Иммунобиотехнология. Рекомбинантные вакцины.	4			
5	Получение фармацевтических белков в культивируемых животных клетках.	4			
6	Терапевтические моноклональные антитела и производные биополимеры.	4			
7	Инженерия антител.	4			
8	Биотехнология и персонафицированная медицина.	4			
9	Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний.	4			
10	Комбинаторные подходы в биологии.	4			
11	Создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства.	4			
	<b>Всего часов</b>	<b>44</b>			<b>28</b>

### 3. Содержание дисциплины

#### **Тема 1. Введение в биоинженерию. Биоинженерные лекарственные средства.**

Введение в биоинженерию. Биоинженерные лекарственные средства (БЛС), строение и физико-химические свойства. Классификация БЛС по типу строения - наночастицы, нанокапсулы, рекомбинантные белки, моноклональные антитела, химерные белки, антител-лекарственные конъюгаты, геннотические конструкции, полиплексы, вирусоподобные наночастицы, искусственные вирусы, и их свойства.

#### **Тема 2. Первое поколение лекарственных препаратов: малые молекулы. Антибиотики. Создание эффективных противовирусных препаратов.**

Три поколения лекарств: развитие методов химического синтеза. Преимущества и недостатки препаратов первого поколения. Преимущества и недостатки препаратов второго поколения. Создание эффективных противовирусных препаратов. Анти-НСV терапия: проблемы и решения. Геномные и протеомные технологии в создании лекарственных средств. Клик-химия как эффективная технология модификации биопрепаратов, нанолекарств и таргет-препаратов.

#### **Тема 3. Малые молекулы против рака. Преимущества и недостатки малых молекул. Драг-дизайн: высокопроизводительный скрининг.**

Некоторые преимущества и недостатки малых молекул против рака. Некоторые препараты на основе малых молекул против рака. Молекулярно-таргетная терапия рака. Индустрия направленного конструирования новых лекарственных препаратов. Задача высокопроизводительного скрининга. Принцип высокопроизводительного скрининга.

#### **Тема 4. Иммунобиотехнология. Рекомбинантные вакцины.**

Основные направления иммунобиотехнологии. Методы и технологии иммунобиотехнологии. Разработка персонализированных подходов к иммунотерапии, учитывающих индивидуальные особенности иммунной системы каждого пациента.

Применение технологий геномного редактирования и клеточной терапии для лечения генетических заболеваний и рака. Технологий рекомбинантной ДНК и генной инженерии. Основные принципы технологии рекомбинантной ДНК. Различные технологии получения вакцин. Вакцины на основе рекомбинантных протективных антигенов или живых гибридных носителей. Технологическая схема производства вакцин и сывороток. Создание вакцин нового типа: генно- инженерные вакцины, растительные вакцины, пептидные вакцины, рибосомальные вакцины, ДНК- вакцины.

#### **Тема 5. Получение фармацевтических белков в культивируемых животных клетках.**

Методы получения фармацевтических белков в культивируемых животных клетках. преимущества и недостатки методов получения. Перспективы развития технология получения фармацевтических белков в культивируемых животных клетках.Использование новых методов для создания трансгенных животных, например, с помощью CRISPR/Cas-технологий.

#### **Тема 6. Терапевтические моноклональные антитела и производные биополимеры.**

Персонализированная медицина (ПМ) - это область интеграции современных биотехнологических подходов в медицинской практике, основанных на молекулярной диагностики заболеваний. Базовой биотехнологией ПМ, которая позволяет комбинировать лечебные и диагностические подходы является молекулярная визуализация. Таргетные и персонализированные биоинженерные лекарственные средства. Доставка лекарственных соединений - одна из важнейших стратегией современных нанофармакологических исследований.

#### **Тема 7. Инженерия антител.**

Терапевтические моноклональные антитела и производные биополимеры. аболевания, на лечение которых направлены разработанные препараты БЛС. Разработка используемых в медицинской практике препаратов БЛС на примере некоторых препаратов, проблемы и достижения.

#### **Тема 8. Биотехнология и персонализированная медицина.**

Плодотворность взаимодействия персонализированной и доказательной медицины. Основные направления использования биотехнологий: геномика и генетическая диагностика, терапия на основе геномных данных, биомаркеры и диагностика. персонализированная профилактика. Перспективы развития.

#### **Тема 9. Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний.**

Таргетная терапия в лечении аутоиммунных заболеваний. Лечение рассеянного склероза препаратами, направленным на таргетирование В-клеточного звена иммунитета.

#### **Тема 10. Комбинаторные подходы в биологии.**

Причины комбинативной изменчивости. Значение комбинативной изменчивости. Примеры комбинативной изменчивости. Комбинаторные подходы в других областях.

#### **Тема 11. Создание лекарственных средств нового поколения.**

Создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства. Единая система GLP, GCP И GMP при внедрении в практику производства лекарственных препаратов

### **4. Итоговый контроль**

Зачёт проводится в виде сданного реферата на тему, предложенную в программе. Реферат проверяется на оригинальность в системе «Антиплагиат». Оригинальность

содержательной части должна составлять не менее 75%.

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый результат
Зачёт	Реферат полно и исчерпывающе раскрывает тему. Аспирант демонстрирует уверенные знания теории. Реферат раскрывает тему, но есть незначительные замечания, несущественные неточности. Реферат не полной мере раскрывает тему, есть существенные замечания. Имеются существенные неточности.	зачёт
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачёт

### Темы рефератов:

1. Биоинженерия как инженерное направление в биологии. Определение и задачи биоинженерии.
2. Биоинженерные лекарственные средства (БЛС), строение и физико-химические свойства.
3. Классификация БЛС по типу строения.
4. Традиционные лекарственные средства и БЛС нового поколения. Место БЛС в классификации лекарственных средств.
5. Место БЛС среди других новых средств терапии заболеваний.
6. Методы фармацевтической технологии. Значение биоинженерии, биотехнологии и нанотехнологии в создании лекарственных средств.
7. Геномные и протеомные технологии в создании лекарственных средств.
8. Векторы в генетической инженерии, требования к векторам, их свойства.
9. Плазмиды как векторы в генетической инженерии.
10. Вирусы, как векторы. Фаги как векторы в генетической инженерии. Гибридные фаги.
11. Хлоропластная и митохондриальная ДНК как векторы.
12. Трансгеноз. Естественные механизмы трансгеноза в природе.
13. Введение гена эукариот в клетку прокариота. Особенности экспрессии в прокариоте.
14. Генетическая трансформация *Escherichia coli*, представителей р. *Bacillus*.
15. Введение генов в клетки млекопитающих.
16. Введение генов в клетки растений. Генетическая инженерия растений, задачи и достижения.
17. Генетическая трансформация соматических клеток млекопитающих.
18. Генотерапия.
19. Проблемы при реализации работ по генной инженерии.
20. Значение индивидуальных особенностей организма. Роль генетических факторов.
21. Развитие персонализированной медицины и внедрение в клиническую практику геннотерапевтических средств.
22. Стандарты GLP и GCP.
23. Перспективы и препятствия на пути разработки новых БЛС.
24. Методы получения и исследования БЛС.
25. Технологии создания новых лекарств.
26. Заболевания, на лечение которых направлена разработанные и разрабатываемые препараты БЛС.

## **5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Литература**

1. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 327 с.
2. Нетрусов А.И. Введение в биотехнологию: учебник для вузов / А.И. Нетрусов. М.: Академия, 2014. 281 с.
3. С.Н. Щелкунов. Генетическая инженерия. Сибирское университетское издательство. Новосибирск. 2010.
4. Свердлов Е.Д. Взгляд на жизнь через окно генома: В 3т. Очерки структурной молекулярной генетики. Т. 1. М. Наука, 2009.
5. Rang H.P., RiPper J.M., Flower R.J., Henderson G. (Eds.) Rang & Dale's Pharmacology E-Book: with Student Consult. 8<sup>th</sup> Edition. Elsevier Health Sciences, 2016, 776 p. ISBN: 978-0-7020-5363-4
6. Dale J.W., von Schantz M. From Genes to Genomes: Concepts and Applications of DNA Technology. 2002 John Wiley & Sons, Ltd.
7. Primrose S.B, Twyman R.M., Old R.W. Principles of Gene Manipulation: Sixth Edition.
8. B.S. Ahloowalia, M. Maluszynski, K. Nichterlein. (2004). Global impact of mutation-derived varieties. Euphytica. 135, 187-204.
9. Jones M. (2015). The invention of recombinant DNA technology. Berg, Boyer, Cohen. Life sciences at Chemical Heritage Foundation;
10. Doogab Yi. The Recombinant university: genetic engineering and the emergence of Stanford biotechnology. University of Chicago Press, 2015.
11. Regalado A. (2016). The World's most expensive medicine is a bust. MIT Technology Review.
12. Heidi Ledford. (2017). Broad Institute wins bitter battle over CRISPR patents. Nature. 542, 401-401.
13. McDivitt P. (2017). Green technology: Disease-resistant GMO tomato that could eliminate need for copper pesticides, double yields—blocked by public fears. Genetic Literacy Project.
14. Рекомендации по организации производства, оценке качества, проведению доклинических и клинических исследований генотерапевтических лекарственных препаратов. М.: «Лаборатория знаний», 2018. <http://clinicaltrials.gov>
15. Statement from FDA Commissioner Scott Gottlieb, M.D. and Peter Marks, M.D., Ph.D., Director of the Center for Biologics Evaluation and Research on new policies to advance development of safe and effective cell and gene therapies.
16. Nomenclature schemes for advanced therapies (substances for gene therapies, substances for cell therapies, substances for cell-based gene therapies and virus- based therapies).
17. Олефир Ю.В. и др. Номенклатура биомедицинских клеточных продуктов. Ремедиум. 2017;3:6-11.
18. FDA. Approved Cellular and Gene Therapy Products.

## **6. Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

## **7. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Библиотека ГНЦ ИБХ РАН

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины - типы аудиторий, оснащение аудиторий**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, доску, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)**  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
**ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
*Российской академии наук*  
**(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И**  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва 2025

**Разработчик:** д.б.н. Буздин А.А.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанному на основе этих требований, дисциплина «Биологическая эволюция и биотехнология» является факультативной дисциплиной в составе образовательной компоненты по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## I. Цели и задачи изучения дисциплины

**1.1. Цель дисциплины:** ознакомление с современными взглядами на теорию эволюции, моделями происхождения жизни, методами изучения эволюции макромолекул.

**1.2. Задачи дисциплины:** ознакомление аспирантов с основами и механизмами эволюционной теории, с новыми биотехнологиями, использующими эволюционные принципы и практическими аспектами их использования в науке и медицине.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** дисциплины «Биологическая эволюция и биотехнология» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки, научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## II. Объем дисциплины и виды учебной работ

Форма обучения — ОЧНАЯ

Общий объем дисциплины: 1 зачетные единицы или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
36	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
	32	-	-	4
	32			

### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы

№	Наименование тем и разделов (с развернутым содержанием курса)	Аудиторные занятия (час), в том числе:
---	--	---

	по каждой теме и разделу)	Лекции	Семинары
1	Основы эволюционной теории	4	-
2	Феномены и механизмы биологической эволюции	4	-
3	Молекулярная селекция и направленная эволюция в биотехнологии	6	-
4	Современные медицинские технологии и эволюция	4	-
5	Эволюция продолжительности жизни и проблемы технологий долголетия	6	-
6	Эволюция экосистем	4	-
7	Эволюция генома	4	-
	Всего:	32	-
	Итого:	32	

### III. Содержание курса

#### Раздел 1.

##### Основы эволюционной теории

Додарвиновский креационизм как научно обоснованная теория XIX века. Изменчивость при искусственном отборе - основной источник дарвиновской логики. «Всемогущество» естественного отбора. Борьба за существование и альтруизм. Сальтационизм, рождение генетики и современный синтез («синтетическая теория эволюции»). О направленности биологической эволюции. Центральная парадигма молекулярной биологии и эволюция. Наследование приобретенных признаков, эпигенетика. Половой отбор.

#### Раздел 2.

##### Феномены и механизмы биологической эволюции

Проблемы полноты палеонтологической летописи. Распад биополимеров и проблемы молекулярных методов анализа ископаемых. Метагеномные подходы. Кембрийский взрыв как чрезвычайно интересное событие в палеонтологической летописи. Вымирание. Источники мутаций, надежность репарации и гены-мутаторы. Роль мобильных элементов и эндогенных вирусов. Транспозиции генов и видообразование. Эволюционируемость как отбираемый признак. Эволюция отдельных генов. Псевдогены. Кооптация и экзаптация. Значение секвенирования полных геномов и метагеномов. Горизонтальный перенос генов.

#### Раздел 3.

##### Молекулярная селекция и направленная эволюция в биотехнологии

Самопроизвольная эволюция и проблемы сохранности биотехнологически ценного материала. Стратегии направленной эволюции *in vitro*. Методы диверсификации: химическая рандомизация, случайный мутагенез, склонные к ошибкам ДНК-полимеразы, направленная рекомбинация. Методы селекции *in vitro*: аффинная хроматография, N-гибридные системы, функциональная комплементация, селективная инфекция, высокопоточный скрининг.



Аптамеры. Эволюция энзимов и рибозимов *in vitro*. Методы скрининга больших библиотек, фаговый дисплей. Рациональный дизайн как дополнительный этап получения молекул с желаемыми свойствами. Разнообразие антител - классический пример природной молекулярной комбинаторики и получение моноклональных антител как пример молекулярной селекции. Использование рекомбинантных антител в медицине.

#### **Раздел 4.**

#### **Современные медицинские технологии и эволюция**

Генетическое и фенотипическое разнообразие человека с точки зрения молекулярной генетики. Распространенность основных генетических заболеваний. Методы пренатальной диагностики, молекулярные методы детекции наследственных заболеваний на примере болезней, обусловленных точечными мутациями: муковисцидоз, болезнь Тея-Сакса. Хромосомные aberrации и выкидыши – эволюционное значение, проблемы диагностики болезни Дауна. Гаметный отбор. Значение генетического многообразия и возможное влияние новейших биомедицинских технологий на эволюцию человека.

#### **Раздел 5.**

#### **Эволюция продолжительности жизни и проблемы технологий долголетия**

Эволюция продолжительности жизни. Экспериментальные модели для изучения старения. Демография смертности человека, теория износа. Теория программируемой смерти, гипотеза фенотоза. Эволюционное осмысление процессов старения: теории накопления мутаций и антагонистической плейотропии. Некоторые изученные механизмы старения: предел клеточного деления, роль активных форм кислорода. Долгоживущие мутанты. Влияние продолжительности жизни на приспособленность.

#### **Раздел 6.**

#### **Эволюция экосистем**

Исследование эволюции видов и надвидовых биосистем (экосистем, биосферы в целом) в связи с влиянием на них экологический факторов, внешней среды и эволюция биоценозов. Естественность и дискретность экосистем. Экосистема — реально существующий, а не выделенный для удобства исследователя объект, представляющий собой территориально и функционально отграниченную от других подобных объектов систему взаимодействующих биологических и небиологических (напр. почва, вода) объектов. Определяющая роль экосистемных взаимодействий в определении скорости и направлении эволюции популяции. Эволюция как процесс создания и заполнения экологических ниш или лицензий.

#### **Раздел 7.**

#### **Эволюция генома**

Многообразие и структура геномов. Структурная и популяционная геномика. Основные различия эукариотических и прокариотических геномов. Факторы геномной нестабильности. Уровни регуляции генной экспрессии. Межвидовые сравнения. Регуляторная гипотеза. Дупликации фрагментов генома и приобретение новых функций. Ортология и Паралогия. События геномной эволюции. Эволюция бактериальных геномов. Логика случайности в эволюции геномов. Концепции эволюции, основанные на неodarвинизме и современном эволюционном синтезе. Фундаментально новые наблюдения,

которые были сделаны в области сравнительной геномики микробов и вирусов в 21 веке.

#### **IV. Самостоятельная работа**

В процессе освоения предмета предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

#### **V. Итоговая проверка знаний**

Форма итоговой проверки и оценки знаний предусматривает сдачу реферата на одну из выбранных тем.

##### **Темы реферата:**

1. Происхождение эукариот — самое масштабное событие в истории эволюции со времен возникновения жизни.
2. Исследование эволюции видов и надвидовых биосистем (экосистем, биосферы в целом) в связи с влиянием на них экологический факторов, внешней среды и эволюция биоценозов.
3. Логика случайности в эволюции геномов.
4. Теория программируемой смерти, гипотеза фенотоза.
5. Эволюционное осмысление процессов старения: теории накопления мутаций и антагонистической плеiotропии.
6. Транспозиции генов и видообразование.
7. Эволюционируемость как отбираемый признак.
8. Методы диверсификации: химическая рандомизация, случайный мутагенез, склонные к ошибкам ДНК-полимеразы, направленная рекомбинация.
9. Методы селекции *in vitro*: аффинная хроматография.
10. Методы селекции *in vitro*: N-гибридные системы.
11. Методы селекции *in vitro*: функциональная комплементация, селективная инфекция.
12. Методы селекции *in vitro*: высокопоточный скрининг. Аптамеры.
13. Генетическое и фенотипическое разнообразие человека с точки зрения молекулярной генетики. Распространенность основных генетических заболеваний.
14. Основные различия эукариотических и прокариотических геномов.
15. Факторы геномной нестабильности.
16. Уровни регуляции генной экспрессии.
17. Межвидовые сравнения. Регуляторная гипотеза. Дубликации фрагментов генома и приобретение новых функций. Ортология и Паралогия.
18. Концепции эволюции, основанные на неodarвинизме и современном эволюционном синтезе.
19. Фундаментально новые наблюдения, которые были сделаны в области сравнительной геномики микробов в 21 веке.
20. Фундаментально новые наблюдения, которые были сделаны в области сравнительной геномики вирусов в 21 веке.
21. Эволюционное осмысление процессов старения: теории накопления мутаций и антагонистической плеiotропии.
22. Некоторые изученные механизмы старения: предел клеточного деления, роль активных форм кислорода.

#### **VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

**Рекомендуемая литература:**

1. А.С. Северцов. Теории эволюции. М., Изд-во Юрайт, 2020.
2. Р.Райан. Тайнственный геном человека. Питер Спб., New Science Мир, 2017.
3. Д.Луома, С.Липкин. Время генома: как генетические технологии меняют наш мир и что это значит для нас. ООО «Альпина нон-фикшн», 2018.
4. Кассимерис Л., Окс Р., Льюин Б. Клетки по Льюину. «Лаборатория знаний», 2016.

**Дополнительная литература:**

5. Masaharu Takemura. (2001). Poxviruses and the Origin of the Eukaryotic Nucleus. J Mol Evol. 52, 419-425.
6. Albert D. G. de Roos. (2006). The Origin of the Eukaryotic Cell Based on Conservation of Existing Interfaces. Artificial Life. 12, 513-523.
7. David A Baum, Buzz Baum. (2014). An inside-out origin for the eukaryotic cell. BMC Biol. 12.
8. A.M. Poole, S. Gribaldo. (2014). Eukaryotic Origins: How and When Was the Mitochondrion Acquired? Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 6, a015990-a015990.
9. Natalya Yutin, Maxim Y Wolf, Yuri I Wolf, Eugene V Koonin. (2009). The origins of phagocytosis and eukaryogenesis. Biology Direct. 4.
10. Joran Martijn, Thijs J.G. Ettema. (2013). From archaeon to eukaryote: the evolutionary dark ages of the eukaryotic cell. Biochemical Society Transactions. 41, 451-457.
11. Félix Muller, Terry Brissac, Nadine Le Bris, Horst Felbeck, Olivier Gros. (2010). First description of giant Archaea (Thaumarchaeota) associated with putative bacterial ectosymbionts in a sulfidic marine habitat. Environmental Microbiology. 12, 2371-2383.
12. Eelco C. Tromer, Jolien J. E. van Hooff, Geert J. P. L. Kops, Berend Snel. (2019). Mosaic origin of the eukaryotic kinetochore. Proc Natl Acad Sci USA. 116, 12873-12882.

**Электронные ресурсы**

1. «Проблемы эволюции» <http://www.evolbiol.ru/index.html>
2. «Sequence-Evolution-unction» <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=sef.TOC&depth=1>
3. «Evo Wiki» [http://wiki.cotch.net/index.php/Main\\_Page](http://wiki.cotch.net/index.php/Main_Page)
4. «Understanding Evolution» <http://evolution.berkeley.edu/>

## **VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

**Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

**Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**Разработчики курса: д.х.н. Смирнов И.В., д.б.н. Рыскина Е.А.**

Рабочая программа разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. и утверждена Учебным планом аспирантов на основании решения Ученого совета ГНЦ ИБХ РАН. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.5. Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Гены, Геном, Генотерапевтические препараты» является факультативной дисциплиной образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## 1. Цели и задачи

Геномика занимается изучением структуры, функций и механизмов работы генов, которые составляет геном организма. Генотерапевтические лекарственные препараты - это достаточно новое направление в биотехнологической индустрии. Фармацевтической субстанцией этих препаратов является рекомбинантная нуклеиновая кислота, позволяющая осуществлять регулирование, репарацию, замену, добавление или удаление генетической последовательности. Данные препараты представляют собой инновационные препараты для медицинского применения на основе генной терапии, клеточной терапии и ткане-инженерных продуктов. Дисциплина предназначена для ознакомления с современными представлениями в области геномики и нового направления в биотехнологии - генотерапевтические лекарственные препараты. Освоение дисциплины позволит сформировать у будущих исследователей достаточной теоретической базы для работы в данной области.

## 2. Объем программы и виды учебной работы

Форма обучения: очная.

**Общий объем дисциплины:** 2 зачетные единицы или 72 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная работа (час)
72	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
	44	-	-	28
	44			

### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Гены - Геном - Геномика. Разделы геномики.	4	
2	Функциональная геномика. Функциональная аннотация генома.	6	
3	Секвенирование ДНК. Методы секвенирования.	4	
4	Структурная геномика. Структурная аннотация – разбивка генома на гены.	6	

5	Сателлитная ДНК- основа ДНК полиморфизма.	4	
6	Системная биология. Сети и модели.	4	
7	Генотерапевтические препараты — новое направление в биотехнологической индустрии.	4	
8	Номенклатурные схемы для передовых видов лечения.	4	
9	Создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства.	4	
10	Молекулярная медицина.	4	
	Всего:	44	
	<b>Итого:</b>	44	

### 3. Содержание учебной дисциплины

#### Тема 1. Гены - Геном - Геномика. Разделы геномики.

Сравнительная, функциональная и структурная геномика. Сравнительный анализ организации и структуры генов и геномов плазмид, вирусов, органелл, прокариот и эукариот. Хромосомная организация генов и некодирующей ДНК. Уровни молекулярной организации геномов. Структурные компоненты геномов.

#### Тема 2. Функциональная геномика.

Функциональная геномика. Технологии NGS (next generation sequencing - секвенирование ДНК), микрочипов, иммунопреципитации хроматина и дальнейшего секвенирования связанных с хроматином ДНК (ChIP-seq), технологии исследования ДНК-белок взаимодействия. Генетическая и эпигенетическая регуляции генов. Взаимодействие транскрипционных факторов и регуляторных белков с ДНК. Функциональная аннотация генома.

#### Тема 3. Секвенирование ДНК.

Методы секвенирования. Геномно-экзомное секвенирование. Пайплайны для геномного-экзомного секвенирования, классификации вариантов по патогенности. Базы данных. Высокопроизводительное секвенирование в медицине. NGS в медицине глазами клинициста - методы, клиническое значение, интерпретация.

#### Тема 4. Структурная геномика.

Структурные элементы генома эукариот. Структурная аннотация – разбивка генома на гены. Генные сети. Структура генома человека и вариации. Определение пространственного строения «ключевых» белков.

### **Тема 5. Сателлитная ДНК - основа ДНК-полиморфизма.**

Содержание и локализация в хромосомах, классификация. Гаплотипы и гаплотипирование. Биотехнологии картирования геномов на основе гаплотипирования, использование ДНК-гаплотипирования в практике. Значимость и функциональная роль сателлитной ДНК. Мобильные ДНК геномов. Строение и классификация.

### **Тема 6. Системная биология.**

Системная биология (сети и модели). Экспериментальные методы системной биологии. Геномика - транскриптомика - протеомика. Постгеномные технологии.

### **Тема 7. Генотерапевтические препараты — одно из новых направлений в биотехнологической индустрии.**

Разработка генотерапевтических лекарственных препаратов для персонализированной терапии - мегатренд развития биомедицины. Как работают генотерапевтические препараты? Нормативно-правовое регулирование препаратов для генной терапии.

### **Тема 8. Номенклатурные схемы для передовых видов лечения.**

Номенклатура генотерапевтических лекарственных препаратов: международный опыт. Номенклатурные схемы для передовых видов лечения - препараты для генной терапии, препараты для клеточной терапии, препараты для генной терапии на основе клеток, препараты для терапии на основе вирусов. Терапия CAR-T.

### **Тема 9. Создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства.**

Создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства. Регуляторная наука (руководство ICH). Общие требования к производству генотерапевтических препаратов. Испытания фармацевтической субстанции. Испытания лекарственного препарата.

### **Тема 10. Молекулярная медицина.**

Молекулярная медицина - это физические, химические, биологические и медицинские методы исследований, которые используются для описания молекулярных структур и механизмов генетических ошибок, определяются основные молекулярные и генетические ошибки заболеваний, а также разрабатываются молекулярные методы вмешательства для их коррективки. Диагностика моногенных болезней с использованием методов молекулярно-генетического анализа. Онкогенетика - направление генетики, изучающее причины возникновения и функционирования опухоли.

## **5. Итоговый контроль**

Тип контроля	Форма контроля	Параметры (общая характеристика контроля)	Шкала оценивания
Итоговый	Зачёт	Зачёт проводится в виде сданного реферата на тему, предложенную в программе.	Макс. 5 баллов

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый балл
Зачёт	Реферат полно и исчерпывающе раскрывает тему. Аспирант демонстрирует уверенные знания теории.	5
	Реферат раскрывает тему, но есть незначительные замечания, несущественные неточности.	4
	Реферат не полной мере раскрывает тему, есть существенные замечания. Имеются существенные неточности.	3
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	2

#### Темы рефератов:

1. Хромосомная организация генов и некодирующей ДНК.
2. Уровни молекулярной организации геномов.
3. Структурные компоненты геномов.
4. Пути образования генных семейств.
5. Ядерный геном эукариот: организация хроматина, типы последовательностей в геноме.
6. Ядерный геном эукариот: причины геномных перестроек, организация и экспрессия генов.
7. Характеристика генных тандемов, их локализация в геномах.
8. Генетический полиморфизм.
9. Сателлитная ДНК- основа ДНК-полиморфизма.
10. Значимость и функциональная роль сателлитной ДНК.
11. Гаплотипы и гаплотипирование.
12. Биотехнологии картирования геномов на основе гаплотипирования, использование ДНК-гаплотипирования в практике.
13. IS-элементы, транспозоны, вирусные и невирусные ретротранспозоны, процессированные псевдогены.
14. Механизмы ретротранспозиции.
15. Роль ретротранспозонов в геноме человека.
16. Роль обратной транскрипции в эволюции геномов.
17. Комбинаторные перестройки геномов эукариот.
18. Идея общего генофонда всего живого мира. Вклад перестроек в эволюцию геномов, пути реорганизации геномов.
19. Сравнительная геномика. Сравнение бактериальных геномов, генома дрожжей, растений, генома приматов и генома человека.
20. Три уровня функционирования. Типы взаимодействия генов.
21. Методические подходы функциональной геномики и их применение.
22. Транскриптомика. Методы транскриптомики.



23. Биомедицинские исследования геномов.
24. Превентивная медицина и геномный полиморфизм.
25. Досимптоматическая диагностика генных болезней. Генотерапия.
26. Новая научная идеология и принципы сравнительного анализа геномов: кластерный анализ.
27. Структурный анализ геномов - физическое картирование. Построение контига.
28. Разработка генотерапевтических лекарственных препаратов для персонализированной терапии - мегатренд развития биомедицины.
29. Номенклатура генотерапевтических лекарственных препаратов: международный опыт.
30. Номенклатурные схемы для передовых видов лечения - препараты для генной терапии.
31. Номенклатурные схемы для передовых видов лечения - препараты для клеточной терапии на основе клеток.
32. Номенклатурные схемы для передовых видов лечения - препараты для терапии на основе вирусов.
33. Терапия CAR-T.
34. Создание лекарственных средств нового поколения: от идеи до производства.
35. Регуляторная наука (руководство ICH). Требования к производству генотерапевтических препаратов.
36. Общие требования к производству генотерапевтических препаратов. Испытания фармацевтической субстанции. Испытания лекарственного препарата.
37. Высокопроизводительное секвенирование (NGS) в медицине.
38. NGS в медицине глазами клинициста - методы, клиническое значение, интерпретация.
39. Молекулярная медицина. Диагностика моногенных болезней.
40. Онкогенетика.

## **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Литература.**

1. Л.И. Патрушев. Экспрессия генов. М. Наука, 2000.
2. Альбертс Б. Основы молекулярной биологии клетки. 2018.
3. Л.И. Патрушев. Искусственные генетические системы. Т.1. Генная и белковая инженерия. М. Наука, 2004.
4. С.Н. Щелкунов. Генетическая инженерия. Сибирское университетское издательство. Новосибирск. 2010.
5. Сverdlov E.D. Взгляд на жизнь через окно генома: В 3т. Очерки структурной молекулярной генетики. Т. 1. М. Наука, 2009.
6. И.Ф. Жимулев. Общая и молекулярная генетика. Сибирское университетское издательство. Новосибирск. 2003.
7. Dale J.W., von Schantz M. From Genes to Genomes: Concepts and Applications of DNA Technology. 2002 John Wiley & Sons, Ltd.
8. Primrose S.B., Twyman R.M., Old R.W. Principles of Gene Manipulation: Sixth Edition.
9. B.S. Ahloowalia, M. Maluszynski, K. Nichterlein. (2004). Global impact of mutation-derived varieties. Euphytica. 135, 187-204.

10. Jones M. (2015). The invention of recombinant DNA technology. Berg, Boyer, Cohen. Life sciences at Chemical Heritage Foundation;
11. Doogab Yi. The Recombinant university: genetic engineering and the emergence of Stanford biotechnology. University of Chicago Press, 2015.
12. Regalado A. (2016). The World's most expensive medicine is a bust. MIT Technology Review.
13. Heidi Ledford. (2017). Broad Institute wins bitter battle over CRISPR patents. Nature. 542, 401-401.
14. McDivitt P. (2017). Green technology: Disease-resistant GMO tomato that could eliminate need for copper pesticides, double yields—blocked by public fears. Genetic Literacy Project.
15. Рекомендации по организации производства, оценке качества, проведению доклинических и клинических исследований генотерапевтических лекарственных препаратов. М.: «Лаборатория знаний», 2018. <http://clinicaltrials.gov>
16. Statement from FDA Commissioner Scott Gottlieb, M.D. and Peter Marks, M.D., Ph.D., Director of the Center for Biologics Evaluation and Research on new policies to advance development of safe and effective cell and gene therapies.
17. Nomenclature schemes for advanced therapies (substances for gene therapies, substances for cell therapies, substances for cell-based gene therapies and virus-based therapies).
18. Олефир Ю.В. и др. Номенклатура биомедицинских клеточных продуктов. Ремедиум. 2017;3:6-11.
19. FDA. Approved Cellular and Gene Therapy Products.

## **7. Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

## **8. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины - типы аудиторий, оснащение аудиторий**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска

- Экран
  - Специализированная мебель
- Доска, столы или парты, стулья.
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЯ УГЛЕВОДОВ И ГЛИКОБИОЛОГИЯ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

**Разработчик программы:** профессор, д.х.н. Бовин Н.В.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Химия углеводов и гликобиология» является дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

### **I. Цели и задачи изучения дисциплины.**

**1.1. Цель дисциплины:** обучение аспирантов химии углеводов и основным принципам гликобиологии.

**1.2. Задачи дисциплины:** изучение химии углеводов, рассмотрение принципов и усвоение основных методов гликобиологии.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** курс «Химия углеводов и гликобиология» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

### **II. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Форма обучения – ОЧНАЯ  
Общий объем дисциплины

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
36	18	-	-	18
	18			18

### **Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:**

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Введение в химию углеводов.	2	-

2	Структура и химические свойства углеводов.	4	-
3	Гликобиология. Гликопротеины и гликолипиды.	6	-
4	Патологические процессы в организме человека, в которые вовлечены углеводы.	6	-
	<b>Всего:</b>	18	-
	<b>Итого:</b>	18	

### III. Содержание курса

#### Раздел 1.

##### Введение в химию углеводов.

Структурные, энергетические, эволюционные и специфические функции углеводных цепей клеток животных. Углеводные цепи как носители сверхординарного разнообразия биомолекул. Типы гликоконъюгатов: гликопротеины, гликосфинголипиды, полисахариды, протеоглики, пептидогликаны - общая характеристика и распространенность. Модификации по гидроксильной и ацетамидной группам (сульфаты, фосфаты, ацетаты, лактоны и т. д.).

#### Раздел 2.

##### Структура и химические свойства углеводов.

Строение и стереохимия моносахаридов. Проекционные формулы Фишера. Понятие о конформации олигосахаридов. Циклические формы моносахаридов. Формулы Хеуорса и "перспективные" формулы. Стереохимия аномерного центра. Реакции по карбонильной группе восстанавливающих сахаридов. Аль-формы моносахаридов. Особенности химических свойств полуацетального гидроксильного. Превращения моно- и олигосахаридов под действием кислот и оснований. Простые и сложные эфиры моносахаридов; гликозилбромиды. Реакции моносахаридов сальдегидами и кетонами. Ацетали и кетали как защитные группы. Синтез и расщепление гликозидной связи. Стереохимия и механизмы гликозилирования. Установление строения олигосахаридных цепей и сложных гликоконъюгатов химическими, физико-химическими и ферментативными методами. Методы метилирования и периодатного окисления. Существующие подходы к избирательному отщеплению гликана от N- и O-гликопротеинов, а также гликолипидов. Эндогликозидазы. Химический синтез олигосахаридов: стратегия и тактика. O- и N-защитные группы в химии углеводов. Ферментативный синтез *in vitro*. Понятие о неогликоконъюгатах.

#### Раздел 3.

##### Гликобиология. Гликопротеины и гликолипиды.

Гликопротеины: типы углеводных цепей; структура, отдельные примеры структур; микро- и макрогетерогенность углеводных цепей. Гликосфинголипиды: типы, структура, мембранная

организация, функции, шеддинг. Углевод углеводное взаимодействие. Биосинтез N-цепей гликопротеинов; лектины-шапероны. Гликозилтрансферазы и гликозидазы. Группоспецифические А- и В-трансферазы. Лектины клеток животных. Селектины, коллектины, галектины, сиглеки, фиколины, асиалогликопротеиновый рецептор. Межклеточная адгезия, опосредованная углеводами.

#### **Раздел 4.**

##### **Патологические процессы в организме человека, в которые вовлечены углеводы.**

Патологические процессы в организме человека, в которые вовлечены углеводы, лектины, гликозидазы и гликозилтрансферазы: гликозидозы, аутоиммунные заболевания, воспалительные процессы. Роль углеводных антигенов при переливании крови и трансплантации органов; ксенотрансплантация, "естественные" анти-углеводные антитела. Углеводные цепи в качестве рецепторов для бактерий и вирусов; система защиты организма от углевод-опосредованной адгезии микроорганизмов. Изменения структуры углеводных цепей гликолипидов и гликопротеинов при онкотрансформации. Углеводные онковакцины. Рекомбинантные гликопротеины как терапевтические средства: проблемы, вызванные отсутствием или неправильным гликозилированием.

#### **IV. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

##### **Рекомендуемая литература.**

1. М.Э. Тейлор, К. Дрикамер. Введение в гликобиологию. 3-е издание, 2011.
2. Glyco-sciences. Status and perspectives. Chapman&Hall, London, 1997.
3. A. Varki. Essentials of Glycobiology. Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, 1999.
4. A.Varki. Biological roles of oligosaccharides: all of the theories are correct. Glycobiology. 1993. V.3, N 2. P. 97-130.
5. D.A.Cumming. Glycosylation of recombinant protein therapeutics: control and functional implications. Glycobiology. 1991. V.1. P. 115-130.
6. H.-J.Gabius. Animal lectins. Eur. J. Biochem. 1997. V. 243. P. 543-576.
7. Science. 23 March 2001. V. 291. "Carbohydrates and Glycobiology".

##### **V. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

###### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

###### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

###### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер

- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi



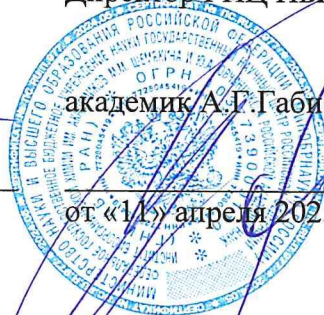
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов  
от «11» апреля 2025г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

Разработчики: к.ф.н. Т.Б.Крылова ИФ РАН.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2 Биофизика.

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины - сформировать у аспирантов целостное представление о предмете, проблемах, методах и концепциях, относящихся к области истории и философии науки, а также углубить понимание оснований, стратегий и роли научного познания в современную эпоху.

Задачи изучения курса «История и философия науки»:

- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- совершенствование философской подготовки, ориентированной на профессиональную деятельность;
- получение аспирантами необходимых знаний об истории и философии науки;
- выработка представления о возникновении различных методов теоретического и эмпирического мышления;
- дать аспирантам возможность овладеть навыками научного мышления, необходимыми при работе над диссертацией.

## 2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Форма обучения — очная.

Общий объем дисциплины: 5 зачетных единиц или 180 академических часов.

**Распределение аудиторных часов по видам учебной работы и темам**

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная работа (час)
180	лекции	практические занятия (семинары)	Лабораторные работы	
	54	56	-	70
	110			

Раздел	Наименование разделов, тем	Количество часов			
		Всего	Контактная аудиторная работа		Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	
1	2	3	4	5	6
1	<b>Раздел 1. Общие проблемы философии науки</b>	78	54		24
	Тема 1.1. Предмет и основные направления философии науки	10	7		3
	Тема 1.2. Наука в культуре современной цивилизации	10	7		3
	Тема 1.3. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции	9	6		3
	Тема 1.4. Структура научного познания	10	7		3
	Тема 1.5. Динамика науки как процесс порождения нового знания	10	7		3
	Тема 1.6. Научные традиции и научные революции. Типы научной рациональности	10	7		3

	Тема 1.7. Особенности современного этапа развития науки. Перспективы научно-технического прогресса	10	7		3
	Тема 1.8. Наука как социальный институт	9	6		3
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Философские проблемы медицинских наук</b>	52		36	16
	Тема 2.1. Философия медицины и медицина как наука			4	2
	Тема 2.2. Философские категории и понятия медицины			6	4
	Тема 2.3. Сознание и познание			5	2
	Тема 2.4. Социально-биологическая и психосоматическая проблемы			6	2
	Тема 2.5. Проблема нормы, здоровья и болезни			5	2
	Тема 2.6. Методологические проблемы гуманизации медицины и здравоохранения			5	2
	Тема 2.7. Рационализм и научность медицинского знания			5	2
<b>3</b>	<b>Раздел 3. История медицины</b>	32		20	12

	Тема 3.1. История медицины как часть истории человечества			3	2
	Тема 3.2. Развитие естествознания и медико-биологических наук			3	2
	Тема 3.3. Медицина нового времени. Экспериментальный период			3	2
	Тема 3.4. Общие концепции новейшей медицины XX-XXI века			4	2
	Тема 3.5. Натуралистические медико-биологизаторские теории			3	2
	Тема 3.6. Новый этап развития медицины, связанный с научно-технической революцией			4	2
3	<b>Подготовка реферата по биологии</b>	18			18

### 3. Содержание дисциплины

#### **Раздел 1. Общие проблемы философии науки.**

**Тема 1.1. Предмет и основные направления философии науки.** Три аспекта бытия науки: наука как генерация нового знания, как социальный институт, как особая сфера культуры. Логико-эпистемологический подход к исследованию науки. Позитивистская традиция в философии науки. Расширение поля философской проблематики в постпозитивистской философии науки. Концепции К.Поппера, И.Лакатоса, Т.Куна, П.Фейерабенда, М.Полани. Социологический и культурологический подходы к исследованию развития науки. Проблема интернализма и экстернализма в понимании механизмов научной деятельности. Концепции М.Вебера, А.Койре, Р.Мертон, М.Малкея.

**Тема 1.2. Наука в культуре современной цивилизации.** Традиционалистский и техногенный типы цивилизационного развития и их базисные ценности. Ценность научной рациональности. Наука и философия. Наука и искусство. Роль науки в современном образовании и

формировании личности. Функции науки в жизни общества (наука как мировоззрение, как производительная и социальная сила).

**Тема 1.3. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции.** Преднаука и наука в собственном смысле слова. Две стратегии порождения знаний: обобщение практического опыта и конструирование теоретических моделей, обеспечивающих выход за рамки наличных исторически сложившихся форм производства и обыденного опыта. Становление опытной науки в новоевропейской культуре. Формирование идеалов математизированного и опытного знания: оксфордская школа, Роджер Бэкон, Уильям Оккам. Предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы. Г.Галилей, Френсис Бэкон, Р.Декарт. Мировоззренческая роль науки в новоевропейской культуре. Социокультурные предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы. Формирование науки как профессиональной деятельности. Возникновение дисциплинарно- организованной науки. Технологические применения науки. Формирование технических наук. Становление социальных и гуманитарных наук. Мировоззренческие основания социально- исторического исследования.

**Тема 1.4. Структура научного познания.** Научное знание как сложная развивающаяся система. Многообразие типов научного знания. Эмпирический и теоретический уровни, критерии их различения. Особенности эмпирического и теоретического языка науки. Структура эмпирического знания. Эксперимент и наблюдение. Случайные и систематические наблюдения. Применение естественных объектов в функции приборов в систематическом наблюдении. Данные наблюдения как тип эмпирического знания. Эмпирические зависимости и эмпирические факты. Процедуры формирования факта. Проблема теоретической нагруженности факта. структуры теоретического знания. Первичные теоретические модели и законы. Развитая теория. Теоретические модели как элемент внутренней организации теории. Ограниченность гипотетико-дедуктивной концепции теоретических знаний. Роль конструктивных методов в дедуктивном развертывании теории. Развертывание теории как процесса решения задач. Парадигмальные образцы решения задач в составе теории. Проблемы генезиса образцов. Математизация теоретического знания. Виды интерпретации математического аппарата теории. Основания науки. Структура оснований. Идеалы и нормы исследования и их социокультурная размерность. Система идеалов и норм как схема метода деятельности. Научная картина мира. Исторические формы научной картины мира. Функции научной картины мира (картина мира как онтология, как форма систематизации знания, как исследовательская

программа). Операциональные основания научной картины мира. Отношение онтологических постулатов науки к мировоззренческим доминантам культуры. Философские основания науки. Роль философских идей и принципов в обосновании научного знания. Философские идеи как эвристика научного поиска. Философское обоснование как условие включения научных знаний в культуру.

**Тема 1.5. Динамика науки как процесс порождения нового знания.**

Обратное воздействие эмпирических фактов на основания науки. Формирование первичных теоретических моделей и законов. Роль аналогий в теоретическом поиске. Процедуры обоснования теоретических знаний. Взаимосвязь логики открытия и логики обоснования. Механизмы развития научных понятий. Становление развитой научной теории. Классический и неклассический варианты формирования теории. Генезис образцов решения задач. Проблемные ситуации в науке. Перерастание частных задач в проблемы. Развитие оснований науки под влиянием новых теорий. Проблема включения новых теоретических представлений в культуру.

**Тема 1.6. Научные традиции и научные революции.** Типы научной рациональности. Взаимодействие традиций и возникновение нового знания. Научные революции как перестройка оснований науки. Проблемы типологии научных революций. Внутридисциплинарные механизмы научных революций.

Междисциплинарные взаимодействия и «парадигмальные прививки» как фактор революционных преобразований в науке. Социокультурные предпосылки глобальных научных революций. Перестройка оснований науки и изменение смыслов мировоззренческих универсалий культуры. Прогностическая роль философского знания. Философия как генерация категориальных структур, необходимых для освоения новых типов системных объектов. Научные революции как точки бифуркации в развитии знания. Нелинейность роста знаний. Селективная роль культурных традиций в выборе стратегий научного развития. Проблема потенциально возможных историй науки.

**Тема 1.7. Особенности современного этапа развития науки.**

Перспективы научно-технического прогресса. Главные характеристики современной, постнеклассической науки. Современные процессы дифференциации и интеграции наук. Связь дисциплинарных и проблемно-ориентированных исследований. Освоение саморазвивающихся "синергетических" систем и новые стратегии научного поиска. Роль нелинейной динамики и синергетики в развитии современных представлений об исторически развивающихся системах. Глобальный эволюционизм как синтез эволюционного и системного подходов. Глобальный эволюционизм и современная научная картина мира. Сближение идеалов естественнонаучного и социально-гуманитарного

познания. Осмысление связей социальных и внутринаучных ценностей как условие современного развития науки. Включение социальных ценностей в процесс выбора стратегий исследовательской деятельности. Расширение этоса науки. Новые этические проблемы науки в конце XX столетия. Проблема гуманитарного контроля в науке и высоких технологиях. Экологическая и социально-гуманитарная экспертиза научно-технических проектов. Кризис идеала ценностно-нейтрального исследования и проблема идеологизированной науки. Экологическая этика и ее философские основания. Философия русского космизма и учение В.И.Вернадского о биосфере, техносфере и ноосфере. Проблемы экологической этики в современной западной философии (Б.Калликот, О.Леопольд, Р.Аттфильд). Постнеклассическая наука и изменение мировоззренческих установок техногенной цивилизации. Сциентизм и антисциентизм. Наука и паранаука. Поиск нового типа цивилизационного развития и новые функции науки в культуре. Научная рациональность и проблема диалога культур. Роль науки в преодолении современных глобальных кризисов.

**Тема 1.8. Наука как социальный институт.** Различные подходы к определению социального института науки. Историческое развитие институциональных форм научной деятельности. Научные сообщества и их исторические типы (республика ученых 17 века; научные сообщества эпохи дисциплинарно организованной науки; формирование междисциплинарных сообществ науки XX столетия). Научные школы. Подготовка научных кадров. Историческое развитие способов трансляции научных знаний (от рукописных изданий до современного компьютера). Компьютеризация науки и ее социальные последствия. Наука и экономика. Наука и власть. Проблема секретности и закрытости научных исследований. Проблема государственного регулирования наук.

## **Раздел 2. Философские проблемы медицинских наук.**

**Тема 2.1. Философия медицины и медицина как наука.** Философия как мировоззренческая и общеметодологическая основа медицины. Онтологические, гносеологические и ценностно-нормативные основания медицины. Взаимосвязь философских и общенаучных категорий и понятий медицины. Философия медицины, ее цели, задачи и основная проблематика. Предмет философии медицины и ее место в развитии медицины и здравоохранения. Генезис философии медицины в XX веке как переход к новому этапу осмысления медико-биологических и медико-социальных проблем. Гносеологические и логические основания философии медицины, ее нормы и идеалы. Системная структура знания в философии медицины. Объект и предмет медицины, специфика медицины как науки, базирующейся на естественнонаучных и социально-гуманитарных знаниях. Специфика анализа природных и социальных явлений, а также человека как предмета медицины. Естествознание и



медицина. Философские и методологические аспекты взаимодействия медицины и биологии. Методологические основы общей патологии как науки. Психология и медицина. Общественные науки и медицинское знание. Фундаментальные и прикладные исследования в медицине. Классификация медицинских наук как философская и методологическая проблема. Общая теория медицины как интеграция естественнонаучных и социогуманитарных знаний. Особенности развития медицины в XX веке. Специфика познания в медицине, особенности предмета, средств, методов и целей. Проблемы комплексного исследования медико-научных проблем. Специфика философской проблематики профилактики и клинической деятельности. Естественнонаучные и социогуманитарные знания в медицинских теориях в свете философии медицины. Основные проблемы и принципы знания в философии медицины. Философия медицины как теория и метод. Плюрализм направлений в философии медицины, их социально историческая обусловленность. Мировоззренческая и методологическая функция философии медицины, ее роль в развитии медицинского знания.

**Тема 2.2. Философские категории и понятия медицины.** Количество, качество и мера, их методологическое значение в философии медицины. Мера и норма в медицине. Проблема изменения и развития в современной философии медицины. Количественные методы и проблема измерения в современной медицине. Детерминизм и медицина. Проблема причинности (этиологии) в медицине. Критика телеологии и индетерминизма. Методологический анализ монокаузализма и кондиционализма в медицине. Проблемы этиологии в анатомо-морфологическом, физиологическом и функциональном аспекте. Проблема моно- и полиэтиологии заболеваний, ее методологический смысл. Диалектика общего и специфического, внешнего и внутреннего в медицине. Структурно-функциональные взаимоотношения в медицине. Диалектика общего и местного в патологии. Категории целое и часть, структура и функция в медицине. Диалектика и системный подход в медицине.

**Тема 2.3. Сознание и познание.** Теория отражения и современные научные представления об эволюции форм отражения в живой природе. Отражение, деятельность, познание. Методологическое значение теории отражения для медицины. Мозг и психика. Происхождение и сущность сознания. Сознание "как высшая форма психического отражения действительности. Проблема идеального. Проблема сознания и психической деятельности в норме и в патологии. Соотношение физиологического и психического в медицине. Отражение, его познавательные и ценностные аспекты. Диалектика процесса познания. Единство чувственного и рационального в познании. Эмпиризм и проблема теоретической нагруженности эмпирического знания. Проблемы критерия истины в философии и медицине. Точность как одна из основ

истинности знания в медицине. Проблемы логико-математической и семантической точности знания в медицине. Понятие метода познания. Соотношение философского, общенаучного и конкретно-научного метода в медицине. Факт и научная проблема. Гипотеза и научная теория, их логическая структура и познавательная функция в медицине. Эксперимент и моделирование, их роль в медицинском познании. Возрастание роли прибора в медицине. Методологические проблемы измерений в медицине. Диагностика как специфический познавательный процесс. Альтернативность и дополнительность клинико-нозологического и экзистенциально-антропологического подходов в диагностике. Клинический диагноз.

#### **Тема 2.4. Социально-биологическая и психосоматическая проблемы.**

Философские аспекты социально-биологической проблемы. Диалектика социального и биологического в природе человека. Медицина и социально-биологической проблема: эмпирические и теоретические взаимосвязи медицины с биологией и социально-гуманитарными науками при изучении нормы и патологии, здоровья и болезни, общественного здоровья и заболеваемости. Социально-биологическая обусловленность здоровья и болезни человека. Проблема редукционизма в современной медицине. Выработка качественно иных принципов медицины в отношении к жизни и смерти вообще и человеческой в особенности. Философские аспекты психосоматической проблемы. Психосоматический подход в современной медицине.

**Тема 2.5. Проблема нормы, здоровья и болезни.** Философские и социальные аспекты учения о норме, здоровье и болезни. Философские и методологические проблемы нозологии. Нозологическая единица как эмпирическое и теоретическое понятие. Антинозологизм. Методологический анализ понятий норма и патология, здоровье и болезнь. Болезнь и патологический процесс. Проблема «уровня» патологии в познании нормы и болезни. Биологический и социальный аспекты нормы, здоровья и болезни. Здоровье и болезнь, их место в системе социальных ценностей человека и общества. Здоровье и заболеваемость. Социальная этиология здоровья и болезни. Болезни цивилизации. Болезнь и личность больного. Исследование отношения людей к жизни и смерти в кризисных условиях. Понятия общественного здоровья и заболеваемости, их методологический анализ. Здоровье населения как показатель его социального и экономического благополучия.

**Тема 2.6. Методологические проблемы гуманизации медицины и здравоохранения.** Здоровый образ жизни: сущность и методологические подходы к его изучению. Биоэтика – наука о самоценности жизни, основа для выработки новой морально-этической системы, человеческих взаимосвязей и отношений. Содержание биоэтики: моральность экспериментов на человеке, причины самоубийств или отказа больных от

лечения по жизненно-важным показаниям, проблемы эвтаназии, аборта, новых репродуктивных технологий, трансплантации органов и тканей, медицинской генетики, геной инженерии, психиатрии, прав душевнобольных, социальной справедливости в новой идеологии и политике в области здравоохранения.

**Тема 2.7. Рационализм и научность медицинского знания.** Структура теоретического знания в медицине: проблема, гипотеза, закон, теория, мультидисциплинарный синтез. Идеалы научности современного медицинского знания. Методологические проблемы анализа медицинской «онтологической реальности» в различных парадигмах: Восток – Запад, гуморализм – научные дисциплинарные единицы знания – мультидисциплинарный синтез. Современные тенденции развития медицинского знания: от классического рационализма к современному постнеклассическому (мультидисциплинарность, синергетика и др.) видению объекта и предмета медицины.

### **Раздел 3. История медицины.**

**Тема 3.1. История медицины как часть истории человечества.** Интернациональный характер развития медицины. История медицины как наука. Периодизация и хронология всемирной истории медицины. Источники изучения истории медицины. Возникновение врачевания и народной медицины. Развитие традиционной народной медицины и первые шаги научной медицины. медицина средневековья в византии, у народов востока. развитие клинического наблюдения в медицине халифатов, киевской руси и московского государства. Медицина раннего и позднего средневековья. Преодоление антинаучных схоластических и религиозных догм, развитие опытного знания и клинического наблюдения.

**Тема 3.2. Развитие естествознания и медико-биологических наук.** Внедрение анатомических вскрытий в преподавание медицины в Западной Европе. Эмпирические методы борьбы с эпидемиями особо опасных инфекций и раневой инфекцией. Экспериментальный метод. Л. Пастера, первые пастеровские станции (во Франции, 1885 и России, 1886). Развитие учения о защитных силах организма: клеточная (фагоцитарная) теория иммунитета (И. И. Мечников, 1883, Россия) и гуморальная теория иммунитета (П. Эрлих, 1900, Германия). Развитие бактериологии: Р.Кох (1843-1910, Германия); его исследования по этиологии сибирской язвы (1876), раневых инфекций (1878), открытие возбудителей туберкулеза (1882) и холеры (1883). Становление вирусологии. Д. И. Ивановский (1864-1920, Россия).

**Тема 3.3. Медицина нового времени. Экспериментальный период.** Достижения по изучению отдельных систем и функций организма: Р. Декарт (1596, Франция), А.Галлер (1708-1777, Швейцария), Л. Гальвани (1737-1798, Италия), Ф.Мажанди (1783-1855, Франция), А. М.

Филомафитский (1807-1849, Россия), Й. Мюллер (1801-1858, Германия), К. Людвиг (1816-1895, Германия), Э. Дюбуа-Реймон (1818-1896), К. Бернар (1813-1878, Франция), Г. Гельмгольц (1821-1894, Германия). Развитие нервизма и формирование нейрогенной теории в России: Е.О.Мухин, И. Е. Дядьковский, И. М. Сеченов, С. П. Боткин, И. П. Павлов. И. М. Сеченов (1829-1905, Россия); его труд «Рефлексы головного мозга» (1863). И. П. Павлов (1849-1936, Россия). Его труд «Лекция о работе главных пищеварительных желез» (1897). Учение И. П. Павлова об условных рефлексах и высшей нервной деятельности.

**Тема 3.4. Общие концепции новейшей медицины XX-XXI века.** Теории социальной обусловленности здоровья: теория факторов риска здоровья, теория роли здорового образа жизни, формирование здорового образа жизни и санологии, теория «порочного круга нищеты и болезней», теория «болезней цивилизации» и социальной дезадаптации. Натуралистические теории народонаселения и здравоохранения: мальтузианство, неомальтузианство, теория «оптимума населения», теория конвергенции общественных систем, здоровья населения и здравоохранения.

**Тема 3.5. Натуралистические медико-биологизаторские теории:** теория социобиологии Э.О. Уильсона, теория этологии, теория человеческой экологии. Теория «стресс» и общего адаптационного синдрома (ОАС) Г. Селье, теории фрейдизма, неопрейдизма, психоаналитической психосоматики, теория неогиппократизма и биотипологии. Теории функциональной медицины: теория клеточной патологии и ее варианты, кортико-висцеральная теория. Детерминационная теория медицины.

**Тема 3.6. Новый этап развития медицины, связанный с научно-технической революцией.** Персонализированная медицина. Искусственный интеллект в диагностике и лечении. Нанотехнологии и медицинские роботы. Биопринтинг и искусственные органы. Телемедицина и дистанционное лечение. Управление здоровьем через носимые устройства.

## **4. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий используются активные образовательные технологии (лекции, семинары, компьютерные презентации и рефераты по конкретным вопросам истории науки).

В учебном процессе по истории и философии науки активно используются новые технологии обучения, основу которых составляют:

- компетентностный подход как ключевая категория современной образовательной парадигмы;
- коммуникативная компетенция как необходимое условие осуществления межкультурной профессиональной коммуникации;

- ориентация на общепризнанные уровни владения историей и философией науки;
- личностно-ориентированный подход, предполагающий равноправные взаимоотношения между участниками учебного процесса в атмосфере сотрудничества, активную и ответственную позицию аспирантов за ход и результат овладения историей и философией науки;
- использование социально ориентированных технологий, способствующих предметному и социальному развитию аспирантов.

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

<b>Тема дисциплины</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Основная литература</b>
Тема 1.1. Предмет и основные направления современной философии науки	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.2. Наука в культуре современной цивилизации	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.3. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.4. Структура научного познания	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. —

		ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.5. Динамика науки как процесс порождения нового знания	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.6. Научные традиции и научные революции. Типы научной рациональности	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.7. Особенности современного этапа развития науки. Перспективы научно-технического прогресса	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 1.8. Наука как социальный институт	Работа со справочной литературой Составление конспектов	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
Тема 2.1. Философия медицины и медицина как наука	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.:Гардарики, 2006.

Тема 2.2. Философские категории и понятия медицины	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.:Гардарики, 2006.
Тема 2.3. Сознание и познание	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.: Гардарики, 2006.
Тема 2.4. Социально-биологическая и психосоматическая проблемы	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.: Гардарики, 2006.
Тема 2.5. Проблема нормы, здоровья и болезни	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.: Гардарики, 2006.
Тема 2.6. Методологические проблемы гуманизации медицины и здравоохранения	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.: Гардарики, 2006.
Тема 2.7. Рационализм и научность медицинского знания	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.:Гардарики, 2006.

Тема 3.1. История медицины как часть истории человечества	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
Тема 3.2. Развитие естествознания и медико-биологических наук	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
Тема 3.3. Медицина нового времени. Экспериментальный период	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
Тема 3.4. Общие концепции новейшей медицины XX-XXI веке	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
Тема 3.5. Натуралистические медико-биологизаторские теории	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
Тема 3.6. Новый этап развития медицины, связанный с научно-технической революцией	Работа со справочной литературой Составление конспектов Подготовка доклада	История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
<b>Итого часов на самостоятельную работу: 18</b>		



Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и подготовку к семинарам в виде докладов и сообщений. В программу самостоятельной работы включается также написание реферата по истории и философии науки.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Основной контроль знаний осуществляется в процессе участия в семинарах (доклады, обсуждения, дискуссии). Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### **6.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений.

#### **Вопросы для текущего контроля:**

1. Предмет философии науки. Философия науки как самосознание науки.
2. Позитивистская концепция соотношения философии и науки (О. Конт, Дж. С. Милль, Г. Спенсер).
3. Неопозитивизм. Основные идеи и методология.
4. Критический рационализм К. Поппера
5. Концепция исследовательских программ И. Лакатоса.
6. Концепция исторической динамики науки Т. Куна.
7. «Анархистская эпистемология» П. Фейерабенда.
8. Проблематика и достижения отечественной философии науки.
9. Инновации и преемственность в развитии науки (Дж. Холтон, М. Полани, С. Тулмин).
10. Наука в культуре современной цивилизации. Ценность научной рациональности.
11. Специфика научного познания. Функции науки в жизни общества.
12. Античная философия и предпосылки возникновения науки.
13. Особенности научного мышления в эпоху средневековья. Роль университетов.
14. Специфика и структура эмпирического познания.

15. Специфика и структура теоретического познания.
16. Основания науки. Идеалы и нормы научного исследования.
17. Научная картина мира, ее связь с мировоззрением.
18. Философия и наука. Роль философии как рефлексии над основаниями культуры.
19. Динамика научного исследования, ее логико-методологические основы.
20. Научные традиции и научные революции. Социокультурные предпосылки научных революций.
21. Типы научной рациональности: классическая, неклассическая и постнеклассическая наука.
22. Глобальные научные революции и их влияние на изменение оснований науки.
23. Универсальный эволюционизм как основа современной научной картины мира.
24. Человек как предмет междисциплинарного дискурса. Роль знаний о человеке в эпоху постнеклассической науки.
25. Наука как социальный институт.
26. Специфика научного знания в медицине. Роль естественно-научного знания как основы развития современной медицины.
27. Объект и предмет медицины. Их изменение под влиянием смены философско-методологических ориентиров.
28. Философия XX века и формирование методологических основ медицины.
29. Основные направления влияния научно-технического прогресса на развитие медицинского знания и здравоохранения.
30. Влияние социальной философии и общественных наук на развитие социально-медицинского знания.
31. Влияние глобальных проблем современности и глобализации на развитие медицины и здравоохранения.
32. Социально-биологическая проблема в медицине XX века.
33. Психосоматическая проблема в медицине XX века.
34. Эмпирические и теоретические взаимосвязи медицины с биологическими и социально-гуманитарными науками при изучении нормы и патологии, здоровья и болезни, общественного здоровья и заболеваемости.
35. Проблемы морали и биоэтики в современной медицине.
36. Генезис философии медицины в XX веке как переход к новому этапу осмысления медико-биологических и медико-социальных проблем.
37. Классификация медицинских наук как философская и методологическая проблема.
38. Специфика познания в медицине, особенности предмета, средств, методов и целей.

39. Проблема причинности (этиологии) в медицине. Критика телеологии и индетерминизма.
40. Структурно-функциональные взаимоотношения в медицине.
41. Проблема моно- и полиэтиологии заболеваний, ее методологический смысл.
42. Философские и социальные аспекты учения о норме, здоровье и болезни.
43. Социально-биологическая обусловленность здоровья и болезни человека.
44. Методологические проблемы измерений в медицине. Диагностика как специфический познавательный процесс.
45. Структура теоретического знания в медицине: проблема, гипотеза, закон, теория, мультидисциплинарный синтез.
46. Основные проблемы биоэтики.

## **6.2. Итоговая аттестация**

Итоговая аттестация завершает изучение дисциплины «История и философия науки». Форма аттестации – кандидатский экзамен.

Содержание и структура экзамена и критерии оценивания

Экзаменационный билет состоит из трех вопросов:

1. Из раздела «Общие проблемы философии науки».
2. Из раздела «Философские проблемы медицинских наук».
3. Из раздела «Истории медицины».

Оценка ответа аспиранта складывается из следующих трех составляющих:

- оценка ответа по философии науки,
- оценка ответа по философским проблемам медицины,
- оценка реферата по истории медицины.

В итоге соискатель получает результирующую оценку, которая определяется как средняя из трех вышеназванных при условии, что все они положительные.

Выбор темы реферата определяется аспирантом самостоятельно в соответствии с направлением диссертационного исследования. Аспирант согласовывает тему реферата с научным руководителем по своей кафедре и с преподавателем кафедры истории и философии науки Института философии РАН на предмет соответствия темы требованиям дисциплины «История и философия науки».

После утверждения темы реферата аспирант приступает к работе над рефератом, подготовка которого должна быть завершена до начала предпоследней зачетной недели с учетом возможной доработки по замечаниям преподавателя.

**Реферат по истории науки** сдается на проверку не позднее предпоследней недели учебного семестра вместе с отзывом научного руководителя. Реферат рецензируется и оценивается:

«Зачтено» – требование, к содержанию и оформлению реферата выполнены;

«Не зачтено» – требования, предъявляемые к содержанию и оформлению реферата не выполнены полностью.

Реферат должен показать знание источников и литературы по истории науки, выявить умение аспиранта применять полученные знания для решения исследовательских задач конкретной области научной деятельности. При оценке реферата учитываются:

- соответствие содержания теме;
- самостоятельность работы;
- соответствие использованных источников и литературы, содержания и выводов работы ее целям и задачам;
- логическая обоснованность структуры и выводов;
- степень знакомства автора с литературой по теме работы и умение четко излагать аргументы и выводы исследователей;
- соответствие оформления работы установленным требованиям;
- своевременность представления работы.

Оценка «зачтено» ставится, если в реферате выполнены указанные требования, он представляет собой оригинальное исследование, имеющее практическую ценность для дальнейшей научной работы аспиранта; цель работы четко сформулирована, структура и основное содержание полностью соответствуют теме и задачам исследования, заключение адекватно отражает результаты проделанной работы; аспирант грамотно применяет научную терминологию; реферат содержит оригинальный критический анализ научных теорий, концепций, вклада отдельных ученых в развитие изучаемой научной проблемы, выполненный на основе изучения историко-научных источников и историографии.

Реферат принимается к защите при наличии положительного отзыва научного руководителя.

Формы представления реферата – бумажная и электронная.

Зачтенный реферат по науке является допуском к экзамену по дисциплине «История и философия науки». Аспиранты, не защитившие реферат, не допускаются к экзамену.

Правила оформления реферата содержатся на сайте кафедры истории и философии науки Института философии РАН по адресу: <https://iphrras.ru/page24723033.htm>

### **6.3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Изучение истории и философии науки рекомендуется осуществлять в соответствии с программой дисциплины в ходе проведения учебных лекционных и семинарских занятий. На лекционных занятиях, составляющих основу теоретического обучения, рекомендуется раскрывать фундаментальные и специальные проблемы философского

знания и актуальные вопросы современной философской мысли. Особое внимание концентрировать на роли философского знания в науке, природе человека и смысла его существования, вопросах познания, соотношения философской, религиозной и научной картин мира; усвоении базового категориального аппарата философии.

На практических занятиях, проводимых по наиболее сложным вопросам тем и разделов, рекомендуется развивать у аспирантов и соискателей навыки самостоятельной работы, научного мышления, умения активно участвовать в творческой дискуссии, высказывать суждения и делать умозаключения, аргументировано отстаивать собственное мнение.

На практических занятиях рекомендуется активно использовать доклады по заранее поставленным вопросам, организовывать их обсуждение, взаимный контроль докладчиков и слушателей посредством формулирования вопросов друг другу по материалу докладов, а так же оппонирование ответов, проведение деловых игр и мозговых штурмов. Текущий контроль рекомендуется осуществлять с помощью устных вопросов-ответов на семинарских занятиях. Итоговый контроль знаний – экзамен кандидатского минимума.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература**

#### **Раздел 1. Общие проблемы философии науки**

1. Степин В.С. История и философия науки : учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / Степин В.С.. — Москва : Академический проект, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-8291-3324-5.
2. Степин В.С. Философия и методология науки. Избранное. М.: Академический проект; Альма Матер, 2015. 716 с.
3. История и философия науки: учебник для вузов / под общ. ред. А.С. Мамзина и Е.Ю. Сиверцева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2019. 360 с. Серия: Магистр.
4. Философия и история науки: учебн. пособие / А.Л. Никифоров. М.: ИНФРА-М, 2019. 176 с. (Высшее образование: Аспирантура). DOI: [www.dx.doi.org/10.12737/854](http://www.dx.doi.org/10.12737/854). Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1008980>
5. Бучило Н.Ф., Исаев И.А. История и философия науки: учебное пособие. М.: Проспект, 2018. 427 с.
6. История и философия науки. Учебник для аспирантов и соискателей / под. ред. Эскиндарова М., Чумакова А.М.: Проспект, 2018. 688 с.
7. Воробьева С.А., Завершинская Н.А., Комарков А.Ю. История и философия науки. ГЭОТАР-Медиа, 2018. 640 с.

8. Огородников В.П. История и философия науки. Учебное пособие для аспирантов. СПб: Питер, 2016. 368 с.
9. Генезис технической деятельности как предмет социологического анализа [учебное пособие]. Специальный выпуск «История и философия науки»: приложение к журналу «Философские науки» / В.Г. Горохов. Академия гуманитарных исследований. - М.: Гуманитарий, 2009. - 48 с.
10. Наука и социальная картина мира под ред. В.И. Аршинова, И.Т. Касавина. М.: Альфа-М, 2014. 768 с.
11. Проблема субъекта (междисциплинарный анализ). Специальный выпуск «История и философия науки»: приложение к журналу «Философские науки» / В.Е. Лепский. - М.: Гуманитарий, 2009. - 48 с. - (Серия «Библиотечка молодого ученого» / Академия гуманитарных исследований). ISBN 978-5-91367-051-9
12. Найдыш В.М. Наука древнейших цивилизаций. Философский анализ. М.: Альфа-М, 2012. 576 с.
13. Лешкевич Т.Г. Философия науки: Учебное пособие для аспирантов и соискателей ученой степени / Т.Г. Лешкевич. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 272 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=427381>
14. Крянев Ю.В. История и философия науки (Философия науки): Учеб. пособие / Ю.В. Крянев, Н.П. Волкова и др.; Под ред. Л.Е. Моториной, Ю.В. Крянева - 3-е изд., перераб. и доп. М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 416 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=425677>
15. Вальяно М.В. История и философия науки [Электронный ресурс]: Учебное пособие. М.: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015. 208 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=244728>
16. Дойч Д. Начало бесконечности. Объяснения, которые меняют мир. М.: Альпина нон-фикшн, 2014. 581 с.
17. Смолин Л. Возвращение времени. От античной космологии к космологии будущего. М.: АСТ: CORPUS, 2014. 377 с.
18. Ковленко А.Н. Философские проблемы космологии. Вселенная из «ничего» или Вселенная из «небытия»? М.: URSS:ЛИБРОКОМ, 2012. 206с.
19. Крянев Ю.В. История и философия науки (Философия науки): Учеб. пособие / Ю.В. Крянев, Н.П. Волкова и др.; Под ред. Л.Е. Моториной, Ю.В. Крянева – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 416 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=425677>

## **7.2. Дополнительная литература**

### **Раздел 1. Общие проблемы философии науки**

1. Латур Б. Наука в действии: следуя за учеными и инженерами внутри общества. СПб: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2013. 414 с.
2. Морен Э. Метод. Природа природы. М.: КАНОН+, 2013. 464 с.
3. Деар П., Шейпин С. Научная революция как событие. М.: Новое Литературное Обозрение. 2015. 576 с.

4. Вебер М.. Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. 868 с.
5. Вернадский В.Н. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520с.
6. Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности / Сост.: Василенко Л.И., Ермолаева В.Е. Ввод. ст. Шрейдера Ю.А. М.: Прогресс, 1990. 595 с.
7. Малкей М. Наука и социология знания. М.: Прогресс, 1983. 253 с.
8. Никифоров А.Л. Философия науки: история и методология. М.: Дом интеллектуальной книги, 1998. 280 с.
9. Поппер К. Логика и рост научного знания (избранные работы). М.: Прогресс, 1983 г. 605 с.
10. Стёпин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники. М.: Гардарики, 1999. 400 с.
11. Кун Т. Структура научных революций. М.: Изд. АСТ, 2008. 608 с.
12. Стёпин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 744 с.
13. Стёпин В.С. Цивилизация и культура. СПб.: СПбГУП, 2011. 408 с.
14. Гайденок П.П. Эволюция понятия науки (XVII-XVIII вв.). Формирование научных программ нового времени. М.: Наука, 1987. 447 с.
15. Наука в культуре / под ред. В.А. Поруса. М.: Эдиториал УРСС, 1998. 382 с.
16. Принципы историографии естествознания. XX век. / Отв. ред. И.С.Тимофеев. М.: Алетейя, 2001. 478 с.
17. Разум и экзистенция. Анализ научных и вненаучных форм мышления / Под ред. И.Т. Касавина и В.Н. Поруса. СПб.: РХГИ, 1999. 402 с.
18. Келле В.Ж. Наука как компонент социальной системы. М.: Наука, 1988. 198 с.
19. Мамчур Е.А. Проблемы социокультурной детерминации научного знания: к дискуссиям в современной постпозитивистской философии науки. М.: Наука, 1987. 125 с.
20. Кезин А. Наука в зеркале философии. М.: О-во «Знание» РСФСР, 1990. 43с.
21. Косарева Л.Н. Социокультурный генезис науки нового времени: филос. аспект проблемы. М.: Наука, 1989. 155 с.
22. Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. М.: Прогресс, 1986. 544 с.
23. Зотов А.Ф. Современная западная философия. М.: Высш. шк., 2001. 784с.
24. Моисеев Н.Н. Современный рационализм. М.: ГВП КОКС, 1995. 376 с.
25. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая. Изд.3-е. М.: Эдиториал УРСС, 2009. 256 с.
26. Хьюбнер К. Истина мифа. М.: Республика, 1996. 447 с.
27. Микешина Л.А. Философия науки. Учеб.пособ. М.: Прогресс-Традиция, 2005. 463 с.

28. Философия науки: Общие проблемы познания. Методология естественных и гуманитарных наук: хрестоматия / отв. ред.-сост. Л.А.Микешина. М.: Прогресс-Традиция: МПСИ: Флинта, 2005. 992 с.
29. Постнеклассика: философия, наука, культура: Коллективная монография / Отв. ред. Л.П. Киященко и В.С. Степин. СПб.: Издательский дом "Мирь", 2009. 672 с.
30. Розин В.М. Наука: происхождение, развитие, типология, новая концептуализация: Учеб. пособие. М., 2008. 600 с.
31. Франк Ф. Философия науки: Связь между наукой и философией. Пер. с англ. / Общ. ред. Г.А. Курсанова. Изд. 3-е. М.: Издательство ЛКИ, 2010. 512 с.
32. Смирнов В.А. Логические методы анализа научного знания / Под ред. В.Н. Садовского и В.А. Бочарова. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 264 с.

### **7.3. Литература**

#### **Раздел 2 и 3. Философские проблемы медицинских наук. История Медицины.**

1. Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М.: Гардарики, 2006. 639 с.
2. Философия науки. Вып. 7: Становление современной естественно-научной парадигмы / ред. Л.Б. Баженов, С.Н. Коняев. М.: ИФ РАН, 2001. 270 с.
3. Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М.|Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с.— URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272963>.
4. История медицины : учебник / Ю. П. Лисицын. - 2-е изд., - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 400 с. ISBN 978-5-9704-3139-9.
5. Анохин А.М. Теоретическое знание в медицине. М.: Медицина, 1998. 218 с.
6. Философия науки. Вып. 13: Здоровье как проблема естественных и биомедицинских наук / Отв. ред.: И.К. Лисеев, Е.Н. Гнатик. М.; ИФ РАН, 2008. 292 с.
7. Иванюшкин А.Я. Профессиональная этика в медицине (Философские очерки). М.: Медицина, 1990. 224 с.
8. Лисицын Ю.П. Теории медицины на стыке веков – XX и XXI. М.: ВУНМЦ, 1998. 156 с.
9. Лисицын Ю.П., Петленко В.П. Детерминационная теория медицины. Доктрина адаптивного реагирования. Спб., 1992. 416 с.
10. Философия здоровья. М.: ИФРАН, 2001. 242 с.
11. Лисицын Ю.П., Сахно А.В. Здоровье человека – социальная ценность, М.: Мысль, 1988. С. 7-26.
12. Энциклопедия клинического обследования больного / пер. с англ. М.: ГЭОТАР-МЕД, 1997. 701 с.



13. Философия медицины / Ю.Л. Шевченко и др. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. 480 с.
14. Юдин Б.Г., Тищенко П.Д. Биоэтика: вопросы и ответы. М.: Прогресс-Традиция, 2005. 64 с.
15. Юдин Б.Г., Степанова Г.Б. Здоровье человека: факт, норма, ценность М.: Изд-во МосГУ, 2009. 188 с.
16. Методология социально-гуманитарного познания. Специальный выпуск «История и философия науки»: приложение к журналу «Философские науки» / Н.М. Смирнова. - М.: Гуманитарий, 2011. - 48 с. - (Серия «Библиотечка молодого ученого» / Академия гуманитарных исследований). ISSN 0235-1188
17. Политическая рациональность: к становлению новых эпистемологических оснований политической науки. Специальный выпуск «История и философия науки»: приложение к журналу «Философские науки» / М.М. Федорова. - М.: Гуманитарий, 2009. - 48 с. - (Серия «Библиотечка молодого ученого» / Академия гуманитарных исследований). ISBN 978-5-91367-061-8

#### **7.4. Адрес сайта курса**

Рабочая программа учебной дисциплины «История и философия науки» размещена на сайте Института философии РАН.

Интернет-адрес: <http://iph.ras.ru/>

#### **7.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины**

Для освоения дисциплины (модуля) используются следующие ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

- Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
- Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
- Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
- Библиотека Института философии РАН <http://iph.ras.ru>
- Библиотека философского факультета МГУ <http://philos.msu.ru>
- Электронная полнотекстовая философская библиотека Ихтика <http://ihtik.lib.ru/index.html>
- Электронная библиотека по философии <http://filosof.historic.ru>
- Online Books Page <http://psylib.org.ua/links/obpage.htm>
- Philosophy <http://eserver.org/philosophy>
- Deism Internet Library <http://www.deistnet.com/deismlib.htm>

### **8. Программное обеспечение**

– Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ГНЦ ИБХ РАН

- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ГНЦ ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **9. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Библиотека ГНЦ ИБХ РАН

### **10. Материально-техническое обеспечение, необходимое для проведения практики**

Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта. При проведении практики аспирантом используется оборудование и приборы, содержащиеся на балансе соответствующего структурного подразделения Института:

- Персональный компьютер;
- Набор демонстрационного оборудования. Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента.
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-F

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЯ ЛИПИДОВ И МЕМБРАНОЛОГИЯ (ЛИПИДОЛОГИЯ)**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

**Разработчик программы: проф., д.х.н Безуглов В.В.**

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика. Согласно федеральным государственным требованиям и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Химия липидов и мембранология (липидология)» является факультативной дисциплиной образовательной компоненты образовательной программы.

## **I. Цели и задачи изучения дисциплины.**

**1.1. Цель дисциплины:** дать аспирантам наиболее важные представления о фундаментальных основах физико-химической биологии и о современных методах исследования, применяемых в этой области для изучения компонентов живой материи, с фокусом на липиды.

**1.2. Задачи дисциплины:** формирование базовых знаний о взаимосвязи между структурой и функцией липидов, биологической роли липидов и их связи с другими компонентами живых систем, ознакомление с методами структурного анализа липидов, способами определения липидов различных классов в биологических образцах.

## **II. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Форма обучения – ОЧНАЯ  
Общий объем дисциплины

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)	Контроль (час)
36	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы		
	22	-	-	12	2
	22				

**Распределение аудиторных часов по разделам и видам учебной работы:**

№	Наименование разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Введение в липидологию. Классы и функции	2	

	липидов.		
2	Жирные кислоты – основной компонент липидных структур.	2	
3	Липиды и белки биологических мембран. Функции и компоненты.	2	
4	Структурная организация биологических мембран. Транспорт через мембрану.	2	
5	Биоэффекторные (сигнальные) фосфолипиды.	2	
6	Нейролипиды – семейство липидных нейроактивных веществ.	2	
7	Сфинголипиды – как биоэффекторы.	2	
8	Оксилипиды и окислительный метаболизм полиеновых жирных кислот.	2	
9	Липооксигеназное окисление полиеновых жирных кислот. Циклооксигеназные продукты окислительного метаболизма полиеновых жирных кислот.	2	
10	Эпооксигеназа и ее продукты. Свободнорадикальное окисление полиеновых жирных кислот.	2	
11	Биохимия липидных сигналов.	2	
	<b>Всего:</b>	22	
	<b>Итого:</b>		22

### III. Содержание курса

#### Раздел 1. Введение в липидологию

Липиды и жизнь. Абиотические липиды. Основные компоненты липидов. Определения. Классы липидов. Функции липидов в живых системах Липидная энергетика. Биомембраны. Сигнальные липиды.

#### Раздел 2. Жирные кислоты

Жирные кислоты — основной компонент липидных структур. Насыщенные и ненасыщенные кислоты. Эссенциальные жирные кислоты. Номенклатура полиеновых жирных кислот. Биосинтез насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Арахидоновая и докозагексаеновая кислоты. Транспорт жирных кислот в организме. Последствия недостаточности эссенциальных жирных кислот. Транс-жирные кислоты. Биологические эффекты жирных кислот.

#### Раздел 3. Липиды биологических мембран

Биологические мембраны: функции и компоненты. Мембранные белки. Углеводы в мембранах Основные типы мембранных липидов. Фосфолипиды. Ремоделинг жирных кислот. Сфингомиелин. Холестерин.

#### Раздел 4. Структурная организация биологических мембран

Разнообразие мембран органелл и клеток. История мембранологии. Вода – движущая сила образования мембран. Модели мембран. Асимметрия биологических мембран. Рафты и кавеолы. Холестерин в мембранах Динамика и фазы липидов. Транспорт через мембрану.

#### Раздел 5. Биоэффекторные (сигнальные) фосфолипиды

Принципы регуляции в живых системах. Типы глицеролипидов. Фосфолипазы — ключевые ферменты образования сигнальных липидов. Диацилглицерины как эффекторы.

Биоэффекторная роль глицерофосфолипидов и церофосфолипидов. Фактор активации тромбоцитов (PAF): биосинтез; метаболизм; биологические эффекты. Лизофосфолипиды. Лизолецитин, фосфатидовая и лизофосфатидовая кислоты как биоэффекторы.

#### **Раздел 6. Нейролипиды — семейство липидных нейроактивных веществ**

Каннабиноиды и эндогенные лиганды каннабиноидных рецепторов: анандамид и 2-арахидоноилглицерин. Возможные пути биосинтеза эндоканнабиноидов. Инактивация эндоканнабиноидов: захват и гидролиз. Гидролаза амидов жирных кислот и моноглицеридлипаза — ключевые ферменты метаболизма эндоканнабиноидов. Капсаицин и другие ванилоиды. Ванилоидные рецепторы и их эндогенные лиганды. Биологические эффекты эндоканнабиноидов и эндованилоидов. Амиды жирных кислот и липоаминокислоты как биоэффекторные липиды. Липидные нейротрансмиттеры и другие липидные нейроактивные соединения.

#### **Раздел 7.**

##### **Сфинголипиды как биоэффекторы**

Сфинголипиды: структура, биосинтез, биологические функции. Сфингомиелиновый цикл: ферменты и индукторы. Сфинголипиды как вторичные мессенджеры, их участие в процессах роста и апоптоза клеток. Глико-сфинголипиды как межклеточные медиаторы и иммуномодуляторы. Сфинголипиды в патологии.

#### **Раздел 8.**

##### **Оксипирины и окислительный метаболизм полиеновых жирных кислот**

Липоксигеназное окисление полиеновых жирных кислот. Липоксигеназы, их классификация, механизм окисления, ингибиторы. Гидроксикислоты — продукты восстановления липидных гидропероксидов, их биологические эффекты и метаболизм. Лейкотриены: структуры, биосинтез и метаболизм. 5-Липоксигеназа — особый мультипротеиновый комплекс: локализация и регуляция активности; лейкотриеновый метаболит. Лейкотриен А<sub>4</sub>-гидролаза и глутатионтрансфераза. Липоксины и гепоксилы: биосинтез и биологические эффекты. Резольвины и нейропротектины. Рецепторы липоксигеназных метаболитов. Общие пути инактивации оксипиринов. Липоксигеназное окисление в растениях. Фитооксипирины.

#### **Раздел 9.**

##### **Циклооксигеназные продукты окислительного метаболизма полиеновых жирных кислот**

Простагландины и тромбоксаны (типы и серии). Взаимопревращения простагландинов. Циклооксигеназа — ключевой фермент биосинтеза простагландинов и лейкотриенов. Механизм окисления арахидоновой кислоты. Типы циклооксигеназ (COX1, COX2). Ингибиторы циклооксигеназ: неселективные (аспирин, индометацин), селективные для COX2. Субстратная специфичность, нейролипиды как субстраты циклооксигеназы. Конвертазы и синтазы — путь к функционально активным структурам простаноидов. Механизмы действия простагландинов и тромбоксанов, их биологическая роль. Рецепторы и механизмы передачи сигнала. Циклопентеновые простагландины — лиганды ядерных рецепторов. Транспорт через мембрану. Основные пути инактивации простагландинов и тромбоксанов.

#### **Раздел 10.**

##### **Эпоксигеназа и ее продукты.**

Свободнорадикальное окисление полиеновых жирных кислот. Эпоксигеназы — ферменты семейства цитохрома P-450. Биологическая активность эпоксиполиеновых жирных кислот. 4-гидроксиналоненаль и изопростаны. Другие изо оксипирины. Нитролипиды — новые сигнальные молекулы, сопряженные с генерацией оксида азота.

#### **Раздел 11.**

##### **Биохимия липидных сигналов**

Пространственная организация и динамика клеточных липидов. Типы липидных сигналов. Генерация, распространение и терминация липидных сигналов. Субклеточная организация систем метаболизма липидов.

#### **IV. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

##### **Рекомендуемая литература:**

1. Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes (5th Edn.). Edited by Dennis E. Vance and Jean E. Vance. Elsevier. 2008.
2. Р. Геннис. Биомембраны. Молекулярная структура и функции. М., Мир, 1997.
3. D.E. Metzler Biochemistry. Second edition. Vol 1, Vol 2. Academic Press. 2001 – 2003.
4. М.Г. Сергеева, А.Т. Варфоломеева. Каскад арахидоновой кислоты. М., Народное образование, 2006.

##### **Дополнительная литература:**

1. Акимов М.Г., Безуглов В.В., Бобров М.Ю., Варфоломеева А.Т., Грецкая Н.М., Дятловицкая Э.В., Кисель М.А., Коновалов С.С., Сергеева М.Г. Липиды и рак. Очерки липидологии онкологического процесса. / СПб.: Прайм ЕВРОЗНАК, 2009.

#### **V. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

##### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

##### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ИБХ РАН

#### **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

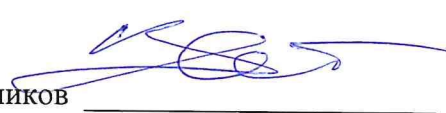
Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН  
академик А.Г. Габитов



от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика



**Разработчики программы:** академик РАН Донцова О.А., чл-корр. РАН Лукьянов К.А., проф., д.б.н Лебедев Ю.Б., проф., д.б.н Белоусов В.В., проф., д.б.н Северинов К.В.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанному на основе этих требований, дисциплина «Молекулярная биология: перспективные направления современных исследований» является дисциплиной по выбору / факультативной в составе образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## **I. Цели и задачи изучения дисциплины.**

**1.1. Цель дисциплины:** ознакомление аспирантов с теоретическими основами и практическими методами современной молекулярной биологии.

**1.2. Задачи дисциплины:** формирование у аспирантов системного представления о теоретических основах молекулярной биологии как комплекса биологических наук, изучающих механизмы хранения, передачи и реализации генетической информации, строение и функции сложных соединений, составляющих клетку; развитие представлений о прорывных направлениях молекулярной биологии и актуальных исследованиях, ознакомление с практическими методами современной молекулярной биологии, используемыми при решении конкретных прикладных и исследовательских задач.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** Молекулярная биология имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы аспирантов по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

## **II. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Форма обучения – ОЧНАЯ

**Общий объем дисциплины:** 2 зачетные единицы или 72 академических часа.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
72	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	46
	26		-	
	26			

**Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:**

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Сравнительная геномика. Общая структура геномов высших эукариот.	2	
2	Эволюционная геномика. Факторы эволюции генома.	2	
3	Функциональная геномика. Вариабельность генома человека.	2	
4	Структура хроматина и регуляция экспрессии генов.	2	
5	Трехмерное распределение генетического материала в клеточном ядре – связь с функцией.	2	
6	Транскриптомика. Явление РНК – интерференции.	2	
7	Редактирование генома.	2	
8	Флуоресцентная микроскопия сверхвысокого разрешения.	2	
9	Флуоресцентные биосенсоры.	2	
10	Генетически кодируемые флуоресцентные метки.	2	
11	Оптогенетика.	2	
12	Индивидуальные репертуары антител и Т-клеточных рецепторов.	2	
13	Молекулярное баркодирование.	2	
	<b>Всего:</b>	26	
	<b>Итого:</b>	26	

#### IV. Содержание курса

##### Раздел 1.

##### Сравнительная геномика

Общая структура геномов высших эукариот: кодирующие, регуляторные, повторяющиеся последовательности. Методы и платформы NGS (new generation sequencing):

- секвенирование геномов отдельных видов и групп организмов;
- сравнительный анализ структуры генов и геномов;
- геномные браузеры и их возможности;
- текущая реализация международных проектов ENCODE, FANTOM, GTEx.

##### Раздел 2.

##### Эволюционная геномика

Эволюция геномов позвоночных. Понятия «гомологи» и «паралоги». Факторы эволюции генома: хромосомная нестабильность (вариабельность), транспозоны, типы внутривидового полиморфизма. Формирование генных семейств и образование псевдогенов.

### **Раздел 3.**

#### **Функциональная геномика**

Вариабельность генома человека. Проект 1000 геномов. Реконструкция генетической истории. Биомедицинские приложения: SNP и полногеномный ассоциативный анализ (WGA), STR мини/микросателиты и их экспансия, онкомаркеры.

### **Раздел 4.**

#### **Структура хроматина и регуляция активности генов**

Хроматин, нуклеосомы, общая структура. Эу- и гетерохроматин, активный и неактивный, открытый и закрытый. Методы исследования. Эпигенетические маркеры - метилирование ДНК, ацетилирование и метилирование гистонов, гистоновые варианты. Ремоделирование хроматина. Промоторы, энхансеры, инсуляторы в геномном контексте.

### **Раздел 5.**

#### **Трехмерное распределение генетического материала в клеточном ядре - связь с функцией**

Хромосомные территории, ядерная ламина, ядерный матрикс. От 3D до HiC, трехмерные геномные карты, доменная структура, CTCF/когезин, взаимодействие между удаленными регуляторными элементами, регуляция активности генов in trans.

### **Раздел 6.**

#### **Транскриптомика**

Понятие «транскриптом» и примеры полных или специализированных транскриптомов. Транскриптомы про- и эукариот, микро- и некодирующая РНК. РНК интерференция, методы секвенирования и сравнительного анализа транскриптомов.

### **Раздел 7.**

#### **Редактирование генома**

Возможности дизайна нуклеаз для выбранных протяженных последовательностей – нуклеазы с доменами «цинковые пальцы», нуклеазы TALE, нуклеазы CRISPR/Cas9. CRISPR/Cas9 как наиболее простая и многофункциональная платформа для сайт-направленных модификаций генома. Делеция генов. Супрессия и активация экспрессии целевых генов. Внесение рекомбинантных последовательностей в выбранные участки генома. Флуоресцентное мечение локусов генома в живых клетках.

### **Раздел 8.**

#### **Флуоресцентная микроскопия сверхвысокого разрешения**

Понятие о наноскопии – субдифракционной флуоресцентной микроскопии. Методические подходы, позволяющие преодолеть дифракционный барьер разрешения световой микроскопии. Микроскопия STED и RESOLFT. Сверхразрешающая микроскопия на основе локализации единичных молекул (PALM/STORM). Наноскопия живых клеток. Флуоресцентные метки для наноскопии.

## **Раздел 9.**

### **Генетически кодируемые флуоресцентные метки**

Зеленый флуоресцентный белок GFP и его гомологи: природное разнообразие, спектральные свойства, разнообразие хромофоров. Использование GFP-подобных белков в качестве генетически кодируемых меток для мечения в живых системах. Другие типы флуоресцентных белков на основе белковых доменов, специфически связывающих эндогенные кофакторы (флаavin-, биливердин-, билирубин-связывающие флуоресцентные белки). Флуоресцентное мечение РНК на основе аптамеров, специфически связывающих флуорогенные красители.

## **Раздел 10.**

### **Флуоресцентные биосенсоры**

Принципы дизайна биосенсоров на основе флуоресцентных белков (FRET, пермутированные флуоресцентные белки). Сенсоры ионов кальция, пероксида водорода, мембранного потенциала и др. Использование сенсоров для визуализации сигнальных каскадов в живых клетках и организмах. Многопараметрическая микроскопия.

## **Раздел 11.**

### **Оптогенетика**

Понятие об оптогенетике – методологии направленного влияния на клеточные процессы с помощью светочувствительных белков. Светочувствительные ионные каналы для модуляции активности нейронов. Светозависимая регуляция клеточной подвижности, активация G-белков. Светоиндуцируемая гетеродимеризация целевых белков. Включение экспрессии генов с помощью света. Термогенетика – использование температуро-чувствительных ионных каналов.

## **Раздел 12.**

### **Индивидуальные репертуары антител и Т-клеточных рецепторов**

Динамика репертуаров Т-клеточных рецепторов и старение адаптивного иммунитета. Популяционное и субпопуляционное разнообразие Т-клеточных рецепторов.

## **Раздел 13.**

### **Молекулярное баркодирование**

Молекулярное баркодирование как инструмент для нормировки данных, коррекции ошибок массированного секвенирования и протяженного высококачественного секвенирования. На примерах анализа и пост-анализа данных массированного секвенирования репертуаров Т-клеточных рецепторов и антител.

## **IV. Самостоятельная работа**

Дисциплина базируется на аудиторной и самостоятельной внеаудиторной работе аспирантов. Предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса дисциплины «Молекулярная биология: перспективные направления современных исследований» в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов дисциплины по учебникам.

## V. Итоговая проверка знаний

Учебный план по дисциплине «Молекулярная биология: перспективные направления современных исследований» предусматривает следующие формы контроля знаний:

### Формы контроля знаний

Тип контроля	2 год	Параметры
Текущий	+	Сдача реферата по теме исследования
Итоговый	+	Устный экзамен по билетам.

#### Форма проведения текущего контроля.

Текущая проверка знаний предусматривает сдачу реферата по теме диссертационного исследования (исследовательский вопрос, исследовательские задачи, ценность работы и т.д.) как форма допуска на экзамен.

#### Форма проведения экзамена

Темы, перечень примерных вопросов для подготовки к экзамену по научной специальности представлены в соответствующих блоках настоящей программы. Экзамен принимается комиссией, проводится в устной форме. Экзаменационный билет (кандидатский минимум) состоит из трёх вопросов по специальности. Формулировки вопросов в билете не обязаны совпадать с формулировками из перечня примерных вопросов.

Члены комиссии могут задать аспиранту дополнительные вопросы. Количество и содержание дополнительных вопросов определяется качеством ответов экзаменуемого.

#### Оценочные средства дисциплины

Оценка	Критерии оценки устного ответа
5 баллов	Аспирант демонстрирует методологические и теоретические знания, свободно владеет научной терминологией по дисциплине. Проявляет творческие способности, знание дополнительной литературы. Демонстрирует хорошие аналитические способности, способен при обосновании своего мнения свободно проводить аналогии между темами дисциплины.
4 баллов	Аспирант демонстрирует методологические и теоретические знания, свободно владеет научной терминологией по дисциплине. Демонстрирует хорошие аналитические способности, однако допускает некоторые неточности при оперировании научной терминологией.
3 баллов	Имеет ограниченные теоретические знания, допускает существенные ошибки при установлении логических взаимосвязей, допускает ошибки при использовании научной терминологии.
2 балла	Имеет слабые теоретические знания, не использует научную терминологию. Обнаруживает неспособность к построению самостоятельных заключений.

**Оценка по итогам сдачи кандидатского экзамена выставляется по 5-балльной шкале:**

Оценка полученная за экзамен в баллах	Оценка	Критерий
5	отлично	Средний балл по результатам устных ответов по трём вопросам равен или более 4,5
4	хорошо	Средний балл по результатам устных ответов по трём вопросам 3,5 – 4,4
3	удовлетворительно	Средний балл по результатам устных ответов по трём вопросам 2,6 – 3,4
0-2	неудовлетворительно	Средний балл по результатам устных ответов по трём вопросам 0-2,5

**VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

**Рекомендуемая литература:**

1. Албертс Б., Брей Д. et.al. Основы молекулярная биология клетки. М., Лаборатория знаний. 2018.
2. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. Под ред. К. Уилсона и Дж. Уолкера. М., Бином, 2013.
3. Э. Рис, М. Стернберг. Введение в молекулярную биологию: от клеток к атомам. М., Мир, 2002.
4. Кребс Д., К. Стивен, Г.Эллиот. Гены по Льюину. Издательство Лаборатория знаний. М. 2022.
5. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. Новосибирск: издательство Сибирского университета, 2004.
6. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. В 3 томах. М.:Бином, 2014 г.

**Дополнительная литература**

1. Nelson D., Cox M. Lehninger Principles of biochemistry, 6h ed. 2012
2. Metzler D. Biochemistry. The chemical reactions of living cells. 2008.

**VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

**Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ИБХ РАН

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
НЕЙРОБИОЛОГИЯ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025



Разработчик: к.х.н. Василевский А.А.

Рабочая программа разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951 и утверждена Учебным планом аспирантов на основании решения Учёного совета (Протокол № 9 от 02.11.2022 г.). Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.5. Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Нейробиология» является дисциплиной по выбору / факультативной образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## 1. Цели и задачи

Цель курса: приобретение аспирантами знаний по механизмам нервного возбуждения, принципам структурной организации и функционирования ионных каналов, нейрорецепторов и нейрорегуляторов. Нейробиология — наука, изучающая устройство, функционирование, развитие, генетику, биохимию, физиологию и патологию нервной системы. Задачи нейробиологии включают изучение работы нервной системы, понимание механизмов, лежащих в её основе, и разработку новых методов диагностики и лечения заболеваний. Изучение человеческого мозга от молекулярного до клеточного уровня (отдельные нейроны), от уровня относительно небольших объединений нейронов до уровня больших систем, таких как кора головного мозга или мозжечок, а также на самом высоком уровне — уровне нервной системы в целом является также разделом нейробиологии.

## 2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Объём программы составляет 36 академических часов (1 зачётная единица), из них 20 аудиторных часов и 16 часов самостоятельной работы. Лекционно/семинарские занятия могут проводиться в очной форме.

### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы

№	Наименование тем и разделов (час), (с развернутым содержанием курса в том числе: по каждой теме и разделу)	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Интеграция информации нейронами.	4	
2	Физиология синапса, взаимодействие нейронов и астроглии.	4	
3	«Быстрые» нейромедиаторы модуляторные системы.	4	
4	Рецепторы и основные сигнальные каскады в нейронах и астроцитах.	4	
5	Основа физиологии GPCR.	4	
	<b>Всего:</b>	20	-
	<b>Итого:</b>	20	

### **3. Содержание дисциплины**

#### **Тема 1. Интеграция информации нейронами, физиология синапса, взаимодействие нейронов и астроглии.**

Принципы работы нейрона, происхождение потенциала покоя, потенциал действия и высвобождение трансмисмиттеров (краткий обзор). Особенности глии. Основные методы электрофизиологии, используемые для изучения нервной системы. Метод patch clamp. Фиксация напряжения и тока, конфигурации метода, запись одиночных ионных каналов, сравнение с регистрацией от электродов, вводимых в клетку. Внеклеточные электроды, микро и макроэлектроды. Многоэлектродные чипы.

#### **Тема 2. Физиология синапса, взаимодействие нейронов и астроглии.**

Синапс как частный случай химической передачи информации в мозге. Экстрасинаптические рецепторы, ауторецепторы, пресинаптические рецепторы. Концепция «передачи в объеме». Ретроградные трансмисмиттеры. Соматодендритное высвобождение сигнальных молекул. Фундаментальные различия между нейронами и астроцитами (характеристики мембраны, подходы к изучению, механизмы контроля). Пластичность на уровне синапса. Постсинаптические и пресинаптические механизмы. Локальная трансляция, сортинг, траффикинг и ресайклинг рецепторов. Экспериментальные модели памяти, долговременная потенция. Морфологическая пластичность в мозге, прунинг, роль глии.

#### **Тема 3. «Быстрые» нейромедиаторы и модуляторные системы.**

«Быстрые» нейромедиаторы (глутамат, ГАМК, ацетилхолин) и модуляторные системы (норадреналин, серотонин). AMPA-рецепторы и особая роль NMDA-рецепторов. Почему ГАМК вызывает торможение, и может ли она быть возбуждающей. Фармакология ГАМКергической передачи, рецепторы, нечувствительные к бензодиазепинам, пресинаптические рецепторы ГАМК.

#### **Тема 4. Рецепторы и основные сигнальные каскады в нейронах и астроцитах.**

Типы химических сигнальных процессов. Внутриклеточные и мембранные рецепторы. Основные классы мембранных рецепторов. Фосфорилирование как фундаментальный механизм регуляции внутриклеточных процессов. Основы теории лиганд-рецепторного взаимодействия. Доза, полумаксимальная эффективная концентрация, уровень эффекта. Конститутивная деятельность. Конкурентный и неконкурентный антагонизм. Десенситизация рецепторов. Глутаматные рецепторы AMPA и NMDA-типа. Механизмы активации, взаимодействие на уровне синапса. Модуляторы NMDA-рецепторов, коагонисты. Роль магниевого блока и полиаминов.

Кальциевая проницаемость  $Ca^{2+}$  рецепторов AMPA и NMDA-рецепторов, физиологическое значение. Как NMDA-рецепторы осуществляют функцию детектора совпадений. Изучение NMDA-рецепторов методом patch clamp. Рецепторы ГАМК и глицина. Типы ГАМКергических нейронов и их особенности. Регуляторные сайты. Рецепторы, чувствительные и нечувствительные к бензодиазепинам. Обратные агонисты. Роль внесинаптических рецепторов ГАМК. Последствия ингибирования рецепторов ГАМК.

## Тема 5. Основа физиологии GPCR.

G-белки, малые ГТФазы,  $\beta$ -аррестин, пути передачи сигнала. Каскад цАМФ, мишени и основные эффекторные механизмы. РКА и «сигнасомы». Роль фосфодиэстераз. Связь с транскрипционным аппаратом.  $G_s$  и  $G_i$ . Связь с малыми ГТФазами. Кальциевая сигнализация. Какие рецепторы приводят к повышению внутриклеточного кальция и почему. Депо кальция в нейронах и астроцитах. Путь фосфолипазы C.  $Ca^{2+}$ -связывающие белки, эффекторы и буферные системы  $Ca^{2+}$  в нейронах и астроцитах. Кальмодулин как связующее звено в кальциевых каскадах. Кальмодулин-зависимые киназы и их мишени. Классические и нетипичные РКС, возможные функции. Связь с регуляцией экспрессии генов. Рецепторные киназы. Кросс-активация, внутриклеточные механизмы передачи сигнала. SH-домены и формирование сигнасомы. Каскады MAPK.

## 4. Итоговый контроль

Зачёт проводится в виде сданного реферата на тему, предложенную в программе. Реферат проверяется на оригинальность в системе «Антиплагиат». Оригинальность содержательной части должна составлять не менее 75%.

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый результат
Зачёт	Реферат полно и исчерпывающе раскрывает тему. Аспирант демонстрирует уверенные знания теории. Реферат раскрывает тему, но есть незначительные замечания, несущественные неточности. Реферат не в полной мере раскрывает тему, есть существенные замечания. Имеются существенные неточности.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

### Темы рефератов:

1. Мембранные системы пассивного и активного транспорта. Мембранный потенциал. Ионный и электрический градиент. Электрохимический потенциал. Другие источники энергии для транспортных систем.
2. Светозависимый транспорт протонов. Молекулярные инструменты оптогенетики.
3. АТФ-синтаза, принципы структурной организации и механизм работы фермента.
4. Структура и свойства Na,K-АТФазы и Ca-АТФазы саркоплазматического ретикулума.
5. Передача нервного импульса. Потенциал покоя и потенциал действия. Электро- и хемовозбудимые системы нервной клетки. Ионные каналы и нейрорецепторы.
6. Нейротоксины как инструменты исследования нервной системы. Структура и механизм действия аксональных, пре- и постсинаптических нейротоксинов.

7. Общие принципы структурной организации потенциал-чувствительных ионных каналов. Структура и свойства калиевых каналов. Молекулярные основы селективности.
8. Структура и свойства натриевых каналов.
9. Понятие об активации, инактивации и селективности. Молекулярные структуры, обуславливающие эти явления. Селективные лиганды.
10. Структура и свойства кальциевых каналов. Селективные лиганды.
11. Кислоточувствительные и АТФ-активируемые каналы.
12. Строение и функция рецепторов ацетилхолина. Молекулярные механизмы их активации. Селективные лиганды.
13. Строение рецепторов гамма-аминомасляной кислоты и глицина. Селективные лиганды.
14. Типы, строение и функция рецепторов глутамата. Молекулярные механизмы их активации. Селективные лиганды.
15. Транспортные системы для нейромедиаторов. Обратный захват и транспорт в секреторные везикулы.
16. Механорецепторы.
17. Терморецепторы.
18. Молекулярный механизм секреции нейромедиатора. Токсины, влияющие на экзоцитоз.

## **5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература для освоения теоретического курса:

### **Основная литература:**

1. M. Luckey. "Membrane Structural Biology"; 2 edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2014.
2. B. Hille. "Ion Channels of Excitable Membranes". Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 2001.

### **Дополнительная литературы:**

3. Neutze, R. et al. Bacteriorhodopsin: a high-resolution structural view of vectorial proton transport. *Biochim Biophys Acta* 1565, 144-167 (2002).
4. Deisseroth, K. Optogenetics: 10 years of microbial opsins in neuroscience. *Nat Neurosci* 18, 1213-1225 (2015).
5. Stock, D., Gibbons, C., Arechaga, I., Leslie, A.G. & Walker, J.E. The rotary mechanism of ATP synthase. *Curr Opin Struct Biol* 10, 672-679 (2000).
6. Olesen, C. et al. The structural basis of calcium transport by the calcium pump. *Nature* 450, 1036-1042 (2007).
7. Morth, J.P. et al. Crystal structure of the sodium-potassium pump. *Nature* 450, 1043-1049 (2007).
8. Locher, K.P. Structure and mechanism of ATP-binding cassette transporters. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364, 239-245 (2009).
9. Yu, F.H. & Catterall, W.A. The VGL-kanome: a protein superfamily specialized for electrical signaling and ionic homeostasis. *Sci STKE* 2004, re15 (2004).
10. Doyle, D.A. et al. The structure of the potassium channel: molecular basis of K conduction and selectivity. *Science* 280, 69-77 (1998).
11. Long, S.B., Campbell, E.B. & Mackinnon, R. Crystal structure of a mammalian voltage-dependent Shaker family K<sup>+</sup> channel. *Science* 309, 897-903 (2005).
12. Pan X et al. Structure of the human voltage-gated sodium channel Na<sub>v</sub> 1.4 in complex with B1. *Science* 362, pii: eaau2486 (2018).

13. Unwin, N. Refined structure of the nicotinic acetylcholine receptor at 4X resolution. *J Mol Biol* 346, 967-989 (2005).
14. Sigel, E. & Steinmann, M.E. Structure, function, and modulation of GABA(A) receptors. *J Biol Chem* 287, 40224-40231 (2012).
15. Du, J., Lu, W., Wu, S., Cheng, Y. & Gouaux, E. Glycine receptor mechanism elucidated by electron cryo-microscopy. *Nature* 526, 224-229 (2015).
16. Durr, K.L. et al. Structure and dynamics of AMPA receptor GluA2 in resting, pre-open, and desensitized states. *Cell* 158, 778-792 (2014).
17. Schiavo, G., Matteoli, M. & Montecucco, C. Neurotoxins affecting neuroexocytosis. *Physiol Rev* 80, 717-766 (2000).

#### **Дополнительная литература:**

18. Yamashita, A., Singh, S.K., Kawate, T., Jin, Y. & Gouaux, E. Crystal structure of a bacterial homologue of Na<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup>-dependent neurotransmitter transporters. *Nature* 437, 215-223 (2005).
19. Wu, L.J., Sweet, T.B. & Clapham, D.E. Current progress in the mammalian TRP ion channel family. *Pharmacol Rev* 62, 381-404 (2010).
20. Ranade, S.S., Syeda, R. & Patapoutian, A. Mechanically activated ion channels. *Neuron* 87, 1162-1179 (2015).

#### **6. Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

#### **7. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ИБХ РАН

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Т.Габитов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

**Разработчики программы:** к.х.н Михайлов А.А., к.х.н Сольев П.Н.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Низкомолекулярные биорегуляторы» является дисциплиной по выбору в составе образовательной компоненты по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## **I. Цели и задачи изучения дисциплины.**

**1.1. Цель курса:** ознакомление с разнообразными низкомолекулярными органическими соединениями – регуляторами жизнедеятельности человека, животных, растений, грибов, микроорганизмов и вирусов.

**1.2. Задачи курса:** показать значительное место низкомолекулярных соединений в процессах функциональной регуляции клеточной активности прокариотических и эукариотических организмов, отразить междисциплинарный характер открытия основных классов низкомолекулярных биорегуляторов, который происходил на стыке органической химии, химии природных соединений, биохимии и фармакологии и внес вклад в формирование биоорганической химии как самостоятельного естественнонаучного направления, продемонстрировать, что большинство жизненно необходимых лекарств — это природные низкомолекулярные вещества, их синтетические и полусинтетические аналоги, а также новейшие соединения, для которых установлена физиологическая активность.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** курс «Низкомолекулярные биорегуляторы» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

## **II. Объем дисциплины и виды учебной работы**

### **Форма обучения – ОЧНАЯ**

**Общий объем дисциплины:** 1 зачетная единица или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
36	16	-	-	

	16	20
--	----	----

### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем и разделов (час) (с развернутым содержанием курса в том числе: по каждой теме и разделу)	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Низкомолекулярные биорегуляторы – введение. Низкомолекулярные биорегуляторы липидной природы, их биосинтез, физиологическая регуляторная роль. Флавоноиды.	2	
2	Биосинтез вторичных метаболитов. Шесть основных классов: алкалоиды, поликетиды, нерибосомные пептиды, терпеноиды, фенилпропаноиды, пурины и пиримидины,	2	
3	Терпеноиды. Важнейшие классы терпеноидов. Экологическая функция, практическое значение и медицинские применения.	4	
4	Антибиотики. Историческая справка. Основные классы. Механизмы действия и возникновения резистентности.	2	
5	Гормоны. Стероиды - половые гормоны и не только.	4	
6	Регулирующая роль витаминов. Основные группы. Витамины группы В как важнейшие коферменты.	2	
	<b>Всего:</b>	16	-
	<b>Итого:</b>	16	

## III. Содержание курса

### Раздел 1.

#### Низкомолекулярные биорегуляторы липидной природы

Низкомолекулярные биорегуляторы липидной природы, их биосинтез, физиологическая регуляторная роль. Простагландины и тромбоксаны. Лейкотриены. Жасмоновая кислота. Флавоноиды. Ацетилоксоэзим А — основа синтеза флавоноидов и терпенов. Пути биосинтеза флавоноидов. Монолигнолы и лигнин. Конденсированные и гидролизуемые танины. Медикарпин и глицеоллин. Физиологическая и защитная роль флавоноидов растений.

### Раздел 2.

#### Вторичные метаболиты и их функция Основные химические реакции и пути биосинтеза

Алкалоиды. Группа алкалоидов опия. Понятие об опиатных рецепторах и их эндогенных лигандах. Рецепторы морфиновых алкалоидов и их природные лиганды: эндорфины, энкефалины и др. Синтетические анальгетики. Тропановые алкалоиды группы кокаина и



атропина. М-Холиноблокаторы. Обезболивающие и снотворные лекарственные препараты. Наркотики и галлюциногены. Группа эфедрина. Адренергические синапсы и природные адреномиметики. Дофамин, адреналин, норадреналин, синтетические адреноблокаторы. Препараты для лечения ишемической болезни сердца. Хинные алкалоиды, строение и стереохимия. Проблема лечения малярии. Синтетические противомалярийные средства. Артемизинин и другие препараты группы гингхаосу. Алкалоиды группы резерпина. Природные и синтетические средства против аритмии. Алкалоиды пуринового ряда. Другие стимуляторы сердечной активности. Алкалоиды из безвременника осеннего - колхицин и колхамин - и их использование в селекции растений. Цитоскелетные алкалоиды. Группа колхицина. Группа таксола. Группа цитохалазина. Группа латрункулина. Винбластин и винкристин — перспективные противоопухолевые алкалоиды группы резерпина.

### **Раздел 3. Терпеноиды**

Полиизопреноидная природа терпеноидов. Пути синтеза из мевалоновой кислоты и гликолитических интермедиатов. Полимеризация - основной путь биосинтеза терпеноидов. Растительные ароматические масла как источники терпеноидов. Циклизация. Инсектицидные терпеноиды. Фитол. Витамин А. Грибные терпеновые антибиотики. Каротин, лютеин, ликопин. Превращения ксантофиллов и фотоингибирование растений. Циклизация терпенов — основа биосинтеза стеролов.

### **Раздел 4. Основные классы. Механизмы действия и возникновения резистентности**

Антибиотики. Пенициллины, история и значение их открытия. Цефалоспорины и родственные антибиотики. Представления о механизме биосинтеза бактериальной клеточной стенки и механизме действия пенициллинов. Молекулярные механизмы резистентности бактерий к пенициллинам и биоинженерные направления работ по ее преодолению. Тетрациклины - структура и механизм антимикробного действия. Основные этапы полного синтеза тетрациклина. Механизм биосинтеза тетрациклиновых антибиотиков и их влияние на биосинтез белка. Антибиотики как инструменты изучения биосинтеза белка в молекулярной биологии: основные этапы биосинтеза белка и связанные с ними антибиотики. Стрептомицин и другие аминогликозидные антибиотики. Пурамицин и механизм "пурамициновой реакции". Эритромицин и другие макролидные антибиотики. Хлорамфеникол и его аналоги. Полный синтез хлорамфеникола. Представление об антибиотиках, влияющих на биосинтез нуклеиновых кислот. Актиномицин D, антрациклины, оливо- и хромомицины и ансамacroлиды. Их интеркаляция при ДНК зависимом биосинтезе РНК. Блеомицины, стрептонигрин и митомицины -цитотоксические реагенты, вызывающие разрывы и сшивки в цепях ДНК. Нуклеозидные антибиотики и синтетические производные нуклеозидов - ингибиторы вируса герпеса и ВИЧ. Антибиотики - инструменты изучения ионного транспорта через мембраны. Полиеновые макролиды, основные черты строения и образование пор в липидных бислоях с участием стерина. Другие противогрибковые антибиотики. Молекулярные механизмы действия антибиотиков как противоопухолевых агентов. Антибиотики как низкомолекулярные биорегуляторы. Проблемы и перспективы разработки новых антибиотиков.

### **Раздел 5. Гормоны. Стероиды - половые гормоны и не только.**

Стероиды. Стероиды как тетрациклические тритерпены. Основные этапы их биосинтеза. Холестерин и растительные стерины: структура и биологическая функция. Сложные эфиры холестерина, липопротеины высокой и низкой плотности, влияние на развитие атеросклероза и отложение желчных камней. Полигидроксированные стерины - зоо- и фитоэкдистероиды, гормоны линьки насекомых и их природные аналоги (экдизоны). Желчные кислоты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биохимии и биоорганической химии. Прогестерон: биосинтез и биологическая роль при овариально-менструальном цикле. Синтетические аналоги и контрацептивы. Половые гормоны: эстрогены и андрогены. Биосинтез и биологическая роль. Особенности структуры и биологической активности эстрогенов (эстрон, эстрадиол и эстриол), связь с активностью фолиевой кислоты и прогестерона. Синтетические андрогенные препараты, анаболики. Гормоны коры надпочечников: глюкокортикоиды и минералокортикоиды. Биосинтез основных представителей и биологическое значение. Синтетические аналоги и ингибиторы. Сердечные гликозиды, стероидные сапонины и алкалоиды. Структура основных представителей и биологическое значение. Особенности рецепции стероидных гормонов.

## **Раздел 6. Витамины**

Открытие витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных. Водорастворимые и жирорастворимые витамины. Витамины и коферменты. Витамин группы В. Тиаминдифосфат и его роль в декарбоксилировании  $\alpha$ -кетокислот и лечении болезни бери-бери. Витамин В2 (рибофлавин) и флавиновые коферменты, участие в системах оксидаз и дегидрогеназ. Витамин В5 (Пантотеновая кислота), кофермент А и его биосинтетическая роль. Витамин В3 (Ниацин) и ниацинамид, его коферменты (NAD и NADP) и их роль в составе оксидоредуктаз; биосинтез ниацина. Витамин В6 (адермин), его формы - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин, и коферменты - пиридоксаль-5-фосфат и пиридоксамин-5'-фосфат; участие в процессах биосинтеза аминокислот и липидов. Витамин В9 (Фолиевая кислота), его конъюгаты с глутаминовой кислотой; тетрагидрофолиевая кислота. Их роль в переносе одноуглеродных радикалов. Применение при лечении анемий и лучевой болезни. Антагонисты фолиевой кислоты (аминоптерин и метотрексат), использование для лечения лейкозов и лейкоемий. Компонент фолиевой кислоты -  $\gamma$ -аминобензойная кислота как витамин для микроорганизмов. Открытие и применение сульфамидных препаратов в качестве первых химиотерапевтических средств при лечении инфекционных заболеваний. Витамин В12 (оксикобаламин) и его кофермент - кобаламид, их биологическая роль и применение при заболеваниях кроветворной системы. Близость систем коррина и порфина. Витамин С (аскорбиновая кислота): строение, реакционная способность, таутомерия и биологическая роль. Методы промышленного получения. Витамины группы D и их провитамины. Механизм биосинтеза. Действующие гидроксированные формы. Витамины группы А. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники витамина А. Ретиновая кислота и ее биологическая роль. Витамины группы К.

## **IV. Самостоятельная работа**

В процессе освоения предмета предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

## **V. Итоговая проверка знаний**

Форма итоговой проверки и оценки знаний курса «Низкомолекулярные биорегуляторы» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата на одну из выбранных тем.

### **Темы для рефератов:**

1. Основные классы низкомолекулярных биорегуляторов.
2. Вклад открытия низкомолекулярных биорегуляторов в становление молекулярной биологии как самостоятельного направления в естествознании.
3. Новейшие методологии поиска и изучения низкомолекулярных биорегуляторов с применением масс-спектрометрии и метаболомики.
4. Основные группы алкалоидов.
5. Цитоскелетные алкалоиды.
6. Перспективные противоопухолевые алкалоиды.
7. Группа алкалоидов опия. Понятие об опиатных рецепторах и их эндогенных лигандах.
8. Морфин, кодеин, папаверин.
9. Героин, аналоги морфина (соединение Бентли), налорфин.
10. Рецепторы морфиновых алкалоидов и их природные лиганды.
11. Тропановые алкалоиды группы кокаина и атропина.
12. Алкалоиды группы резерпина.
13. Винбластин и винкристин - перспективные противоопухолевые алкалоиды группы резерпина.
14. Алкалоиды пуринового ряда.
15. Цитоскелетные алкалоиды колхицин, таксол, цитохалазин, латрункулин.
16. Антибиотики: история открытия, основные группы.
17. Пенициллины. Представления о механизме биосинтеза бактериальной клеточной стенки и механизме действия пенициллинов.
18. Молекулярные механизмы резистентности бактерий к пенициллинам и биоинженерные направления работ по ее преодолению.
19. Тетрациклины, стрептомицин, пурамицин.
20. Антибиотики, влияющие на биосинтез нуклеиновых кислот. Актиномицин D, антрациклины, оливо- и хромомицины и ансамакролиды.
21. Антибиотики как инструменты изучения биосинтеза белка в молекулярной биологии: основные этапы биосинтеза белка и связанные с ними антибиотики.
22. Проблемы и перспективы разработки новых антибиотиков.
23. Антибиотики как низкомолекулярные биорегуляторы.
24. Молекулярные механизмы действия антибиотиков как противоопухолевых агентов.
25. Антибиотики - инструменты изучения ионного транспорта через мембраны. Полиеновые макролиды, основные черты строения и образование пор в липидных бислоях с участием стероидов.
26. Витамины и витаминоподобные вещества. Основные классы витаминов.
27. Открытие витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных.
28. Метаболизм витамина D и обмен стеролов.
29. Витамин F и биосинтез простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов.
30. Открытие витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных. Водорастворимые и жирорастворимые витамины. Витамины и коферменты.
31. Витамин A. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники витамина A. Ретиноевая кислота и ее биологическая роль.
32. Витамин B, тиаминмонофосфат и кокарбоксилаза; их роль в декарбоксилировании α-кетокислот и лечении болезни бери-бери.

33. Витамин В2 (рибофлавин) и флавиновые коферменты, участие в системах оксидаз и дегидрогеназ.
34. Витамин В5 (Пантотеновая кислота), кофермент Аи его биосинтетическая роль.
35. Витамин В3 (Ниацин) и ниацинамид. Кофермент оксидоредуктаз, биосинтез ниацина.
36. Витамин В6 (адермин), его формы - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин, и коферменты - пиридоксаль-5'-фосфат и пиридоксамин-5'-фосфат; участие в процессах биосинтеза аминокислот и липидов.
37. Витамин В9 (Фолиевая кислота), его конъюгаты с глутаминовой кислотой; тетрагидрофолиевая кислота. Их роль в переносе одноуглеродных радикалов.
38. Витамин В12 (оксикобаламин) и его кофермент - кобамамид, их биологическая роль и применение при заболеваниях кроветворной системы.
39. Витамин С (аскорбиновая кислота): строение, реакционная способность, таутомерия и биологическая роль.
40. Витамины Ди их провитамины. Механизм биосинтеза.
41. Пути биосинтеза флавоноидов.
42. Ацетилоксоэним Аи его роль в биосинтезе флавоноидов.
43. Физиологическая и защитная роль флавоноидов.
44. Монолигнолы и лигнин. Конденсированные и гидролизуемые танины.
45. Полиизопреноидная природа терпенов.
46. Пути синтеза терпенов из мевалоновой кислоты и гликолитических интермедиатов.
47. Циклизация терпенов — основа биосинтеза стеролов.
48. Пути синтеза терпенов из мевалоновой кислоты и гликолитических интермедиатов.
49. Стероиды как тетрациклические тритерпены. Основные этапы их биосинтеза.
50. Холестерин и растительные стерины: структура и биологическая функция.
51. Эстрогены и андрогены. Биосинтез и биологическая роль.
52. Желчные кислоты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биоорганической химии.
53. Особенности структуры и биологической активности эстрогенов (эстрон, эстрадиол и эстриол), связь с активностью фолиевой кислоты и прогестерона. Синтетические андрогенные препараты, анаболики.
54. Сердечные гликозиды, стероидные сапонины и алкалоиды.
55. Особенности рецепции стероидных гормонов.
56. Стероидные гормоны насекомых и инсектициды.
57. Феромоны и половые аттрактанты насекомых.
58. Ювенильные гормоны насекомых и их роль в онтогенезе.
59. Низкомолекулярные биорегуляторы липидной природы.
60. Биосинтез, физиологическая регуляторная роль простагландинов, тромбоксанов и лейкотриенов.
61. Жасмоновая кислота — сигнальная молекула растений.
62. Основные фитогормоны.
63. Рецепторы фитогормонов.
64. Пептидные фитогормоны — новейший класс фитогормонов.
65. F-box белки и SCF-убиквитин-лиганзные комплексы.
66. Стриголактоны.
67. Яды и токсины как отдельные классы соединений.
68. Токсины земноводных и рыб.
69. Токсины высших растений и насекомых.
70. Использование токсинов в биохимии.

## VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### Рекомендуемая литература:

1. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. Molecular biology of the cell, 5th ed. Garland Science, 2007.
2. J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer. Biochemistry, In ed. W. H. Freeman and Company, 2002.
- 10 B. Buchanan, W. Gruissem and R. Jones. Biochemistry and molecular biology of plants. Wiley, 2002.
3. L. Taiz, E. Zeiger. Plant physiology, 5th ed. Sinauer Associates, Inc., 2010.

### Дополнительная литература:

1. Benjamins R., Scheres B. Auxin: the looping star in plant development // Annual Review of Plant Biology. V. 2008. 59. P. 443-465.
2. Calderon-Villalobos L.I., Tan X., Zheng N., Estelle M. Auxin perception--structural insights // Cold Spring Harb Perspect Biol. V. 2010. 2. P. a005546.
3. Depuydt S., Hardtke C.S. Hormone signalling crosstalk in plant growth regulation // Current Biology: CB. V. 2011. 21. P. R365-73.
4. Ejim L., Farha M.A., Falconer S.B., Wildenhain J., Coombes B.K., Tyers M., Brown E.D. et al. Combinations of antibiotics and nonantibiotic drugs enhance antimicrobial efficacy // Nature Chemical Biology. V. 2011. 7. P. 348-350.
5. Fajardo A., Martínez J.L. Antibiotics as signals that trigger specific bacterial responses // Current Opinion in Microbiology. V. 2008. 11. P. 161-167.
6. Falconer S.B., Brown E.D. New screens and targets in antibacterial drug discovery // Current Opinion in Microbiology. V. 2009. 12. P. 497-504.
7. Fischbach M.A., Walsh C.T. Antibiotics for emerging pathogens // Science. V. 2009. 325. P. 1089-1093.
8. Fukuyo Y., Hunt C.R., Horikoshi N. Geldanamycin and its anti-cancer activities // Cancer Letters. V. 2010. 290. P. 24-35.
9. Hardtke C.S., Dorsey E., Osmont K.S., Sibout R. Phytohormone collaboration: zooming in on Auxin brassinosteroid interactions // Trends in Cell Biology. V. 2007. 17. P. 485-492.
10. Javitt N.B. Oxysterols: novel biologic roles for the 21st century // Steroids. V. 2008. 73. P. 149-157.
11. Kamada-Nobusada T., Sakakibara H. Molecular basis for cytokinin biosynthesis // Phytochemistry. V. 2009. 70. P. 444-449.
12. Kim T., Guan S., Sun Y., Deng Z., Tang W., Shang J., Sun Y. et al. Brassinosteroid signal transduction from cell-surface receptor kinases to nuclear transcription factors // Nature Cell Biology. V. 2009. 11. P. 1254-1260.
13. Kirby J., Keasling J.D. Biosynthesis of plant isoprenoids: perspectives for microbial engineering // Annual Review of Plant Biology. V. 2009. 60. P. 335-355.
14. Liscombe D.K., Facchini P.J. Evolutionary and cellular webs in benzyloquinoline alkaloid biosynthesis // Current Opinion in Biotechnology. V. 2008. 19. P. 173-180.
15. Martens S., Mithöfer A. Flavones and flavone synthases // Phytochemistry. V. 2005. 66. P. 2399-2407.
16. Martinez J.L., Fajardo A., Garmendia L., Hernandez A., Linares J.F., Martínez-Solano L., Sánchez M.B. A global view of antibiotic resistance // FEMS Microbiology Reviews. V. 2009. 33. P. 44-65.
17. Martinez J.L., Sánchez M.B., Martínez-Solano L., Hernandez A., Garmendia L., Fajardo A., Alvarez-Ortega C. Functional role of bacterial multidrug efflux pumps in microbial natural ecosystems // FEMS Microbiology Reviews. V. 2009. 33. P. 430-449.
18. Proust H., Hoffmann B., Xie X., Yoneyama K., Schaefer D.G., Yoneyama K., Nogué F. et al. Strigolactones regulate protonema branching and act as a quorum sensing-like signal in the moss *Physcomitrella patens* // Development (Cambridge, England). V. 2011. 138. P. 1531-1539.

19. Rameau C. Strigolactones, a novel class of plant hormone controlling shoot branching // *Comptes Rendus Biologies*. V. 2010. 333. P. 344-349.
20. Simons K., Ikonen E. How cells handle cholesterol // *Science*. V. 2000. 290. P. 1721-1726.
21. Tanaka Y., Ohmiya A. Seeing is believing: engineering anthocyanin and carotenoid biosynthetic pathways // *Current Opinion in Biotechnology*. V. 2008. 19. P. 190-197.
22. Tromas A., Paponov I., Perrot-Rechenmann C. AUXIN BINDING PROTEIN 1: functional and evolutionary aspects // *Trends in Plant Science*. V. 2010. 15. P. 436-446.
23. Tromas A., Perrot-Rechenmann C. Recent progress in auxin biology // *Comptes Rendus Biologies*. V. 2010. 333. P. 297-306.
24. Tyurin V.A., Tyurina Y.Y., Kochanek P.M., Hamilton R., DeKosky S.T., Greenberger J.S., Bayir H. et al. Oxidative lipidomics of programmed cell death // *Methods in Enzymology*. V. 2008. 442. P. 375-393.
25. Wilke M.S., Lovering A.L., Strynadka N.C.J. Beta-lactam antibiotic resistance: a current structural perspective // *Current Opinion in Microbiology*. V. 2005. 8. P. 525-533.
26. Wollam J., Antebi A. Sterol Regulation of Metabolism, Homeostasis, and Development // *Annual Review of Biochemistry*. V. 2010.
27. Yim G., Wang H.H., Davies J. Antibiotics as signalling molecules // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. V. 2007. 362. P. 1195-1200.
28. Yoneyama K., Xie X., Yoneyama K., Takeuchi Y. Strigolactones: structures and biological activities // *Pest Management Science*. V. 2009. 65. P. 467-470.
29. Ziegler J., Facchini P.J. Alkaloid biosynthesis: metabolism and trafficking // *Annual Review of Plant Biology*. V. 2008. 59. P. 735-769.

## **VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
*Российской академии наук*  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВЫ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

**Разработчики: Чл-корр. РАН д.х.н. Смирнов И.В., д.б.н. Рыскина Е.А.**

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Основы генной инженерии» относится к факультативным дисциплинам в составе образовательной компоненты по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

### **I. Цели и задачи изучения дисциплины.**

**1.1. Цель изучения дисциплины:** приобретение студентами знаний в области генной инженерии и ее современных методов, используемых как для изучения биологических процессов, так и для модификации существующих организмов, в том числе генной терапии человека.

**1.2. Задачи изучения дисциплины:** рассмотрение и усвоение принципов и основных методов генной инженерии.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** Генная инженерия как наука, в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

### **II. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Форма обучения – ОЧНАЯ

**Общий объем дисциплины:** 1 зачетная единица или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
36	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
	16		-	20
	16			

#### **Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:**

№	Наименование тем и разделов (час), (с развернутым содержанием курса в том числе: по каждой теме и разделу)	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Предмет и задачи генной инженерии. Генная инженерия в современной жизни.	2	
2	Экспрессия белков в дрожжевой системе.	2	



3	Векторы – молекулярно-генетические конструкции. Маркерные последовательности. Селективные маркерные гены.	2	
4	Биосинтез белка. Создание конструкций для экспрессии рекомбинантного антитела.	4	
5	Ретровирусные векторы. Способы интеграции гена в клетки растений.	4	
6	Геномные библиотеки.	2	
	Всего:	16	
	<b>Итого:</b>	16	

### **III. Содержание курса**

#### **Раздел 1.**

##### **Предмет и задачи генной инженерии. Генная инженерия в современной жизни.**

Основоположники генной инженерии В. Арбер, Д. Натанс, Х. Смит, П. Берг, У. Гилберт, Ф. Сенгер. Их вклад в развитие данного направления исследований. Генная инженерия в современной жизни. Генная инженерия в лаборатории. Генно-инженерное клонирование. ПЦР. Использование ПЦР в генной инженерии. Общая схема ПЦР. Устройство современного амплификатора. Компоненты реакционной смеси, необходимые для проведения ПЦР. Особенности конструирования праймеров. Факторы, влияющие на точность синтеза ДНК и возможности ее повышения.

#### **Раздел 2.**

##### **Экспрессия белков в дрожжевой системе**

Дрожжевые векторы. Схема рекомбинации. Создание конструкций для экспрессии рекомбинантного антитела. Трансфекция. Получение нокаутов на примере мыши нокаутной по БУХЭ. Бакуловирусная экспрессия.

#### **Раздел 3.**

##### **Вектора, молекулярно-генетические конструкции**

Вектора для переноса генетического материала в клетки живых организмов. Маркерные последовательности. Селективные маркерные гены.

#### **Раздел 4.**

##### **Экспрессия белков в прокариотической системе**

Проблемы при синтезе белка. Экспрессия белков в прокариотической системе. Синтез м-РНК. Промоторы. Транскриптом и необходимость его изучения. Виды РНК, кодируемых геномами прокариот и эукариот.

#### **Раздел 5.**

##### **Ретровирусные векторы. Способы интеграции гена в клетки растений.**

Жизненный цикл ретровируса. Экспрессия в клетках растений. Способы интеграции гена в клетки растений. Ретровирусные векторы. Жизненный цикл ретровируса. Экспрессия в

клетках растений. Способы интеграции гена в клетки растений. Генно-инженерные методы в белковой инженерии. Кластеры (теги) для верификации и очистки рекомбинантных белков.

## **Раздел 6. Геномные библиотеки**

Вектора для клонирования библиотек генов и способы их доставки. Бактериофаги. Фаговый дисплей. РНК дисплей (SELEX). Мишени аптамеров. Клеточный дисплей. Мутагенез библиотек.

## **IV. Самостоятельная работа**

Дисциплина базируется на аудиторной и самостоятельной внеаудиторной работе аспирантов. Предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса дисциплины в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

## **V. Итоговая проверка знаний**

Учебный план по дисциплине «Основы генной инженерии» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата.

### **Примерные темы для реферата:**

1. Рестриктазное картирование ДНК с использованием концевой метки. Картирование с помощью двух рестриктаз.
2. Антитела, обладающие каталитической активностью. Принципы получения абзимов.
3. Мутагенез с использованием олигонуклеотидов: метод Т.А. Кункеля; метод ПЦР с перекрывающимися праймерами; мегапраймеры в направленном мутагенезе.
4. Механизм ингибирующего действия антисмысловых нуклеиновых кислот: участие РНКазы, дезаминирование остатков аденина расплетающим ферментом; РНК интерференция.
5. ДНК-метиلاзы, их использование для получения крупных рестрикционных фрагментов ДНК. ДНК-лигазы. Механизм лигирования ДНК T4-ДНК-лигазой.
6. Количественная ПЦР (ПЦР в реальном времени). Области применения метода.
7. ДНК-зависимая ДНК-полимераза 1 *E.coli* и ее фрагмент Кленова. Их использование для введения концевой радиоактивной метки, «затупления» концов ДНК и ник-трансляции. Термостабильные ДНК-зависимые ДНК-полимеразы.
8. Триплекс-образующие олигонуклеотиды и их использование для регуляции экспрессии генов и направленного мутагенеза.
9. Этапы клонирования ДНК. Клонирование фрагментов ДНК по сайтам рестрикции, а также с использованием адаптеров и коннекторов.
10. Два подхода к клонированию человека - репродуктивное и терапевтическое клонирование.
11. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР). Стандартные условия проведения ПЦР. Наиболее критические параметры реакции. Разновидности ПЦР: метод «горячего старта», ОТ-ПЦР, амплификация длинных фрагментов ДНК, методы повышения точности амплификации.
12. Принципы получения трансгенных животных. Использование эмбриональных стволовых клеток в трансгенезе.
13. Понятие вектора и его емкости. Селектируемые маркеры. Полилинкер. Функциональная классификация векторов: экспрессирующие векторы, челночные (бинарные) векторы. Особенности строения плазмид векторов.

14. Антисмысловые РНК и олигонуклеотиды. Механизмы ингибирующего действия на экспрессию генов. Области применения этой технологии.
15. Векторы на основе хромосомы фага  $\lambda$ . Их использование для получения клонотек нуклеотидных последовательностей.
16. Генный нокаут. Исследование функций генов и моделирование наследственных заболеваний с помощью генного нокаута.
17. Рестриктазные карты и их построение. Гибридизация по Саузерну. Концепция STS маркеров. Континги. Компьютерный анализ нуклеотидных последовательностей. Электронная ПЦР.
18. Ретровирусные векторы. Принципы адресной доставки трансгенов. Управление экспрессией трансгенов в клетках-мишенях.
19. Космиды и фазмиды в качестве векторов. Их емкость, области применения в генной инженерии.
20. Стратегии выделения новых генов и оптимизации их экспрессии.
21. Клонотеки к ДНК, генов и нуклеотидных последовательностей. Их репрезентативность. Способы введения ДНК в клетки: трансформация, трансфекция, электропорация.
22. Олигонуклеотидные аптамеры. Их получение и применение.
23. Методы отбора последовательностей из клонотек ДНК. Гибридизация с зондами. Использование ПЦР. Использование антител и функциональные тесты.
24. Исследование экспрессии генов. Нозерн-блоттинг. Защита мРНК от действия РНКаз. Анализ регуляторных последовательностей ДНК. Футпринтинг в исследовании ДНК белковых взаимодействий.
25. Сверхъемкие векторы YAC, BAC и PAC. Их использование для получения клоновой геномной ДНК.
26. Рестриктазы. Их номенклатура и классификация. Рестриктазы II типа – основной инструмент генной инженерии. Формы разрывов двухцепочечных ДНК, возникающих под действием рестриктаз. Изоизомеры. Изменение субстратной специфичности рестриктаз в неоптимальных условиях.
27. РНК-зависимые ДНК-полимеразы (обратные транскриптазы), их использование для получения кДНК. Клонотеки кДНК.
28. Причины низкой эффективности клонирования животных.
29. Предмет и задачи генной инженерии. Основоположники генной инженерии В. Арбер, Д. Натанс, Х. Смит, П. Берг, У. Гилберт, Ф. Сэнгер.
30. Два подхода к анализу дифференциальной экспрессии генов на уровне транскрипции при использовании микрочиповых технологий.
31. Денатурация и ренатурация ДНК. Температура плавления. Кинетика плавления и кривые плавления ДНК. Гибридизация. Гибридизация по Саузерну и Северный блоттинг.
32. Основные этапы получения трансгенных растений.
33. Методы выделения ДНК и РНК.
34. Способы введения трансгенов клетки растений. Особенности трансформации протопластов.
35. Сравнение популяций мРНК методом серийного анализа экспрессии генов (SAGE).
36. Использование агробактерий и Ti-плазмид для получения трансгенных растений.
37. Секвенирование ДНК по методу Сэнгера.
38. Принципы высокопроизводительного параллельного секвенирования ДНК.
39. Системы секвенирования ДНК второго поколения. Создание молекулярных клонов секвенируемой ДНК: полимеразные колонии и кластеры на твердой подложке.
40. Системы секвенирования ДНК третьего поколения: секвенирование отдельных молекул ДНК.
41. Пиросеквенирование. Секвенирование лигированием. Обратимые терминаторы синтеза ДНК и особенности их структуры.
42. Три типа векторов, используемых при агробактериальной трансформации клеток растений: «обезоруженная» T-ДНК, коинтеграция Ti-плазмид и бинарные

векторы.

43. Трансформация хлоропластов для получения трансгенных (трансплантомных) растений. Мультигенная инженерия.
44. Дифференциальный дисплей и его использование для сравнения популяций мРНК.
45. Анализ репрезентативных различий в мРНК (метод RDA).
46. Гибридомы и получение с их помощью моноклональных антител. «Очеловеченные» животные.
47. Методы введения в ДНК случайных мутаций. ДНК-шаффлинг.
48. Биолуминесценция в природе. Зеленый флуоресцирующий белок и его аналоги.

## **VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Основная литература:**

1. Кребс Д., К. Стивен, Г.Эллиот. Гены по Льюису. Издательство Лаборатория знаний. М. 2022.
2. Албертс Б., Брей Д. et.al. Основы молекулярная биология клетки. М., Лаборатория знаний. 2018.
3. Jones M. The invention of recombinant DNA technology. Berg, Boyer, Cohen. Life sciences at Chemical Heritage Foundation 2015.
4. Doogab Yi. The Recombinant university: genetic engineering and the emergence of Stanford biotechnology. University of Chicago Press, 2015. 304 p.
5. Regalado A. The World's most expensive medicine is a bust. MIT Technology Review. 2016.
6. Heidi Ledford. Broad Institute wins bitter battle over CRISPR patents. Nature. 542, 401-401. 2017.
7. McDivitt P. Green technology: Disease-resistant GMO tomato that could eliminate need for copper pesticides, double yields—blocked by public fears. Genetic Literacy Project. 2017.

### **Дополнительная литература:**

1. Genetic Engineering: Principles and Methods (J.K. Setlow ed.) Vol. 1 – Vol. 28. Springer.
2. Functional Nucleic Acids for Analytical Applications (Y. Li, Y. Lu Eds.) Springer, 2009.
3. From Nucleic Acids Sequences to Molecular Medicine (V.A. Erdmann, J. Barciszewski Eds) Springer, 2012.
4. Giacca M. Gene Therapy. Springer, 2011.

## **VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается

использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска

- Экран

- Специализированная

мебель Доска, столы или парты,  
стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:

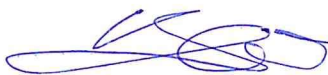
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН

Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь

д.ф.-м.н. В.А.Олейников

от «11» апреля 2025г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ БЕЛКА  
К ЕГО ФУНКЦИИ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

## Разработчик программы: к.х.н. А.А.Василевский

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «От пространственной структуры белка к его функциям» является факультативной дисциплиной образовательной компоненты образовательной программы подготовки научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре по группам научных специальностей 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

### 1. Цели и задачи изучения дисциплины

**1.1. Цель дисциплины:** дать слушателям современные представления о пространственной организации белковых молекул.

**1.2. Задачи дисциплины:** рассмотрение принципов формирования третичной и четвертичной структуры белка. Приводятся примеры структур наиболее распространенных белков и белковых комплексов, выполняемых ими функций, а также структурно-функциональной взаимосвязи.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** курс «От пространственной структуры белка к его функциям» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по направлению подготовки 1.5. Биологические науки.

### II. Объем дисциплины и виды учебной работы

Форма обучения – ОЧНАЯ

**Общий объем дисциплины:** 1 зачетные единицы или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
36	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
	28	-	-	8
	28			

#### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Вторичная структура белка. Физико-химические основы формирования. Типы канонической и неканонической вторичной структуры.	2	-
2	От вторичной к третичной структуре белка. Физико-химические основы формирования	2	-
	третичной структуры.		

3	Третичная структура и доменная организация белков. Водорастворимые глобулярные, фибриллярные и мембранные белки.	2	-
4	Современные представления о формировании нативной конформации белка.	4	-
5	Четвертичная структура и белковые комплексы. Уникальные свойства четвертичной структуры. Кооперативность. Аллостерия. Гомо- и гетеромультимеры.	4	-
6	ДНК/РНК-связывающие белки. Пространственная структура ДНК, РНК и основы взаимодействий нуклеиновая кислота-белок.	4	-
7	Мембранные белки. Физико-химические основы белок-мембранных взаимодействий.	4	-
8	Фибриллярные белки. Особенности структуры и функции белков. Белки внеклеточного матрикса: коллаген, эластин, фибронектин, ламинин.	4	-
	<b>Всего:</b>	28	
	<b>Итого:</b>	28	

### III. Содержание курса

#### Раздел 1.

##### Вторичная структура белка.

Физико-химические основы формирования вторичной структуры белка. Типы канонической и неканонической вторичной структуры: строение, стабилизирующие взаимодействия, частота встречаемости. Карты Рамазандрана и их современный вид. Топологические диаграммы. Рельеф поверхности -  $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -структуры, скрученность  $\beta$ -структуры. Кэпирующие мотивы. Особенности строения петель. Разнообразие  $\beta$ -изгибов.

#### Раздел 2.

##### От вторичной к третичной структуре белка.

##### Физико-химические основы формирования третичной структуры.

Часто встречаемые типы укладки и мотивы пространственной организации белков. Сверхвторичная структура. В Структурные мотивы:  $\beta$ -шпильки,  $\beta$ -арки, мотивы «меандр» и «греческий ключ», более сложные мотивы.  $\alpha$ -Спиральные мотивы:  $\alpha$ -спиральные шпильки,  $\alpha$ -связывающий мотив «EF-руки», перевитые Q-спирали, пучок  $\alpha$ -спиралей.  $\alpha/\beta$ -Мотивы:  $\beta$ - $\alpha$ - $\beta$ -мотив, укладка Россманна, лейцин-богатый повтор. Пространственная структура пептидов: роль дисульфидных связей, наиболее распространенные структурные типы, мотив «цистинового узла» (ICK), комбинация  $\alpha$ -спираль- $\beta$ -слой, стабилизируемые цистеинами (CSap).

#### Раздел 3.

##### Третичная структура и доменная организация белков.

Водорастворимые глобулярные, фибриллярные и мембранные белки. Структурные классы доменов:  $\alpha$ -спиральные,  $\beta$ -структурные,  $\alpha/\beta$ -,  $\beta/\alpha$ -домены. Q-Спиральные белки: пучок из



4-х  $\alpha$ -спиралей, глобины, циклины, гистоны, Са<sup>2+</sup>-связывающие белки. В-Структурные белки: фибронектиновые, иммуноглобулиновые домены, В-цилиндр, липид-связывающие белки, мотив «рулет», сериновые протеазы группы химотрипсина, «В-спирали». а/р-Белки: а/р цилиндр, нуклеотид- и углевод-связывающие домены. Ферредоксиновый фолд. Белки с неупорядоченной структурой.

#### **Раздел 4.**

##### **Современные представления о формировании нативной конформации белка.**

Сворачивание (фолдинг) белков. Постулат Анфинсена, исключения. Расплавленная глобула и другие промежуточные состояния. Экспериментально изученные пути сворачивания глобулярных белков. Котрансляционный фолдинг. Роль шаперонов. Особенности сворачивания мембранных и фибриллярных белков. Прионы. Протеинопатии.

#### **Раздел 5.**

##### **Четвертичная структура и белковые комплексы.**

Уникальные свойства четвертичной структуры. Кооперативность. Аллостерия. Гомо- и гетеромультимеры. Влияние низкомолекулярных соединений на структуру белковых комплексов. Гемоглобин. Многосубъединичные ферменты.

#### **Раздел 6.**

##### **ДНК/РНК-связывающие белки.**

Пространственная структура ДНК, РНК и основы взаимодействий нуклеиновая кислота-белок. Разнообразие структурной организации и функций ДНК/РНК-связывающих белков. Бактериальные репрессоры и активаторы транскрипции, мотив спираль-поворот-спираль. Факторы транскрипции эукариот: ТАТА-связывающий белок, гомеодомены, белки р53 кВ, Zn<sup>2+</sup>-содержащие мотивы «цинковых пальцев», лейцин-богатый мотив «лейциновой застежки-молнии», мотивы спираль-поворот-спираль и спираль-петля-спираль. Гистоны и структура нуклеосом. Строение и функция ДНК- и РНК-полимераз. Ферменты рестрикции. Рибосомные белки.

#### **Раздел 7.**

##### **Мембранные белки.**

Физико-химические основы белок-мембранных взаимодействий. Шкалы гидропатии. Мембрано-активные пептиды. Способы заякоривания белков в мембране, общие принципы укладки и структурные типы мембранных белков. Функции мембранных белков. Белковые каналы, транспортные белки, белки-рецепторы. Семиспиральные белки, G-белок ассоциированные рецепторы. Электрон-транспортная цепь и белки мембран митохондрий и хлоропластов. Комплекс ядерной поры. Структура и функция транслокона.

#### **Раздел 8.**

##### **Фибриллярные белки.**

Особенности структуры фибриллярных белков. Функции фибриллярных белков. Белки внеклеточного матрикса: коллаген, эластин, фибронектин, ламинин. Белки микро- и промежуточных филаментов: актин, кератин, виментин, ламины. Микротрубочки. Структура мышечных фибрилл. Фиброины шелка и паутины. Амилоидные фибриллы.

#### **IV. Самостоятельная работа**

В процессе освоения предмета предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

#### **V. Итоговая проверка знаний**

Учебный план по дисциплине «От пространственной структуры белка к его функциям» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата.

##### **Примерные темы реферата:**

1. Современный вид карты Рамазандрана.
2. Рельеф элементов вторичной структуры.
3.  $\alpha$ -Спиральные мотивы в белках.
4.  $\beta$ -Структурные мотивы в белках.
5. Расплавленная глобула и пути сворачивания малых глобулярных белков.
6. Структурные основы протеинопатии.
7. Примеры четвертичной структуры белков. Белковые комплексы.
8. Структурные основы кооперативности и аллостерии.
9. Распространенные мотивы ДНК-связывающих белков.
10. Гистоны и структура нуклеосом.
11. Шкалы гидропатии.
12. Структурные типы мембранных белков.
13. Структура и функция транслокона.
14. Особенности сворачивания мембранных белков.
15. Белки внеклеточного матрикса.
16. Белки цитоскелета.
17. Структура и функции фибриллярных белков.
18. Электрон-транспортная цепь и белки мембран митохондрий и хлоропластов.
19. Пространственная структура ДНК, РНК и основы взаимодействий нуклеиновая кислота-белок.
20. Разнообразие структурной организации и функций ДНК/РНК-связывающих белков.

#### **VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

##### **Рекомендуемая литература:**

1. C. Branden, J. Tooze. Introduction to protein structure. 2nd ed. Garland Publishing, New York, USA, 1999.
2. A.M. Lesk. Introduction to protein architecture. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001.
3. А.В. Финкельштейн, О.Б. Птицын. Физика белка: курс лекций с цветными и стереоскопическими иллюстрациями и задачами. 4-е изд. Книжный дом «Университет», Москва, 2012.
4. Е.М. Попов, В.В. Демин, Е.Д. Шибанова. Проблема белка. Т. 2. Пространственное строение белка. Под ред. Т.И. Соркиной. Наука, Москва, 1996.

##### **Дополнительная литература:**

1. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. Molecular Biology of the Cell. 5<sup>th</sup> ed. Garland Science, New York, USA, 2007.
2. D. Voet, J.G. Voet. Biochemistry. 3rd ed. J. Wiley & Sons, New York, USA, 2004.
3. В.М. Степанов. Молекулярная биология. Структура и функции белков. Под ред. А.С. Спирина. Высшая школа, Москва, 1996.
4. M. Luckey. Membrane Structural Biology. Cambridge University Press, New York, USA, 2008.

### **Электронные ресурсы:**

1. PDB (Protein Data Bank): <http://www.pdb.org/pdb/home/home.do>
2. Prosite (база данных белковых доменов, семейств, функциональных сайтов): <http://prosite.expasy.org/>
3. SCOP (Structural Classification of Proteins): <http://scop.mrc-lmb.cam.ac.uk/scop/>
4. SCOP2: <http://scop2.mrc-lmb.cam.ac.uk/>
5. CATH (Class, Architecture, Topology, Homologous superfamily): <http://www.cathdb.info/>

## **VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель: столы или парты, стулья.
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-F

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СТРУКТУРНАЯ БИОЛОГИЯ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Москва – 2025

Разработчики курса: д.б.н. Люкманова Е.М., д.ф-м.н Олейников В.А., д.ф-м.н Шенкарев З.О., д.б.н. Феофанов А.В., д.х.н. Головин А.В., к.ф-м.н Дубинный М.А., к.ф-м.н Чугунов А.О.,  
Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки. Согласно федеральным государственным требованиям и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Структурная биология» является обязательной дисциплиной образовательной компоненты образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки, по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## I. Цели и задачи изучения дисциплины

**1.1. Цель дисциплины:** получение базовых знаний о структурных исследованиях сложных биомолекул и наночастиц.

**1.2. Задачи дисциплины:** создание у студентов целостного представления об основных принципах и технологиях современной структурной биологии, о существующих методах получения информации о взаимосвязи структуры, динамики и функции биомакромолекул;

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** курс «Структурная биология» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

## III. Объем дисциплины и виды учебной работы

Форма обучения – ОЧНАЯ

Общий объем дисциплины: 3 зачетные единицы или 108 академических часа.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)
108	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	26
	44	44	-	
	88			

### Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1.	Роль структурной биологии в современных науках о живом.	2	2
2.	Оптическая спектроскопия для структурной биологии.	2	2
3.	Флуоресцентная и конфокальная микроскопия.	4	4
4.	Масс-спектрометрия для решения задач структурной биологии.	4	4
5.	ЯМР-спектроскопия биомолекул.	4	4
6.	ЭПР-спектроскопия.	4	4

7.	Рентгеновская кристаллография и малоугловое рентгеновское рассеяние.	4	4
8.	Электронная просвечивающая микроскопия.	2	2
9.	Методы молекулярного моделирования.	4	2
10.	Атомно-силовая микроскопия для структурной биологии.	2	2
11.	Спектроскопия комбинационного рассеяния в биологии и медицине.	4	4
12.	Флуоресцентные наночастицы в биологических и медицинских приложениях.	4	4
13.	Белковая инженерия для решения задач структурной биологии.	4	4
	<b>Всего:</b>	44	44
	<b>Итого:</b>	88	

#### **IV. Содержание курса**

##### **Раздел 1.**

##### **Роль структурной биологии в современных науках о живом**

Что такое структурная биология? История и будущее структурной биологии. Объекты, задачи и методы структурной биологии.

##### **Раздел 2-3.**

##### **Оптическая спектроскопия для структурной биологии Флуоресцентная и конфокальная микроскопия**

Молекулярная спектроскопия электронного поглощения света. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Измерение концентрации молекул в растворе. Коррекция светорассеяния в спектрах поглощения. Локализационная микроскопия (PALM, STORM). STED-микроскопия. Молекулярная флуоресцентная спектроскопия. Спектры возбуждения и испускания молекул. Флуоресцентная спектроскопия с временным разрешением. Фёрстеровский резонансный перенос энергии. Структурные исследования с применением Фёрстеровского резонансного переноса энергии. Методы флуоресцентной микроскопии в исследованиях структуры и взаимодействий молекул. Флуоресцентная микроспектроскопия одиночных молекул. Устройство микроспектрометров для измерения флуоресценции одиночных молекул. Структурные исследования с применением флуоресцентной спектроскопии одиночных молекул. Анализ вторичной структуры белков. Анализ структуры ДНК. Конфокальная микроскопия и спектроскопия кругового дихроизма (КД).

##### **Раздел 4.**

##### **Масс-спектрометрия для решения задач структурной биологии**

Принцип масс-спектрометрического и хромато-масс-спектрометрического анализа. Идентификация и структурный анализ низкомолекулярных соединений. Идентификация и структурный анализ пептидов и белков. Применение хромато-масс-спектрометрии для качественного и количественного омиксного анализа сложных смесей.

##### **Раздел 5.**

##### **ЯМР-спектроскопия биомолекул**

Основные принципы ЯМР-спектроскопии, история развития метода. Место ЯМР-спектроскопии среди других методов структурной биологии. Фурье ЯМР-спектроскопия и устройство современных ЯМР-спектрометров. Многомерная спектроскопия ЯМР. Параметры

ЯМР, несущие структурную информацию. Определение вторичной и пространственной структуры белка по данным ЯМР. Продольная и поперечная релаксация. Исследование внутримолекулярной динамики белковых молекул по данным ЯМР. Изотопные метки и диапазон применимости различных методов ЯМР.

## **Раздел 6.**

### **ЭПР-спектроскопия**

История создания метода. Устройство ЭПР-спектрометра, введение спиновых меток в биомолекулы. Задачи структурной биологии, решаемые с помощью ЭПР-спектроскопии.

## **Раздел 7.**

### **Рентгеновская кристаллография и малоугловое рентгеновское рассеяние**

История создания и основные физические принципы метода рентгеноструктурного анализа. Интерференция и дифракция. Место рентгеноструктурного анализа среди других методов структурной биологии. Задачи, решаемые с помощью рентгеноструктурного анализа биомакромолекул. Результат рентгеноструктурного эксперимента, базы данных пространственных структур, преимущества и ограничения метода. Кристаллизация белков и их комплексов. Основные понятия и термины: симметрия, кристаллическая решетка, элементарная ячейка, независимая часть, пространственное разрешение. Построение рентгеноструктурного эксперимента. Фазовая проблема и пути ее решения. Расшифровка и уточнение структуры, основные параметры качества структурной модели. Времяразрешенная кристаллография на синхротронах и лазерах на свободных электронах (XFEL). Нейтронная и электронная кристаллография. Малоугловое рассеяние рентгена в растворе биомакромолекул. Схема эксперимента и его отличие от кристаллографии. Преимущества и недостатки метода. Анализ кривых малоуглового рассеяния. Участок Гинье и графики Кратки как источник информации о свойствах образца. Программное обеспечение, моделирование структуры и конформационной подвижности на основе данных рассеяния.

## **Раздел 8.**

### **Электронная просвечивающая микроскопия.**

История метода. Устройство электронного микроскопа, принципы формирования изображения. Возможности и применение электронной микроскопии макромолекул в структурной биологии.

## **Раздел 9.**

### **Методы молекулярного моделирования**

Понятие эксперимента *in silico*. Методы молекулярного моделирования как необходимый компонент интерпретации экспериментальных данных в структурной биологии. Метод эмпирических силовых полей. Молекулярная динамика. Метод Монте-Карло. Моделирование на основании гомологии. Молекулярный докинг и виртуальный скрининг химических баз данных. Понятие о драг-дизайне. Структурные базы данных. Поиск в базах данных, алгоритмы выравнивания по последовательности и по структуре. Структурные выравнивания. Белковый дизайн и перспективы его будущих применений.

## **Раздел 10.**

### **Атомно-силовая микроскопия**

Основные физические принципы работы атомно-силового микроскопа. Исследование молекулярных объектов методом АСМ. Новые тенденции в развитии атомно-силовой микроскопии. Примеры работ, демонстрирующих использование АСМ для структурных

исследований биомолекул.

## **Раздел 11.**

### **Спектроскопия комбинационного рассеяния в биологии и медицине**

Основы колебательной спектроскопии. Особенности применения ИК и КР в изучении биологических объектов. Принципы интерпретации колебательных спектров. Применение КР спектроскопии в исследованиях структуры и особенностей взаимодействия биологических молекул. Возможности КР спектроскопии в исследованиях на уровне клеток и тканей, в том числе в живых организмах. Принципы усиления эффекта КР, гигантское комбинационное рассеяния (ГКР). Формирование КР усиливающих структур, применение эффекта в изучении живых объектов (на примере исследования мозга). КР микроскопия. Новые тенденции использования КР в микроскопии ближнего поля и зондово усиленной спектроскопии (Tip Enhanced Raman Spectroscopy, TERS). Принципы получения 3D изображений методами микроскопии ближнего поля. Перспективы использования новых методов для изучения структуры биологических объектов.

## **Раздел 12.**

### **Флуоресцентные наночастицы в биологических и медицинских приложениях**

Флуоресцентные наночастицы: классы наночастиц и их свойства. Синтез, параметры, модификация поверхности и функционализация наночастиц: квантовые точки, углеродные и кремниевые наночастицы, полимерные наночастицы, ап-конвертерные нанофосфоры. Особенности использования наночастиц в одно- и двух-фотонной микроскопии биологических объектов. Ферстеровский резонансный перенос энергии, сенсоры на основе флуоресцентных наночастиц. Фотодинамическая терапия. Использование флуоресцентных наночастиц для визуализации новообразований. Нано- и микрочастицы для адресной доставки в терапестике.

## **Раздел 13.**

### **Белковая инженерия для решения задач структурной биологии**

Подходы в белковой инженерии для решения задач структурной биологии. Глобулярные и мембранные белки, различные системы рекомбинантной продукции. Требования, предъявляемые к системам рекомбинантной продукции. Факторы, влияющие на уровень экспрессии рекомбинантных белков. Экспрессия в *E. coli*, клетках насекомых и эукариотических клетках. Различные подходы, штаммы и особенности. Бесклеточная продукция белков. Устройство бесклеточной белоксинтезирующей системы. Возможности и преимущества перед клеточными системами. Особенности применения для продукции мембранных белков. Понятие ренатурации белков. Особенности ренатурации глобулярных и мембранных белков. Основные подходы для ренатурации. Способы получения белковых молекул, содержащих генетически кодируемые и ковалентные метки, включая спектроскопические, флуоресцентные, парамагнитные и изотопные метки, а также таги для очистки и специфической детекции биомолекул. Формирование представления о использовании различных стратегий введения меток для решения задач молекулярной и структурной биологии и биотехнологии.

## **V. Самостоятельная работа**

В процессе освоения предмета предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

## **VI. Итоговая проверка знаний**



Учебный план по дисциплине «Структурная биология» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата.

**Примерные темы реферата:**

1. Объекты, задачи и методы структурной биологии.
2. Молекулярная спектроскопия электронного поглощения света. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Измерение концентрации молекул в растворе. Коррекция светорассеяния в спектрах поглощения.
3. Локализационная микроскопия (PALM, STORM). STED-микроскопия.
4. Молекулярная флуоресцентная спектроскопия
5. Конфокальная микроскопия.
6. Спектроскопия кругового дихроизма (КД).
7. Принцип масс-спектрометрического и хромато-масс-спектрометрического анализа. Идентификация и структурный анализ низкомолекулярных соединений. Идентификация и структурный анализ пептидов и белков.
8. Принцип масс-спектрометрического и хромато-масс-спектрометрического анализа. Применение хромато-масс-спектрометрии для качественного и количественного омиксного анализа сложных смесей.
9. Искусственные мембраномоделирующие среды. Применение для структурной биологии.
10. Методы получения информации о химической структуре низкомолекулярных соединений: ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия, ИК-спектроскопия, рентгеновская кристаллография.
11. Основные принципы ЯМР-спектроскопии, история развития метода. Место ЯМР-спектроскопии среди других методов структурной биологии.
12. ЯМР спектроскопия низкомолекулярных соединений: интеграл, мультиплетность, химический сдвиг. Связь со структурой формулой. Двумерная ЯМР спектроскопия низкомолекулярных соединений: спектры COSY, TOCSY, HSQC, HMBC. Спиновые системы, структуры фрагментов. Определение структурной формулы по данным ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии.
13. Фурье ЯМР-спектроскопия и устройство современных ЯМР-спектрометров. Многомерная спектроскопия ЯМР.
14. Масс спектрометрия низкомолекулярных соединений: методы ионизации, молекулярный ион, правила фрагментации, повторная фрагментация, дерево фрагментации, моноизотопная масса.
15. Устройство ЭПР-спектрометра, введение спиновых меток в биомолекулы. Задачи структурной биологии, решаемые с помощью ЭПР-спектроскопии.
16. Устройство ЭПР-спектрометра, введение спиновых меток в биомолекулы. Задачи структурной биологии, решаемые с помощью ЭПР-спектроскопии.
17. Рентгеновская кристаллография и малоугловое рентгеновское рассеяние.
18. Устройство электронного микроскопа, принципы формирования изображения. Возможности и применение электронной микроскопии макромолекул в структурной биологии.
19. Методы молекулярного моделирования как необходимый компонент интерпретации экспериментальных данных в структурной биологии.
20. Моделирование на основании гомологии. Молекулярный докинг и виртуальный скрининг химических баз данных.
21. Основные физические принципы работы атомно-силового микроскопа. Исследование молекулярных объектов методом АСМ.
22. Спектроскопия комбинационного рассеяния в биологии и медицине.
23. Применение спектроскопии комбинационного рассеяния в исследованиях структуры и особенностей взаимодействия биологических молекул.
24. Принципы получения 3D изображений методами микроскопии ближнего поля. Перспективы использования новых методов для изучения структуры биологических

объектов.

25. Флуоресцентные наночастицы: классы наночастиц и их свойства. Синтез, параметры, модификация поверхности и функционализация наночастиц.
26. Использование флуоресцентных наночастиц для визуализации новообразований. Нано- и микрочастицы для адресной доставки в терапестике.
27. Подходы в белковой инженерии для решения задач структурной биологии. Глобулярные и мембранные белки, различные системы рекомбинантной продукции.
28. Понятие ренатурации белков. Особенности ренатурации глобулярных и мембранных белков. Основные подходы для ренатурации.
29. Способы получения белковых молекул, содержащих генетически кодируемые и ковалентные метки, включая спектроскопические, флуоресцентные, парамагнитные и изотопные метки, а также таги для очистки и специфической детекции биомолекул.
30. Формирование представления о использовании различных стратегий введения меток для решения задач молекулярной и структурной биологии и биотехнологии.

## **VII. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература:**

1. Девид Нельсон, Майкл Кокс. Основы биохимии Ленинджера. В 3 томах. М., Лаборатория знаний, 2020.
2. Лебедев А. Т. Масс-спектрометрия в органической химии. Москва. 2003.
3. Mass spectrometry basics. Eds. C.G. Herbert, R.A.W. Johnstone. 2003. CRC Press.
4. New and emerging proteomic techniques. Eds. D. Nedelkov, R.W. Nelson, Methods in molecular biology, 328. 2006, Humana Press.
5. "Proteomics of human body fluids: principles, methods, and applications" Ed: Visith Thongboonkerd. 2007, Humana Press.
6. LC-MS/MS in Proteomics. Eds. P.R. Citillas and J.F. Timms, Methods in molecular biology, 2010, Humana Press SS.
7. В. Шмидт. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М., Техносфера, 2007.
8. G. Sluder, D.E. Wolf. Digital Microscopy. 3rd ed./4th ed., Methods in Cell Biol. V.81/1.114. 2007/2013
9. P.M. Conn. Imaging and Spectroscopic Analysis of Living Cells: Optical and Spectroscopic Techniques. Methods in Enzymology, V.504, 2012.
10. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, 2004.
11. A.Engel, D.J.Muller. Observing Single Biomolecules at Work with the Atomic Force Microscope. Nat. Struct. Biol. 2000. Vol. 1, N 9. P. 715–718.
12. Федотов М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости. М.: Физматлит, 2010.
13. И.Э.Нифантьев, П.В.Ивченко. Практический курс спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Методическая разработка, МГУ, Химический факультет, 2006.
14. K.H. Lundstrom, ed., Structural Genomics on Membrane Proteins, 1 edition, CRC Press, Boca Raton, 2006.
15. R. Grishammer, S. Buchanan. Structural Biology on Membrane Proteins, RSC Publishing, 2006
16. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. Molecular Biology of the Cell. 5th ed. Garland Science, New York, USA, 2007.
17. B. Hille, Ion Channels of Excitable Membranes (3rd ed.), Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, 2001.
18. K.H. Lundstrom, ed., Structural Genomics on Membrane Proteins, 1st edition, CRC Press, Boca Raton, 2006.
19. D.W. Murhammer Ed. Baculovirus and Insect Cell Expression Protocols. Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1350, 2015, Humana Press.
20. K. Alexandrov, W.A. Johnston, (Eds.) Cell-Free Protein Synthesis/ Methods and Protocols.

Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1118, 2014, Humana Press.

21. A. Gautier, M.J. Hinner (Eds.) Site-Specific Protein Labeling/ Methods and Protocols Series:Methods in Molecular Biology, Vol. 1118, 2014, Humana Press.

#### **Дополнительная литература:**

1. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. Molecular Biology of the Cell. 5th ed. Garland Science, New York, USA, 2007.
2. Schuchardt S, Sickmann A. Protein identification using mass spectrometry: a method overview. EXS. 2007; 97:141-170.
3. Chen G, Pramanik BN, Liu YH, Mirza UA. Applications of LC/MS in structure identifications of small molecules and proteins in drug discovery. J Mass Spectrom. 2007, 42:279-287.
3. Anderson, N. L., Anderson, N. G., The human plasma proteome: history, character, and diagnostic prospects. Mol Cell Proteomics 2002, 1, 845-867.
4. Chertov, O., Biragyn, A., Kwak, L. W., Simpson, J. T., et al., Organic solvent extraction of proteins and peptides from serum as an effective sample preparation for detection and identification of biomarkers by mass spectrometry. Proteomics 2004, 4, 1195-1203.
5. Kawashima, Y., Fukutomi, T., Tomonaga, T., Takahashi, H., et al., High-yield peptide-extraction
6. method for the discovery of subnanomolar biomarkers from small serum samples. J Proteome Res 2010, 9, 1694–1705.
7. Kozak, K. R., Su, F., Whitelegge, J. P., Faull, K., et al., Characterization of serum biomarkers for detection of early-stage ovarian cancer. Proteomics 2005, 5, 4589-4596.

### **VII. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

#### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

#### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

#### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

**Разработчик программы:** д.х.н Коршун В.А., к.х.н. Устинов А.В.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований высшего образования (ФГТ ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанному на основе этих требований, дисциплина «Химия нуклеиновых кислот» является факультативной дисциплиной в составе образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика. Объем курса составляет 36 академических часов (1 зачетная единица), из которых академических часов лекций.

## **I. Цели и задачи изучения дисциплины**

**I.1 Цель дисциплины:** ознакомление аспирантов с химическими аспектами строения, свойств и применения нуклеиновых кислот.

**I.2 Задачи дисциплины:** усвоение аспирантами информации о физико-химических свойствах нуклеиновых кислот, методах их химической модификации, синтезе и применении конъюгатов нуклеиновых кислот.

**I.3. Связь с другими дисциплинами:** Курс «Химия нуклеиновых кислот» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по укрупненной группе научных специальностей 1.5. Биологические науки образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

## **II. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Форма обучения – ОЧНАЯ

**Общий объем дисциплины:** 1 зачетная единица или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)	Контроль (час)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы		
36	22	-	-	14	-
	22				

**Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:**

№	Наименование тем и разделов	Аудиторные занятия (час) в том числе	
		Лекции	Семинары
1	Введение. Нуклеиновые кислоты как носитель наследственной информации. Химическая структура ДНК и РНК.	2	-
2	Строение нуклеиновых кислот. Реализация генетической информации: репликация, транскрипция, трансляция. Неферментативные превращения, приводящие к мутациям ДНК. Секвенирование ДНК.	4	-
3	Олигонуклеотидный синтез. Твердофазный автоматизированный синтез биополимеров.	4	-
4	Выделение и очистка олигонуклеотидов: гель-электрофорез, обращённо-фазовая хроматография, ионообменная хроматография. Анализ олигонуклеотидов: капиллярный электрофорез, масс-спектрометрия.	2	-
5	Флуоресцентные ДНК-зонды.	2	-
6	НК-нанотехнология. Самоорганизация нуклеиновых кислот. Шпильки, сочленения, дискретные наноструктуры. Упорядоченные ДНК-слои. Динамические структуры. Двумерные и трёхмерные структуры. НК-наноструктуры для терапии и диагностики. Химические методы для синтеза разветвлённых конъюгатов ДНК.	2	-
7	Модифицированные нуклеозиды и нуклеотиды в качестве противовирусных и противоопухолевых препаратов.	2	-
8	ДНК-кодируемые динамические химические библиотеки, аптамеры. Аптамеры, SELEX, модификации аптамеров, шпигельмеры. ДНК-кодируемые библиотеки: получение и скрининг. Химические реакции на ДНК-матрицах.	2	-
9	Модификации в природных нуклеиновых кислотах.	2	-
	Всего:		-
	<b>Итого:</b>	22	

### III. Содержание курса:

#### Раздел 1.

##### Введение.

Живая и неживая материя. Атомы, молекулы, химическая связь, органические вещества, изображение формул, номенклатура для описания конфигурации стереоцентров. Нуклеиновые кислоты как носитель наследственной информации. Химическая структура ДНК и РНК.

#### Раздел 2.

## **Строение НК.**

Нуклеозиды, нуклеотиды: номенклатура. Олигонуклеотиды. Щелочной гидролиз РНК. Кислотная апуринизация. Окисление НК. Поглощение в УФ-области. Строение двойной спирали ДНК, комплементарность оснований. Типы вторичной структуры ДНК. Плавление ДНК-дуплексов. ДНК-триплексы и тетраплексы. Реализация генетической информации: репликация, транскрипция, трансляция. Неферментативные превращения, приводящие к мутациям ДНК. Секвенирование ДНК.

## **Раздел 3.**

### **Олигонуклеотидный синтез.**

Зачем нужны олигонуклеотиды? Твердофазный автоматизированный синтез биополимеров. Защитные группы, синтетический цикл. Фосфодиэфирный, Н-фосфонатный и фосфамидитный методы олигонуклеотидного синтеза. Универсальный линкер. Синтез олигомеров РНК. Источники примесей в олигонуклеотидном синтезе. Модификации олигонуклеотидов в автоматическом синтезаторе. Пост-синтетическая модификация олигонуклеотидов. Выделение и очистка олигонуклеотидов: гель-электрофорез, обращённо-фазовая хроматография, ионообменная хроматография. Анализ олигонуклеотидов: капиллярный электрофорез, масс-спектрометрия.

## **Раздел 4.**

### **Флуоресцентные ДНК-зонды.**

Флуоресценция; диаграмма Яблонского и Стоксов сдвиг. Флуоресцентные красители: ксантеновые (флуоресцеины, родамины), индокарбофаниновые, дифтордипиррометеновые. Реагенты для введения красителей в различные положения олигонуклеотида. Ферментативное мечение НК с помощью трифосфатов. Визуализация *de novo* ДНК с помощью 5-этинил-2'-дезоксинуридина (EdU). Тушители флуоресценции. Флуорогенные зонды и принцип ПЦР в режиме реального времени. Связывающиеся с ДНК красители. FRET и эксимеры в ДНК-зондах.

## **Раздел 5.**

### **НК-нанотехнология.**

Самоорганизация нуклеиновых кислот. Шпильки, сочленения, дискретные наноструктуры. Упорядоченные ДНК-слои. Динамические структуры. Двумерные и трёхмерные структуры. НК-наноструктуры для терапии и диагностики. Химические методы для синтеза разветвлённых конъюгатов ДНК.

## **Раздел 6.**

### **Модифицированные нуклеозиды и нуклеотиды в качестве противовирусных и противоопухолевых препаратов.**

Метаболизм нуклеотидов. Транспорт нуклеозидов в клетки. Мишени нуклеозидных лекарств. Цитотоксичность, биодоступность. Пути модификации нуклеозидов и нуклеотидов: модификация по углеводному остатку и основанию. Химическое гликозилирование. Аналоги нуклеозидов: LNA, карбоциклические нуклеозиды, C-нуклеозиды, ациклические аналоги нуклеозидов. Фосфонатные аналоги нуклеотидов.

## **Раздел 7.**

### **Конъюгаты нуклеиновых кислот.**

Металлизация ДНК. Конъюгаты с люминесцентными Ag-нанокластерами. Конъюгаты

с Au- и другими наночастицами. «Сферические нуклеиновые кислоты». Средства доставки НК. Иммуно-ПЦР. Конъюгаты с малобороздочными лигандами.

## **Раздел 8.**

### **ДНК-кодируемые динамические химические библиотеки, аптамеры.**

Аптамеры, SELEX, модификации аптамеров, шпигельмеры. ДНК-кодируемые библиотеки: получение и скрининг. Химические реакции на ДНК-матрицах.

## **Раздел 9.**

### **Модификации в природных нуклеиновых кислотах.**

Эпигенетика, метилирование цитозина и аденина в ДНК. Модифицированные нуклеозиды в РНК, методы их исследования. Повреждение ДНК УФ-светом: тиминовые димеры. Эндогенное окислительное повреждение ДНК: гидроксильные радикалы, синглетный кислород и другие реакционноспособные формы кислорода. Экзогенные факторы химического воздействия на ДНК: алкилирующие агенты, канцерогены. Механизм канцерогенного действия на примере бенз[а]пирена. Поперечные сшивки в ДНК, митомицин С, псорален. Ендиновые антибиотики.

## **IV. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература для освоения теоретического курса**

К разделам 1 и 2.

1-2.1. Д.Д. Уотсон. Двойная спираль. М: Мир, 1969.

<http://www.chem.msu.su/rus/books/watson/welcome.html>

1-2.2. Э. Чаргафф. Белибердинское столпотворение.

<http://pochit.ru/himiya/72954/index.html>

1-2.3. Я. Кольман, К. Рём. Наглядная биохимия. М: Мир, 2004 (ISBN 5–03–003593–1)

1-2.4. D.L. Nelson, M.M. Cox, Lehninger principles of biochemistry, W.H. Freeman and Co., 2008 (ISBN 978-0-7167-7108-1); Д. Нельсон, М. Кокс. Основы биохимии

Ленинджера. Учебник. В 3-х томах. М: Бином, 2017. Том 3. Пути передачи информации (ISBN 978-5-00101-248-1)

1-2.5. G.M. Blackburn, M.J. Gait, D. Loakes, D.M. Williams, Eds. Nucleic acids in chemistry and biology, 3rd Ed. RSC Publishing, 2006 (ISBN 978-0-85404-654-6)

1-2.6. S. Müller, Ed. Nucleic acids from A to Z. A concise encyclopedia, Wiley-VCH, 2008 (ISBN 978-3-527-31211-5)

1-2.7. P.Y. Bruice. Organic chemistry. 8th Ed. Pearson, 2017 (ISBN 9780134042282)

К разделу 3.

3.1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Синтез\\_олигонуклеотидов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Синтез_олигонуклеотидов)

3.2. Caruthers M.H. Chemical synthesis of DNA and DNA analogues. Acc Chem Res 1991 24 278–284 (10.1021/ar00009a005)

3.3. Roy S. and Caruthers M. Synthesis of DNA/RNA and their analogs via phosphoramidite and H-phosphonate chemistries. Molecules 2013 18 14268–14284 (10.3390/molecules181114268)

3.4. Wei X. Coupling activators for the oligonucleotide synthesis via phosphoramidite approach. Tetrahedron 2013 69 3615–3637 (10.1016/j.tet.2013.03.001)

3.5. Glazier D.A. et al. Chemical synthesis and biological application of modified oligonucleotides. Bioconjugate Chem. 2020 31 1213–1233 (10.1021/acs.bioconjchem.0c00060)

3.6. Moai Y. and Kodama T. Recent developments of artificial functional oligo nucleic acids. Tetrahedron Lett 2020 61 151708 (10.1016/j.tetlet.2020.151708)



К разделу 4.

- 4.1. Wetmur J.G. DNA probes – applications of the principles of nucleic acid hybridization. *Crit Rev Biochem Mol Biol* 1991 26 227–259 (10.3109/10409239109114069)
- 4.2. J.R. Lakowicz. Principles of fluorescence spectroscopy, 3rd Ed. Springer, 2006 (ISBN 978-0387-31278-1)
- 4.3. Tyagi S. and Kramer F.R. Molecular beacons: probes that fluoresce upon hybridization. *Nat Biotechnol* 1996 14 303–308 (10.1038/nbt0396-303)
- 4.4. Tyagi S. et al. Multicolor molecular beacons for allele discrimination. *Nat Biotechnol* 1998 16 49–53 (10.1038/nbt0198-49)
- 4.5. Ranasinghe R.T. and Brown T. Fluorescence based strategies for genetic analysis. *Chem Commun* 2005 5487–5502 (10.1039/b509522k)
- 4.6. Huang J. et al. Design and bioanalytical applications of DNA hairpin-based fluorescent probes. *Tr Anal Chem* 2014 53 11–20 (10.1016/j.trac.2013.08.007)
- 4.7. Navarro E. et al. Real-time PCR detection chemistry. *Clin Chim Acta* 2015 439 231–250 (10.1016/j.cca.2014.10.017)
- 4.8. Zheng J. et al. Rationally designed molecular beacons for bioanalytical and biomedical applications. *Chem Soc Rev* 2015 44 3036–3055 (10.1039/c5cs00020c)
- 4.9. Quan K. et al. FRET-based nucleic acid probes: basic designs and applications in bioimaging. *Tr Anal Chem* 2020 124 115784 (10.1016/j.trac.2019.115784)

К разделу 5.

- 5.1. Seeman N. Nucleic acid junctions and lattices. *J Theor Biol* 1982 99 237–247 (10.1016/0022-5193(82)90002-9)
- 5.2. Chen J. and Seeman N.C. Synthesis from DNA of a molecule with the connectivity of a cube. *Nature* 1991 350 631–633 (10.1038/350631a0)
- 5.3. Zhang Y. and Seeman N.C. Construction of a DNA-truncated octahedron. *J Am Chem Soc* 1994 116 1661–1669 (10.1021/ja00084a006)
- 5.4. Rothemund P.W.K. Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns. *Nature* 2006 440 297–302 (10.1038/nature04586)
- 5.5. Andersen E.S. et al. Self-assembly of a nanoscale DNA box with a controllable lid. *Nature* 2009 459 73–76 (10.1038/nature07971)
- 5.6. Iinuma R. et al. Polyhedra self-assembled from DNA tripods and characterized with 3D DNA-PAINT. *Science* 2014 344 65–69 (10.1126/science.1250944)
- 5.7. Veneziano R. et al. Designer nanoscale DNA assemblies programmed from the top down. *Science* 2016 352 aaf4388 (10.1126/science.aaf4388)
- 5.8. Tikhomirov G. et al. Fractal assembly of micrometre-scale DNA origami arrays with arbitrary patterns. *Nature* 2017 552 67–71 (10.1038/nature24655)
- 5.9. Ong L.L. et al. Programmable self-assembly of three-dimensional nanostructures from 10,000 unique components. *Nature* 2017 552 72–77 (10.1038/nature24648)
- 5.10. Wagenbauer K.F. et al. Gigadalton-scale shape-programmable DNA assemblies. *Nature* 2017 552 78–83 (10.1038/nature24651)
- 5.11. Praetorius F. et al. Biotechnological mass production of DNA origami. *Nature* 2017 552 84–87 (10.1038/nature24650)
- 5.12. Seeman N.C. and Sleiman H.F. DNA nanotechnology. *Nat Rev Mater* 2018 3 17068 (10.1038/natrevmats.2017.68)
- 5.13. Wang X. et al. Paraneic crossover DNA: there and back again. *Chem Rev* 2019 119 6273–6289 (10.1021/acs.chemrev.8b00207)
- 5.14. Hu Q. et al. DNA nanotechnology-enabled drug delivery systems. *Chem Rev* 2019 119 6459–6506 (10.1021/acs.chemrev.7b00663)
- 5.15. Xiao M. et al. Rationally engineered nucleic acid architectures for biosensing applications. *Chem Rev* 2019 119 11631–11717 (10.1021/acs.chemrev.9b00121)

- 5.16. Mohapatra S. et al. Single-molecule analysis and engineering of DNA motors. *Chem Rev* 2020 120 36–78 (10.1021/acs.chemrev.9b00361)
- 5.17. Dong Y. et al. DNA functional materials assembled from branched DNA: design, synthesis, and applications. *Chem Rev* 2020 120 9420–9481 (10.1021/acs.chemrev.0c00294)
- 5.18. Ramezani H. and Dietz H. Building machines with DNA molecules. *Nat Rev Genet* 2020 21 17068 (10.1038/s41576-019-0175-6)

К разделу 6.

- 6.1. Kaur H. et al. Perspectives on chemistry and therapeutic applications of locked nucleic acid (LNA). *Chem Rev* 2007 107 4672–4697 (10.1021/cr050266u)
- 6.2. Hagedorn P.H. et al. Locked nucleic acid: modality, diversity, and drug discovery. *Drug Discov Today* 2018 23 101–114 (10.1021/cr050266u)
- 6.3. Jordheim P.P. et al. Advances in the development of nucleoside and nucleotide analogues for cancer and viral diseases. *Nat Rev Drug Discov* 2013 12 447–464 (10.1038/nrd4010)
- 6.4. De Clercq E. C-Nucleosides to be revisited. *J Med Chem* 2016 59 2301–2311 (10.1021/acs.jmedchem.5b01157)
- 6.5. Cavaliere A. et al. Fluorinated nucleosides as an important class of anticancer and antiviral agents. *Future Med Chem* 2017 9 1809–1933 (10.4155/fmc-2017-0095)
- 6.6. Seley-Radtke K.L. and Yates M.K. The evolution of nucleoside analogue antivirals: A review for chemists and non-chemists. Part 1: Early structural modifications to the nucleoside scaffold. *Antivir Res* 2018 154 66–86 (10.1016/j.drudis.2017.09.018)
- 6.7. Yates M.K. and Seley-Radtke K.L. The evolution of antiviral nucleoside analogues: A review for chemists and non-chemists. Part II: Complex modifications to the nucleoside scaffold. *Antivir Res* 2019 162 5–21 (10.1016/j.antiviral.2018.11.016)
- 6.8. Gizzi A.S. et al. A naturally occurring antiviral ribonucleotide encoded by the human genome. *Nature* 2018 558 610–614 (10.1038/s41586-018-0238-4)

К разделу 7.

металлизация и минерализация ДНК

- 7.1. Braun E. et al. DNA-templated assembly and electrode attachment of a conducting silver wire. *Nature* 1998 391 775–778 (10.1038/35826)
- 7.2. Mertig M. et al. DNA as a selective metallization template. *Nano Lett* 2002 2 841–844 (10.1021/nl025612r)
- 7.3. Berti L. et al. DNA-templated photoinduced silver deposition. *J Am Chem Soc* 2005 127 11216–11217 (10.1021/ja052461w)
- 7.4. Schreiber R. et al. DNA origami-templated growth of arbitrarily shaped metal nanoparticles. *Small* 2011 7 1795–1799 (10.1002/smll.201100465)
- 7.5. Chen Z. et al. DNA metallization: principles, methods, structures, and applications. *Chem Soc Rev* 2018 47 4017–4072 (10.1002/smll.201100465)
- 7.6. Jia S. et al. Programming DNA origami patterning with noncanonical DNA-based metallization reactions. *Nat Commun* 2019 10 5597 (10.1038/s41467-019-13507-5)
- 7.7. Zhou F. et al. Programmably shaped carbon nanostructure from shape-conserving carbonization of DNA. *ACS Nano* 2016 10 3069–3077 (10.1021/acs.nano.5b05159)
- 7.8. Liu X. et al. Complex silica composite nanomaterials templated with DNA origami. *Nature* 2018 559 593–598 (10.1038/s41586-018-0332-7)
- 7.9. Nguyen L. et al. DNA-origami-templated silica growth by sol–gel chemistry. *Angew Chem Int Ed* 2019 58 912–916 (10.1002/anie.201811323)
- 7.10. Shai L. et al. DNA-assembled superconducting 3D nanoscale architectures. *Nat Commun* 2020 11 5697 (10.1038/s41467-020-19439-9)

люминесцентные нанокластеры серебра на ДНК

- 7.11. Petty J.T. et al. DNA-templated Ag nanocluster formation. *J Am Chem Soc* 2004 126

5207–5212 (10.1021/ja031931o)

7.12. Gwinn E.G. et al. Sequence-dependent fluorescence of DNA-hosted silver nanoclusters. *Adv Mater* 2008 20 279–283 (10.1002/adma.200702380)

7.13. Richards C.I. et al. Oligonucleotide-stabilized Ag nanocluster fluorophores. *J Am Chem Soc* 2008 130 5038–5039 (10.1021/ja8005644)

7.14. Han B. and Wang E. DNA-templated fluorescent silver nanoclusters. *Anal Bioanal Chem* 2012 402 129–138 (10.1007/s00216-011-5307-6)

7.15. Latorre A. and Somoza A. DNA-mediated silver nanoclusters: synthesis, properties and applications. *ChemBioChem* 2012 13 951–958 (10.1002/cbic.201200053)

7.16. New S.Y. et al. DNA-templated silver nanoclusters: structural correlation and fluorescence modulation. *Nanoscale* 2016 8 17729–17746 (10.1039/c6nr05872h)

7.17. Ceczy R. et al. Formation and structure of fluorescent silver nanoclusters at interfacial binding sites facilitating oligomerization of DNA hairpins. *Angew Chem Int Ed* 2020 59 16091–16097 (10.1002/anie.202005102)

7.18. Xu J. et al. Recent advances in the bioanalytical and biomedical applications of DNA-templated silver nanoclusters. *Tr Anal Chem* 2020 124 115786 (10.1016/j.trac.2019.115786)

конъюгаты ДНК с наночастицами золота, «сферические нуклеиновые кислоты»

7.19. Thomas M. and Klibanov A.M. Conjugation to gold nanoparticles enhances polyethylenimine's transfer of plasmid DNA into mammalian cells. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003 100 9138–9143 (10.1073/pnas.1233634100)

7.20. Graczyk A. et al. Gold nanoparticles in conjunction with nucleic acids as a modern molecular system for cellular delivery. *Molecules* 2020 25 204 (10.3390/molecules25010204)

7.21. Cutler J.I. et al. Polyvalent nucleic acid nanostructures. *J Am Chem Soc* 2011 133 9254–9257 (10.1021/ja203375n)

7.22. Cutler J.I. et al. Spherical nucleic acids. *J Am Chem Soc* 2012 134 1376–1391 (10.1021/ja209351u)

7.23. Choi C.H.J. et al. Mechanism for the endocytosis of spherical nucleic acid nanoparticle conjugates. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013 110 7625–7630 (10.1073/pnas.1305804110)

7.24. Li H. et al. Molecular spherical nucleic acids. *Proc Natl Acad Sci USA* 2018 115 4340–4344 (10.1073/pnas.1801836115)

конъюгаты ДНК с малобороздочными лигандами

7.25. Afonina I.A. et al. Minor groove binder-conjugated DNA probes for quantitative DNA detection by hybridization-triggered fluorescence. *BioTechniques* 2002 32 940–949 (10.2144/02324pf01)

К разделу 8.

аптамеры

8.1. Hermann T. and Patel D.J. Biochemistry – adaptive recognition by nucleic acid aptamers. *Science* 2000 287 820–825 (10.1126/science.287.5454.820)

8.2. Nimjee S.M. et al. Aptamers: an emerging class of therapeutics. *Annu Rev Med* 2005 56 555–583 (10.1146/annurev.med.56.062904.144915)

8.3. Stoltenburg R. et al. SELEX – a (r)evolutionary method to generate high-affinity nucleic acid ligands. *Biomol Eng* 2007 24 381–403 (10.1016/j.bioeng.2007.06.001)

8.4. Famulok M. et al. Functional aptamers and aptazymes in biotechnology, diagnostics, and therapy. *Chem Rev* 2007 107 3715–3743 (10.1021/cr0306743)

8.5. Bunka D.H.J. and Stockley P.G. Aptamers come of age – at last. *Nat Rev Microbiol* 2006 4 588–596 (10.1038/nrmicro1458)

8.6. Keefe A.D. et al. Aptamers as therapeutics. *Nat Rev Drug Discov* 2010 9 537–550 (10.1038/nrd3141)

8.7. Zhou J.H. and Rossi J. Aptamers as targeted therapeutics: current potential and

challenges. *Nat Rev Drug Discov* 2017 16 181–202 (10.1038/nrd.2016.199)

8.8. Munzar J.D. et al. Duplexed aptamers: history, design, theory, and application to biosensing. *Chem Soc Rev* 2019 48 1390–1419 (10.1039/c8cs00880a)

8.9. Vater A. and Klussmann S. Turning mirror-image oligonucleotides into drugs: the evolution of Spiegelmer therapeutics. *Drug Discov Today* 2015 20 147–155 (10.1016/j.drudis.2014.09.004)

8.10. Micura R. and Hobartner C. Fundamental studies of functional nucleic acids: aptamers, riboswitches, ribozymes and DNAzymes. *Chem Soc Rev* 2020 49 7331–7353 (10.1039/d0cs00617c)

8.11. Li L. et al. Nucleic acid aptamers for molecular diagnostics and therapeutics: advances and perspectives. *Angew Chem Int Ed* 2021 60 2221–2231 (10.1002/anie.202003563)

ДНК-кодируемые библиотеки

8.12. Melkko S. et al. Lead discovery by DNA-encoded chemical libraries. *Drug Discov Today* 2007 12 465–471 (10.1016/j.drudis.2007.02.013)

8.13. Clark M.A. et al. Design, synthesis and selection of DNA-encoded small-molecule libraries. *Nat Chem Biol* 2009 5 647–654 (10.1038/nchembio.211)

8.14. Kleiner R.E. et al. Small-molecule discovery from DNA-encoded chemical libraries. *Chem Soc Rev* 2011 40 5707–5717 (10.1039/c1cs15076f)

8.15. Krall N. et al. Small targeted cytotoxics: current state and promises from DNA-encoded chemical libraries. *Angew Chem Int Ed* 2013 52 1384–1402 (10.1002/anie.201204631)

8.16. Franzini R.M. et al. DNA-encoded chemical libraries: advancing beyond conventional small-molecule libraries. *Acc Chem Res* 2014 47 1247–1255 (10.1021/ar400284t)

8.17. Decurtins W. et al. Automated screening for small organic ligands using DNA-encoded chemical libraries. *Nat Protocols* 2016 11 764–780 (10.1038/nprot.2016.039)

8.18. Goodnow R.A., Jr. et al. DNA-encoded chemistry: enabling the deeper sampling of chemical space. *Nat Rev Drug Discov* 2017 16 131–147 (10.1038/nrd.2016.213)

8.19. Neri D. and Lerner R.A. DNA-encoded chemical libraries: a selection system based on endowing organic compounds with amplifiable information. *Annu Rev Biochem* 2018 87 479–502 (10.1146/annurev-biochem-062917-012550)

8.20. Flood D.T. et al. Expanding reactivity in DNA-encoded library synthesis via reversible binding of DNA to an inert quaternary ammonium support. *J Am Chem Soc* 2019 141 9998–10006 (10.1021/jacs.9b03774)

8.21. Dickson P. and Kodalek T. Chemical composition of DNA-encoded libraries, past present and future. *Org Biomol Chem* 2019 17 4676–4688 (10.1039/c9ob00581a)

8.22. Xu H. et al. A chemistry for incorporation of selenium into DNA-encoded libraries. *Angew Chem Int Ed* 2020 59 13273–13280 (10.1002/anie.202003595)

8.23. Martín A. et al. Navigating the DNA encoded libraries chemical space. *Comm Chem* 2020 3 127 (10.1038/s42004-020-00374-1)

8.24. Shi Y. et al. DNA-encoded libraries (DELs): a review of on-DNA chemistries and their output. *RSC Adv* 2021 11 2359–2376 (10.1039/d0ra09889b)

8.25. Huang Y. et al. Selection of DNA-encoded chemical libraries against endogenous membrane proteins on live cells. *Nat Chem* 2021 13 77–88 (10.1038/s41557-020-00605-x)

8.26. Fitzgerald P.R. and Paegel B.M. DNA-encoded chemistry: drug discovery from a few good reactions. *Chem Rev* 2021 121 (10.1021/acs.chemrev.0c00789)

органический синтез на ДНК-матрице

8.27. Gartner Z.J. and Liu D.R. The generality of DNA-templated synthesis as a basis for evolving non-natural small molecules. *J Am Chem Soc* 2001 123 6961–6963 (10.1021/ja015873n)

- 8.28. Kanan M.W. et al. Reaction discovery enabled by DNA-templated synthesis and in vitro selection. *Nature* 2004 431 545–549 (10.1038/nature02920)
- 8.29. Li X. and Liu D.R. DNA-templated organic synthesis: nature's strategy for controlling chemical reactivity applied to synthetic molecules. *Angew Chem Int Ed* 2004 43 4848–4870 (10.1002/anie.200400656)
- 8.30. Gartner Z.J. et al. DNA-templated organic synthesis and selection of a library of macrocycles. *Science* 2004 305 1601–1605 (10.1126/science.1102629)
- 8.31. Li G. et al. Novel encoding methods for DNA-templated chemical libraries. *Curr Opin Chem Biol* 2015 26 25–33 (10.1016/j.cbpa.2015.01.004)
- 8.32. O'Reilly R.K. et al. The evolution of DNA-templated synthesis as a tool for materials discovery. *Acc Chem Res* 2017 50 2496–2509 (10.1021/acs.accounts.7b00280)

К разделу 9.

популярно об эпигенетике

- 9.1. <https://biomolecula.ru/articles/epigenetika-v-zakone-o-chem-metilirovanie-dnk-rasskazhet-kriminalistam>

5-метилцитозиновая модификация

- 9.2. Booth M.J. et al. Chemical methods for decoding cytosine modifications in DNA. *Chem Rev* 2015 115 2240–2254 (10.1021/cr5002904)
- 9.3. Wu X. and Zhang Y. TET-mediated active DNA demethylation: mechanism, function and beyond. *Nat Rev Genet* 2017 18 517–534 (10.1038/nrg.2017.33)
- 9.4. Bayraktar G. and Kreutz M.R. The role of activity-dependent DNA demethylation in the adult brain and in neurological disorders. *Front Mol Neurosci* 2018 11 169 (10.3389/fnmol.2018.00169)
- 9.5. Xu X. et al. Advances in methods and software for RNA cytosine methylation analysis. *Genomics* 2020 112 1840–1846 (10.1016/j.ygeno.2019.10.017)

N6-метиладенозиновая модификация

- 9.6. Ratel D. et al. N6-methyladenine: the other methylated base of DNA. *BioEssays* 2006 28 309–315 (10.1002/bies.20342)
- 9.7. Wu T.P. et al. DNA methylation on N6-adenine in mammalian embryonic stem cells. *Nature* 2016 532 329–333 (10.1038/nature17640)
- 9.8. Bochtler M. and Fernandes H. DNA adenine methylation in eukaryotes: enzymatic mark or a form of DNA damage? *BioEssays* 2021 43 2000243 (10.1002/bies.202000243)

минорные нуклеозиды в РНК

- 9.9. Boccaletto P. et al. MODOMICS: a database of RNA modification pathways. 2017 update. *Nucleic Acids Res* 2018 46 D303–D307 (10.1093/nar/gkx1030)
- 9.10. Kellner S. et al. Profiling of RNA modifications by multiplexed stable isotope labelling. *Chem Commun* 2014 50 3516–3518 (10.1039/c3cc49114e)
- 9.11. Su D. et al. Quantitative analysis of ribonucleoside modifications in tRNA by HPLC-coupled mass spectrometry. *Nat Protocols* 2014 9 828–841 (10.1038/nprot.2014.047)
- 9.11. Dal Magro C. et al. A vastly increased chemical variety of RNA modifications containing a thioacetal structure. *Angew Chem Int Ed* 2018 57 7893–7897 (10.1002/anie.201713188)
- 9.12. Galvanin A. et al. Bacterial tRNA 2'-O-methylation is dynamically regulated under stress conditions and modulates innate immune response. *Nucleic Acids Res* 2020 48 12833–12844 (10.1093/nar/gkaa1123)

окислительное повреждение ДНК

- 9.13. Burrows S. and Muller J.G. Oxidative nucleobase modifications leading to strand scission. *Chem Rev* 1998 98 1109–1151 (10.1021/cr960421s)
- 9.14. Dizdaroglu M. et al. Free radical-induced damage to DNA: mechanisms and measurement. *Free Radical Biol Med* 2002 32 1102–1115 (10.1016/S0891-5849(02)00826-2)

- 9.15. Pluskota-Karwatka D. Modifications of nucleosides by endogenous mutagens–DNA adducts arising from cellular processes. *Bioorg Chem* 2008 36 198–213 (10.1016/j.bioorg.2008.04.002)  
поперечные сшивки в ДНК
- 9.16. Jamieson E. and Lippard S.J. Structure, recognition, and processing of cisplatin-DNA adducts. *Chem Rev* 1999 99 2467–2498 (10.1021/cr980421n)
- 9.17. Noll D.M. et al. Formation and repair of interstrand cross-links in DNA. *Chem Rev* 2006 106 277–301 (10.1021/cr040478b)
- 9.18. Dasari S. and Tchounwou P.B. Cisplatin in cancer therapy: molecular mechanisms of action. *Eur J Pharmacol* 2014 740 364–378 (10.1016/j.ejphar.2014.07.025)  
алкилирование ДНК и аддукты с канцерогенами
- 9.19. Xue W. and Warshawsky D. Metabolic activation of polycyclic and heterocyclic aromatic hydrocarbons and DNA damage: a review. *Toxicol Appl Pharmacol* 2005 206 73–93 (10.1016/j.taap.2004.11.006)
- 9.20. Mishina Y. et al. Direct reversal of DNA alkylation damage. *Chem Rev* 2006 106 215–232 (10.1021/cr0404702)
- 9.21. Vongsutilers V. and Gannett P.M. C8-Guanine modifications: effect on Z-DNA formation and its role in cancer. *Org Biomol Chem* 2018 16 2198–2209 (10.1039/c8ob00030a)
- 9.22. Nicolaou K.C. and Dai W.-M. Chemistry and biology of the enediyne anticancer antibiotics. *Angew Chem Int Ed* 1991 30 1387–1416 (10.1002/anie.199113873)
- 9.23. Smith A.L. and Nicolaou K.C. The enediyne antibiotics. *J Med Chem* 1996 39 2103–2117 (10.1021/jm9600398)
- 9.24. Kitamura N. et al. Molecular aspects of furocoumarin reactions: photophysics, photochemistry, photobiology, and structural analysis. *J Photochem Photobiol C Photochem Rev* 2005 6 168–185 (10.1016/j.jphotochemrev.2005.08.002)

## **V. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

### **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ИБХ РАН

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.



академик А.Г.Габибов  
от «11» апреля 2025г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Форма обучения: очная

Сроки обучения: 4 года



Разработчики программы: к.х.н., с.н.с. УНЦ С.В. Баландин; к.х.н. П.В. Пантелеев; н.с. УНЦ И.А. Болосов; к.б.н. Н.М. Мышкина; к.х.н., н.с. УНЦ И.В. Богданов и др.

Рабочая программа разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951), утвержденным Учебным планом аспирантов на основании решения Учёного совета ГНЦ ИБХ РАН.

### **1. Цель и задачи прохождения практики**

Цель практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (далее практика) заключается в овладение аспирантами методами и приёмами научных исследований на практике.

Задачи практики - совершенствование навыков исследовательской работы с биологическими объектами; ознакомление с методами и подходами к их изучению; выработка умений использовать полученные знания при изучении последующих биологических дисциплин.

### **2. Организация и руководство практики**

Организатором практики аспиранта является отдел аспирантуры ГНЦ ИБХ РАН (далее - Институт), который обеспечивает планирование и учет результатов практики, составляет план-график экспериментального исследования и сроки прохождения практики аспирантом, вносит план-график практики в индивидуальный учебный план аспиранта, проводит необходимые организационные мероприятия по выполнению программы практики. По итогам прохождения практики аспирант предоставляет зачетную ведомость.

### **3. Объем программы и вид учебной работы**

Объем программы составляет 108 академических часов (3 зачётные единицы). Вид учебной работы - практика.

### **4. Место и время проведения практики**

Способ проведения научно-исследовательской практики – «стационарная». Место проведения практики - структурные научные подразделения Института.

Научные подразделения Института:

#### **Отдел пептидно-белковых технологий**

- Лаборатория биокатализа
- Лаборатория белков гормональной регуляции
- Лаборатория химии протеолитических ферментов
- Группа молекулярной физиологии
- Группа экспрессии белковых факторов роста и дифференцировки

#### **Отдел молекулярной нейробиологии**

- Лаборатория нейрорецепторов и нейрорегуляторов
- Лаборатория внесинаптической передачи
- Лаборатория синтетических вакцин
- Лаборатория молекулярных инструментов для нейробиологии

#### **Отдел геномных и постгеномных технологий**

- Лаборатория структуры и функций генов человека
- Лаборатория регуляторной транскриптомики

- Лаборатория молекулярных основ эмбриогенеза
- Группа геномного анализа сигнальных систем клетки
- Группа генной иммуноонкотерапии

#### **Отдел биоинженерии**

- Лаборатория инженерии белка
- Лаборатория биоинженерии нейромодуляторов и нейрорецепторов
- Группа нанобиоинженерии

#### **Отдел иммунологии**

- Лаборатория клеточных взаимодействий
- Лаборатория молекулярной иммунологии
- Лаборатория молекулярной тераностики
- Лаборатория онконанотераностики

#### **Отдел структурной биологии**

- Лаборатория биомолекулярной ЯМР-спектроскопии
- Лаборатория моделирования биомолекулярных систем
- Лаборатория оптической микроскопии и спектроскопии биомолекул
- Лаборатория структурной биологии ионных каналов
- Группа анализа структуры мембранных белков in silico

#### **Отдел биомолекулярной химии**

- Лаборатория химии метаболических путей
- Лаборатория молекулярных основ стрессоустойчивости растений
- Группа синтетической биологии
- Лаборатория биотехнологии растений

#### **Отдел молекулярной нейроиммунной сигнализации**

- Лаборатория молекулярной токсинологии
- Лаборатория лиганд-рецепторных взаимодействий
- Лаборатория оксипиринов

#### **Отдел «Учебно-научный центр» и другие.**

Спектр проблем, изучаемых в научных подразделениях Института, охватывает большинство современных направлений биологической и химической науки. Наряду с традиционными областями исследований (органический синтез биологически активных веществ, химия белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов), в Институте представлены наиболее актуальные на сегодняшний день тематики (геномные и протеомные исследования, молекулярные биотехнология и биоинженерия, биоинформатика и молекулярное моделирование).

«Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» в соответствии с учебным планом подготовки аспирантов осуществляется непрерывным циклом параллельно с аудиторными занятиями и научно-исследовательской работой. Конкретные сроки прохождения научно-исследовательской практики определяются индивидуальными планами аспирантов в соответствии с расписанием учебных дисциплин и согласуются с научными руководителями.

## 5. Распределение часов по темам практики:

№	Название	Преподаватель	Краткое содержание	Часы
1.	Получение генно-инженерных конструкций	к.х.н., с.н.с. УНЦ С.В. Баландин	Методы сборки нуклеотидных последовательностей. Бесшовная сборка с помощью гомологичной рекомбинации in vivo (RAIR) и in vitro (In-Fusion, метод Гибсона). Модульная сборка с помощью рестриктаз-изокаудомеров (BioBricks, BglBricks) и рестриктаз IIS типа (GoldenGate). Синтез de novo и сшивка фрагментов с помощью SOE-PCR. Направленный мутагенез с использованием RAIR. Оптимизированные протоколы приготовления компетентных клеток и трансформации.	6
2.	Гетерологическая экспрессия рекомбинантных белков в бактериях	к.х.н. П.В. Пантелеев н.с. УНЦ И.А. Болосов	Проектирование систем гетерологической экспрессии генов в бактериях. Критерии выбора базового штамма, генетического вектора, кодирующих, регуляторных и вспомогательных элементов. Индукция биосинтеза белка и способы контроля базальной экспрессии. Факторы, влияющие на выход и биологическую активность продукта. Получение белков, меченных стабильными изотопами. Получение рекомбинантных белков в бактериальных бесклеточных системах.	6
3.	Основы молекулярного клонирования и рационального дизайна плазмид	к.б.н. Н.М. Мышкина	Приобретение углубленных знаний основных современных методов клонирования. Освоение классических методов последовательной рестрикции и последовательного	6

			лигирования, методов модульного клонирования, сборки Гибсона, рекомбинационного клонирования.	
4.	Принципы работы с эукариотическими клеточными культурами. Проточная цитофлуориметрия	к.х.н., н.с. УНЦ И.В. Богданов	Выделение фракции моноклеарных клеток и введение их в культуру. Активация субпопуляции Т-лимфоцитов неспецифическими активаторами (фитогемагглютинин, магнитные частицы Dynabeads CD3/CD28 (Gibco)). Анализ клеточной пролиферации и количества пройденных клеточных делений с использованием внутриклеточного красителя CFSE. Многоцветная проточная цитометрия. Анализ клеточных субпопуляций по наличию поверхностных кластеров дифференцировки: Т-хелперы (CD3+CD4+CD8-), Т-цитотоксические лимфоциты (CD3+CD8+CD4-), истинные естественные "киллеры" (NK-клетки) (CD3-CD56+), Т-лимфоциты, экспрессирующие маркеры NK-клеток (Т-NK-клетки) (CD3+CD56+).	6
5.	Получение моноклональных антител с помощью гибридомной технологии	к.б.н. С.В. Гурьянова	1 день - Обзор типов антигенов, способов иммунизации и методов повышения титра антител. Иммунизация животных. 2 день - спустя 14–21 день после иммунизации извлекаются спленоциты и проводится реакция гибридизации и получение гибридом. 3 день - через 7–9 дней после гибридизации - тестирование гибридом на наличие	18

			антител. Отбор гибридом, анализ моноклональных антител, продуцирующих гибридомами.	
6.	Анализ химической структуры молекул методом ЯМР спектроскопии	к.ф.-м.н. М.А. Дубинный	Освоение теоретических основ корреляционных методов ЯМР-спектроскопии, получение навыков приготовления образцов и регистрации одномерных и двумерных спектров на ЯМР-спектрометре высокого разрешения для проверки и установления химической структуры молекул. Умение анализировать одномерный спектр на ядрах $^1\text{H}$ и $^{13}\text{C}$ , понимать и использовать на практике связь между химической структурой и наблюдаемыми кросс-пиками в двумерных спектрах ЯМР: COSY, TOCSY, ROESY, HSQC, HMBC; умение подтверждать /опровергать химическую структуру по данным ЯМР спектроскопии и оформлять результат в виде текста, готового к научной публикации.	6
7.	Основы метода прижизненного флуоресцентного биolumинесцентного анализа	к.б.н. В.О. Шипунова	Освоение базовых навыков работы на системе прижизненной визуализации IVIS Spectrum CT (Perkin Elmer). Получение базовых навыков, позволяющих реализовывать самый широкий спектр исследований в следующих областях: визуализация живых объектов (клетки, ткани, животные, растения), исследования кинетики циркуляции препаратов, исследования динамики роста опухоли лабораторных животных, изучение механизмов передачи энергии в люминесцентных системах, исследования с применением	6

			метода компьютерной томографии (КТ) мелких животных.	
8.	Основы лазерной сканирующей конфокальной микроскопии	д.б.н. К.А. Лукьянов	Освоение базовых навыков работы на лазерном сканирующем конфокальном микроскопе DMIRE2 LSM SP2 (Leica). В качестве объектов используются живые культуры клеток млекопитающих, экспрессирующие флуоресцентные белки. Получение и сравнение изображений клеток с использованием различных параметров работы микроскопа. Проведение двухканальной съемки клеток, экспрессирующих два флуоресцентных белка разных цветов. Теоретические основы и применение метода fluorescence recovery after photobleaching (FRAP) для оценки подвижности целевого белка, меченного зеленым флуоресцентным белком в живой клетке.	6
9	Анализ протеома клеток методом хромато-масс-спектрометрии	к.х.н. С.И. Ковальчук	Освоение и знакомство с технологией современного протеомного анализа с использованием хромато-масс-спектрометрии. Получение практических навыков пробоподготовки образцов для протеомного анализа методом ХМС (лизис тканей, выделение белков, протеолиз); работа с хромато-масс-спектрометром; биоинформатическая обработка данных (идентификация и количественный анализ белков в подготовленных и проанализированных пробах). Знакомство с программой обработки	6

			спектров Qualitative Analysis (XCalibur software package, ThermoScientific), а также работа с программой для идентификации пептидов и белков MaxQuant и программой статистической обработки количественных результатов Perseus.	
10	Электрофоретические методы анализа белков	к.х.н., н.с. УНЦ Д.Н. Мельникова	Разновидности электрофореза в ПААГ и изоэлектрофокусирования, 2D-электрофорез. Определение гомогенности препарата и молекулярных масс белков с помощью SDS-электрофореза в ПААГ.	6
11	Иммуноблоттинг белков	к.х.н., с.н.с. УНЦ Финкина Е.И	Вестерн- и дот-блоттинг, вестерн-блоттинг, колориметрическая, хемилюминесцентная, флуоресцентная и мультиплексная детекция. Применение Вестерн- и дот-блоттинга для идентификации белков и их возможных лигандов.	6
12	Иммуноферментный анализ	к.б.н., с.н.с. УНЦ Стукачева Е.А.	Классические виды иммуноферментного анализа, мультиплексный ИФА на основе технологий микрочастиц (MAGPIX), биочипы, технологии SimpleStep ELISA и N-LISA, иммунопреципитация и иммуноаффинная хроматография, иммуногистохимия. Использование ИФА для определения титра сыворотки и перекрестной реактивности антител.	6
13	Флуоресцентная спектроскопия в исследовании белков	к.х.н., н.с. УНЦ Д.Н. Мельникова	Явление флуоресценции и преимущества флуоресцентных методов анализа. Физические основы процессов флуоресценции. Флуоресцентные метки и зонды. Квантовые точки. Спектральные	6

			свойства собственных и присоединенных флуорофоров белка. Собственные флуорофоры белка. Применение флуоресценции для исследования функциональной активности белков и пептидов. Использование флуоресценции в диагностических целях.	
--	--	--	--	--

## 6. Промежуточная аттестация обучающихся по практики

Учебный план практики предусматривает промежуточную аттестацию в форме недифференцированного зачета с выставлением его в зачетную ведомость руководителем практики. Аспирант должен сдать отчет руководителю практики (приложение 1).

Оценочные средства результатов практики:

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый результат
Зачёт	Степень выполнения практики больше 50%; Уровень освоения программы практики больше 50%.	зачет
	Степень выполнения практики меньше 50%; Уровень освоения программы практики меньше 50%.	незачет

Аспиранты, не выполнившие программу практики без уважительной причины, считаются не выполнившим индивидуальный учебный план. По решению аттестационной комиссии аспиранту назначается повторное прохождение практики.

## 7. Учебно-методическое обеспечение, необходимое для проведения практики

1. Ануфриев А. Ф. Научное исследование: курсовые, дипломные и диссертационные работы. М.: Ось-89, 2004. – 112 с. - ISBN 5-86894-656-1.
2. Андреев Г. И., Смирнов С. А. Основы научной работы и оформление результатов научной деятельности: В помощь написания диссертации и рефератов: Учеб. пособие, - М.: Финансы и статистика, 2003. – 269 с. - ISBN 5-279-02517-8.
3. Герасимов Б.И., Дробышева В.В., Злобина Н.В. Основы научных исследований / - М.: Форум, 2009. - 272 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-340-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/175340>
4. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере /Под.ред. В.Э.Фигурн ИНФРА-М, 2003.
5. Кузнецов И.Н. Научное исследование: Методика проведения и оформление. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2008.
6. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие. - 3-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2009.



7. Безуглов И.Г. Основы научного исследования: учеб. пособие для аспирантов и студентов дипломников / И.Г.Безуглов, В.В.Лебединский, А.И.Безуглов; Моск. Открытый соц. ун-т. – М.: Академический проект, 2008.

#### **Электронные ресурсы:**

Научно-библиографическая база данных Medline (PubMed). <https://apps.webofknowledge.com/>

Научно-библиографическая база данных PubMed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

Научно-библиографическая база данных Web of Science. <http://www.scopus.com/>

Научно-библиографическая база данных Scopus. <http://elibrary.ru/>

Научная электронная библиотека НЭБ. <http://www.rsl.ru/>

Электронная библиотека РГБ. <http://www.diss.rsl.ru/>

Электронная библиотека диссертаций РГБ. <http://www.sciencedirect.com/>

Журналы издательства Elsevier. <http://ink.springer.com/>

Журналы издательства Springer. <http://www.rsc.org/>

Журналы издательства Royal Society of Chemistry (RSC). <http://journals.cambridge.org/>

Журналы издательства Cambridge University Press. <http://www.oxfordjournals.org/en/>

Журналы издательства Oxford University Press. <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Журналы издательства Wiley. <http://pubs.acs.org/>

Журналы издательства American Chemical Society. <http://www.nature.com/>

Журнал «Nature» (и другие журналы группы Nature). [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)

Журнал «Science». <http://www.jbc.org/>

Журнал «Journal of Biological Chemistry». <http://www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry>

Журнал «Analytical chemistry». <http://www1.fips.ru/>

Патентная база данных РФ (РОСПАТЕНТ). <http://www.uspto.gov/>

Патентная база данных США (USPATFULL). <http://arxiv.org> - arXiv.org, международный архив электронных научных статей.

#### **8. Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ГНЦ ИБХ РАН
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ГНЦ ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

#### **9. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Библиотека ГНЦ ИБХ РАН

#### **10. Материально-техническое обеспечение, необходимое для проведения практики**

Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта. При проведении практики аспирантом используется оборудование и приборы, содержащиеся на балансе соответствующего структурного подразделения Института, в котором проводится практика.

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
( ГНЦ ИБХ РАН )**

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПЛАН  
ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ  
И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Укрупненная группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Аспирант

\_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения  
практики \_\_\_\_\_  
(наименование структурного подразделения ГНЦ ИБХ РАН)

Сроки прохождения научно-исследовательской практики  
с «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. по «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

№	Наименование практической задачи	Сроки прохождения
1		
...		

Научный руководитель  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. подпись)

Аспирант  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. подпись)

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
( ГНЦ ИБХ РАН )**

**ОТЧЕТ О ПРОХОЖДЕНИИ ПРАКТИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Укрупненная группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Аспирант

\_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Научный руководитель

\_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения

практики \_\_\_\_\_

(наименование структурного подразделения ГНЦ ИБХ РАН)

Сроки прохождения научно-исследовательской практики

с «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. по «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Выполненные в ходе прохождения практики виды работ**

№ п/п	Наименование практической задачи	Виды работ	Количество часов	Сроки выполнения
1.		Выполнение практических заданий по теме: Самостоятельная работа (подготовка к занятиям, изучение научных, методических и рекомендательных материалов, нормативных документов, публикаций, анализ и выбор методов, технологий, подготовка отчета о прохождении практики и т.п.)	18	
...				

	Общий объем		108	

Аспирант

(подпись)

(расшифровка подписи)

Научный руководитель

(подпись)

(расшифровка подписи)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ)**  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
**ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
*Российской академии наук*  
**(ГНЦ ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ГНЦ ИБХ РАН  
Протокол № 2 от «11» апреля 2025г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «11» апреля 2025г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГНЦ ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «11» апреля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА»**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Шифр научной специальности: 1.5.2. Биофизика

Форма обучения: очная

Сроки обучения: 4 года

Москва – 2025

Разработчики: д.б.н. Рыскина Е.А.

Рабочая программа педагогической практики разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951), утвержденным Учебным планом аспирантов на основании решения Учёного совета ГНЦ ИБХ РАН.

### **1. Краткая аннотация**

Педагогическая практика (далее практика) в системе высшего образования является составной частью основной образовательной программы подготовки аспирантов и представляет собой вид практической деятельности аспирантов, направленный на изучение педагогической и учебно-методической работы в высших учебных заведениях.

### **2. Цели и задачи практики**

Основной целью педагогической практики является практическая подготовка аспирантов к планированию и осуществлению педагогической деятельности по образовательным программам высшего образования в области биологии и химии.

Задачами педагогической практики для аспирантов являются:

- формирование у аспиранта целостного представления об образовательном процессе как по отдельной дисциплине, так и по образовательной программе в целом;
- знакомство аспирантов с образовательными технологиями, используемыми при преподавании дисциплины, разными способами структурирования и изложения учебного материала, приемами активизации учебной деятельности студентов, особенностями профессиональной риторики;
- формирование у аспирантов умений и навыков разработки учебно-методических материалов по дисциплине;
- приобретение опыта планирования, проведения и анализа учебных занятий.

### **3. Организация и руководство практики**

Организатором практики аспиранта является отдел аспирантуры ИБХ РАН (далее - Институт), который обеспечивает планирование и учет результатов практики, составляет план-график и сроки прохождения практики аспирантом, вносит план-график практики в индивидуальный учебный план аспиранта, проводит необходимые организационные мероприятия по выполнению программы практики. По итогам прохождения практики аспирант предоставляет зачетную ведомость.

### **4. Объем программы и вид учебной работы**

Объем программы составляет 108 академических часов (3 зачётные единицы). Семинарские/практические занятия могут проводиться в очной форме или в формате он-лайн на платформе webinar. Вид учебной работы - практика.

### **5. Место и время проведения практики**

Способ проведения педагогической практики – «стационарная». Место проведения практики - структурные научные подразделения Института.

Педагогическая практика в соответствии с учебным планом подготовки

аспирантов осуществляется дискретно параллельно с аудиторными занятиями и научно-исследовательской работой. Конкретные сроки прохождения педагогической практики определяются индивидуальными планами аспирантов в соответствии с расписанием учебных дисциплин и согласуются с научными руководителями.

#### 6. Структура практики:

№	Наименование раздела практики	Краткое содержание	Колич. часов	Самостоятельная работа (час)	Контроль (час)
1.	Подготовительный	Ознакомление с федеральными государственными стандартами. Ознакомление с учебными и рабочими планами, учебно-методическим обеспечением дисциплин. Изучение методических материалов по осуществлению контроля качества знаний (положений, инструкций). Посещение лекционных, семинарских и практических занятий, проводимых преподавателями	10	-	-
2.	Самостоятельная учебно-методическая работа	Составление планов-конспектов лекционных занятий. Составление тестовых заданий для контроля знаний Обучающихся.	40	40	-
3.	Учебная аудиторная работа	Проведение семинарских и практических занятий (не менее 5 практических занятий).	54	-	-
4.	Заключительный	Отчет по практике.	10	10	4
	<b>Всего часов</b>		108	50	4

## **7. Итоговый контроль**

Учебный план практики предусматривает контроль знаний в форме недифференцированного зачета с выставлением его в зачетную ведомость.

Оценка «зачтено» выставляется при условии предоставленного в срок и оформленного в соответствии с указанными требованиями пакета документов, включающего:

- индивидуальный план аспиранта, утвержденный руководителем практики (научным руководителем) и зав. отделом «Аспирантура» (Приложение 1)
- отчет по практике, подписанный аспирантом и содержащий анализ проделанной работы, выводы и предложения по совершенствованию организации практики (Приложение 2);

## **8. Учебно-методическое обеспечение, необходимое для проведения практики**

1. И. В. Охременко и др. / Психология и педагогика высшей школы: учебное пособие для вузов / под редакцией И. В. Охременко. / 2-е изд., испр. и доп. / Москва : Издательство Юрайт, 2022. 189 с. (Высшее образование). Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/492910>.

2. М.Е. Вайндорф-Сысоева, Т. С. Грязнова, В. А. Шитова / Методика дистанционного обучения: учебное пособие для вузов / Москва : Издательство Юрайт, 2022. 194 с. (Высшее образование). Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/469583>.

3. Ю.В. Таратухина, З.К. Авдеева / Педагогика высшей школы в современном мире: учебник и практикум для вузов / Москва : Издательство Юрайт, 2022. 217 с. (Высшее образование). Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/496596>.

4. С. Д. Смирнов / Психология и педагогика в высшей школе : учебное пособие для вузов / 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. 352 с. (Высшее образование). Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/490610>.

## **9. Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

## **10. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Sage Journals
- Электронная библиотека ГНЦ ИБХ РАН

## **11. Материально-техническое обеспечение, необходимое для проведения практики**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, интерактивная доска, видео панель, интерактивная видео панель,



презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель

Доска, столы или парты, стулья.

- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

## Приложение 1

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
( ГНЦ ИБХ РАН )**

### Индивидуальный план педагогической практики

Аспирант \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Укрупненная группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения  
практики \_\_\_\_\_  
(наименование организации или структурного подразделения ГНЦ ИБХ РАН)

#### Сроки прохождения научно-исследовательской практики

№	Формулировка и содержание задания	Сроки прохождения
1	(ознакомление с учебно-методическими материалами, практическими (лабораторные), семинарские занятия, обработка и систематизация материалов, полученных при прохождении практики, другие виды)	
...		

с «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. по «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Научный руководитель  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. подпись)

Аспирант  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. подпись)

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
( ГНЦ ИБХ РАН )**

**Отчет  
по педагогической практике**

Аспирант \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Укрупненная группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения  
практики \_\_\_\_\_  
(наименование организации или структурного подразделения ГНЦ ИБХ РАН)

Сроки прохождения научно-исследовательской практики  
с «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. по «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

1. Прделанная работа за период практики, соответствие индивидуальному плану (ознакомление с учебно-методическими материалами, практические (лабораторные), семинарские занятия, обработка и систематизация материалов, полученных при прохождении практики, другие виды работ):

---

---

---

2. Самооценка проделанной работы (трудности, соответствие ожиданиям, успехи)

Укажите, что Вам удалось на своих занятиях осуществить более успешно:

- введение нового материала;
- организация контроля и оценки знаний студентов;
- организация обсуждения изученного материала;
- организация практической работы;
- другое (напишите) \_\_\_\_\_

---

Укажите, какие из методов обучения доминировали на Ваших занятиях?

---

3. Предложения по проведению педагогической практики

---

---

4. Приложения, при необходимости (приводится перечень материалов, используемых при прохождении практики):

1) Презентационные материалы для проведения семинарского занятия на тему

2) Разработанные задачи для проведения лабораторной работы по теме

---

5. Список использованных источников, при необходимости (приводится библиографический список, интернет-ресурсы и т.д.)

---

Подпись аспиранта \_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО аспиранта)

Отметка о прохождении педагогической практики («зачтено»/«не зачтено»)

\_\_\_\_\_

Подпись научного руководителя (руководителя педагогической практики)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г \_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО, полностью; должность, уч. зв. и степень)