

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Химия белка**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Биоорганическая химия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля) **Химия белка**
2. Уровень высшего образования – **специалитет**.
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>ОПК-1.С.</b> Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>Знать:</b> актуальные направления исследований в области современной биоорганической химии
<b>СПК-1.С.</b> Способность использовать представления об актуальных направлениях химии живых систем, о месте биоорганической химии в современной науке, об основных направлениях применения биополимеров и их компонентов в биологии и медицине при решении задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> актуальные направления химии живых систем, основные направления применения биополимеров и их компонентов в биологии и медицине <b>Уметь:</b> выбирать направление экспериментального исследования, адекватное поставленной задаче
<b>СПК-4.С.</b> Способность пользоваться современными интернет-ресурсами для поиска научной информации по строению и свойствам биополимеров, для анализа и моделирования их структуры	<b>Знать:</b> теоретические основы современных методов получения, анализа и моделирования структур биополимеров <b>Уметь:</b> проводить поиск научной информации по строению и свойствам биополимеров, использовать для этой цели современные интернет-ресурсы, включая базы данных, специализированные компьютерные программы, ресурсы удаленных биоинформатических серверов <b>Владеть:</b> базовым арсеналом компьютерных программ для визуализации и анализа структур биополимеров

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 76 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа составляет самостоятельная работа студента.*

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен:

**знать:** принципы строения и свойств основных классов органических соединений, механизмы химических реакций, закономерности химических равновесий в гомогенных системах;

**уметь:** применять знания, полученные в различных разделах химии, при обсуждении свойств новых соединений и их комплексов; ориентироваться в современной научной литературе, в том числе с привлечением информационных баз данных;

**владеть:** основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими физико-химические явления.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1. Химические реакции белков	18	10	8	-	-	-	18	-	-	-
Тема 2. Структура белков	20	10	10	-	-	-	20	-	-	-
Тема 3. Физико-химия белков	14	6	8	-	-	-	14	-	-	-

Тема 4. Ферменты и транспортные белки	20	10	10	-	-	-	20	-	-	-
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36					4				32
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			<b>4</b>	<b>76</b>			<b>32</b>

#### 9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

#### 10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Презентации лекций, конспекты лекций, основная и дополнительная учебная литература

#### 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### Основная литература

1. Конспекты и презентации лекций.
2. Периодическая литература, рекомендованная лектором.
3. Баландина Г.Н. Классический синтез пептидов в растворе. Методическое пособие для студентов. Москва, изд-во Химического факультета МГУ.

#### Дополнительная литература

1. Voet D., Voet J.D. Biochemistry, 4th ed. John Wiley & Sons, 2011.
2. Kessel A., Ben-Tal N. Introduction to proteins. CRC Press, 2011.
3. Brandon C., Tooze J. Introduction to protein structure. 2nd ed. Garland Publishing. 1999.
4. Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка. Университет, 2002.

5. Fersht A. Structure and mechanism in protein science: a guide to enzyme catalysis and protein folding. W.H. Freeman, 1999.
6. Petsko G., Ringe D. Protein structure and function. New Science Press. 2004.
7. Howard G.C., Brown W.E. Modern protein chemistry. CRC Press, 2002.
8. Leningher A.L., Nelson D.L., Cox M.M. Principles of biochemistry (2nd ed.). Worth Publishers, 1993.
9. Степанов В.М. Структура и функция белков. Высшая школа. Москва, 1996.
10. Г. Шульц, Р. Ширмер. Принципы структурной организации белков. М., Мир. 1982.
11. Б. Нолтинг. Новейшие методы исследования биосистем. М., Техносфера. 2005.
12. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии (под ред. К. Уилсона и Дж. Уолкера). М., Бином. Лаборатория знаний. 2013.

### Интернет-ресурсы:

Базы данных PubMed (NCBI, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Protein Data Bank (Research Collaboratory for Structural Bioinformatics <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>)

- Материально-техническое обеспечение: лекционные занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели:

1. д.х.н., проф. Филиппова И.Ю. E-mail: irfilipp@belozersky.msu.ru
2. к.х.н., доц. Баландина Г.Н., E-mail: gbalandina@mail.ru
3. к.х.н., доц. Родина Е.В. E-mail: rodina@belozersky.msu.ru
4. д.х.н., проф. Байков А.А. (НИИ ФХБ имени А.Н. Белозерского) E-mail: baykov@genebee.msu.ru
5. к.х.н., с.н.с. Анашкин В.А. (НИИ ФХБ имени А.Н. Белозерского) E-mail: victor\_anashkin@genebee.msu.ru

### Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

## Вопросы для экзамена:

1. Химическое строение белков и пептидов. Образование и свойства пептидной группы. Ферментативный и неферментативный гидролиз пептидов и белков. Автокаталитический гидролиз белков.
2. Функциональные группы пептидов и белков. Химическая модификация белков и пептидов. Групповые и индивидуальные реагенты. Реакционная способность функциональных групп, зависимость от расположения группы в белке. Применение химической модификации для анализа структуры и свойств белков и пептидов. Аффинные реагенты. Сшивающие агенты. Получение функциональных конъюгатов. Имобилизация пептидов и белков.
3. Посттрансляционная модификация белков. Виды ПТМ: Ограниченный протеолиз. Полибелки . Сигнальные пептиды . Проферменты. Сплайсинг белков. Процессинг N-конца . Присоединение гликозил-фосфатидинозитола, фарнезила и геранила. Гликозилирование. АДР-рибозилирование.  $\gamma$ -Карбоксиглутаминовая кислота. Фосфорилирование. Роль ПТМ в функционировании белков *in vivo*.
4. Выделение и очистка белков и пептидов. Солюбилизация. Стабилизация. Определение белка. Стратегия очистки. Разделение белков по размеру, заряду, полярности, биологической активности. Особенности очистки рекомбинантных белков. Доказательства индивидуальности белка.
5. Аминокислотный анализ пептидов и белков. Определение первичной структуры пептидов и белков. Деградация по Эдману, ферментативный гидролиз: стратегия, механизмы используемых реакций, анализ полученных данных. Использование масс-спектрометрических методов для определения первичной структуры белков.
6. Химический синтез пептидов. Способы активации функциональных групп. Реакции введения и удаления защитных групп. Механизмы используемых реакций. Блочный синтез в растворе. Твердофазный синтез. Возможности ферментативного синтеза пептидов. Выбор стратегии синтеза.
7. Уровни структурной организации белков. Способы представления трехмерных структур. Домен.
8. Вторичная структура белков. Двугранные (торсионные) углы  $\phi$  и  $\psi$ . Диаграмма Рамачандрана. Характерные элементы вторичной структуры. Спиральные структуры. Бета-складчатые структуры. Нерегулярные структуры ( $\beta$ -изгибы,  $\gamma$ -повороты, W-петли, изгибы, "выпетливания").
9. Третичная структура белков. Фибриллярные белки (кератины, фиброин шелка, коллаген, эластин). Глобулярные белки. Мембранные белки.
10. Методы определения третичной структуры белков.
11. Простейшие структурные мотивы (спираль-петля-спираль,  $\beta$ -шпилька, греческий ключ,  $\beta$ - $\alpha$ - $\beta$ ),  $\alpha$ -домены (суперспираль, пучок 4 спиралей, глобиновая укладка).  $\alpha/\beta$  - домены (баррели, листы,  $\beta$  -спираль).  $\beta$  -домены (баррели типа меандра, греческого ключа, jelly roll).
12. Стабильность белков. Взаимодействия в белках (водородная связь, электростатические и гидрофобные взаимодействия, дисульфидные связи) . Денатурация белков и денатурирующие агенты. Термостабильные белки. Галофильные белки.

13. Свертывание белков. Ренатурация РНКазы А. Пути свертывания, "расплавленная глобула". Ландшафтная теория. Белковые факторы сворачивания белков. Протеиндисульфидизомераза. Пептидилпролин-цис-транс-изомераза (Циклофилин, FK506-связывающий белок). Шапероны (GroEL + GroES, DnaK + DnaJ + GrpE, Hsp90).
14. Предсказание третичной структуры белка. Метод Чоу и Фасмана. Вторичная структура в мембранных белках. Предсказание третичной структуры. Прионы. Дизайн белков.
15. Четвертичная структура белков. Типы симметрии в олигомерах. Изологические и гетерологические контакты. Определение субъединичного строения. Динамика белковой структуры.
16. Эволюция белков. Эволюция первичной структуры. Гомологичные белки. Филогенетическое древо.
17. Принципы действия ферментов. Субстратная специфичность. Кофакторы. Регуляция ферментов. Номенклатура ферментов. Абзимы.
18. Ферментативная кинетика: Уравнение Михаэлиса-Ментен. Ингибирование. Двухсубстратные реакции. Влияние pH. Предстационарная кинетика. Аллостерия и кооперативность.
19. Сериновые протеазы: Механизм действия. Ацилфермент. Тетраэдрический интермедиат. Стабилизация переходного состояния. Роль каталитической триады.
20. Лизоцим. Идентификация активного центра. Каталитический механизм.
21. Ион-транспортные и другие АТРаза. H<sup>+</sup>-АТРаза. Ca<sup>2+</sup>-АТРаза.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач



<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p>Знать: актуальные направления исследований в области современной биоорганической химии</p> <p>Знать: актуальные направления химии живых систем, основные направления применения биополимеров и их компонентов в биологии и медицине</p> <p>Знать: теоретические основы современных методов получения, анализа и моделирования структур биополимеров</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Уметь: выбирать направление экспериментального исследования, адекватное поставленной задаче</p> <p>Уметь: проводить поиск научной информации по строению и свойствам биополимеров, использовать для этой цели современные интернет-ресурсы, включая базы данных, специализированные компьютерные программы, ресурсы удаленных биоинформатических серверов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Владеть: базовым арсеналом компьютерных программ для визуализации и анализа структур биополимеров</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>