

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шитикова Анна Васильевна

Должность: директор института агробιοтехнологии

Дата подписания: 2025-08-28 11:41:15

Уникальный идентификатор ключа:

fcd01ecb1fdf7689cc511245ad12c3f716ce658



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**

**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт агробιοтехнологии  
Кафедра биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. директора института  
агробιοтехнологии

 Шитикова А.В.

“28” 08 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.33 «ПРОТЕОМИКА И  
МЕТАБОЛОМИКА»**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО 3++

Направление: 19.03.01- Биотехнология

Направленность: Агропромышленная биотехнология, Биотехнология и  
молекулярная биология

Курс 3

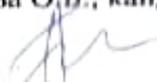
Семестр 5

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчики: Поливанова О.Б., кандидат биологических наук, доцент

 «22» 08 2025г.

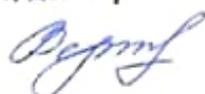
Рецензент: Тараканов И.Г., доктор биологических наук, профессор

 «22» 08 2025г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология.

Программа обсуждена на заседании кафедры биотехнологии  
протокол № 1 от «22» 08 2025г.

И. о. зав. кафедрой Вертикова Е.А., доктор с.-х. наук, профессор

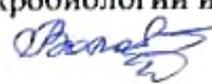
 «22» 08 2025г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института агробиотехнологии  
Шитикова А.В., доктор с.-х. наук, профессор «22» 08 2025г.



И. о. заведующего выпускающей кафедрой микробиологии и иммунологии  
Волбуева О.Г., доктор с.-х. наук, профессор



«22» 08 2025г.

И. о. заведующего выпускающей кафедрой биотехнологии  
Вертикова Е.А., доктор с.-х. наук, профессор



«22» 08 2025г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ /  Суржова Д.И.  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	4
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	5
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	5
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	5
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.3 ЛЕКЦИИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	16
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	26
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	27
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.	27
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	38
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	39
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	39
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	39
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b> .....	40
<b>9. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)</b> .....	40
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	42
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	43
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	43

## **Аннотация**

### **рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.33 «Протеомика и метаболомика»**

**для подготовки бакалавра по направлению 19.03.01 - Биотехнология  
направленности Агропромышленная биотехнология, Биотехнология и молекулярная  
биология**

**Цель освоения дисциплины:** сформировать у обучающихся систему знаний о биомолекулярной структуре и основных функциях биологических макромолекул и их структурных блоков в контексте их взаимосвязи и вовлеченности в соответствующие метаболические пути. Также у учащихся должны быть сформированы представления о таких объединяющих концепциях как иерархическая организация биохимической сложности; преобразование энергии в биологических системах; химическая роль воды в жизненных процессах; функция клеточных мембран как гидрофобных барьеров; и центральная догма молекулярной биологии с биохимической точки зрения, а также представления о протеоме как о сложной и динамической сущности, которую можно определить с точки зрения последовательности, структуры, распространенности, стабильности, локализации, модификации, взаимодействия и биохимической функции ее компонентов, что обеспечивает богатый и разнообразный источник данных.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки Биотехнология.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2

**Краткое содержание дисциплины.** В рамках курса рассматриваются общехимические и общефизические принципы организации молекул в клетках, связь биомолекулярной структуры и функции, особенности преобразования энергии в биологических системах, роль воды. Во второй части курса изучается структура и функции белков, особенности работы ферментов, связь их функции со структурой, методы анализа белковых молекул, важность протеомики в контексте крупномасштабной биологии. Также обсуждаются некоторые из основных целей протеомики и представляются основные технологические платформы и технологии, используемые при изучении протеома. В заключительной части рассматриваются базовые функции белков, такие как транспортная, сигнальная, структурная. Третья часть курса посвящена метаболизму. В ней рассматривается гликолиз, цикл лимонной кислоты, окислительное фосфорилирование и фотосинтез. Четвертая часть посвящена изучению структуры и метаболизма углеводов и липидов. Также рассматривается интеграция метаболических путей.

**Общая трудоемкость дисциплины/в т.ч. практическая подготовка:** 144 часа (4 зачетных единицы).

**Промежуточный контроль:** экзамен

### **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Протеомика и метаболомика» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих систему знаний о биомолекулярной структуре и основных функциях белков и их структурных блоков в контексте их взаимосвязи и вовлеченности в соответствующие метаболические пути. Курс дает представления о протеоме как о сложной и динамической сущности, которую можно определить с точки зрения последовательности, структуры, распространенности, стабильности,

локализации, модификации, взаимодействия и биохимической функции ее компонентов, что обеспечивает богатый и разнообразный источник данных. Также у учащихся должны быть сформированы представления о таких объединяющих концепциях как иерархическая организация биохимической сложности; преобразование энергии в биологических системах; химическая роль воды в жизненных процессах; центральная догма молекулярной биологии с биохимической точки зрения; важность протеомики в контексте крупномасштабной биологии и разнообразный спектр технологий, направленных на изучение протеома и метаболома.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Протеомика и метаболомика» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина «Протеомика и метаболомика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 19.03.01 – Биотехнология.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Протеомика и метаболомика» являются «Физическая и коллоидная химия», «Органическая химия», «Общая генетика», «Цитология с основами цитогенетики».

Дисциплина «Протеомика и метаболомика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы системной биологии», «Современные проблемы биотехнологии» «Молекулярная вирусология», «Основы микробной биотехнологии».

Особенностью дисциплины является ее фундаментальный характер в сочетании с практической ориентированностью и взаимосвязью с другими биологическими дисциплинами, изучаемыми в рамках направления «Биотехнология».

Рабочая программа дисциплины «Протеомика и метаболомика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

#### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:	
				знать	уметь
1.	ОПК-1	Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях	ОПК-1.1 (для 3++)	основные законы математических и естественных наук, необходимых для решения типовых задач профессиональной деятельности	решать типовые профессиональные задачи с использованием основных законов математических и естественных наук
				основные законы математических и естественных наук для решения стандартных профессиональных задач	использовать знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных профессиональных задач
			ОПК-1.2	законы и закономерности математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи для осуществления профессиональной деятельности	навыками решения типовых профессиональных задач с применением основных законов математических и естественных наук и использованием цифровых средств
			ОПК-1.3	законы и закономерности математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи для осуществления профессиональной деятельности	навыками исследования биологических объектов и процессов с опорой на основные законы математических и естественных наук
				законы и закономерности математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи для осуществления профессиональной деятельности	навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях

						химических и биологических наук и их взаимосвязях
2.	ОПК-7	Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы	ОПК-7.1	основные математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы экспериментальных исследований	планировать экспериментальные исследования с использованием основных математических, физических, физико-химических, химических, биологических, микробиологических методов	навыками практического использования основных математических, физических, физико-химических, химических, биологических, микробиологических методов для проведения экспериментальных исследований
			ОПК-7.2	теоретические основы и области практического применения основных математических, физических, физико-химических, химических, биологических, микробиологических методов	под руководством специалиста более высокой квалификации использовать математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы в экспериментальных исследованиях	Навыком обработки и интерпретации экспериментальных данных, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 2

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	В т.ч. по семестрам
		№ 5
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>104,4</b>	<b>104,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>		
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	34	34
<i>практические занятия (ПЗ)</i>		
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	68	68
<i>курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)</i>		
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>12,6</b>	<b>12,6</b>
<i>реферат/эссе (подготовка)</i>		
<i>курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)</i>		
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>		
<i>контрольная работа</i>		
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	12,6	12,6
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	27	27
<i>Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)</i>		
Вид промежуточного контроля:		Экзамен

\* в том числе практическая подготовка (см учебный план)

**4.2 Содержание дисциплины**

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 3

**Тематический план учебной дисциплины**

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
<b>Раздел 1. «Введение в основы и протеомики и метаболомики»</b>	<b>11</b>	<b>3</b>		<b>6</b>		<b>2</b>
Тема 1. «Химические, физические,	<b>4</b>	1		2		1

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
генетические и эволюционные основы протеомики и метаболомики»						
Тема 2. «Развитие и области применения современной протеомики»	3	1		2		
Тема 3. «Роль воды в живых организмах»	4	1		2		1
<b>Раздел 2. «Аминокислоты и пептиды»</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>4</b>		<b>2</b>
Тема 4. «Строение, классификация, свойства и методы анализа аминокислот»	4	1		2		1
Тема 5. «Пептиды: строение, роль в организме»	4	1		2		1
<b>Раздел 3. «Структура и функции белков»</b>	<b>14</b>	<b>4</b>		<b>8</b>		<b>2</b>
Тема 6. «Строение и классификация белков. Первичная структура и пептидная связь»	3	1		2		
Тема 7. «Вторичные структуры белка»	4	1		2		1
Тема 8. «Третичная и четвертичная структура белка»	3	1		2		
Тема 9. «Денатурация и фолдинг»	4	1		2		1
<b>Раздел 4. «Методы анализа белков»</b>	<b>39</b>	<b>7</b>		<b>28</b>		<b>4</b>
Тема 10. «Выделение, очистка, разделение белков и количественное определение белков»	6	1		4		1
Тема 11. «Определение молекулярной массы и формы белковых молекул. Хроматография белков»	5	1		4		
Тема 12. «Определение аминокислотной последовательности белков: секвенирование и масс-спектральный анализ»	6	1		4		1
Тема 13. «Методы анализа белковых молекул, основанные на взаимодействии белков с антителами»	5	1		4		
Тема 14. «Анализ и предсказание структуры белков»	6	1		4		1
Тема 15. «Методы изучения белок-белковых взаимодействий и взаимодействий белков с другими молекулами. Белковые микрочипы»	5	1		4		
Тема 16. «Исследования модификаций белков методами протеомики»	6	1		4		1
<b>Раздел 5. «Функции белков»</b>	<b>18</b>	<b>5</b>		<b>10</b>		<b>2</b>
Тема 17. «Белки мембранного и глобулярного транспорта»	4	1		2		1
Тема 18. «Структурные белки»	3	1		2		
Тема 19. «Строение, номенклатура и классификация ферментов, их свойства Кинетика ферментативных реакций»	4	1		2		1
Тема 20. «Белки сигнальных систем	4	1		2		

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
клетки»						
Тема 21. «Основные направления исследований в современной протеомике»	3	1		2		
<b>Раздел 6. «Метаболомика и метаболизм»</b>	<b>27,6</b>	<b>13</b>		<b>14</b>		<b>0,6</b>
Тема 22. «Основные метаболические пути в клетках растений и животных»	3	1		2		
Тема 23. «Структура простых сахаров и гликолиз. Регуляция гликолиза»	4,6	2		2		0,6
Тема 24. «Окислительное фосфорилирование и его регуляция»	4	2		2		
Тема 25. «Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение»	4	2		2		
Тема 26. «Фотосинтез»	4	2		2		
Тема 27. «Метаболизм нуклеотидов и аминокислот»	4	2		2		
Тема 28. «Интеграция метаболических путей»	4	2		2		
<i>консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	27				27	
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>144</b>	<b>34</b>		<b>68</b>	<b>29,4</b>	<b>12,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>34</b>		<b>68</b>	<b>29,4</b>	<b>12,6</b>

\* в том числе практическая подготовка

## Раздел 1. Введение в основы протеомики

### Тема 1. Химические, физические, генетические и эволюционные основы протеомики и метаболомики

1. Химический состав живых клеток.
2. Макромолекулы в клетках.
3. Трёхмерная структура макромолекул. Конфигурация и конформация.
4. Живые организмы как открытые системы.
5. Энергетическое сопряжение в биологических реакциях.
6. Хранение и передача генетической информации.
7. Изменения наследственной информации как основа эволюции.
8. Химическая эволюция биомолекул. Гипотеза РНК-мира.
9. Молекулярное строение веществ и эволюционные связи.

### Тема 2 Развитие и области применения современной протеомики

10. Омиксные технологии в современной биологии
11. Идентификация и количественное определение белков как основные аспекты протеомики
12. Функциональные сети белков
13. Проблемы и вызовы современной протеомики

### **Тема 3. Роль воды в живых организмах**

14. Слабые взаимодействия в водных средах.
15. Ионизация воды. Слабые кислоты и основания.
16. Роль буферных систем в поддержании рН в биологических системах.
17. Участие воды в реакциях в биологических системах.

## **Раздел 2. Аминокислоты и пептиды**

### **Тема 4. Строение, классификация, свойства и методы анализа аминокислот**

18. Аминокислоты: строение, классификация, свойства.
19. Биосинтез аминокислот.
20. Кислотно-основные свойства аминокислот.
21. Кривые титрования аминокислот. Определение электрического заряда аминокислот.
22. Хроматографическое разделение аминокислот, Масс-спектрометрия.

### **Тема 5. Пептиды: строение, роль в организме**

23. Образование пептидной связи. Свойства пептидной связи.
24. Кривые титрования пептидов. Определение изоэлектрической точки.
25. Функции пептидов в организме.
26. Качественные реакции на аминокислоты.
27. Качественные реакции на пептиды.

## **Раздел 3 Структура и функции белков**

### **Тема 6. Строение и классификация белков. Первичная структура и пептидная связь**

28. Классификация белков в зависимости от функции.
29. Первичная структура белка. Конфигурация пептидной связи.

### **Тема 7. Вторичные структуры белка**

30. Вторичные структуры белка:  $\alpha$ -спираль.
31. Вторичные структуры белка:  $\beta$ -складчатость,  $\beta$ -изгиб.
32. Нерегулярные вторичные структуры.
33. Характеристика вторичных структур белка. Карта Рамачандра.

### **Тема 8. Третичная и четвертичная структура белка**

34. Конфигурация и конформация. Стабилизация конформации белка. Слабые взаимодействия.
35. Третичная структура фибриллярных белков. Альфа-кератин, коллаген, фиброин.
36. Глобулярные белки.
37. Белковые мотивы. Классификация белков на основании структурных мотивов.
38. Четвертичная структура белка.
39. Глобулярные и фибриллярные белки

### **Тема 9. Денатурация и фолдинг**

40. Фолдинг

41. Молекулярные шапероны.
42. Нарушения фолдинга белка

#### **Раздел 4 Методы анализа белков**

#### **Тема 10. Выделение, очистка, разделение белков и количественное определение белков**

43. Свойства белков: лабильность, цвиттер-ионная природа, изоэлектрическая точка, растворимость, денатурация, ренатурация.
44. Выделение и очистка белков. Мониторинг очистки белков. Предварительная очистка. Активность и удельная активность.
45. Методы фракционирования белков. Фракционирование путем денатурации, с помощью солей, органических растворителей, осаждением в изоэлектрической точке.
46. Хроматографические методы, применяемые при разделении белков: ионнообменная хроматография, афинная хроматография, гель-фильтрация
47. Электрофорез белков и изоэлектрическое фокусирование.
48. Количественное определение белков. Поглощение в УФ-диапазоне. Метод Лоури, метод Бредфорд, метод Кьельдаля, метод с бицинониновой кислотой.

#### **Тема 11. Определение молекулярной массы и формы белковых молекул. Хроматография белков**

49. Масс-спектрометрия.
50. Определение третичной структуры методом рентгеновской кристаллографии.
51. Построение трехмерных моделей структуры белка. Метод ЯМР.
52. Протеомика и функциональный анализ белков.

#### **Тема 12. Определение аминокислотной последовательности белков: секвенирование и масс-спектральный анализ**

53. Расщепление белков на более короткие пептиды.
54. Секвенирование по методу Эдмана.
55. Обнаружение дисульфидных связей и построение профиля гидрофобности.
56. Принципы и инструментальное обеспечение масс-спектрометрии.
57. Идентификация белков с использованием данных масс-спектрометрии
58. Количественная масс-спектрометрия
59. Принципы сравнения аминокислотных последовательностей

#### **Тема 13. Методы анализа белковых молекул, основанные на взаимодействии белков с антителами**

60. Моноклональные и поликлональные антитела
61. Вестерн-блоттинг
62. Иммунофлюоресценция
63. ELISA

64. Иммунопреципитация

**Тема 14. Анализ и предсказание структуры белков**

65. Рентгеноструктурный анализ

66. ЯМР

67. Предсказание трехмерных структур с помощью

компьютерных алгоритмов

**Тема 15. Методы изучения белок-белковых взаимодействий и взаимодействий белков с другими молекулами. Белковые микрочипы**

68. Анализы двухгибридной/белковой комплементации

69. Модифицированные двухгибридные системы для мембранных, цитозольных и внеклеточных белков

70. Двухгибридные системы бактерий и млекопитающих

71. Анализ данных о взаимодействии белков

**Тема 16. Исследования модификаций белков методами протеомики**

72. Методы детекции пост трансляционных модификаций

73. Фосфопротеомика

74. Гликопротеомика

**Раздел 5 Функции белков**

**Тема 17. Белки мембранного и глобулярного транспорта**

75. Механизм мембранного транспорта

76. Структура и функция белков пассивного транспорта

77. Порины

78. Ионные каналы

79. Белки активного мембранного транспорта

80. Первичные и вторичные транспортеры и их классификация

81. Обратимое связывание белков с лигандами

82. Белки, связывающие кислород

83. Комплементарное взаимодействие белков с лигандами:

иммунная система и иммуноглобулины

**Тема 18. Структурные белки**

84. Энергозависимые взаимодействия белков

85. Актин, миозин и молекулярные моторы

86. Биохимия мышечных сокращений

**Тема 19. Строение, номенклатура и классификация ферментов, их свойства. Кинетика ферментативных реакций**

87. Свойства ферментов. Отличие белков от химических катализаторов. Специфичность ферментов.

88. Каталитический центр и аллостерический участок.

89. Одно- и многокомпонентные ферменты.

90. Мульти- и мономеры. Изо- и мультиэнзимы. Метаболон.

91. Энергия активации ферментативной реакции.

92. Кинетика ферментативных реакций.

93. Уравнение Михаэлис-Ментен.

94. Уравнения Лайнуивер-Берка, Эди-Хофсти.

- 95. Константа Михаэлиса.
- 96. Обратимое и необратимое ингибирование.
- 97. Конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное ингибирование.

98. Антиметаболиты.

99. Ковалентная модификация ферментов

**Тема 20. Белки сигнальных систем клетки**

100. Компоненты сигнальных путей клетки;

101. G-белки

102. Рецепторы тирозин киназы

103. Рецепторы фактора некроза опухолей

104. Ядерные рецепторы

**Тема 21. Основные направления исследований в современной протеомике**

105. Диагностическое применение протеомики

106. Применение протеомике при разработке лекарств

107. Протеомика в сельском хозяйстве

**Раздел 6 Метаболизм и метаболизм**

**Тема 22. Основные метаболические пути в клетках растений и животных**

108. Понятие метаболизма

109. Основные метаболические пути растений и животных

110. Влияние концентрации метаболитов на метаболический поток

**Тема 23. Структура простых сахаров и гликолиз. Регуляция гликолиза**

111. Моно- и олигосахариды. Полисахариды.

112. Гликолиз

113. Регуляция гликолиза

**Тема 24. Окислительное фосфорилирование и его регуляция**

114. Дыхание. Обмен глюкозо-6-фосфата.

115. Дихотомический путь распада.

116. Пентозофосфатный путь окисления глюкозы.

117. Обмен пировиноградной кислоты.

118. Глюкуроновый путь окисления глюкозы.

119. Цепь переноса электронов в митохондриях.

**Тема 25. Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение**

120. Обзор цикла ди- и трикарбоновых кислот

121. Пируватдегидрогеназа и преобразование пирувата в ацетил-

КоА

122. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение.

123. Регуляция цикла лимонной кислоты

124. Метаболизм промежуточных продуктов цикла лимонной

кислоты

**Тема 26. Фотосинтез**

125. Световая фаза фотосинтеза.

126. Цепь переноса электронов в хлоропластах.

127. Устройство фотосистемы I и II.

128. Темновая фаза фотосинтеза.  
 129. Цикл Кальвина и Хэтча-Слэка: метаболиты, ферменты, значение, сравнение.

**Тема 27. Метаболизм нуклеотидов и аминокислот**

130. Структура и функция нуклеотидов  
 131. Метаболизм пуринов и пиримидинов  
 132. Метаболизм дезоксирибонуклеотидов  
 133. Метаболизм аминокислот. Фиксация азота

**Тема 28. Интеграция метаболических путей**

134. Интеграция метаболических путей на физиологическом уровне  
 135. Контроль гомеостаза  
 136. Метаболический баланс энергии

**4.3 Лекции и практические занятия**

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 4

**Содержание лекций и практических занятий и контрольные мероприятия**

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Введение в основы и протеомики и метаболомики</b>				<b>9</b>
	Тема 1. Химическое, физическое, генетические и эволюционные основы протеомики и метаболомики	Лекция № 1. Химические физические и основы протеомики и метаболомики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 1. Химический состав живых клеток. Живые организмы как открытые системы. Свойства живого	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум, решение задач	2
	Тема 2. Развитие и области применения современной протеомики	Лекция № 2. Развитие и области применения современной протеомики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 2. Химическая эволюция биомолекул. Молекулярное строение вещества и эволюционные связи	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум, решение задач	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 3. Роль воды в живых организмах	Лекция № 3. Роль воды в живых организмах	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 3. Роль буферных систем в живых организмах	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Решение задач	2
2	<b>Раздел 2. Аминокислоты и пептиды</b>				<b>13</b>
	Тема 4. Строение, классификация, свойства и методы анализа аминокислот	Лекция № 4. Строение, классификация и свойства аминокислот	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 4. Кислотно-основные свойства аминокислот	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, решение задач	2
	Тема 5. Пептиды: строение, роль в организме	Лекция № 5. Классификация пептидов, их роль в организме. Свойства пептидной связи	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 5. Определение изоэлектрической точки пептидов. Избирательное разрушение пептидных связей	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, решение задач	2
3.	<b>Раздел 3. Структура и функции белков</b>				
	Тема 6. Строение и классификация белков. Первичная структура и пептидная связь	Лекция № 6. Строение и классификация белков. Первичная структура	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 6. Строение и классификация белков. Первичная структура	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, решение задач	2
	Тема 7. Вторичные структуры белка	Лекция № 7. Вторичные структуры белка: $\alpha$ -спираль, $\beta$ -складчатость, $\beta$ -изгиб. Нерегулярные вторичные структуры	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Лабораторная работа № 7. Вторичные структуры белка: $\alpha$ -спираль, $\beta$ -складчатость, $\beta$ -изгиб. Нерегулярные вторичные структуры	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	Тема 8. Третичная и четвертичная структура белка	Лекция № 8. Третичная и четвертичная структура белка	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 8. Конфигурация и конформация. Типы слабых взаимодействий	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, решение задач	2
	Тема 9. Денатурация и фолдинг	Лекция № 9. Денатурация и фолдинг	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
		Лабораторная работа № 9. Денатурация и фолдинг	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
4.	<b>Раздел 4 «Методы анализа белков»</b>				<b>10</b>
	Тема 10. Выделение, очистка, разделение белков и количественное определение белков	Лекция № 10. «Выделение, очистка, разделение белков и количественное определение белков»	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
		Лабораторная работа № 10. Выделение, очистка, разделение белков.	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, Тестирование	2
		Лабораторная работа № 11. Количественное определение белков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, Тестирование	2
	Тема 11. Определение молекулы	Лекция № 11. Определение молекулярной массы и формы белковых молекул	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	рной массы и формы белковых молекул. Хроматография белков	Лабораторная работа № 12 Методы функционального анализа белков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
		Лабораторная работа № 13. Хроматография белков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	Тема 12. Определение аминокислотной последовательности белков:	Лекция № 12. Определение аминокислотной последовательности белков: секвенирование	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
	секвенирование и масс-спектральный анализ	Лабораторная работа № 14. Секвенирование белков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
		Лабораторная работа № 15. Спектральный анализ	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	Тема 13. Методы анализа белковых молекул, основанные на взаимодействии белков с антителами	Лекция № 13. Методы анализа белковых молекул, основанные на взаимодействии белков с антителами	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
	основанные на взаимодействии белков с антителами	Лабораторная работа № 16. «Методы получения поликлональных и моноклональных антител»	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	и	Лабораторная работа № 17. ELISA	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	Тема 14. Анализ и предсказание	Лекция № 14. Анализ и предсказание структуры белков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	структуры белков	Лабораторная работа № 18. ЯМР и рентгеноструктурный анализ	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
		Лабораторная работа № 19. Alpha fold	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	Тема 15. Методы изучения белок-белковых взаимодействий и взаимодействия белков с другими молекулами. Белковые микрочипы	Лекция № 15. Методы изучения белок-белковых взаимодействий и взаимодействия белков с другими молекулами. Белковые микрочипы	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 20. Двугибридный анализ дрожжей	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
		Лабораторная работа № 21. Карта взаимодействия белков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
Тема 16. Исследования модификаций белков методами протеомики	Лекция № 16. Исследования модификаций белков методами протеомики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1	
	Лабораторная работа № 22. Фосфопротеомика	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2	
	Лабораторная работа № 23. Гликопротеомика	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2	
5.	<b>Раздел 5. Функции белков</b>			<b>16</b>	
	Тема 17. Белки мембранного и глобулярного транспорта	Лекция № 17. Белки мембранного и глобулярного транспорта	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 24. Белки мембранного и глобулярного транспорта	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3;	Ответы на вопросы, решение	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			ОПК-7.1; ОПК-7.2	задач	
	Тема 18. Структурные белки	Лекция № 18. Структурные белки	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 25. Структурные белки	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Решение задач	2
	Тема 19. Строение, номенклатура и классификация ферментов, их свойства	Лекция № 19. Строение, номенклатура и классификация ферментов, их свойства	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
	Кинетика ферментативных реакций	Кинетика ферментативных реакций. Ингибирование	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы, Решение задач	2
	Тема 20. Белки сигнальных систем клетки	Лекция № 20. Белки сигнальных систем клетки	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 27. Белки сигнальных систем клетки	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
	Тема 21. Основные направления исследований в современной протеомике	Лекция № 21. Основные направления исследований в современной протеомике	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		1
		Лабораторная работа № 28. Основные направления исследований в современной протеомике	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Ответы на вопросы	2
6.	<b>Раздел 6. Метаболомика и метаболизм»</b>				<b>19</b>
	Тема 22. Основные метаболические	Лекция № 22. Основные метаболические пути в клетках растений и животных	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1;		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	пути в клетках растений и животных		ОПК-7.2		
		Лабораторная работа № 29. Основные метаболические пути в клетках растений и животных	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
	Тема 23. Структура простых сахаров и гликолиз. Регуляция гликолиза	Лекция № 23. Структура простых сахаров и гликолиз. Регуляция гликолиза	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
		Лабораторная работа № 30. «Структура простых сахаров и гликолиз. Регуляция гликолиза»	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
	Тема 24. Окислительное фосфорилирование и его регуляция	Лекция № 24. Окислительное фосфорилирование и его регуляция	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
		Лабораторная работа № 31. Окислительное фосфорилирование и его регуляция	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
	Тема 25. Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение	Лекция № 25. Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
		Лабораторная работа № 32. Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
	Тема 26. Фотосинтез	Лекция № 26. Фотосинтез	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
		Лабораторная работа № 33.	ОПК-1.1;	Коллоквиум	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Фотосинтез	ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		
	Тема 27. Метаболизм нуклеотидов и аминокислот	Лекция № 27. Метаболизм нуклеотидов и аминокислот	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
		Лабораторная работа № 34. Метаболизм нуклеотидов и аминокислот»	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2
	Тема 28. Интеграция метаболических путей	Лекция № 28. Интеграция метаболических путей	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2		2
		Лабораторная работа № 35. Интеграция метаболических путей	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2	Коллоквиум	2

### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 5

#### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Введение в основы биохимии</b>		
1.	Тема 1. Химические, физические, генетические и эволюционные основы протеомики и метаболомики	Энергетическое сопряжение в биологических реакциях (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
2.	Тема 3. Роль воды в живых организмах	Участие воды в реакциях в биологических системах (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
<b>Раздел 2. Аминокислоты и пептиды</b>		
3.	Тема 4. Строение, классификация, свойства и методы анализа аминокислот	Биосинтез аминокислот (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
4.	Тема 5. Пептиды: строение, роль в организме	Функции пептидов в организме. (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
<b>Раздел 3. Структура и функции белков</b>		
5.	Тема 7. Вторичные	Нерегулярные вторичные структуры (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	структуры белка	1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
6.	Тема 9. Денатурация и фолдинг	Нарушения фолдинга белка (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
<b>Раздел 4. Методы анализа белков</b>		
7.	Тема 10. Выделение, очистка, разделение белков и количественное определение белков	Свойства белков: лабильность, цвиттер-ионная природа, изоэлектрическая точка, растворимость, денатурация, ренатурация (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
8.	Тема 12. Определение аминокислотной последовательности белков: секвенирование и масс-спектральный анализ	Принципы сравнения аминокислотных последовательностей (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
9.	Тема 14. Анализ и предсказание структуры белков	Предсказание трехмерных структур с помощью компьютерных алгоритмов (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
10.	Тема 16. Исследования модификаций белков методами протеомики	Гликопротеомика (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
<b>Раздел 5 «Функции белков»</b>		
11.	Тема 17. Белки мембранного и глобулярного транспорта	Комплементарное взаимодействие белков с лигандами: иммунная система и иммуноглобулины (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
12.	Тема 19. Строение, номенклатура и классификация ферментов, их свойства Кинетика ферментативных реакций	Уравнения Лайнуивер-Берка, Эди-Хофсти (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
13.	Тема 21. Основные направления исследований в современной протеомике	Применение протеомике при разработке лекарств (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
<b>Раздел 6. Метабономика и метаболизм</b>		
14.	Тема 23. Структура простых сахаров и гликолиз. Регуляция гликолиза	Обмен простых углеводов, олигосахаридов, полисахаридов. (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)
15.	Тема 25. Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Цикл	Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение (ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-7.1; ОПК-7.2)

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	лимонной кислоты: метаболизм, ферменты, значение	

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Л	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 2. Развитие и области применения современной протеомики	Л	Просмотр обучающего видеоматериала
2.	Тема 3. Роль воды в живых организмах	ЛР	Анализ конкретной ситуации, тематическая дискуссия
3.	Тема 6. Строение и классификация белков. Первичная структура и пептидная связь	Л	Просмотр обучающего видеоматериала
4.	Тема 7. Вторичные структуры белка	ЛР	Учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
5.	Тема 10. Выделение, очистка, разделение белков и количественное определение белков	Л	Просмотр обучающего видеоматериала
6.	Тема 12. Определение аминокислотной последовательности белков: секвенирование и масс-спектральный анализ	Л	Просмотр обучающего видеоматериала
7.	Тема 14. Анализ и предсказание структуры белков	Л	Учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
8.	Тема 15. Методы изучения белок-белковых взаимодействий и взаимодействий белков с другими молекулами. Белковые микрочипы	Л	Просмотр обучающего видеоматериала
9.	Тема 18. Структурные белки	ЛР	Анализ конкретной ситуации, тематическая дискуссия

10.	Тема 19. Строение, номенклатура и классификация ферментов, их свойства Кинетика ферментативных реакций	Л	Учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
11.	Тема 22. Основные метаболические пути в клетках растений и животных	ПЗ	Анализ конкретной ситуации, тематическая дискуссия
12.	Тема 24. Окислительное фосфорилирование и его регуляция	Л	Просмотр обучающего видеоматериала

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

#### Примерный перечень вопросов и задач к разделу 1. «Введение в основы протеомики»

1. Химический состав живых клеток
2. Макромолекулы в клетках
3. Трехмерная структура макромолекул. Конфигурация и конформация
4. Живые организмы как открытые системы
5. Энергетическое сопряжение в биологических реакциях
6. Хранение и передача генетической информации
7. Изменения наследственной информации как основа эволюции
8. Химическая эволюция биомолекул. Гипотеза РНК-мира.
9. Молекулярное строение веществ и эволюционные связи
10. Слабые взаимодействия в водных средах
11. Ионизация воды. Слабые кислоты и основания.
12. Роль буферных систем в поддержании рН в биологических системах
13. Участие воды в реакциях в биологических системах
14. Рассмотрим связи  $O-O$  и  $O=O$ . Является ли связь  $O=O$  сильнее или слабее? Расположены ли атомы кислорода в связи  $O=O$  ближе друг к другу или дальше, чем в связи  $O-O$ ?
15. Имеют ли два энантиомера химического вещества одинаковую плотность? Ту же температура плавления? Если химическое вещество представляет собой кислоту, они имеют одинаковое значение  $pK_a$ ?
16. Какое из следующих утверждений о катализаторах является правильным?
  - (а) Катализатор может изменить константу равновесия химической реакции.
  - (б) Катализатор ускоряет скорость прямой, но не обратной реакции.

- (в) Катализатор расходуется в ходе реакции.  
(г) Катализатор понижает энергию активации реакции.
17. Аминокислоты соединяются пептидными связями, образование которых сопровождается потерей воды. Является ли дипептид аланин-глицин таким же, как дипептид глицин-аланин? Почему да или почему нет?
18. Колба содержит 10 мл соленой воды. Если в колбу добавить 10 мл дистиллированной воды, количество молей хлорида натрия увеличивается на 50%, уменьшается на 50% или остается неизменным?
19. Какой закон термодинамики объясняет, почему живые существа требуют энергии для поддержания своей упорядоченной структуры?
20. Энергия активации химической реакции может быть определена каким из следующих способов?
- (а) Измерение количества продукта.  
(б) Измерения скорости.  
(в) Расчет энергии гидролиза связи.  
(г) Расчет значений изменения энтропии
21. Какие из следующих утверждений верны? Ответ обоснуйте.
- (а) Ядро атома содержит протоны и нейтроны  
(б) Атомы содержат больше электронов, чем протонов  
(в) Ядро окружено двумя мембранами  
(г) Все атомы одного элемента имеют одинаковое число нейтронов  
(д) От числа нейтронов в ядре атома зависит будет ли он стабильным или радиоактивным  
(е) Важным запасом энергии в клетке могут быть жиры и полисахариды  
(ж) Водородные связи слабы и могут рваться от теплового движения, но они существенно влияют на специфическое взаимодействие молекул
22. Лист бумаги весит 5 г и состоит из молекул целлюлозы с общей формулой  $C_nH_{2n}O_n$ , где  $n$  может быть очень большим и варьироваться от молекулы к молекуле.
- (а) Сколько атомов углерода содержит этот лист бумаги  
(в) Предположим, что бумага состоит из атомов углерода с диаметром 0,2 нм. Сколько таких атомов понадобится чтобы перекрыть толщину страницы?
23. Сколько электронов помещается в первую вторую и третью электронные оболочки атома? Сколько электронов нужно получить или отдать атомам гелия, кислорода, углерода и натрия, чтобы заполнить энергетические уровни?
24. Кислород и сера имеют схожие химические свойства – у их атомов по 6 электронов на внешней электронной оболочке. Их соединения с водородом образуют известные соединения. Но вода – это жидкость, а сероводород – газ, хотя атомы серы крупнее и тяжелее атомов кислорода. Почему?
25. Запишите реакцию конденсации двух аминокислот с образованием пептидной связи
26. Какие из приведенных ниже утверждений верны?
- (а) Белки столь многообразны, так как каждый белок состоит из уникальной смеси аминокислот, соединенных в определенном порядке  
(б) Липидный бислой – макромолекула, состоящая из фосфолипидных субъединиц,

- (в) Нуклеиновые кислоты содержат сахарные группы
- (г) Многие аминокислоты имеют гидрофобные радикалы
- (д) Гидрофобные хвосты молекул фосфолипидов отталкиваются от воды
- (е) ДНК содержит 4 типа азотистых оснований – А,Г,У,С

27. Сколько разных молекул, состоящих из 2, 3 и 4 аминокислот могут образоваться из 20 аминокислот, присутствующих в клетках?
28. Имеется смесь, содержащая по одной молекуле каждого из возможных вариантов разных аминокислотных последовательностей некрупного белка с молекулярной массой 4800 Да. Если принять, что средняя молекулярная масса аминокислоты – 120 Да. Сколько будет весить данный образец? Каков размер емкости для хранения данного образца?
29. Опишите сходство и различия между вандерваальсовыми силами и водородными связями. Какой из двух типов слабых взаимодействий будет иметь место между двумя атомами водорода, связанными с атомами углерода, между атомами азота и водорода, связанными с атомом углерода, между атомами азота и водорода, связанными с атомом кислорода?
30. Под действием каких сил происходит укладка макромолекулы в уникальную пространственную структуру?
31. Жирные кислоты называют амфифильными молекулами. Что это означает и как амфифильная молекула ведет себя в воде?
32. На рисунке изображены структурные химические формулы? Верны ли они? Ответ обосновать

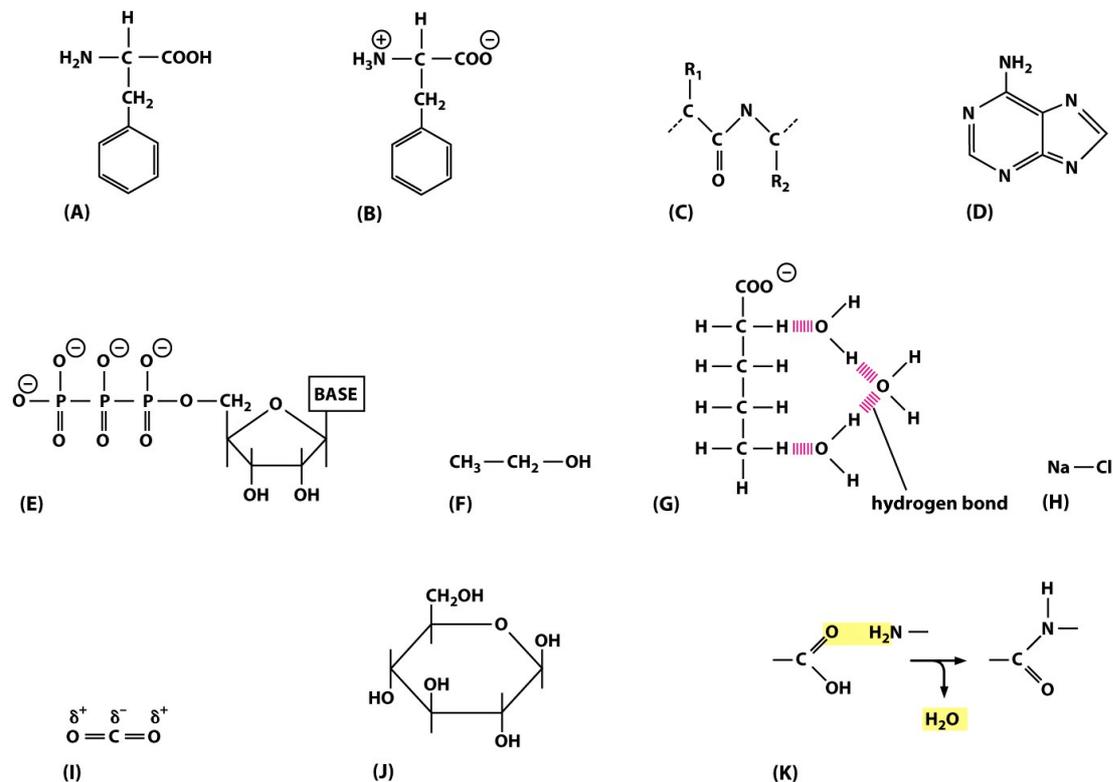


Figure Q2-22 Essential Cell Biology 3/e (© Garland Science 2010)

33. Что подразумевается под полярностью пептидной цепочки и под полярностью химической связи? объяснить разницу в значении одного и того же термина

34. Почему в белках используются только L-формы, а не случайная смесь L- и D-?
35. Присутствуют ли в чистой воде с нейтральным рН ионы гидроксония и если да, то как они образуются? Если они там имеются, каково соотношение между ними и молекулами воды при нейтральном рН?
36. Можно ли рассматривать ионную связь как очень полярную ковалентную?

### Примерный перечень вопросов и задач к разделу 2. «Аминокислоты и пептиды»

1. Аминокислоты: строение, классификация, свойства.
2. Биосинтез аминокислот
3. Кислотно-основные свойства аминокислот.
4. Кривые титрования аминокислот. Определение электрического заряда аминокислот.
5. Хроматографическое разделение аминокислот, Масс-спектрометрия
6. Образование пептидной связи. Свойства пептидной связи.
7. Кривые титрования пептидов. Определение изоэлектрической точки
8. Функции пептидов в организме
9. Качественные реакции на аминокислоты
10. Качественные реакции на пептиды

#### Задание 1

- (a) Назовите аминокислоту с алифатическим полярным незаряженным радикалом. Является ли она незаменимой?
- (b) Нарисуйте цвиттерион данной аминокислоты
- (c) Нарисуйте её L- и D-стереоизомеры. Какая форма встречается в природе в составе белков?
- (d) Напишите её название по ИЮПАК, если вместо радикала у неё метиловая группа

#### Задание 2

- (a) Нарисуйте кривую титрования для аланина, если  $pK'(\text{COOH})=2,35$ ,  $pK'(\text{NH}_3)=9,87$ . Рассчитайте изоэлектрическую точку.
- (b) Укажите следующие точки:
- (c) Начальная точка титрования (Н)
- (d) Ионизации карбокси- (ИК) и аминогрупп (ИА)
- (e) Изоэлектрическую точку (ИЭ)
- (f) Конечная точка титрования (К)
- (g) В обозначенных точках проставьте средний суммарный заряд аминокислоты
- (h) Укажите точки эквивалентности ИЛИ В каких точках будет максимальная (минимальная) буферная ёмкость раствора аминокислоты? ИЛИ К какому электроду (аноду или катоду) пойдёт данная аминокислота при  $pH=4$ ? Обоснуйте

#### Задание 3

(a) Нарисуйте структурную формулу пептида ала-мет-гли-алн-про. Назовите его полностью. Обозначьте пептидные связи. Какими веществами можно избирательно (указать, где) и неизбирательно разрушить данные пептидные связи? Обозначьте аминоконцевой и карбоксиконцевой остатки.

(b) После тотального разрушения пептидных связей полученную смесь аминокислот подвергли ионообменной хроматографии. Буферные растворы с каким значением рН и для каких аминокислот надо приготовить, чтобы поочередно элюировать получившиеся аминокислоты из колонки? В каком порядке аминокислоты будут сходить с колонки (ответ обоснуйте)

#### Задание 4

(a) Полипептид в трёх сериях экспериментов подвергли воздействию пепсина, трипсина и бромциана. Сколько образовалось фрагментов в каждом случае, если полипептид содержит 9 молекул метионина, 3 лизина, 8 фенилаланина, 12 аргинина и 2 триптофана (указанные АК не являются терминальными или соседними).

(b) Один из полученных фрагментов имеет формулу мет-арг-три-гли-тир-глу-мет. Рассчитайте его суммарный заряд при рН=3, 5, 11. Рассчитайте изоэлектрическую точку этого пептида.

#### Примерный перечень вопросов и задач к разделу 3 «Структура и функции белков»

1. Классификация белков в зависимости от функции
2. Первичная структура белка. Конфигурация пептидной связи
3. Вторичные структуры белка:  $\alpha$ -спираль,
4. Вторичные структуры белка:  $\beta$ -складчатость,  $\beta$ -изгиб.
5. Нерегулярные вторичные структуры
6. Характеристика вторичных структур белка. карта Рамачандра
7. Конфигурация и конформация. Стабилизация конформации белка. Слабые взаимодействия
8. Третичная структура фибриллярных белков. Альфа-кератин, коллаген, фиброин
9. Глобулярные белки
10. Белковые мотивы. Классификация белков на основании структурных мотивов
11. Четвертичная структура белка
12. Взаимосвязь между структурой и функцией белка. Денатурация
13. Фолдинг. Молекулярные шапероны
14. Нарушения фолдинга белка
15. Обратимое связывание белков с лигандами. Белки, связывающие кислород
16. Комплементарное взаимодействие белков с лигандами: иммунная система и иммуноглобулины
17. Энергозависимые взаимодействия белков: актин, миозин и молекулярные моторы
18. Гемоглобин быка содержит 0,336% железа, 0,48% серы и 4,42% аргинина. Рассчитайте минимальную молекулярную массу гемоглобина быка, число

атомов Fe и S, а также остатков аргинина в нём. Целым считается число в пределах  $\pm 0,1$ .

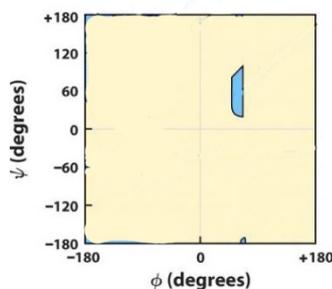
### Задание 1

(а) Укажите характер и условия взаимодействия между радикалами остатков аминокислот внутри и между пептидными цепочками. При ответе используйте обозначения:

обозначение	взаимодействие	балл за указание	балл за условия
1	кулоновское притяжение	2	4
2	кулоновское отталкивание	2	4
3	гидрофобное взаимодействие	2	0
4	дисульфидная связь	2	0
5	водородная связь	2	8

-Глу-Асп-Глу-Асп-Цис-  
-Вал-Иле-Глн-Арг-Цис-

(b) Нарисуйте на карте Рамачандрана область, соответствующую данному участку пептида, если было установлено, что он представляет собой левозакрученную альфа-спираль ИЛИ Какую вторичную структуру формирует пептид, если в результате определения  $\phi$  и  $\psi$  углов была получена следующая картина распределения на карте Рамачандрана?



### Примерный перечень вопросов и задач к разделу 4. «Методы анализа белков»

1. Свойства белков: лабильность, цвиттер-ионная природа, изоэлектрическая точка, растворимость, денатурация, ренатурация
2. Выделение и очистка белков. Мониторинг очистки белков. Предварительная очистка. Активность и удельная активность.
3. Методы фракционирования белков. Фракционирование путем денатурации, с помощью солей, органических растворителей, осаждением в изоэлектрической точке.
4. Хроматографические методы, применяемые при разделении белков: ионнообменная хроматография, афинная хроматография, гель-фильтрация

5. Электрофорез белков и изоэлектрическое фокусирование.
6. Количественное определение белков. Поглощение в УФ-диапазоне. Метод Лоури, метод Бредфорд, метод Кьельдаля, метод с бицинхониновой кислотой
7. Масс-спектрометрия
8. Определение третичной структуры методом рентгеновской кристаллографии
9. Построение трехмерных моделей структуры белка. Метод ЯМР
10. Протеомика и функциональный анализ белков
11. Расщепление белков на более короткие пептиды
12. Секвенирование по методу Эдмана
13. Обнаружение дисульфидных связей и построение профиля гидрофобности

#### Задание 1

Найдите общее и различное между методами диализа и электродиализа по следующей схеме

Метод		Диализ	Электродиализ
Цель (4 б)	Общее		
	Различное		
Используемое оборудование (5 б)	Общее		
	Различное		
Принцип метода (6 б)	Общее		
	Различное		

#### Примерный перечень вопросов и задач к разделу 5. «Функции белков»

1. Строение, номенклатура и классификация ферментов.
2. Свойства ферментов. Отличие белков от химических катализаторов. Специфичность ферментов.
3. Каталитический центр и аллостерический участок.
4. Одно- и многокомпонентные ферменты.
5. Мульти- и мономеры. Изо- и мультиэнзимы. Метаболоны
6. Энергия активации ферментативной реакции
7. Кинетика ферментативных реакций.
8. Уравнение Михаэлис-Ментен
9. Уравнения Лайнуивера-Берка, Эди-Хофсти.
10. Константа Михаэлиса
11. Обратимое и необратимое ингибирование:
12. Конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное ингибирование.
13. Антиметаболиты.
14. Ковалентная модификация ферментов.
15. Энзимоген. Двусубстратные ферментативные реакции.

16. Модель Моно-Уаймана-Шанжё,
17. Модель Кошланда. Коэффициент Хилла.
18. Кооперативность, гомо- и гетеротропный эффект
19. Энзимоген
20. Двусубстратные ферментативные реакции

#### Задание 1

(а) По представленным данным определите графически методом Михаэлис-Ментен (ИЛИ Лайнуивер-Берка) значения  $V_{\max}$  и  $K_m$  для анализируемого фермента

S, mM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V, мг/мин	0,14	0,23	0,29	0,33	0,36	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46

(b) Рассчитайте в формульном и числовом виде, чему будет равна скорость реакции при концентрации субстрата, равной  $0,55K_m$ ?

#### Задание 2

(а) При оптимальных условиях 10 мкг фермента (40 кДа) за 1 мин превращает 0,30 г углекислого газа за 1 мин. Рассчитайте число оборотов (5б) и активность фермента в ME

(b) В результате секретных военных разработок был получен штамм бактерии, у которого сродство фермента к перекиси водорода возрастало при увеличении её концентрации, а кривая, построенная в системе координат Y/S, носила сигмоидный характер. Какая модель позволяет описать кинетику данного фермента? Схематично изобразите данную модель.

#### Примерный перечень вопросов и задач к разделу 6. «Метаболизм и метаболизм»

1. Моно- и олигосахариды
2. Полисахариды
3. Гидролиз, фосфоролиз. Превращение моносахаридов.
4. Обмен простых углеводов, олигосахаридов, полисахаридов
5. Гликоконъюгаты: протеогликаны, гликопротеины, гликолипиды
6. Углеводы как информационные молекулы
7. Дыхание. Обмен глюкозо-6-фосфата.
8. Дихотомический путь распада
9. Пентозофосфатный путь окисления глюкозы.
10. Обмен пировиноградной кислоты.
11. Глюкуроновый путь окисления глюкозы
12. Цепь переноса электронов в митохондриях
13. Цикл ди- и трикарбоновых кислот
14. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение
15. Световая фаза фотосинтеза.
16. Цепь переноса электронов в хлоропластах.

17. Устройство фотосистемы I и II.
18. Темновая фаза фотосинтеза.
19. Цикл Кальвина и Хэтча-Слэка: метаболиты, ферменты, значение, сравнение.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Химический состав живых клеток.
  2. Макромолекулы в клетках.
  3. Трехмерная структура макромолекул. Конфигурация и конформация.
  4. Живые организмы как открытые системы.
  5. Энергетическое сопряжение в биологических реакциях.
  6. Хранение и передача генетической информации.
  7. Изменения наследственной информации как основа эволюции.
  8. Химическая эволюция биомолекул. Гипотеза РНК-мира.
  9. Молекулярное строение веществ и эволюционные связи.
  10. Омиксные технологии в современной биологии
  11. Идентификация и количественное определение белков как основные аспекты протеомики
  12. Функциональные сети белков
  13. Проблемы и вызовы современной протеомики
  14. Слабые взаимодействия в водных средах.
  15. Ионизация воды. Слабые кислоты и основания.
  16. Роль буферных систем в поддержании рН в биологических системах.
  17. Участие воды в реакциях в биологических системах.
  18. Аминокислоты: строение, классификация, свойства.
  19. Биосинтез аминокислот.
  20. Кислотно-основные свойства аминокислот.
  21. Кривые титрования аминокислот. Определение электрического заряда аминокислот.
  22. Хроматографическое разделение аминокислот, Масс-спектрометрия.
  23. Образование пептидной связи. Свойства пептидной связи.
  24. Кривые титрования пептидов. Определение изоэлектрической точки.
  25. Функции пептидов в организме.
  26. Качественные реакции на аминокислоты.
  27. Качественные реакции на пептиды.
  28. Классификация белков в зависимости от функции.
  29. Первичная структура белка. Конфигурация пептидной связи.
  30. Вторичные структуры белка:  $\alpha$ -спираль.
  31. Вторичные структуры белка:  $\beta$ -складчатость,  $\beta$ -изгиб.
  32. Нерегулярные вторичные структуры.
  33. Характеристика вторичных структур белка. Карта Рамачандра.

34. Конфигурация и конформация. Стабилизация конформации белка. Слабые взаимодействия.
35. Третичная структура фибриллярных белков. Альфа-кератин, коллаген, фиброин.
36. Глобулярные белки.
37. Белковые мотивы. Классификация белков на основании структурных мотивов.
38. Четвертичная структура белка.
39. Глобулярные и фибриллярные белки
40. Фолдинг
41. Молекулярные шапероны.
42. Нарушения фолдинга белка
43. Свойства белков: лабильность, цвиттер-ионная природа, изоэлектрическая точка, растворимость, денатурация, ренатурация.
44. Выделение и очистка белков. Мониторинг очистки белков. Предварительная очистка. Активность и удельная активность.
45. Методы фракционирования белков. Фракционирование путем денатурации, с помощью солей, органических растворителей, осаждением в изоэлектрической точке.
46. Хроматографические методы, применяемые при разделении белков: ионнообменная хроматография, афинная хроматография, гель-фильтрация
47. Электрофорез белков и изоэлектрическое фокусирование.
48. Количественное определение белков. Поглощение в УФ-диапазоне. Метод Лоури, метод Бредфорд, метод Кьельдаля, метод с бицинониновой кислотой.
49. Масс-спектрометрия.
50. Определение третичной структуры методом рентгеновской кристаллографии.
51. Построение трехмерных моделей структуры белка. Метод ЯМР.
52. Протеомика и функциональный анализ белков.
53. Расщепление белков на более короткие пептиды.
54. Секвенирование по методу Эдмана.
55. Обнаружение дисульфидных связей и построение профиля гидрофобности.
56. Принципы и инструментальное обеспечение масс-спектрометрии.
57. Идентификация белков с использованием данных масс-спектрометрии
58. Количественная масс-спектрометрия
59. Принципы сравнения аминокислотных последовательностей
60. Моноклональные и поликлональные антитела
61. Вестерн-блоттинг
62. Иммунофлюоресценция
63. ELISA

64. Иммунопреципитация
65. Рентгеноструктурный анализ
66. ЯМР
67. Предсказание трехмерных структур с помощью компьютерных алгоритмов
68. Анализы двухгибридной/белковой комплементации
69. Модифицированные двухгибридные системы для мембранных, цитозольных и внеклеточных белков
70. Двухгибридные системы бактерий и млекопитающих
71. Анализ данных о взаимодействии белков
72. Методы детекции пост трансляционных модификаций
73. Фосфопротеомика
74. Гликопротеомика
75. Механизм мембранного транспорта
76. Структура и функция белков пассивного транспорта
77. Порины
78. Ионные каналы
79. Белки активного мембранного транспорта
80. Первичные и вторичные транспортеры и их классификация
81. Обратимое связывание белков с лигандами
82. Белки, связывающие кислород
83. Комплементарное взаимодействие белков с лигандами: иммунная система и иммуноглобулины
84. Энергозависимые взаимодействия белков
85. Актин, миозин и молекулярные моторы
86. Биохимия мышечных сокращений
87. Свойства ферментов. Отличие белков от химических катализаторов. Специфичность ферментов.
88. Каталитический центр и аллостерический участок.
89. Одно- и многокомпонентные ферменты.
90. Мульти- и мономеры. Изо- и мультиэнзимы. Метаболон.
91. Энергия активации ферментативной реакции.
92. Кинетика ферментативных реакций.
93. Уравнение Михаэлис-Ментен.
94. Уравнения Лайнуивер-Берка, Эди-Хофсти.
95. Константа Михаэлиса.
96. Обратимое и необратимое ингибирование.
97. Конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное ингибирование.
98. Антиметаболиты.
99. Ковалентная модификация ферментов
100. Компоненты сигнальных путей клетки;
101. G-белки
102. Рецепторы тирозин киназы
103. Рецепторы фактора некроза опухолей
104. Ядерные рецепторы

- 105. Диагностическое применение протеомики
- 106. Применение протеомике при разработке лекарств
- 107. Протеомика в сельском хозяйстве
- 108. Понятие метаболизма
- 109. Основные метаболические пути растений и животных
- 110. Влияние концентрации метаболитов на метаболический поток
- 111. Моно- и олигосахариды. Полисахариды.
- 112. Гликолиз
- 113. Регуляция гликолиза
- 114. Дыхание. Обмен глюкозо-6-фосфата.
- 115. Дихотомический путь распада.
- 116. Пентозофосфатный путь окисления глюкозы.
- 117. Обмен пировиноградной кислоты.
- 118. Глюкуроновый путь окисления глюкозы.
- 119. Цепь переноса электронов в митохондриях.
- 120. Обзор цикла ди- и трикарбоновых кислот
- 121. Пируватдегидрогеназа и преобразование пирувата в ацетил-КоА
- 122. Цикл лимонной кислоты: метаболиты, ферменты, значение.
- 123. Регуляция цикла лимонной кислоты
- 124. Метаболизм промежуточных продуктов цикла лимонной кислоты
- 125. Световая фаза фотосинтеза.
- 126. Цепь переноса электронов в хлоропластах.
- 127. Устройство фотосистемы I и II.
- 128. Темновая фаза фотосинтеза.
- 129. Цикл Кальвина и Хэтча-Слэка: метаболиты, ферменты,
- 130. Структура и функция нуклеотидов
- 131. Метаболизм пуринов и пиримидинов
- 132. Метаболизм дезоксирибонуклеотидов
- 133. Метаболизм аминокислот. Фиксация азота
- 134. Интеграция метаболических путей на физиологическом уровне
- 135. Контроль гомеостаза
- 136. Метаболический баланс энергии

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Таблица 7

Оценка	Критерии оценивания
--------	---------------------

Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Протеомика с основами белковой инженерии : учебно-методическое пособие / Н. В. Громова, В. В. Ревин, Э. С. Ревина, С. И. Пиняев. — Саранск : МГУ им. Н.П. Огарева, 2021. — 156 с. — ISBN 978-5-7103-4129-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311660> (дата обращения: 16.11.2024).
2. Карпенко, Л. Ю. Биохимия белка / Л. Ю. Карпенко, С. В. Васильева. — Санкт-Петербург : СПбГАВМ, 2016. — 44 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121305> (дата обращения: 13.12.2024).

### 7.2 Дополнительная литература

1. Скворцова, Н. Н. Основы биохимии и молекулярной биологии. Ч. I. Химические компоненты клетки : учебное пособие / Н. Н. Скворцова. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 154 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91337>
2. Калашникова, Елена Анатольевна. Современные аспекты биотехнологии: учебно-методическое пособие / Е. А. Калашникова, Р. Н. Киракосян; Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А.

Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016 — 123 с.: рис., табл., цв. ил. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/324.pdf>.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <https://stepik.org> (открытый доступ)
2. <https://www.coursera.org> (открытый доступ)
3. <https://openedu.ru/> (открытый доступ)
4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (открытый доступ)
5. <http://molbiol.ru> (открытый доступ)
6. <http://biomolecula.ru/> (открытый доступ)
7. <http://elementy.ru/> (открытый доступ)
8. <http://xumuk.ru/> (открытый доступ)
9. <http://fizrast.ru> (открытый доступ)

## 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 8

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Учебная лаборатория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Учебный корпус № 37, аудитории № 212, 303-308, 314)	Система очистки воды Hydrurus Ultra Flow, № 410124000603648 Комплект оборудования для очистки и обеззараживания воздуха, № 410124000603649 Стерилизатор паровой форвакуумный СПГА-100-1-НН В, №210124558132517 Бокс микробиологический безопасности БМБ-II «Ламинар-С» по ТУ 32.50.50-010-51495026-2020 в исполнении: БМБ-II-«Ламинар-С»-1,5, № 210124558132419, № 210124558132418, № 210124558132420, № 210124558132421, № 210124558132422 Климатическая камера «Лаборатория биофотоники», № 410124000603662, № 410124000603663 Комплект климатических установок (фитотрон), № 210124558132659, № 210124558132660 Комплекс контролируемого фотонного излучения для роста растений (люминесцентный), № 410124000603660 Комплекс контролируемого фотонного излучения для роста растений (светодиодный), № 410124000603659 Шейкер инкубатор DW-SI-D2403, Drawell, № 410124000603704

	<p>Шейкер - инкубатор с охлаждением CRYSTE, модель PURICELL_SHAKING X10, № 410124000603688</p> <p>Спектрофотометр K5500Plus, Drawell № 410124000603673</p> <p>Лиофильная сушилка, LFD-10A, Laboao, № 410124000603685</p> <p>Комплект лабораторного оборудования пробоподготовки для биотехнологических исследований, № 410124000603692</p> <p>Центрифуга лабораторная с охлаждением TGL18C, Nanbei, № 410124000603681</p> <p>Льдогенератор XB-50, Scientz, № 410124000603690</p> <p>Амплификатор детектирующий "ДТпрайм" по ТУ 9443-004-96301278-2010 в модификации 5М6, № 410124000603637, № 410124000603638</p> <p>Гельдокументирующая система QUANTUM-CX5 Edge - Epi UV PadBox, № 410124000603639</p> <p>Гомогенизатор лабораторный RCP 24, № 410124000603640</p> <p>Электропоратор для клеток эукариот, прокариот и растений CRY-3B, Scientz, № 410124000603691</p> <p>Термостат Binder, №210134000004208</p> <p>Интерактивная панель, № 410124000603731</p> <p>Рабочая станция с предустановленным программным обеспечением, № 210134000018973</p> <p>Рабочая станция, № 210134000019227-210134000019242</p>
<p>Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова. Читальные залы библиотеки.</p>	

Для проведения лекций по дисциплине «Протеомика и метаболомика» необходима специализированная лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и соответствующим демонстрационным сопровождением.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Протеомика и метаболомика» необходима аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и меловой доской, а также специализированная аудитория, оснащенная:

- 1) лабораторными приборами и оборудованием: вытяжные шкафы, сушильные шкафы, холодильники, технические весы, аналитические весы, рН-метры, водяные бани, встряхиватели, центрифуги, автоматические пипетки и дозаторы, магнитными мешалками с нагреванием.
- 2) лабораторной посудой: цилиндры на 100, 500 мл, мерные цилиндры на 250, 100, 50, 10 мл, мерные колбы на 250, 200, 100 мл, плоскодонные и конические колбы на 500, 250, 100 мл, химические стаканы на 250, 100, 50 мл, фарфоровые чашки, пипетки на 50, 25, 20, 15, 10, 5, 1 мл, стеклянные палочки, пробирки, чашки Петри, промывалки, пластиковые пробирки

для центрифугирования типа Эппендорф объемом 1,0-2,0 мл, пластиковые пробирки для центрифугирования объемом 10-20 мл, пластиковые наконечники для пипеток автоматических, пластиковые пробирки типа.

- 3) химическими реактивами: дистиллированная вода, буферные растворы, соли металлов, органические соединения (целлюлоза, хитозан, сахароза, органические кислоты и др).

## **10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины «Протеомика и метаболомика» студентам необходимо использовать знания по дисциплинам «Физическая и коллоидная химия», «Органическая химия», «Общая генетика», «Цитология с основами цитогенетики».

Посещение лекций позволит студенту понять основные термины биохимии и протеомики, их классификацию, принципиальные схемы молекулярно-биологических и биохимических процессов, иными словами, составить общую картину по изучаемой теме. Активная работа на лабораторных занятиях (устные ответы, решения задач) позволит студенту в деталях разобраться в строении и функции биологических молекул, в подробностях понять метаболические пути и молекулярно-генетические процессы, решить неясные для себя вопросы. Выполнение индивидуального домашнего задания даст студенту навык работы с информационными базами данных и программным обеспечением для построения и анализа моделей биологических молекул, обработки экспериментальных данных.

Студенту будет полезно интегрировать знания, приобретённые в курсе «Протеомика и метаболомика» и других дисциплин. Например, задействовав знания, полученные на дисциплине «Цитология с основами цитогенетики», студент сможет понять, как функционируют белки в клетках. Используя знания, приобретённые на курсах «Физиология растений» и «Микробиология с основами иммунологии», лучше понять сходства и различия между дыханием и фотосинтезом.

Студентам рекомендуется аккуратно посещать занятия, а также заранее к ним готовиться, используя основную и дополнительную литературу. Студенты должны аккуратно оформлять практические работы, проявлять творчество при выполнении индивидуальных домашних заданий, вовремя представлять их к защите. В случае возникновения вопросов задавать их преподавателю. При работе с литературой рекомендуется выбрать среди списка учебников тот, который больше подходит по уровню восприятия. Если какая-то глава непонятна – прочитать в другом учебнике. При подготовке к практическим занятиям рекомендуется аналитически подходить к повторению и заучиванию материала, стараться систематизировать знания, выстраивать их в различных плоскостях.

## **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший занятия обязан в отведенное для консультаций время на кафедре показать знания соответствующего раздела в виде написания реферата и решения тестовых заданий. Сложные вопросы необходимо разобрать с преподавателем.

### **11. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Перед началом курса преподавателю рекомендуется ознакомить студентов с настоящими методическими рекомендациями, обеспечить лекционным материалом, списком терминов и страниц учебника по каждой теме, индивидуальным домашним заданием. Это позволит студенту выстраивать индивидуальную траекторию изучения дисциплины.

Преподавателю рекомендуется создать информационную виртуальную платформу для оперативного общения со студентами по учебным вопросам. Для этого можно задействовать такие формы, социальные сети, блоги. Это позволит информировать студентов о грядущих мероприятиях, изменениях в расписании, принимать домашние задания и т.д.

Рекомендуется вместо переключки проводить короткие тесты, это позволит более рационально использовать время и одновременно проверять уровень знаний студентов.

В течение семестра на основе активности студентов на занятиях необходимо определять успевающих и отстающих студентов. Это позволит дифференцированно подходить к обучению в группе: разбить на подгруппы при проведении практических и семинарских занятий, лидерам давать более сложный материал, отстающим – в более простой и доступной форме; прикреплять к лидерам отстающих студентов в режиме шефства.

По некоторым теоретическим вопросам дисциплины нужно задавать студентам сделать небольшие доклады на 5 - 6 минут, что поможет студентам подготовиться к выступлениям на конференциях. При этом основной акцент сделать на научно-популярных темах, которые бы были интересны широкому кругу слушателей. При защите студентами работ необходимо обращать внимание на практическое применение полученных знаний и социальную значимость приобретаемой профессии.

**Программу разработал:**

Поливанова Оксана Борисовна, кандидат биологических наук, доцент



## РЕЦЕНЗИЯ

### на рабочую программу дисциплины «Протеомика и метаболомика» ОПОП ВО по направлению 19.03.01 Биотехнология, направленности «Агропромышленная биотехнология», «Биотехнология и молекулярная биология» (квалификация выпускника – бакалавр)

Таракановым Иваном Германовичем, профессором кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором биологических наук, профессором, проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Протеомика и метаболомика» ОПОП ВО по направлению 19.03.01 – «Биотехнология», направленностей «Агропромышленная биотехнология», «Биотехнология и молекулярная биология» (уровень обучения) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре Биотехнологии (разработчик – Поливанова Оксана Борисовна, кандидат биологических наук, доцент).

Рассмотрев представленные на рецензирование материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Протеомика и метаболомика» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 19.03.01 – «Биотехнология». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 19.03.01 – «Биотехнология».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Протеомика и метаболомика» закреплено 5 компетенций. Дисциплина «Протеомика и метаболомика» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Протеомика и метаболомика» составляет 4 зачётных единицы (144 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Протеомика и метаболомика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 19.03.01 – «Биотехнология» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Протеомика и метаболомика» предполагает 12 занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 19.03.01 – «Биотехнология».

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, участие в тестировании, коллоквиумах, работа над домашним заданием и аудиторных заданиях - работа научными текстами), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления **19.03.01 – «Биотехнология»**

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 2 наименования, Интернет-ресурсы – 9 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **19.03.01 – «Биотехнология»**.

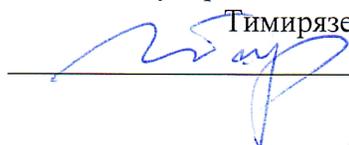
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Протеомика и метаболомика»** и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине **«Протеомика и метаболомика»**.

#### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Протеомика и метаболомика»** ОПОП ВО по направлению **19.03.01 – «Биотехнология»**, направленностей **«Агропромышленная биотехнология»**, **«Биотехнология и молекулярная биология»** (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Поливановой Оксаной Борисовной, кандидатом биологических наук, доцентом кафедры биотехнологии соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Тараканов И. Г., профессор кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор биологических наук, профессор

  
« 28 » 08 2023 г.