

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт белка  
Российской академии наук

ПРИНЯТО Ученым советом ИБ РАН

Протокол № 5 от 08.06.2023 г.

Зам. директора ИБ РАН

д. х. н. А. Д. Никулин



*Направление подготовки 06.06.01 – Биологические науки*  
Направленность (профиль) – Молекулярная биология

Рабочая программа по дисциплине  
**«МЕТОДЫ ХИМИИ БЕЛКА»**

**Составитель курса:**

**доктор химических наук**

**А. Д. Никулин**

**Пущино 2023**

## **1. Цель изучения дисциплины**

Цель преподавания дисциплины «Методы химии белка» состоит в содействии формированию следующих компетенций:

***Общепрофессиональными компетенциями:***

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

***Профессиональными компетенциями:***

- готовность к организации и проведению на современном уровне научных исследований в профессиональной области (ПК-1);
- способность выбирать наиболее перспективные направления исследования в области молекулярной (ПК-5);

***Универсальными компетенциями:***

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).

## **2. Основные задачи курса**

Курс «Методы химии белка» посвящен, прежде всего, методам химии белков, а также химии белоксинтезирующего аппарата живых клеток, включая нуклеиновые кислоты, и является составной частью образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 06.06.01 «Биологические науки». Курс рассчитан на аспирантов, специализирующихся в области молекулярной биологии, и научных сотрудников, начинающих работать в этой области.

В курсе лекций дается краткое представление о химической структуре белков и нуклеиновых кислот (свойствах аминокислот и нуклеотидов, полипептидной и нуклеотидной цепях, свойствах данных биополимеров). Описываются основные химические методы, которые применялись вчера и используются сегодня для выделения и исследований белков и нуклеиновых кислот. Проводится сравнительный анализ возможностей и недостатков различных методов, используемые при изучении структуры и функции белков и нуклеиновых кислот.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины «Методы химии белка» аспирант должен:

***Знать:***

- современные актуальные направления и арсенал методов и подходов в избранной профессиональной области и смежных областях биологических наук;
- исчерпывающую характеристику объектов и методов по теме исследования;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах.

***Уметь:***

- критически анализировать и оценивать основные концепции и синтезировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных направлениях;
- обсуждать полученные собственные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории, в том числе международной;

- следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач;
- осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом;
- критически анализировать и оценивать основные концепции и синтезировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных направлениях;
- обсуждать полученные собственные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории, в том числе международной.

*Владеть:*

- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах;
- технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований;
- технологиями планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
- системным пониманием актуальных проблем методологического арсенала биологических наук;
- системным пониманием перспектив развития и социального значения избранной профессиональной области.

#### **4. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Курс «Методы химии белка» непосредственно связан с рядом других курсов программы послевузовского профессионального образования по молекулярной биологии:

«Принципы структурной организации белков и нуклеиновых кислот»;  
«Биосинтез белка и его регуляция»;  
«Физические методы в молекулярной биологии»

и должен проводиться параллельно с ними.

#### **5. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость курса – 2 ЗЕТ, из них лекции – 36 часов.

### **ПРОГРАММА**

#### **1. Введение.**

- Белки, нуклеиновые кислоты и молекулярная биология (краткая историческая справка). Роль белков и нуклеиновых кислот (НК) в жизни и эволюции организмов. Развитие методов химии и их применение для изучения свойств биологических макромолекул;
- Разнообразие белков и НК: простые и сложные белки, биологические пептиды, ДНК и РНК. Классификация белков и НК;

- Стратегия изучения белков и нуклеиновых кислот. Свойства биологических макромолекул (физико-химические свойства, структура и функция) и накопленный арсенал методов для их исследования.

## **2. Химическая структура белка и нуклеиновой кислоты.**

- Структурная организация белков и нуклеиновых кислот: аминокислоты, нуклеотиды и полимерная цепь, понятие о первичной структуре и других уровнях организации биологических макромолекул, мономеры, олигомеры и комплексы;
- Понятие об аминокислотах, структура и свойства. Разнообразие аминокислот и их классификация. Протеиногенные и непротеиногенные аминокислоты. Стереоизомеры. Кислотно-основные свойства и растворимость аминокислот. Типы боковых групп. Проявление свойств аминокислотных остатков в белке.
- Понятие о нуклеотидах, структура и свойства. Компоненты нуклеотидов. Разнообразие нуклеотидов и их классификация. Основные и минорные нуклеотиды в НК. Проявление свойств нуклеотидных остатков в НК. Роль нуклеотидов и их производных в метаболизме клетки.

## **3. Выделение и очистка белков и нуклеиновых кислот.**

- Оборудование и реактивы. Чистота проведения эксперимента;
- Особенности выделения белков и НК из разных биологических объектов (эукариоты, мезофильные бактерии, экстремофильные археи и бактерии, штаммы-продуценты). Методы разрушения клеточной стенки (физический, химический и энзиматический);
- Методы предварительной очистки образца:  
центрифugирование и задачи, которые можно решить этим методом. Виды центрифugирования;  
очистка образца, основанная на различии в растворимости белков, нуклеиновых кислот и других клеточных компонентов;  
избирательная денатурация, как способ очистки белков или НК;  
очистка биополимеров с использованием ферментов;  
подготовка образца для последующих этапов очистки.
- Материалы и основное оборудование хроматографии. Хроматографическая очистка биополимеров. Основные принципы. Распределительная хроматография в жидкой фазе и в тонком слое. Адсорбционная хроматография. Гидрофобная хроматография. Гель-хроматография, эффект молекулярного сита. Ионообменная хроматография, аниониты, катиониты. Аффинная хроматография, принцип и возможности. Техника эксперимента. Высокоэффективная жидкостная хроматография. HPLC, FPLC. Принцип и оборудование.
- Использование для очистки белка полупроницаемых мембран.
- Эффективное сочетание хроматографических и других методов для очистки биомолекул. Факторы, влияющие на качество и количество выделенного образца.
- Кристаллизация белков или НК как способ их очистки.
- Как избежать инактивации биомолекулы (структурные или функциональные изменения, гидролиз и модификации) при ее выделении.

## **4. Электрофорез для анализа и очистки биополимеров.**

- Электрофорез белков и НК (историческая справка). Полимерные гели, как среда для электрофореза биологических макромолекул;
- Зональный электрофорез. Метод Леймли. Ступенчатый и градиентный электрофорез в ПААГ;
- Электрофорез в денатурирующих и неденатурирующих условиях;
- Двумерный электрофорез, изоэлектрофокусирование, метод О'Фаррелла, другие варианты двумерного электрофореза в ПААГ;

- Маркеры, лидирующие красители и визуализация полос;
- Анализ и использование образца после его электрофоретического разделения: выделение образца из геля, перенос образца на мембрану, радиоавтограф.
- Препартивный электрофорез в полиакриламидном геле. Оборудование и возможности метода.

## **5. Характеристика образца и подготовка его к исследованиям.**

- Методы приготовления образцов белков и НК для исследований:  
Методы концентрирования. Осаждение солями, органическими растворителями и полимерами. Ультрафильтрация. Лиофилизация.  
Растворение осадков белков или НК (денатурация и ренатурация). Удаление низкомолекулярных веществ из раствора (переосаждение, диализ через полупроницаемую мембрану или хроматографическое обессоливание).
- Определение концентрации белка или НК в растворе:  
Определение количества белка по азоту или НК по фосфору;  
Колориметрические методы;  
Спектрофотометрические методы.
- Методы, позволяющие оценить чистоту препарата биомолекул:  
Аналитическое ультрацентрифугирование и гель-хроматография, электрофорез в ПААГ, определение N- и C-концевых аминокислотных остатков, масс-спектрометрия.
- Аминокислотный состав белка: кислотный и щелочной гидролиз, их особенности, преимущества и недостатки;  
Аминокислотный анализатор, современные модели, чувствительность (флуорескамин и о-фталевый диальдегид, газожидкостная хроматография);
- Нуклеотидный состав НК: химический и ферментативный гидролиз, методы разделения нуклеотидов и определения состава НК.

## **6. Определение первичной структуры белка.**

- Определение N- и C-концевых аминокислотных остатков: динитрофенильный, дансильный методы, гидразинолиз, амино- и карбоксипептидазы;
- Методы фрагментации полипептидной цепи:  
Химические методы специфического расщепления белка. Факторы, влияющие на специфичность и эффективность расщепления полимера;  
Энзиматические методы расщепления белка. Специфичность протеаз, понятие об ограниченном и исчерпывающем гидролизе. Триптический гидролиз белка только по остаткам лизина или аргинина, или цистеина;
- Методы разделения и очистки пептидов. Фингерпринт;
- Определение аминокислотной последовательности белка:  
Последовательная деградация пептидов по методу Эдмана и его современные модификации. Основные принципы работы секвенатора;
- Альтернативный метод определения первичной структуры белка – сиквенс по гену.
- Представление о химическом синтезе белков и пептидов. Синтезатор Меррифилда.

## **7. Определение первичной структуры ДНК и РНК.**

- Химические методы фрагментации полинуклеотидной цепи. Модификация нуклеотидов по азотистым основаниям и расщепление полинуклеотидной цепи;
- Энзиматические методы фрагментации полинуклеотидной цепи. Специфические и неспецифические нуклеазы. ДНКазы и РНКазы;
- Определение нуклеотидной последовательности ДНК:  
Метод Максама-Гилберта;  
Метод Сэнгера;

Современные варианты секвенирования ДНК и РНК. Основные принципы работы секвенатора.

- Представление о химическом синтезе НК.
- 8. Изучение пространственной структуры белка, его межмолекулярных контактов и функциональных свойств химическими методами.**
- Общая стратегия изучения пространственной структуры и других свойств белка;
  - Химическая модификация аминокислотного остатка в белке. Задачи, решаемые при модификации белка. Модифицирующие агенты. Специфичность реакции и полнота модификации. Модификация аминогруппы, тиольных групп цистеина и метионина, имидазола гистидина, гидроксильных групп серина и треонина, гидроксила тирозина, триптофана, аргинина и лизина, аспарагиновой и глутаминовой кислот;
  - Внутри- и межмолекулярные сшивки. Фотоактивируемые агенты;
  - Использование белка как лиганда в аффинной хроматографии;
  - Ограниченный ферментативный гидролиз белка. Специфичность и эффективность протеаз;
  - Специфическое расщепление белка химическими агентами;
  - Сравнительное расщепление или модификация свободного белка или его комплекса с другой молекулой (*метод foot-printing*).
- 9. Белковая инженерия.**
- Задачи и возможности метода. Специфический и неспецифический мутагенез. Примеры различных приемов мутагенеза. Использование методов генной инженерии для изучения структуры белка (*сайт направленный мутагенез*).
- 10. Изучение пространственной структуры НК, ее межмолекулярных контактов и функциональных свойств химическими методами.**
- Общая стратегия изучения пространственной структуры и других свойств НК;
  - Химические модификации в РНК. Изучение укладки полинуклеотидной цепи и конформационных изменений в ее пространственной структуре;
  - Использование РНК как лиганда в аффинной хроматографии;
  - Энзиматический гидролиз РНК. Специфические ферменты. Выявление элементов пространственной структуры и участков, защищаемых другими молекулами. Пробинг и изменение конформации РНК;
  - Транскрипция РНК и ее производных *in vitro*. Задачи и возможности метода. Препартивная наработка РНК. Внесение мутаций в РНК вне клетки.
  - Мутагенез: естественный (молекулярная эволюция) и искусственный (неосознанное вмешательство в живые организмы и лабораторный эксперимент). SELEX, SERF и др.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Контроль успеваемости и качества подготовки обучающихся подразделяется на текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества усвоения учебного материала, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики проведения занятий. Он проводится в ходе всех видов учебных занятий в форме, избранной преподавателем и/или предусмотренной рабочей программой дисциплины

**Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе изучения дисциплины,  
описание шкал оценивания**

<b>Этапы формирования компетенций:</b>	<b>Контролируемые разделы</b>	<b>Код контролируемой компетенции</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Уровни сформированности компетенции в баллах</b>	
<b>1 этап</b>	<b>Модуль I.</b> Белки, нуклеиновые кислоты и молекулярная биология (краткая историческая справка). Роль белков и нуклеиновых кислот (НК) в жизни и эволюции организмов. Развитие методов химии и их применение для изучения свойств биологических макромолекул. Структурная организация белков и нуклеиновых кислот. Выделение и очистка белков и нуклеиновых кислот. Характеристика образца и подготовка его к исследованиям.	ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Задания для самостоятельных работ	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
		ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Зачет	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
<b>2 этап</b>	<b>Модуль II.</b> Определение первичной структуры белка. Определение первичной структуры ДНК и РНК. Изучение пространственной структуры белка, его межмолекулярных контактов и функциональных свойств химическими методами. Белковая инженерия. Изучение пространственной структуры НК, ее межмолекулярных контактов и функциональных свойств химическими методами.	ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Задания для практических работ	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
		ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Зачет	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
<b>макс:</b>					<b>5</b>

### Формы, уровни и критерии оценивания

<b>Форма оценивания</b>	<b>Уровни оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Практические работы	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Аспирант имеет отдельные представления об изученном материале; не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, при ответах допускает грубые ошибки; практические работы не выполнены или выполнены с ошибками, влияющими на качество выполненной работы. Практически не посещает занятия.
	Низкий (Удовлетворительно)	Аспирант знает лишь основной материал; на заданные вопросы отвечает недостаточно четко и полно, что требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; практические, лабораторные и курсовые работы выполняет с ошибками, не отражающимися на качестве выполненной работы. Посещает занятия, но не системно.
	Средний (Хорошо)	Аспирант твердо знает учебный материал; отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; умеет применять полученные знания на практике; практические работы выполняет правильно, без ошибок. Посещает занятия, но не в полном объеме.
	Высокий (Отлично)	Аспирант глубоко изучил учебный материал; последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; свободно применяет полученные знания на практике; практические работы (задания) выполняет правильно, без ошибок, в установленное нормативом время. Посещает занятия практически полностью.
Самостоятельная работа	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Аспирант неполно изложил задание; при изложении были допущены существенные ошибки; результаты выполнения работы не удовлетворяют требованиям, установленным преподавателем к данному виду работы.
	Низкий (Удовлетворительно)	Аспирант неполно, но правильно изложил задание; при изложении была допущена 1 существенная ошибка; знает и понимает основные положения данной темы, но допускает неточности в формулировке понятий; излагает выполнение задания недостаточно логично и последовательно; затрудняется при ответах на вопросы преподавателя; материал оформлен неаккуратно или не в соответствии с требованиями.
	Средний (Хорошо)	Аспирант неполно, но правильно изложил задание; при изложении были допущены 1-2 несущественные ошибки, которые он исправляет после замечания преподавателя; дает правильные формулировки, точные определения, понятия терминов; может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания аспирантом данного материала; материал оформлен недостаточно аккуратно и в соответствии с требованиями.
	Высокий (Отлично)	Аспирант обстоятельно, с достаточной полнотой излагает соответствующую тему; дает правильные

		формулировки, точные определения, понятия терминов; может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания аспирантом данного материала. Материал оформлен аккуратно в соответствии с требованиями.
Тестирование	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Аспирант выполнил работу не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильные выводы.
	Низкий (Удовлетворительно)	Аспирант выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.
	Средний (Хорошо)	Аспирант выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий, но допустил 2-3 ошибки.
	Высокий (Отлично)	Аспирант выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; или правильно и аккуратно выполнил все задания; правильно выполняет анализ ошибок.

**Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе сдачи зачета с оценкой по дисциплине, описание шкалы оценивания**

По результатам текущего контроля успеваемости за 2 модуля аспирант до экзамена может набрать от 0 до 10 баллов.

Выполнение учебных заданий по дисциплине оценивается от 0 до 10 баллов (до 20 в каждом из 2-х текущего контроля успеваемости).

Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства	Критерии оценивания (Уровни сформированности компетенции)	
ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Выполнение промежуточных заданий	– не аттестован – низкий – средний – высокий	0 – 5 6 – 10 11 – 15 16 – 20
макс: 20 баллов			

**Критерии итогового оценивания сформированности компетенций**

Формы оценивания	Уровни оценивания	Критерии оценивания
Ответы (устные или письменные) на вопросы билетов	– не аттестован – низкий – средний – высокий	50% и менее 51% – 65 % 66 % – 84% 85% – 100%

До итогового зачета с оценкой допускается аспирант, набравший сумму в пределах от 5 до 20 баллов (включая оценку по успеваемости и посещаемости). Аспирант, набравший 5 баллов и менее до зачета допускается, но должен добрать недостающие баллы, либо до или во время зачета.

Положительную оценку на зачете успешно выполнившие все тестовые задачи и правильно ответившие на контрольные вопросы.

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Задания для самостоятельных работ	Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый аспирантами без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы.	Вопросы, задания, темы рефератов для самостоятельных работ
2.	Вопросы к зачету / экзамену	Перечень вопросов для зачета / экзамена	Перечень вопросов к зачету / экзамену

**Материально-техническая база для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для групповых лекционных и семинарских занятий, самостоятельной работы студентов, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется аудитория № 305 (биотехнологический корпус ИБ РАН). Она оборудована стационарным компьютером с выходом в Интернет и принтером, проектором и стационарным экраном, доской для маркеров, имеет 15 посадочных мест (с возможностью организации дополнительных), 5 столов, и отдельный стол со стулом для преподавателя. В аудитории имеется беспроводной доступ к локальной сети и к сети Интернет.

**ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Геккелер, К. и Экштайн, Х. Аналитические и препаративные лабораторные методы. – М.: Химия, 1994.
2. Практическая химия белка. Под. ред. А. Дарбре. – М.: Мир, 1989.
3. Аминокислоты. Пептиды. Белки. Под. ред. Т. Дэвени и Я. Гергей. – М.: Мир, 1976
4. Дэвидсон, Д. Биохимия нуклеиновых кислот. – М.: Мир, 1976.
5. Лениндженер, А. Основы биохимии. 1-3 т. – М.: Мир, 1985.
6. Овчинников, Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987.
7. Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: электрофорез и ультрацентрифугирование. – М.: Наука, 1981.
8. Остерман Л.А. Исследование биологических макромолекул электрофокусированием, иммуноэлектрофорезом и радиоизотопными методами. – М.: Наука, 1983.
9. Остерман Л.А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. – М.: Наука, 1985.
10. Скоупс Р. Методы очистки белков. – М.: Мир, 1985.
11. Фрайфельдер Д. Физическая биохимия. – М.: Мир, 1980.
12. Шабарова, З.А. и Богданов. А.А. Химия нуклеиновых кислот. – М.: Химия, 1978.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТА**

1. Агол, В.И., Богданов, А.А., Гвоздев, В.А. и др. Молекулярная биология: Структура и биосинтез нуклеиновых кислот. под ред. А.С. Спирина. – М.: Высшая школа, 1990.
2. Гринштейн, Д. и Виниц, М. Химия аминокислот и пептидов. – М.: Мир, 1966
3. Жидкостная колоночная хроматография. под. ред. З. Дейл, К. Мацек, Я. Янак. – М.: Мир, 1983.
4. Диксон, М. и Уэбб, Э. Ферменты. 1-3 т. – М.: Мир, 1982.
5. Кирхнер, Ю. Тонкослойная хроматография. – М.: Мир, 1981.
6. Кочетков, Н.К., Будовский, Э.И., Свердлов, Е.Д., Симукова, Н.А., Турчинский, М.Ф., Шибаев, В.Н. Органическая химия нуклеиновых кислот. – М.: Химия, 1970.
7. Лурье А.А. Сорбенты и хроматографические носители. – М.: Химия, 1972.
8. Микельсон, А. Химия нуклеозидов и нуклеотидов. – М.: Мир, 1966.
9. Мосолов, В.В. Протеолитические ферменты. – М.: Наука, 1971.
10. Биохимия. Учебник. Под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004.
11. Степанов В.М. Молекулярная биология. Структура и функции белков. под ред. А.С. Спирина. – М.: Высшая школа, 1996.
12. Торчинский Ю.М. Сера в белках. – М.: Наука, 1977.
13. Туркова Я. Афинная хроматография. – М.: Мир, 1980.
14. Шапот, В.С. Нуклеазы. – М.: Медицина. 1968.
15. Шульц, Г. и Ширмер, Р. Принципы структурной организации белков. – М.: Мир, 1982.
16. Якубке, Х.-Д. и Ешкайт, Х. Аминокислоты, пептиды, белки. – М.: Мир, 1985.

## **Вопросы для промежуточной аттестации по курсу «Методы химии белка»**

- Разнообразие белков. Классификация и ее типы.
- Определение N- и C-концевых аминокислотных остатков. Задачи, решаемые методом.
- Компоненты белков и их физико-химические свойства.
- Протеазы и их ингибиторы. Энзиматическое расщепление белка. Задачи, решаемые методом.
- Физико-химические свойства белков.
- Химическое расщепление белка. Задачи, решаемые методом. Избранные примеры.
- Методы предварительной очистки белков.
- Основные типы хроматографических методов очистки белков (принципы разделения).
- Фингерпринт. Последовательная деградация пептидов по Эдману (секвенирование).
- Гель-хроматография и другие методы разделения молекул белков по размеру.
- Ионообменная, аффинная и металлохелатная хроматографии. Принципы методов.
- Способы синтеза белков и пептидов (принципы и краткая характеристика).
- Адсорбционная хроматография. Методы концентрирования макромолекул.
- Оптические свойства биополимеров и методы определение концентрации белка.
- Электрофорез в ПААГ. Разнообразие подходов.
- Экспериментальные задачи, решаемые методом электрофореза белков в ПААГ.
- Химические модификации белков. Применение и избранные примеры.
- Методы, позволяющие оценить чистоту препарата биомолекул.
- Определение аминокислотного состава белка (принцип и решаемые задачи).
- Методы химии и биохимии, применяемые для изучения конформации макромолекулы.
- Белковая инженерия: рациональное совмещение достижений методов химии, молекулярной биологии и генетики.
- Аминокислотный анализатор и Секвенатор (принципы работы).
- Иммобилизация белка (белки – лиганды в аффинной хроматографии).
- Бифункциональные реагенты и их применение для изучения белков (примеры).

- Разнообразие видов и форм аминокислот, обнаруженных в клетках (например, протеиногенные и непротеиногенные).
- Колориметрические методы определения концентрации белков. Принципы и чувствительность.
- Химические модификации аминокислотных остатков, позволяющие повысить специфичность энзиматического гидролиза белка.
- Мутагенез: основные типы модификаций и их эффект на жизненные процессы.