

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

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «2» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «2» ноября 2022г.



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИБХ РАН  
академик А.Г.Габибов  
от «2» ноября 2022г.

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

**Область науки: 1. Естественные науки**

**Группа научных специальностей: 1.4. Химические науки**

**Шифр научной специальности: 1.4.9. Биоорганическая химия**

**Форма обучения очная**

**Срок обучения: 4 года**

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры), по научной специальности «Биоорганическая химия», реализуемая Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова Российской академии наук (ИБХ РАН) и (далее – 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), практики, оценочных и методических материалов, форм 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 Университета, касающиеся подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

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

**Цель программы** аспирантуры по научной специальности 1.4.9. Биоорганическая химия 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 биоорганической химии.
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 трудоемкость 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 40 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. Объем практики составляет 3 кредита.

**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

№	Структура программы аспирантуры	Объем программы аспирантуры (кредиты)
<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	3
2.3.	Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	-
<b>2. 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 аспирантур».

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКА

### 2.1. Паспорт научной специальности

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.4. Химические науки

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

**Научная специальность:** 1.4.9. Биоорганическая химия

**Направления исследований:**

1. Структурно-функциональные и синтетические исследования биологически значимых высокомолекулярных соединений (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и смешанных биополимеров любых типов).
2. Изучение химических основ деятельности высокоорганизованных частей клетки (например, клеточных мембран, рецепторных клеток и органов, целых клеток или органов).
3. Проблемы нейро- и иммунохимии, связанные с особенностями строения компонентов соответствующих биологических систем.
4. Выделение и синтез молекулярных ансамблей, моделирующих функции природных живых систем (например, фотосинтез, передача нервного импульса, лиганд-рецепторные взаимодействия и др).
5. Низкомолекулярные биорегуляторы; пептиды, нуклеотиды, пептидные и стероидные гормоны, витамины, липиды, простагландины, лейкотриены и другие метаболиты арахидоновой кислоты, алкалоиды и другие химические соединения из микроорганизмов, грибов, водорослей, растений и животных, их синтетические аналоги, а также синтетические биологически активные вещества (лекарства, пестициды).
6. Экологические проблемы, вопросы анализа природных токсикантов, ксенобиотиков и охраны окружающей природы.
7. Создание высокоэффективных биотехнологических процессов.

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

1.4.3. Органическая химия

#### 1.4.16. Медицинская химия

### 2.1. Виды профессиональной деятельности

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

- научно-исследовательская деятельность в области химических наук;
- преподавательская деятельность в области химических 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 (ОР - 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 результаты, 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 программа аспирантуры является прохождение 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, 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.

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.

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

**Научный компонент:**

**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 наукометрической 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.

**Образовательный компонент:**

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

**Обязательные дисциплины:**

- История и философия науки
- Иностранный язык
- Специальная дисциплина «Структура и функции пептидов и белков»
- Дисциплина «Низкомолекулярные биорегуляторы»

**Дисциплины по выбору:**

- От пространственной структуры белка к его функциям
- Структурная биология
- Химия липидов и мембранология
- Химия углеводов и гликобиология
- Нейробиология
- Молекулярные механизмы регуляции иммунной системы
- Химия нуклеиновых кислот
- Биоинформатика

**Элективные (факультативные) дисциплины:**

- Молекулярная биология: перспективные направления современных исследований
- Химия нуклеиновых кислот
- Биохимия клетки
- Биологическая эволюция и биотехнология
- Биоинженерия лекарственных препаратов на основе рекомбинантных белков и малых молекул
- Гены, геномика, генотерапевтические препараты

**Практика.** Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности является обязательной.

#### **4.2. Рабочие программы дисциплин (модулей)**

Программа аспирантуры включает в себя рабочие программы всех дисциплин (модулей) учебного плана, включая факультативные дисциплины. В рабочей программе дисциплины (модуля) есть методические указания для аспирантов по освоению дисциплины (модуля) и оценочные средства.

#### **4.3. Рабочие программы практик**

Программа аспирантуры 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 Университета посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и (или) локальной сети Университета в пределах, установленных законодательством Российской Федерации в области защиты государственной и иной охраняемой законом тайны.

ИБХ РАН 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**

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 университета.

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, 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.

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 5 от «22» мая 2024г.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «22» мая 2024г.

академик А.Г.Габибов  
от «22» мая 2024г..



**КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН  
НА 2024/2025 УЧЕБНЫЙ ГОД  
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в  
аспирантуре**

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.4. Химические науки

**Научная специальность:** 1.4.9. Биоорганическая химия

**Форма обучения:** очная

**Срок обучения:** 4 года

Москва  
2024



## 1. Календарный учебный график

Сроки	Виды деятельности	Структурное подразделение
<b>ПЕРВЫЙ ГОД ОБУЧЕНИЯ</b>		
1 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Начало занятий</li> </ul>	
До 31 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Утверждение темы диссертационной работы и индивидуального учебного плана работы аспиранта</li> </ul>	Ученый совет
Октябрь - ноябрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Информационный поиск с использованием баз доступных данных</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
До 1 декабря	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заполнение и сдача индивидуального учебного плана аспиранта (проект на учебный год)</li> <li>Формирование портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН Отдел аспирантуры
Ноябрь – январь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН
Конец января – март	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН
До 31 марта	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
До 20 апреля	<ul style="list-style-type: none"> <li>Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за первое полугодие учебного года</li> <li>Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Аттестационная комиссия ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН

Апрель – июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры  Научные подразделения ИБХ РАН
Май - июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Получение допуска для сдачи кандидатского экзамена по дисциплинам Иностранный язык и История и философия науки</li> <li>Подготовка и написание реферата по дисциплине «История и философия науки» и перевода по дисциплине «Иностранный язык» в соответствии с требованиями программ кандидатских экзаменов для получения допуска к кандидатским экзаменам</li> </ul>	Профильные кафедры Института философии РАН и Института языкознания РАН
Июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сдача кандидатских экзаменов экзаменов в соответствии с утвержденным расписанием кандидатских экзаменов</li> </ul>	Профильная кафедра Института языкознания РАН
Июль - август	<ul style="list-style-type: none"> <li>Каникулы</li> </ul>	
Сентябрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры  Научные подразделения ИБХ РАН

ВТОРОЙ ГОД ОБУЧЕНИЯ		
До 31 сентября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
1 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Начало занятий</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
До 20 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за второе полугодие учебного года</li> <li>Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН
Октябрь - декабрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры  Научные подразделения ИБХ РАН
Декабрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сдача кандидатских экзаменов экзаменов в соответствии с утвержденным расписанием кандидатских экзаменов</li> </ul>	Профильная кафедра Института философии РАН
Конец января – март	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры  Научные подразделения ИБХ РАН
До 31 марта	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
До 20 апреля	<ul style="list-style-type: none"> <li>Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за первое полугодие учебного года</li> <li>Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН

Апрель - июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН
Июль - август	<ul style="list-style-type: none"> <li>Каникулы</li> </ul>	
Сентябрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учебный процесс в соответствии с утвержденным расписанием</li> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> <li>Подготовка публикаций</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН
<b>ТРЕТИЙ ГОД ОБУЧЕНИЯ</b>		
До 31 сентября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
1 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Начало занятий</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
До 20 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за второе полугодие учебного года</li> <li>Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН
Октябрь – январь	<ul style="list-style-type: none"> <li>Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> <li>Подготовка публикаций</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН
Конец января–начало февраля	<ul style="list-style-type: none"> <li>Получение допуска для сдачи кандидатского экзамена по специальным дисциплинам, написание литературного обзора</li> <li>Сдача кандидатских экзаменов в соответствии с утвержденным расписанием кандидатских экзаменов</li> </ul>	Отдел аспирантуры

Февраль	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сдача кандидатских экзаменов по научным специальностям в соответствии с индивидуальным учебным планом</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН
До 31 марта	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>• Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>• Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
До 20 апреля	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за первое полугодие учебного года</li> <li>• Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН
Апрель - июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> <li>• Подготовка публикаций</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
Июль - август	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Каникулы</li> </ul>	
Сентябрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> <li>• Подготовка публикаций</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН

<b>ЧЕТВЕРТЫЙ ГОД ОБУЧЕНИЯ</b>		
До 31 сентября	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>• Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>• Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
1 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Начало занятий</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
До 20 октября	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за второе полугодие учебного года</li> <li>• Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН
Ноябрь - январь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> <li>• Подготовка публикаций</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
Конец января - апрель	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа над диссертацией в соответствии с программой научных исследований и индивидуальным учебным планом аспиранта</li> <li>• Подготовка публикаций</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН
До 31 марта	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>• Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>• Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Отдел аспирантуры
До 20 апреля	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Промежуточная аттестация по научно-исследовательской деятельности за весь период обучения в аспирантуре - устного доклада об основных результатах подготовленной диссертации</li> <li>• Утверждение результатов промежуточной аттестации</li> <li>• Получение допуска к итоговой аттестации</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН

Конец апреля - июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка и написание диссертации</li> <li>• Заполнение индивидуального учебного плана аспиранта</li> <li>• Заполнение разделов портфолио на сайте <a href="https://www.ibch.ru/">https://www.ibch.ru/</a></li> <li>• Сдача заполненного индивидуального учебного плана аспиранта</li> </ul>	Научные подразделения ИБХ РАН  Отдел аспирантуры
Июнь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Итоговая аттестация: Представление готовой диссертации, научного доклада об основных результатах подготовленной диссертации на открытом научном семинаре, в котором выполнялась работа</li> <li>• Заполнение заявлений на каникулы</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН
Июль – август	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Каникулы</li> </ul>	
Сентябрь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Итоговая аттестация: Представление готовой диссертации, научного доклада об основных результатах подготовленной диссертации на открытом научном семинаре подразделения, в котором выполнялась работа</li> <li>• Заполнение заявлений на каникулы</li> </ul>	Отдел аспирантуры Научные подразделения ИБХ РАН Ученый совет ИБХ РАН
Конец сентября	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка и выдача заключений для представления в диссертационный совет, в связи с успешным окончанием обучения в аспирантуре</li> <li>• Выдача свидетельств об окончании аспирантуры</li> </ul>	Отдел аспирантуры

2. Календарный учебный график программы подготовки наунчных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (общий)

год обучения	октябрь				ноябрь				декабрь				январь				февраль				март				апрель				май				июнь				июль				август				сентябрь									
	недели																																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
1	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ПА		ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	КЭ	КЭ	КЭ	КЭ	К	К	К	К	К	К	К	К	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК		
2	ПА	ПА	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	КЭ	КЭ	КЭ	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ПА	ПА	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	К	К	К	К	К	К	К	К	К	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК		
3	ПА	ПА	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	ОК НК	КЭ	КЭ	КЭ	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	ПА	ПА	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	К	К	К	К	К	К	К	К	К	НК	НК	НК	НК	
4	ПА	ПА	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	ПА	ПА	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	НК	ИА	ИА	ИА	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	ИА	ИА	ИА	ИА

Краткие обозначения

- НК** - Научный компонент, включающий научную деятельность, направленную на подготовку диссертации к защите, подготовку публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения
- ПА** - промежуточная аттестация по научному компоненту
- ОК** - Образовательный компонент, включающий дисциплины (модули), направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, другие дисциплины (модули) и промежуточную аттестацию по ним, практику и промежуточную аттестацию по ней;
- КЭ** - кандидатские экзамены
- К**- каникулы

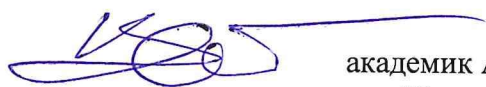


**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
( ИБХ РАН )**

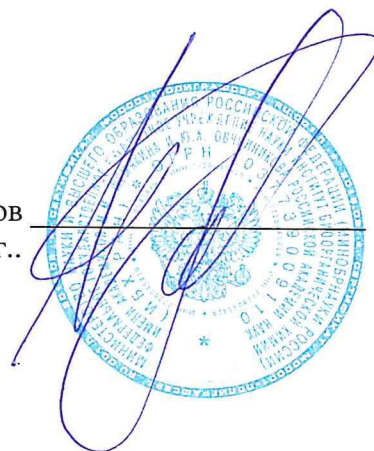
СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.



академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г..



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

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.4. Химические науки

**Научная специальность:** 1.4.9. Биоорганическая химия

**Форма обучения:** очная

**Срок обучения:** 4 года

Москва  
2022

## 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

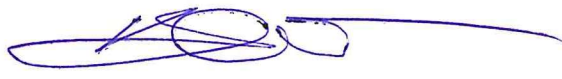
\*Индивидуальный план работы аспиранта включает, помимо индивидуального плана научной деятельности, также индивидуальный учебный план

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  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
Российской академии наук  
(ИБХ РАН)**

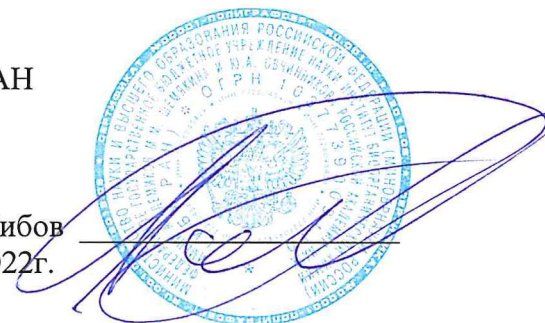
СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.



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

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Шифр научной специальности: 1.4.9. Биоорганическая химия

Форма обучения: очная

Срок обучения: 4 года

Москва 2022

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН (ИБХ РАН)  
Учебный план образовательной программы "Биоорганическая химия"  
Научная специальность : 1.4.9. Биоорганическая химия  
Аспирантура ИБХ РАН

Срок обучения: 4 года  
Форма обучения: очная

Код цикл а, № п/п	Наименование дисциплины (раздела)	Вид записи плана (2)	Зачетных единиц по Требованиям	Всего зачетных единиц по плану	Всего часов по плану	Всего аудиторных часов по плану	1 год.об.						2 год.об.						3 год.об.						4 год.об.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
							1 полугодие		2 полугодие		Зачетных единиц на курсе	Всего часов на курсе	Аудиторных часов на курсе	Аудиторные часы по видам работы	Самостоятельная работа	1 полугодие		2 полугодие		Зачетных единиц на курсе	Всего часов на курсе	Аудиторных часов на курсе	Аудиторные часы по видам работы	Самостоятельная работа	1 полугодие		2 полугодие		Зачетных единиц на курсе	Всего часов на курсе	Аудиторных часов на курсе	Аудиторные часы по видам работы	Самостоятельная работа	1 полугодие		2 полугодие																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
							Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации						Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации						Форма промежуточно й аттестации	Форма промежуточно й аттестации																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1.	Образовательный компонент																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.



Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов  
от 02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК. АНГЛИЙСКИЙ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Научные специальности:

1.4.4. Физическая химия

1.4.9. Биоорганическая химия

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

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 1.4. Химические науки по научной специальности 1.4.4. Физическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия и является обязательной дисциплиной.

## 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	практические занятия (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 перевода 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 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.

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 1.4. Химические науки, по научным специальностям 1.4.4. Физическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия

## 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	8	7		3
	Тема 1.2. Наука в культуре современной цивилизации	8	7		3
	Тема 1.3. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции	8	6		3
	Тема 1.4. Структура научного познания	8	7		3
	Тема 1.5. Динамика науки как процесс порождения нового знания	8	7		3
	Тема 1.6. Научные традиции и научные революции. Типы научной рациональности	8	7		3

	Тема 1.7. Особенности современного этапа развития науки. Перспективы научно-технического прогресса	8	7		3
	Тема 1.8. Наука как социальный институт	7	6		3
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Философские проблемы химии</b>	50		36	14
	Тема 2.1. Предмет философии химии Специфика философии химии			6	2
	Тема 2.2. Концептуальные системы химии: историко-логическая реконструкция			6	2
	Тема 2.3. Философские аспекты структурной химии			5	2
	Тема 2.4. Кинетические теории в химии			6	2
	Тема 2.5. Химическое познание: философская характеристика (законы и категории)			5	2
	Тема 2.6. Эпистемологические проблемы химии.			4	2
	Тема 2.7. Тенденции развития современной химии: методологический аспект			4	2
<b>3</b>	<b>Раздел 3. История химии</b>	30		18	12

	Тема 3.1. Возникновение науки. Общие представления об истории химии			3	2
	Тема 3.2. Периодизация представлений о развитии химии			3	2
	Тема 3.3. Становление химии как науки Нового времени (XVII–XVIII вв.)			3	2
	Тема 3.4. Особенности развития химии XX-XXI в.			3	2
	Тема 3.5. Основные направления развития химии XX-XXI в.			3	2
	Тема 3.6. Развитие некоторых стержневых представлений химии			3	2
3	<b>Подготовка реферата по биологии</b>	18			18
4	<b>Консультация по экзамену</b>	8		8	
5	<b>Экзамен</b>	28			

### 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 развитию 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 новoeвропейской 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 новoeвропейской 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 химии.**

**Тема 2.1. Предмет философии химии. Специфика философии химии.** Историческое осмысление науки как существенный компонент философских вопросов химии. Тесное взаимодействие химии с физикой, биологией, геологией и экологией. «Мостиковые» концептуальные построения химии, соединяющие эти науки. Непосредственная связь химии с технологией и промышленностью. Природа философских проблем химического познания.

**Тема 2.2. Концептуальные системы химии: историко-логическая реконструкция.** Концептуальные системы химии как относительно самостоятельные системы химических понятий и как ступени

исторического развития химии. Эволюция концептуальных систем. Учение об элементах как исторически первый тип концептуальных систем, явившийся теоретической основой объяснения свойств и отличительных признаков вещества. Античный этап учения об элементах. Р.Бойль и научное понятие элемента. Ранние формы учения об элементах – теория флогистона, ятрохимия, пневмохимия и кислородная теория А.Л.Лавуазье. Периодическая система Д.И.Менделеева как завершающий этап развития учения об элементах. Атомно-молекулярное учение как теоретическая основа структурных теорий.

**Тема 2.3. Философские аспекты структурной химии.** Структурная химия как теоретическое объяснение динамической характеристики вещества – его реакционной способности. Возникновение структурных теорий в процессе развития органической химии (изучение изомеров и полимеров в работах Кольбе, Кекуле, Купера, А.М.Бутлерова). Атомно-молекулярное учение как теоретическая основа структурных теорий.

**Тема 2.4. Кинетические теории в химии.** Кинетические теории как теории химического процесса, поставившие на повестку дня исследование организации химических систем (их механизмы, кинетические факторы, «кибернетику»). Химическая кинетика и проблема поведения химических систем. Концепция самоорганизации и синергетика как основа объяснения поведения химических систем.

**Тема 2.5. Химическое познание: философская характеристика (законы и категории).** Эволюционная логика познания в химии. Конкретное и абстрактное в химии. Двойной переход количества в качество. Явление и сущность. Содержание и форма в химии. Стохастические и детерминированные процессы в химии. Эволюция понятия в химии. Единство противоположных суждений в химической науке. Анализ и синтез, индукция и дедукция – сходство и различия.

**Тема 2.6. Эпистемологические проблемы химии.** Эпистемологические проблемы химии: общая характеристика. Эмпирическое познание в химии. Метафизический метод познания химических законов (теория строения, атомная теория). Теория и эксперимент. Теоретический плюрализм. Творческая интуиция, ее роль в методологии химии. Язык химического познания.

**Тема 2.7. Тенденции развития современной химии: методологический аспект.** Тенденция физикализации химии. Три этапа физикализации - проникновение физических идей в химию; построение физических и физико-химических теорий; редукция фундаментальных разделов химии к физике. Редукция теории химической связи к квантовой механике. Редукционизм и единство знания. Гносеологический, прагматический и онтологический редукционизм. Приближенные методы в химии. Проблема смысла и значения приближенных методов как одна из центральных для философии химии.

## **Раздел 3. История химии.**

### **3.1. Возникновение науки. Общие представления об истории химии.**

Преднаука и наука в собственном смысле слова. Две стратегии порождения знаний: обобщение практического опыта и конструирование теоретических моделей. Цели и задачи истории химии как неотъемлемой части самой химии и ее самокритического инструмента. Объекты, предметы и методы истории химии. Система химических наук и ее развитие. Историческая периодизация химии и химическое источниковедение. История химической символики, терминологии и номенклатуры. Традиционная периодизация развития химии.

### **3.2. Периодизация представлений о развитии химии.**

Химические знания в Древнем мире до конца эллинистического периода. Александрийский мусейон. Александрийское хранилище рукописей. Химия в арабско-мусульманском мире VII–XII вв. Средневековая европейская алхимия (XI–XVII вв.). Поиск «философского камня и эликсира жизни. Алхимические техники: дистилляция, сублимация, фильтрация, сольватация, кальцинация и купелирование. Схоластический идеал научного знания как парадигма средневекового типа ациональности.

Средневековый реализм и номинализм. Становление эмпирической методологии, математизированного и опытного знания: оксфордская школа, Р. Бэкон, У. Оккам. Университеты. Схоластика и медицина. Алхимия, астрология, магия как способы манипуляции с природными объектами. Ятрохимия: Парацельс (1493-1541), Г.Агрикола (1494-1555). Ятрохимия как рациональное продолжение алхимии (XV–XVII вв.). Практическая химия эпохи европейского Средневековья и Возрождения (XI–XVII вв.). Два направления в химических исследованиях: химическая технология и экспериментальная химия.

**Тема 3.3. Становление химии как науки Нового времени (XVII–XVIII вв.).** Ф. Бэкон и практическая ориентация новой науки. Социокультурные предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы. Научная революция XVII века как «открытый диалог» с природой. «Кислородная революция» в химии (конец XVIII в.). «Лесной газ» Джозефа Блека (1728-1799). Открытие свойств водорода и углекислого газа в работах Генри Кавендиш (1731-1810). Возникновение химической атомистики (конец XVIII–начало XIX вв.). Атомная теория строения веществ Джона Дальтона (1766-1844). Амедео Авогадро (1776-1856) и Андре Мари Ампер (1775-1836) о молекулах. Рождение первой научной гипотезы химической связи (начало XIX в.). Становление аналитической химии как особого направления (конец XVIII–середина XIX вв.). Становление органической химии (первая



половина XIX в.). Берцелиус. Органический синтез Фридриха Вёлера (1800-1882). Никола Леблан (1742-1806). Рождение классической теории химического строения (середина - вторая половина XIX в.). Открытие периодического закона (вторая половина XIX в.). «Основы химии» Д.И. Менделеева (1834-1907). Развитие неорганической химии во второй половине XIX в. Основные направления развития органической химии во второй половине XIX в. Формирование теории химических равновесий во второй половине XIX в. Актуальные химические проблемы конца XIX в.

### **3.4. Особенности развития химии XX-XXI в.**

Неорганическая химия. Органическая химия. Биоорганическая химия и молекулярная биология. Химия высокомолекулярных соединений. фармацевтическая химия и химическая фармакология. Развитие аналитической химии и методов исследования в XX в. Общеаналитическая методология. Развитие объектов и предметов исследования и аналитических задач.

### **3.5. Основные направления развития химии XX-XXI в.**

Общая характеристика возникновения, развития и значения основных исследовательских и аналитических методов XX в. (Оптическая спектроскопия. Фемтосекундная лазерная спектроскопия и фемтахимия. Рентгеновская и гамма-спектроскопия и дифрактометрия. Электронная микроскопия и зондовые методы. Электронография. Масс-спектроскопия. Радиоспектроскопия. Хроматография. Операции на твердых и растворимых матрицах. Электрохимические методы. Нейтронно-активационный анализ. Методология меченых атомов и радиохимические методы анализа. Оптически детектируемый магнитный резонанс. Магнитно-резонансная и магнитно-силовая микроскопия). Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях. Влияние радиоспектроскопии на развитие химии.

### **3.6. Развитие некоторых стержневых представлений химии.**

Дискретная природа материи. Химические элементы. Химическая связь. Химическое строение. Термохимия и химическая термодинамика. (Развитие представлений о химических равновесиях, химической энергии и химическом потенциале. Статистическая термодинамика в химии. Переход от термодинамики изолированных к термодинамике открытых систем, от термодинамики равновесных состояний к термодинамике стационарных и неравновесных). Химическая кинетика Развитие представлений о скоростях химических реакций. Развитие представлений об элементарных актах химических взаимодействий. Развитие учения о цепных процессах. Катализ. Электрохимия. Фотохимия. Коллоидная химия. Развитие кристаллохимии.

#### 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

Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Основная литература
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	Работа со справочной литературой	Степин В.С. История и философия науки: учебник для аспирантов и

стадии её исторической эволюции	Составление конспектов	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. Предмет философии химии Специфика философии химии	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. Концептуальные системы химии: историко-логическая реконструкция	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. Философские аспекты структурной химии	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. Кинетические теории в химии	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. Химическое познание: философская характеристика (законы и категории)	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. Эпистемологические проблемы химии.	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. Тенденции развития современной химии: методологический аспект	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. Возникновение науки  Общие представления об истории химии	Работа со справочной литературой  Составление конспектов Подготовка доклада	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М. Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с.— URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> .
Тема 3.2. Периодизация представлений о развитии химии	Работа со справочной литературой  Составление конспектов Подготовка доклада	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М. Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с.— URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> . «История химии. Учебное пособие», Е. В. Савинкина. М.: Лаборатория знаний, 2007., 204 с.
Тема 3.3. Становление химии как науки Нового времени (XVII–XVIII вв.)	Работа со справочной литературой  Составление конспектов Подготовка доклада	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М. Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с.— URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> .
Тема 3.4. Особенности развития химии XX-XXI в.	Работа со справочной литературой  Составление конспектов Подготовка доклада	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М. Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с.— URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> . «История химии. Учебное пособие», Е. В. Савинкина. М.: Лаборатория знаний, 2007., 204 с.

Тема 3.5. Основные направления развития химии XX-XXI в.	Работа со справочной литературой  Составление конспектов Подготовка доклада	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М.   Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с. — URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> .
Тема 3.6. Развитие некоторых стержневых представлений химии	Работа со справочной литературой  Составление конспектов Подготовка доклада	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] М.   Берлин: Директ-Медиа, 2015. — 151 с. — URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> .  «История химии. Учебное пособие», Е. В. Савинкина. М.: Лаборатория знаний, 2007., 204 с.
<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. Место химии в системе естественных наук.
27. Единство противоположных суждений в химии.
28. Теоретический плюрализм в химических исследованиях.
29. Термодинамический критерий эволюции в химии.
30. Критерий сложности в химической эволюции.

31. Метафизический метод познания в химии.
32. Редукционизм и антиредукционизм в химических исследованиях.
33. Информационный критерий химической эволюции.
34. Особенности языка в химии.
35. Эмпирическое познание в химии.
36. Эволюция понятий в химии.
37. Сущность и явление. Переход качества в количество в химии.
38. Методы анализа и синтеза в химии.
39. Переход количества в меру в химии.
40. «Физическая химия» у М. В. Ломоносова. Физическое измерение в химии.

## **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 химических наук».
3. Из раздела «Истории химии».

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://iphras.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 "Миръ", 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 химии**

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 химии. Учебное пособие», Е. В. Савинкина. М.: Лаборатория знаний, 2007., 204 с.
5. Хокинг С. Краткая история времени. От Большого Взрыва до черных дыр. СПб.: Амфора, 2015. 223 с.
6. Хокинг С. Мир в ореховой скорлупке. СПб.: Амфора, 2016. 220 с.
7. 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
8. 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://iphras.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



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

**СОГЛАСОВАНО:**

Ученый совет ИБХ РАН

Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.



Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

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

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

Москва – 2022



**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 1.4. Химические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Структура и функции пептидов и белков» является обязательной дисциплиной образовательной компоненты образовательной программы по укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки, 1.4.9. Биоорганическая химия.

## **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 1.4. Химические 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)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы		
72	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 -аминокислот. Кислотно-основные характеристики. Химические свойства: реакции -амино- и -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. Актomioзиновый комплекс. Белки бактериальной системы подвижности. Структурные белки. Коллаген, кератин, фиброин. Рецепторные белки. Рецепторы, сопряжённые с G-белками. Зрительный родопсин, бактериородопсин. Ацетилхолиновый рецептор постсинаптических мембран. Регуляторные белки. Транспортные белки. АТФазы. Цитохром с, 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.**

#### **5.5. 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 сортинг 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 amino- 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

**Форма итоговой проверки и оценки знаний** - кандидатский экзамен. Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает 3 (три) теоретических вопроса. Ответ на каждый вопрос оценивается в 100 баллов. Максимальное количество баллов за 3 вопроса - 300. Общая сумма баллов делится на три.

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый результат
Экзамен	Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания базовых нормативно-правовых актов. Соблюдаются нормы литературной речи. Ответ развернутый, уверенный, содержит достаточно четкие формулировки. Оценка “отлично” ставится аспирантам, которые при ответе: обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала; способны творчески	Отлично (80-100%)

	применять знание теории к решению профессиональных задач; владеют понятийным аппаратом; подтверждают теоретические постулаты примерами из педагогической практики.	
	<p>Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи. Оценка “хорошо” ставится аспирантам, которые при ответе: обнаруживают твёрдое знание программного материала; способны применять знание теории к решению задач профессионального характера; допускают отдельные погрешности и неточности при ответе.</p>	Хорошо (60-80%)
	<p>Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи. Оценка “удовлетворительно” ставится аспирантам, которые при ответе: в основном знают программный материал в объёме, необходимом для предстоящей работы по профессии; допускают существенные погрешности в ответе на дополнительные вопросы; приводимые формулировки являются недостаточно четкими, в ответах допускаются неточности. Положительная оценка может быть поставлена при условии понимания аспирантом сущности основных категорий по учебно-методическому комплексу и дополнительным вопросам.</p>	Удовлетворительно (40-60%)
	<p>Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. Имеются заметные нарушения норм литературной речи. Аспирант не понимает сущности процессов и явлений, не может ответить на простые вопросы типа "что это такое?" и “почему существует это явление?”. Оценка “неудовлетворительно” ставится аспирантам, которые при ответе: обнаруживают значительные пробелы в знаниях основного программного материала; допускают принципиальные ошибки в ответе; демонстрируют незнание теории и практики.</p>	Неудовлетворительно (20-40%)

#### Вопросы экзамена:

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, карбамилрование.
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.

## **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 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

  
Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

  
академик А.Г.Габиров  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**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 направлению 1.4. Химические науки. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.4. Химические науки и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Низкомолекулярные биорегуляторы» является обязательной дисциплиной образовательной компоненты образовательной программы по научной специальности 1.4.9. Биоорганическая химия.

**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 направлению подготовки 1.4. Химические 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)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	
36	30	-	-	8
	30			

### 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.	6	
2	Биосинтез вторичных метаболитов. Шесть основных классов: алкалоиды, поликетиды, нерибосомные пептиды, терпеноиды, фенилпропаноиды, пурины и пиримидины,	4	
3	Терпеноиды. Важнейшие классы терпеноидов. Экологическая функция, практическое значение и медицинские применения.	6	
4	Антибиотики. Историческая справка. Основные классы. Механизмы действия и возникновения резистентности.	4	
5	Гормоны. Стероиды - половые гормоны и не только.	6	
6	Регулирующая роль витаминов. Основные группы. Витамины группы В как важнейшие коферменты.	4	
	<b>Всего:</b>	30	-
	<b>Итого:</b>	30	

### 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. Ацетилокoenзим 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. Пуромицин и механизм "пуромициновой 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 стероиды - зоо- и фитоэргостероиды, гормоны линьки насекомых и их природные аналоги (экдизоны). Желчные кислоты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биохимии и биорганической 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 лейкозов. 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 - кобаламин, 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. 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.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

### 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 стерина.
26. Витамины и витаминоподобные вещества. Основные классы витаминов.
27. Открытие витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных.
28. Метаболизм витамина Д 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 А. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники витамина А. Ретиноевая кислота и ее биологическая роль.
32. Витамин В, 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. Ацетилоксогензим 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 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А. Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г. Габитов  
от «02» ноября 2022г.

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

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

Москва – 2022

**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 укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанному на основе этих требований, дисциплина «Молекулярная биология: перспективные направления современных исследований» является факультативной дисциплиной / дисциплиной по выбору в составе образовательной компоненты образовательной программы по направлениям 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки.

## **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 укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 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	42
	30		-	
	30			

### 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.	4	
5	Трехмерное распределение генетического материала в клеточном ядре – связь с функцией.	2	
6	Транскриптомика. Явление РНК – интерференции.	4	
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>	30	
	<b>Итого:</b>	30	

## 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/микросателлиты 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**

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

<b>Форма контроля</b>	<b>Индикаторы</b>	<b>Итоговый результат</b>
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.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

## **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

**Разработчик программы:** Профессор РАН, 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 направлению 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Химия липидов и мембранология (липидология)» является факультативной дисциплиной / дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы по направленности 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки.

### **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 направлению подготовки 1.5. Биологические науки, 1.4. Химические науки.

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

Форма обучения – ОЧНАЯ  
Общий объем дисциплины

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

2	Структура и химические свойства углеводов.	4	
3	Гликобиология. Гликопротеины и гликолипиды.	4	
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, протеогликаны, 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 гидроксила. 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 A- и B-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 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Ученый совет ИБХ РАН

Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.



Ученый секретарь

д.ф.-м.н. В.А. Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Биоинженерия лекарственных препаратов на основе  
рекомбинантных белков и малых молекул»**

**Шифр и наименование**

**группы научных специальностей:**

1.5. Биологические науки

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная



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 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки на основании решения Учёного совета 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	4			
	скрининг.				

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>	44			28

### 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.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

### 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Ученый совет ИБХ РАН

Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь

д.ф.-м.н. В.А.Олейников

от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«БИОИНФОРМАТИКА»**

**Шифр и наименование**

**группы научных специальностей:**

1.5. Биологические науки

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**Разработчики программы: к.б.н. Залевский А.О. д.ф-м.н Ефремов Р.Г.**

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 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Биоинформатика» является дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы по научным специальностям 1.4.4. Физическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.5.3. Молекулярная биология, 1.5.4. Биохимия, 1.5.6. Биотехнология.

## **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.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** курс «Биоинформатика» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

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

Форма обучения – ОЧНАЯ

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

36	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы	8
	28		-	
	28			
	Итого: 36			

### **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).	4	
3	Классификация белков. Семейства белков PFAM. Структура белков. Прогнозирование структуры белка, докинг.	4	
4	Филогенетические деревья. Максимум вероятность.	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. Пайплайны для геномного-экзомного секвенирования, классификации вариантов по патогенности. Базы данных.	2	
9	Биоинформатика последовательностей. Введение в системную биологию.	2	
	Всего:	28	
	<b>Итого:</b>	28	

### III. Содержание курса «Биоинформатика»

#### Раздел 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.

#### Раздел 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.

#### Раздел 3.

##### Классификация белков и методы прогнозирования структуры белков

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.

#### Раздел 4.

##### Филогенетические деревья

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

**Раздел 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.

**Раздел 6.**  
**CRISPR систем**

Эволюция CRISPR систем. Разнообразие CRISPR систем. Основные ферменты, участники системы.

**Раздел 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**

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.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

### 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 использующимся 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 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Ученый совет ИБХ РАН

Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь

д.ф.-м.н. В.А. Олейников

от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ИБХ РАН

академик А.Г. Габитов

от «02» ноября 2022г.

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

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

1.5. Биологические науки

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**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 направлению 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Биологическая эволюция и биотехнология» является факультативной дисциплиной по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

## 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 направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

## II. Объем дисциплины и виды учебной работ

Форма обучения — ОЧНАЯ

Общий объем дисциплины: 3 зачетные единицы или 108 академических часов.

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

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

№	Наименование тем и разделов (с развернутым содержанием курса по каждой теме и разделу)	Аудиторные занятия (час), в том числе:	
		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 ферментов 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 феноптоза. 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 экологических 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 ограниченную 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. Реферат проверяется на оригинальность в системе «Антиплагиат». Оригинальность содержательной части должна составлять не менее 75%.

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

#### 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 плейотропии.
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 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.  
  
Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН  
  
академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«БИОХИМИЯ КЛЕТКИ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**Разработчик программы:** 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 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненной группе научных специальностей 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанному на основе этих требований, дисциплина «Биохимия клетки» является дисциплиной по выбору / факультативной в составе образовательной компоненты образовательной программы по научным специальностям 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.5.3 Молекулярная биология, 1.5.6. Биотехнология. Объем курса составляет 36 академических часов (1 зачетная единица), из них 32 академических часа лекций, 4 часа самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов, включая подготовку к экзамену.

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

**1.1. Цель курса:** дать аспирантам знания об основных закономерностях биохимических процессов в клетках, механизмах регуляции обмена веществ на метаболическом и гормональном уровне.

**1.2. Задачи курса:** формирование у аспирантов представлений о биохимии клетки, целостного представления о современном состоянии и перспективах развития биохимии как направления научной и практической деятельности человека.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** Биохимия клетки как наука о наиболее общих закономерностях химических процессов, происходящих в клетке, 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 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	
	32		-	4
	32			

**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	Роль структурной организации клетки в явлениях	2	

	жизни.		
2	Молекулярные компоненты клетки.	2	
3	Специфическая роль белков в явлениях жизни.	4	
4	Полиморфизм амфифильных соединений в водных растворах	2	
5	Основные положения теории ферментативного катализа. Механизмы ингибирования ферментов.	4	
6	Фотосинтез как основной источник органических веществ на Земле. Биохимия фотосинтеза.	2	
7	Биохимия распада аминокислот.	4	
8	Метаболизм нуклеотидов.	4	
9	Регуляция процессов обмена веществ в организме.	4	
10	Единство процессов обмена веществ.	4	
	<b>Всего:</b>	32	
	<b>Итого:</b>	32	

### **III. Содержание курса БИОХИМИЯ КЛЕТКИ»**

#### **Раздел 1.**

##### **Роль структурной организации клетки в явлениях жизни.**

Компартментализация веществ и процессов в клетке. Значение обмена веществ (катаболизм и анаболизм) в явлениях жизни. Принципы регуляции процессов обмена веществ в клетке.

#### **Раздел 2.**

##### **Молекулярные компоненты клетки.**

Молекулярные компоненты клетки – структура и функции белков, липидов, углеводов, витаминов в обмене веществ, в питании человека и животных. Незаменимые факторы питания.

#### **Раздел 3.**

##### **Специфическая роль белков в явлениях жизни.**

Семейства и суперсемейства белков. Протеомика. Специфические методы очистки белков. Структура миоглобина, гемоглобина и связывание ими кислорода.

#### **Раздел 4.**

##### **Полиморфизм амфифильных соединений в водных растворах.**

Полиморфизм амфифильных соединений в водных растворах (мицеллы, эмульсии, ламеллы, бислойные структуры). Модели строения биологических мембран. Липосомы; методы их получения и изучения. Проницаемость биологических мембран.

#### **Раздел 5.**

##### **Основные положения теории ферментативного катализа. Механизмы ингибирования ферментов.**

Основные положения теории ферментативного катализа. Влияние физических и химических факторов на активность ферментов. Механизм ингибирования ферментов. Обратимое и необратимое, конкурентное и неконкурентное ингибирование. Изостерические и аллостерические лиганды-регуляторы. Кооперативность в ферментативном катализе.

#### **Раздел 6.**

#### **Фотосинтез как основной источник органических веществ на Земле. Биохимия фотосинтеза.**

Структура фотосинтетического аппарата. Молекулярные механизмы функционирования хлоропластов. Генерация и роль АТФ в процессах фотосинтеза. Фотолиз воды и световые реакции при фотосинтезе. Темновые реакции при фотосинтезе. Применение меченых атомов при изучении обмена веществ, в частности химизма фотосинтеза. Роль пигментов в процессе фотосинтеза. Хемосинтез. Генерация и роль АТФ в процессах хемосинтеза.

#### **Раздел 7.**

#### **Биохимия распада аминокислот.**

Дезаминирование аминокислот. Типы дезаминирования. Орнитиновый цикл. Структура и механизм действия трансаминаз и отдельных ферментов цикла мочевинообразования.

#### **Раздел 8.**

#### **Метаболизм нуклеотидов.**

Распад нуклеопротеинов. Нуклеазы. Синтез и распад пуриновых нуклеотидов. Синтез и распад пиримидиновых нуклеотидов.

#### **Раздел 9.**

#### **Регуляция процессов обмена веществ в организме**

Гормоны. Классификация и рецепторы гормонов. Мембранные рецепторы и вторичные посредники. Аденилатциклаза и фосфодиэстераза. Ц-АМФ как вторичный мессенджер и ковалентная модификация белков-ферментов. G-белки. Рецепторзависимые ионные каналы. Инозитол-трифосфат и  $\text{Ca}^{2+}$  как вторичные посредники. Гормонозависимая химическая модификация белков. Протеинкиназы. Простагландины. Внутриклеточные и ядерные рецепторы гормонов, их влияние на экспрессию генов.

#### **Раздел 10.**

#### **Единство процессов обмена веществ.**

Связь процессов катаболизма и анаболизма, энергетических и конструктивных процессов. Энергетика обмена веществ. Взаимосвязь между обменами белков, углеводов, жиров и липидов. Ключевые ферменты. Способы регулирования метаболизма. Регулирование активности ферментов субстратом, продуктом и метаболитами.

### **IV. Самостоятельная работа**

Предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса дисциплины «Биохимия клетки» в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов дисциплины по учебникам.

## V. Итоговая проверка знаний

Учебный план по дисциплине «Биохимия клетки» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата. Тему реферата выбираем самостоятельно или из предложенных тем на последнем занятии.

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.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

### Темы рефератов:

1. Компартиментализация веществ и процессов в клетке.
2. Принципы регуляции процессов обмена веществ в клетке.
3. Молекулярные компоненты клетки – белки, липиды, углеводы, витамины и минералы в обмене веществ.
4. Незаменимые факторы питания.
5. Семейства и суперсемейства белков.
6. Протеомика. Специфические методы очистки белков.
7. Полиморфизм амфифильных соединений в водных растворах (мицеллы, эмульсии, ламеллы, бислойные структуры).
8. Модели строения биологических мембран.
9. Липосомы: методы их получения и изучения.
10. Основные положения теории ферментативного катализа.
11. Механизм ингибирования ферментов.
12. Кооперативность в ферментативном катализе.
13. Биохимия фотосинтеза.
14. Структура фотосинтетического аппарата.
15. Хемосинтез. Генерация и роль АТФ в процессах хемосинтеза.
16. Биохимия распада аминокислот. Дезаминирование аминокислот. Типы дезаминирования. Орнитиновый цикл. Структура и механизм действия трансаминаз и отдельных ферментов цикла мочевинообразования.
17. Метаболизм нуклеотидов. Нуклеазы. Синтез и распад пуриновых нуклеотидов.
18. Метаболизм нуклеотидов. Нуклеазы. Синтез и распад пиримидиновых нуклеотидов.
19. Регуляция процессов обмена веществ в организме.
20. Гормоны. Классификация и рецепторы гормонов. Механизмы передачи сигналов гормонами.
21. Связь процессов катаболизма и анаболизма, энергетических и конструктивных процессов. Энергетика обмена веществ.
22. Взаимосвязь между обменами белков, углеводов, жиров и липидов. Ключевые ферменты. Способы регулирования метаболизма. Регулирование активности ферментов.



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

### **Рекомендуемая литература:**

1. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. В 3 томах. М.:Бином, 2020г.
2. Северинов Е.С. Биохимия. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015.
3. Кольман Я, Рем К. Наглядная биохимия. 2009.

### **Дополнительная литература**

4. Nelson D., Cox M. Lehninger Principles of biochemistry, 6h ed. 2012
5. 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

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



**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.



**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ  
ИММУННОЙ СИСТЕМЫ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**Разработчики программы:** академик РАН Габибов А.Г.; академик РАН Деев С.М.; академик РАН Недоспасов С.А.; проф., д.х.н. Белогуров А.А.; чл.-корр. РАН Чудаков Д.М., д.б.н. Рубцов Ю.П.

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 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и по научным специальностям 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.5.4. Биохимия, 1.5.3. Молекулярная биология и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Молекулярные механизмы регуляции иммунной системы» является дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы аспирантуры. Объем курса составляет 36 академических часов (1 зачетная единица), из них 32 академических часов лекций, 4 часов самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов, включая контроль знаний.

## I. Цели и задачи изучения дисциплины.

**1.1. Цель дисциплины:** ознакомление с современными достижениями в области иммунологии.

**1.2. Задачи дисциплины:** ознакомить аспирантов с современными представлениями об иммунной системе животных и человека, с основными участниками иммунного ответа и функциях популяций и субпопуляций иммунокомпетентных клеток и регуляцией иммунной системы.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** дисциплина «Молекулярные механизмы регуляции иммунной системы» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 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)	Контроль (час)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы		
	28			4	4
36	28				

### 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	Введение в иммунологию. Медиаторы иммунных процессов на примере цитокинов семейства фактора некроза опухолей (TNF).	4	-
2	Инженерия антител.	4	
3	Комбинаторные подходы в биологии.	4	
4	Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний.	4	-
5	Адоптивная иммунотерапия Т-лимфоцитами, модифицированными химерными антигенными рецепторами.	4	-
6	Протеосомы. Механизм убиквитинирования.	4	
7	Перспективы развития иммунологии, иммунобиотехнология.	4	
	<b>Всего:</b>	28	-
	<b>Итого:</b>	28	

### III. Содержание курса

#### Раздел 1.

#### **Медиаторы иммунных процессов на примере цитокинов семейства фактора некроза опухолей (TNF)**

Основные вехи развития иммунологии эволюция иммунной системы у организмов от простейших до высших. Принципы распознавания «свой-чужой». Э.Дженнер, Л.Пастер, И.Мечников, П.Эрлих, К.Ландштейнер, Ф.Бернет, вклад в развитие иммунологии. Введение в иммунологию. Классификация цитокинов и иммуномодуляторов. Медиаторы иммунных процессов на примере цитокинов семейства фактора некроза опухолей (TNF).

#### Раздел 2.

#### **Инженерия антител**

Врожденный и адаптивный иммунитет: роль и основные характеристики. Особенности рецепторов врожденного и адаптивного иммунитета. Принципы иммунологического узнавания. Иммунологическая память. Сигналинг. Инженерия антител.

#### Раздел 3.

#### **Комбинаторные подходы в биологии**

Комбинаторные подходы в биологии и химии. Клетки врожденного иммунитета и их функции. Функции и лиганды Fc, TLR-и NOD-рецепторов. Т- и В-лимфоциты: функции и фенотипические маркеры. Каталитические антитела. Микрофлюидные технологии в иммунологии. Химерный антигенный рецептор, 4 поколения. CART – терапия: включение и выключение.

#### Раздел 4.

#### **Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний**

Почему необходимо искать новые способы лечения? Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний. Генно-инженерные препараты: дополнение к базисной терапии. Болезнь Альцгеймера, рассеянный склероз.

## **Раздел 5.**

### **Адоптивная иммунотерапия Т-лимфоцитами, модифицированными химерными антигенными рецепторами**

Адоптивная иммунотерапия Т-лимфоцитами, модифицированными химерными антигенными рецепторами. Иммунопатология. Нарушения системы распознавания «свой-чужой». Аутоиммунные процессы. Иммунология рака. Иммунопатология и вирусы. Иммунодефициты. Подходы к терапии иммунопатологий.

## **Раздел 6.**

### **Протеосомы, механизм убиквитинирования**

Убиквитин-протеасомная система – основная система деградации белков в клетках. Участие системы в патогенезе многих нейродегенеративных заболеваний, таких как болезни Альцгеймера и Паркинсона, амиотрофный латеральный склероз, прионные болезни и ряд других. Протеолитическая деградация белков - одна из ключевых стадий в разрушении миелина.

## **Раздел 7.**

### **Перспективы развития иммунологии, иммунобиотехнология**

Терапевтические антитела и их конструирование. Терапевтические антитела и их механизмы действия. Би- и трифункциональные антитела. Секвенирование как метод анализа антител. CAR-клетки. Новейшие методики создания и анализа антител. Обратная генетика.

## **IV. Самостоятельная работа**

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

## **V. Итоговая проверка знаний**

Учебный план по дисциплине «Молекулярные механизмы регуляции иммунной системы» предусматривает контроль знаний в форме сдачи реферата.

### **Примерные темы реферата:**

1. Медиаторы иммунных процессов на примере цитокинов семейства фактора некроза опухолей (TNF).
2. Инженерия антител.
3. Комбинаторные подходы в биологии и химии.
4. Четыре поколения химерных антигенных рецепторов (Car).
5. Использование микрофлюидных технологий в иммунологии.
6. Каталитические антитела.
7. Пути получения каталитических антител.
8. Микрофлюидные технологии в иммунологии.
9. Химерный антигенный рецептор, 4 поколения.
10. CART – терапия: включение и выключение.
11. Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний – болезнь Альцгеймера.
12. Новые подходы к терапии аутоиммунных заболеваний – рассеянный склероз.
13. Адоптивная иммунотерапия Т-лимфоцитами, модифицированными химерными антигенными рецепторами.
14. Механизм убиквитинирования, роль протеосом.
15. Протеолитическая деградация белков - одна из ключевых стадий в разрушении миелина.
16. Терапевтические антитела и их конструирование.

17. Терапевтические антитела и их механизмы действия.
18. Би- и трифункциональные антитела.
19. Секвенирование как метод анализа антител.
20. CAR-клетки.
21. Новейшие методики создания и анализа антител.
22. Обратная генетика.

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

### **Рекомендуемая литература:**

1. Бурместер Г. Р., Пецутто А. Наглядная иммунология. Лаборатория знаний. 2020.
2. Левинсон У. Медицинская микробиология и иммунология. Москва. Бином. Лаборатория знаний. 2015.
3. Хаитов Р. М. Иммунология. Структура и функции иммунной системы. 2015.
4. Б. Албертс, Д. Брей Дж. Льюис и др. Молекулярная биология клетки. Т. 1–3. М.: Мир, 2013.
5. Льюин Б., Кассимерис Л., Лингаппа В.П., Плоппер Д. Клетки // М., БИНОМ, 2011.
6. Васильев А. Г., Чурилов Л. П. Руководство по иммунологии и иммунопатологии. 2006.
7. Галактионов В.Г. Эволюционная иммунология. 2004.
8. Дейл М. М., Формен Дж.К. Руководство по иммунофармакологии.
9. Статьи по темам лекций (ссылки в лекциях даны)

### **Дополнительная литература:**

1. Pollard T., Earnshaw W.C., Lippincott-Schwartz J. Cell Biology. (2-nd edition). 2006.
2. Cooper G.M., Hausman R.E. The cell, molecular approaches. 2007.

## **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.

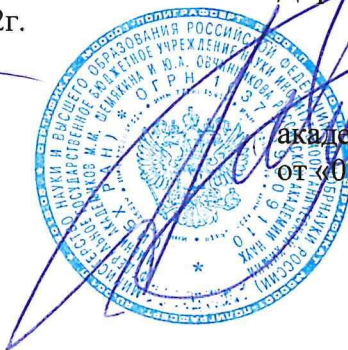
- Доска
  - Экран
  - Специализированная мебель
- Доска, столы или парты, стулья.
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.



**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

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

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

## Разработчик программы: 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 направлению 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 3.2. Медицинские науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Химия липидов и мембранология (липидология)» является факультативной дисциплиной / дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы по научным специальностям 1.4.4. Физическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.5.3. Молекулярная биология, 1.5.4. Биохимия, 1.5.6. Биотехнология.

### 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.

**1.3. Связь с другими дисциплинами:** курс «Химия липидов и мембранология (липидология)» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

### 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		
	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 липидологию. Классы и функции липидов.	2	



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.	4	
5	Биоэффекторные (сигнальные) фосфолипиды.	2	
6	Нейролипиды – семейство липидных нейроактивных веществ.	2	
7	Сфинголипиды – как биоэффекторы.	2	
8	Оксипирины 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	
12	Липидомика – новое направление развитие липидов.	4	
	<b>Всего:</b>	28	
	<b>Итого:</b>		28

### 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 церафосфолипидов. 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 метаболон. Лейкотриен А4-гидролаза и глутатионтрансфераза. Липоксины и гепоксилины: 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. Циклопентеноновые 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-гидроксиналь и изопростаны. Другие изо оксиполипиды. 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.

#### **Раздел 12.**

##### **Липидомика**

Основные проблемы липидологии. Липидомика - новое направление в изучении липидов. Методы выделения и определения строения липидов. Масс-спектрометрические подходы к изучению липидов. MALDI-imaging для отдельных видов липидов.

### **IV. 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%.

<b>Форма контроля</b>	<b>Индикаторы</b>	<b>Итоговый результат</b>
<b>Зачёт</b>	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.	<b>зачет</b>
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	<b>незачет</b>

#### **Темы рефератов:**

1. Липиды и жизнь. Абиотические липиды. Основные компоненты липидов.

2. Липидная энергетика. Биомембраны. Сигнальные липиды.
3. Жирные кислоты — основной компонент липидных структур. Насыщенные и ненасыщенные кислоты. Эссенциальные жирные кислоты.
4. Транспорт жирных кислот в организме. Последствия недостаточности эссенциальных жирных кислот. Транс-жирные кислоты. Биологические эффекты жирных кислот.
5. Биологические мембраны: функции и компоненты. Мембранные белки. Углеводы в мембранах Основные типы мембранных липидов.
6. Разнообразие мембран органелл и клеток. Модели мембран. Асимметрия биологических мембран. Рафты и кавеолы. Холестерин в мембранах. Динамика и фазы липидов.
7. Транспорт веществ через мембрану.
8. Принципы регуляции в живых системах. Типы глицеролипидов. Фосфолипазы — ключевые ферменты образования сигнальных липидов.
9. Каннабиноиды и эндогенные лиганды каннабиноидных рецепторов: анандамид и 2 арахидоноилглицерин.
10. Амиды жирных кислот и липоаминокислоты как биоэффекторные липиды.
11. Липидные нейротрансмиттеры и другие липидные нейроактивные соединения.
12. Сфинголипиды: структура, биосинтез, биологические функции. Сфингомиелиновый цикл: ферменты и индукторы.
13. Сфинголипиды как вторичные мессенджеры, их участие в процессах роста и апоптоза клеток.
14. Гликофосфинголипиды как межклеточные медиаторы и иммуномодуляторы. Сфинголипиды в патологии.
15. Липоксигеназное окисление полиеновых жирных кислот.
16. Липоксины и гепоксилыны: биосинтез и биологические эффекты. Резольвины и нейтропротектины. Рецепторы липоксигеназных метаболитов.
17. Простагландины и тромбоксаны (типы и серии). Взаимопревращения простагландинов. Циклооксигеназа — ключевой фермент биосинтеза простагландинов и лейкотриенов. Механизм окисления арахидоновой кислоты.
18. Транспорт через мембрану. Основные пути инактивации простагландинов и тромбоксанов.
19. Свободнорадикальное окисление полиеновых жирных кислот. Эпоксигеназы - ферменты семейства цитохрома P-450.
20. Нитролипиды — новые сигнальные молекулы, сопряженные с генерацией оксида азота.
21. Основные проблемы липидологии. Липидомика - новое направление в изучении липидов.
22. Методы выделения и определения строения липидов. Масс-спектрометрические подходы к изучению липидома. MALDI-imaging для отдельных видов липидов.

## **V. 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.

## **VI. 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А. Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г. Габитов  
от «02» ноября 2022г.

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

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

Москва – 2022

**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 укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям по укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 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 научным специальностям 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.5.4. Биохимия, 1.5.6. Биотехнология.

## **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 укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 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 температурочувствительных 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «2» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А. Олейников  
от «2» ноября 2022 г.



**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов  
от «2» ноября 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«НЕЙРОБИОЛОГИЯ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

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 1.4. Химические науки, 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 научным специальностям 1.4.4. Физическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.5.4. Биохимия, 1.5.6. Биотехнология.

## 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 трансммиттеров (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 трансммиттеры. 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 «сигналосома». Роль фосфодиэстераз. Связь с транскрипционным аппаратом. Gs и Gi. Связь с малыми ГТФазами. Кальциевая сигнализация. Какие рецепторы приводят к повышению внутриклеточного кальция и почему. Депо кальция в нейронах и астроцитах. Путь фосфолипазы C.  $\text{Ca}^{2+}$ -связывающие белки, эффекторы и буферные системы  $\text{Ca}^{2+}$  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 сигналосом. 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, инаktivации 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

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Ученый совет ИБХ РАН

Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.



Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А. Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«СТРУКТУРНАЯ БИОЛОГИЯ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

1.5. Биологические науки

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**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 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки.

Согласно федеральным государственным требованиям и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Структурная биология» является дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по укрупненным группам научных специальностей 1.4. Химические науки и 1.5. Биологические науки. Объем курса составляет 72 академических часов (2 зачетные единицы), из них 56 академических часа лекций и семинаров и 16 часов самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов, включая подготовку к экзамену.

## **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 укрупненным группам научных специальностей 1.5. Биологические науки и 1.4. Химические науки.

## **III. 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	
	36	20	-	16
	56			

### 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.	Оптическая спектроскопия для структурной биологии.	2	2
3.	Флуоресцентная и конфокальная микроскопия.	2	2
4.	Масс-спектрометрия для решения задач структурной биологии.	4	2
5.	ЯМР-спектроскопия биомолекул.	2	2
6.	ЭПР-спектроскопия.	2	-
7.	Рентгеновская кристаллография и малоугловое рентгеновское рассеяние.	2	-
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	2
12.	Флуоресцентные наночастицы в биологических и медицинских приложениях.	4	2
13.	Белковая инженерия для решения задач структурной биологии.	4	2
	<b>Всего:</b>	36	20
	<b>Итого:</b>	56	

## 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. Время разрешенная 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 рассеяние (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. Grisshammer, 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 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 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

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

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.



Ученый секретарь  
д.ф.м.н. В.А. Олейников  
от «02» ноября 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ХИМИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

**Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол №    от «    »    2022 г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН

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

академик А.Г.Габибов

от «    »    2022 г.

от «    »    2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## **ХИМИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ**

**Направление подготовки:**

1.5. Биологические науки

**Направленность (профиль) программы:**

1.5.4. Биохимия

1.5.6. Биотехнология

1.5.3. Молекулярная биология

**Направление подготовки:**

1.4. Химические науки

**Направленность (профиль) программы:**

1.4.9. Биоорганическая химия

**Уровень высшего образования:** подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Квалификация выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь.

**Форма обучения:** очная

Москва 2022

## Разработчик программы: д.х.н Коршун В.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 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Химия нуклеиновых кислот» является факультативной дисциплиной / дисциплиной по выбору образовательной компоненты образовательной программы по направленности 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

### 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 направлению подготовки 1.4. Химические науки, 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	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. Нуклеиновые кислоты как носитель наследственной информации. Химическая структура ДНК и РНК.	2	-
2	Строение нуклеиновых кислот. Реализация	2	-

	генетической информации: репликация, транскрипция, трансляция. Неферментативные превращения, приводящие к мутациям ДНК. Секвенирование ДНК.		
3	Олигонуклеотидный синтез. Твердофазный автоматизированный синтез биополимеров.	2	-
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>	18	

### 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), индокарбофианиновые, 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. Inuma 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. Paranemic 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.

- 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/acsnano.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 Klivanov 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)

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.

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)
- 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)
- 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.

- 9.1. <https://biomolecula.ru/articles/epigenetika-v-zakone-o-chem-metilirovanie-dnk-rasskazhet-kriminalistam>
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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



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

**СОГЛАСОВАНО:**

Ученый совет ИБХ РАН

Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь

д.ф.-м.н. В.А. Олейников

от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ИБХ РАН

академик А.Г. Габитов

от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ГЕНЫ, ГЕНОМ, ГЕНОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ»**

**Шифр и наименование**

**группы научных специальностей:**

1.5. Биологические науки

1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

Москва 2022

**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 ИБХ РАН. Согласно федеральным государственным требованиям по направлению подготовки 1.4. Химические науки, 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 направлению 1.4. Химические науки, 1.5. Биологические науки.

## 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**

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	<p>Реферат полно и исчерпывающе раскрывает тему. Аспирант демонстрирует уверенные знания теории.</p> <p>Реферат раскрывает тему, но есть незначительные замечания, несущественные неточности.</p> <p>Реферат не полной мере раскрывает тему, есть существенные замечания. Имеются существенные неточности.</p>	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

#### 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  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН

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

от «02» ноября 2022г.

академик А.Т.Габибов

от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Шифр научной специальности: 1.4.9. Биоорганическая химия

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 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 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 биомолекулярной химии (Лаборатория химии метаболических путей), Отдел «Учебно-научный центр», Отдел структурной биологии (Лаборатория биомолекулярной ЯМР-спектроскопии).

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.	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 лигирования, методов модульного клонирования, сборки Гибсона, рекомбинационного клонирования.	6
2.	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-	6

			лимфоциты, экспрессирующие маркеры NK-клеток (T-NK-клетки) (CD3+CD56+).	
3.	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 антител. Отбор гибридом, анализ моноклональных антител, продуцирующих гибридомами.	18
4.	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
5.	Электрофоретические методы	к.х.н., н.с. УНЦ Д.Н.	Разновидности электрофореза в ПААГ и	6

	анализа белков	Мельникова	изоэлектрофокусирования, 2D-электрофорез. Определение гомогенности препарата и молекулярных масс белков с помощью SDS-электрофореза в ПААГ.	
6.	Иммуноблоттинг белков	к.х.н., с.н.с. УНЦ Финкина Е.И	Вестерн- и дот-блоттинг, истерн-блоттинг, колориметрическая, хемилюминесцентная, флюоресцентная и мультиплексная детекция. Применение Вестерн- и дот-блоттинга для идентификации белков и их возможных лигандов.	6

## 7. Промежуточная аттестация обучающихся по практики

Учебный план практики предусматривает промежуточная 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.: 60х90 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 РНБ. <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 ИБХ РАН
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

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

- Consultant Plus
- Garant system
- Библиотека 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.

Оборудование и сопутствующие расходные материалы, используемые при проведении практики:

Настольный термостат Термит (ДНК-Технология), Вортекс Microspin (Biosan), Амплификатор Genesy 96T (Ianolong), Воздушный термостат (Binder), Центрифуга MiniSpin (Eppendorf),

Электропоратор MicroPulser (BioRad), Термостатируемый шейкер для пробирок без охлаждения Excella e25 (New Brunswick), Источник тока PowerPac (BioRad), ЯМР спектрометр Bruker Avance 800 МГц, Камеры для горизонтального электрофореза (BioRad), Комплект оборудования для формирования геля (столик для заливки геля, пластиковая подложка, гребёнки), Набор микродозаторов (0,25 мкл – 1000 мкл) со сменными наконечниками, Чашки Петри одноразовые пластиковые, Пробирки типа фалькон на 15 мл, на 50 мл, Кюфеты для электропорации, зазор 1 мм (BioRad), Микропробирки пластиковые одноразовые (объёмы 0,2 мл, 1,5 мл) Перчатки одноразовые, материал нитрил, размеры S, M, L.

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

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПЛАН  
ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ  
И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Укрупненная группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(цифр и наименование специальности)

Аспирант

\_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения  
практики \_\_\_\_\_  
(наименование структурного подразделения 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**  
**ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**  
*им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова*  
*Российской академии наук*  
**( ИБХ РАН )**

**ОТЧЕТ О ПРОХОЖДЕНИИ ПРАКТИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Укрупненная группа научных специальностей: 1.4. Химические 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 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  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

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

от «02» ноября 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов

от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА»**

Область науки: 1. Естественные науки

Группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Шифр научной специальности: 1.4.9. Биоорганическая химия

Форма обучения: очная

Сроки обучения: 4 года

Москва – 2022

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 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 онлайн 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:

## 7. Итоговый контроль

Учебный план практики предусматривает контроль знаний в

№	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

форме  
недиф-  
фенци-  
рованн-  
ого  
зачета  
с  
выстав-  
ление  
м его в  
зачетн-  
ую  
ведомо-  
сть.  
Оценк-  
а  
«зачте-  
но»  
выстав-  
ляется  
при  
услови-  
и  
предос-  
тавлен-  
ного в  
срок и  
оформ-  
ленног-  
о в  
соотве-  
ствие  
с  
указан-  
ными  
требов-  
аниям  
и  
пакета  
докуме

нтов, 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 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

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

**Индивидуальный план педагогической практики**

Аспирант \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Укрупненная группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения  
практики \_\_\_\_\_  
(наименование организации или структурного подразделения ИБХ РАН)

Сроки прохождения научно-исследовательской практики  
с «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. по «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Научный руководитель

№	Формулировка и содержание задания	Сроки прохождения
1	(ознакомление с учебно-методическими материалами, практические (лабораторные), семинарские занятия, обработка и систематизация материалов, полученных при прохождении практики, другие виды работ)	
...		

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. подпись)

Аспирант  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. подпись)

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

**Отчет  
по педагогической практике**

Аспирант \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью)

Укрупненная группа научных специальностей: 1.4. Химические науки

Научная специальность: \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(ФИО, полностью; должность, ученое звание и степень)

Место прохождения  
практики \_\_\_\_\_  
(наименование организации или структурного подразделения 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)