



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра биохимии, молекулярной биологии и генетики



УТВЕРЖДАЮ

Декан биолого-почвенного факультета
А. Н. Матвеев

2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.8 **«МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ БЕЛКОВ»**

Направление подготовки: 06.04.01 «Биология»

Направленность (профиль) подготовки: «Биохимия и молекулярная биология»

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биолого-почвенного факультета

Протокол № 5 от «24» 03 2025 г.
Председатель А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 8
От «06» 03 2025 г.
Зав. кафедрой С. В. Осипова

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3-4
IV. Содержание и структура дисциплины	
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5-6
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7-10
4.3 Содержание учебного материала	11-12
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	12-13
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	13-15
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	15-16
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	16
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	17-18
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	18-19
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	
6.2. Программное обеспечение	
6.3. Технические и электронные средства обучения	
VII. Образовательные технологии	19-20
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	20-23

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: углубление и расширение знаний студентов в области молекулярной биологии белков и способности использовать полученные знания для решения профессиональных задач в научных исследованиях и других сферах, требующих знаний молекулярной биологии белков.

Задачи:

- сформировать у студентов углубленные знания об иерархии уровней структурной организации белков и амилоидных белковых структурах;
- дать представление о современных методах изучения уровней структуры белков;
- познакомить студентов с разнообразием белковых функций;
- сформировать знания о мультибелковых комплексах, их организации и функциональной роли.
- познакомить студентов с важнейшими прикладными аспектами молекулярной биологии белков.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.8 «Молекулярная биология белков» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Методы молекулярно-биологических исследований», «Биоэнергетика клетки», «Молекулярная биология нуклеиновых кислот».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Биосинтез макромолекул», «Митохондрии и окислительный стресс», «Молекулярные основы экспрессии генов», выполнение ВКР.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 06.04.01 «Биология», профиль «Биохимия и молекулярная биология»:

ПК-1: Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.	ИДК ПК 1.1 Знает теоретические основы и методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.	Знать: физико-химические свойства протеиногенных аминокислот и свойства белков, обусловленные их первичной структурой; уровни структурной организации белков, методы исследования структуры белков; разнообразие белковых функций и их взаимосвязь с белковой структурой; структуру и функции мультибелковых комплексов клетки. Уметь: использовать полученные теоретические знания для решения фундаментальных и прикладных задач

		<p>молекулярной биологии белков, а также для освоения последующих дисциплин профиля. Владеть: терминологией, используемой в молекулярной биологии белков.</p>
	<p><i>ИДК ПК 1.2</i> Умеет творчески использовать теоретические знания и современные методологические подходы для формулировки задач нового исследования в области биохимии, молекулярной биологии и генетики.</p>	<p>Знать: принципы основных методов, используемых в биохимии и молекулярной биологии белков. Уметь: использовать методы изучения структуры и функций белков для решения профессиональных задач в области биохимии и молекулярной биологии белков. Владеть: терминологией основных методов, используемых в исследованиях структуры и функций белков.</p>

I. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов, в том числе 0,86 зачетная единица, 31 часов на экзамен. Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 60 часов
 Форма промежуточной аттестации: экзамен.

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Предмет и задачи курса. Структура и функции белков - раздел молекулярной биологии. Аминокислоты – структурный элемент пептидов и белков. Пептидная связь и пептиды.	3	9		2	2	-	5	Коллоквиум Реферат Доклад
2	Тема 2. Уровни структурной организации белков. Первичная и вторичная структуры белков. Возможности и алгоритмы предсказания вторичной структуры белка по его первичной структуре.	3	16,5		2	2	0,5	10	Коллоквиум Реферат Доклад КСР
3	Тема 3. Третичная и четвертичная структуры белков. Предсказания третичной и	3	16,5		2	2	0,5	10	Коллоквиум Реферат

	четвертичной структур белков по его первичной структуре.								Доклад КСР
4	Тема 4. Деграация и фолдинг белка. Структура мультибелковых комплексов протеасомы и шаперонина и механизмы их функционирования. Нарушения фолдинга белков.	3	11		2	2	-	11	Коллоквиум Реферат Доклад
5	Тема 5. Разнообразие белковых функций. Обратимое связывание белков с лигандами. Комплементарное взаимодействие между белками и лигандами.	3	9		2	2	-	5	Коллоквиум Реферат Доклад
6	Тема 6. Типы мультибелковых комплексов. Мультибелковые комплексы аппарата транскрипции.	3	12		2	2	-	8	Коллоквиум Реферат Доклад
7	Тема 7. Мультибелковые комплексы фотосинтетического аппарата растений.	3	12,5		2	2	0,5	8	Коллоквиум Реферат Доклад КСР
8	Тема 8. Мультибелковые комплексы дыхательной цепи митохондрий.	3	12,5		2	2	0,5	6	Коллоквиум Реферат Доклад КСР
9	Тема 9. Белки цитоскелета и моторные белки, участвующие в мышечных сокращениях.	3	12		2	2	-	6	Коллоквиум Реферат Доклад

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 1. Предмет и задачи курса. Структура и функции белков - раздел молекулярной биологии. Аминокислоты – структурный элемент пептидов и белков. Пептидная связь и пептиды.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Физико-химические свойства протеиногенных аминокислот». Написание реферата по теме: «Природные пептиды: пептидные гормоны, пептидные антибиотики». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	2	5	Коллоквиум Реферат Доклад	a1 a2 г1 г9
3	Тема 2. Уровни структурной организации белков. Первичная и вторичная структуры белков. Возможности и алгоритмы предсказания вторичной структуры белка по его первичной структуре.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Предсказание вторичной структуры белка по его первичной структуре». Выполнение упражнения на предсказание вторичной структуры белка по его первичной структуре.	4	10	Коллоквиум	a1 в8 г1 г9

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 3. Третичная и четвертичная структура белка. Предсказание третичных и четвертичных структур белка по его первичной структуре.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Предсказание третичных и четвертичных структур белка по его первичной структуре». Выполнение упражнения на предсказание третичной структуры белка по его первичной структуре.	6	10	Коллоквиум	a1 г1 г9
3	Тема 4. Деградация и фолдинг белка. Структура мультибелковых комплексов протеасомы и шаперонина и механизмы их функционирования. Нарушения фолдинга белков.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Письменная работа. Составить схематичное изображение мультибелковых комплексов протеасомы и шаперонина, проанализировать сходства и различия. Написание реферата по теме: «Нарушения фолдинга белков». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	7	11	Коллоквиум Реферат Доклад	a1 a2 в2 в3 в4 в6 в7 в9

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 5. Разнообразие белковых функций. Обратимое связывание белков с лигандами. Комплементарное взаимодействие между белками и лигандами.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Структура и функции иммуноглобулинов». Написание реферата по выбранной теме: «Методы изучения механизма действия ферментов», «Структура и функции белков главного комплекса гистосовместимости». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	8	5	Коллоквиум Реферат Доклад	a1 б2 в1 г1 г9
3	Тема 6. Типы мультибелковых комплексов. Мультибелковые комплексы аппарата транскрипции.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу «Классификация, структура и функции факторов транскрипции». Написание реферата по выбранной теме: «Нуклеосом ремоделирующие белки», «Синтаза жирных кислот», «Структура и функции белкового комплекса МЕДИАТОР». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	9	8	Коллоквиум Реферат Доклад	a1 б1 б3 г1 г9

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 7. Мультибелковые комплексы фотосинтетического аппарата растений.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Написание реферата по теме «Структурная организация и функции светособирающих пигмент-белковых комплексов ФС I и ФС II». Подготовка доклада и презентации по теме реферата. Письменная работа – составление схем организации мультибелковых комплексов ФС I, ФС II, цитохром – b6f-комплекса и НАДН-дегидрогеназного комплекса.	10	8	Коллоквиум Реферат Доклад	a1 г1 г9
3	Тема 8. Мультибелковые комплексы дыхательной цепи митохондрий.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу «Структура мультибелковых комплексов дыхательной цепи митохондрий». Письменная работа – составление схем организации мультибелковых комплексов АТФ-азы и цитохром-оксидазы.	11	6	Коллоквиум	a1 г1 г9
3	Тема 9. Белки цитоскелета и моторные белки, участвующие в мышечных сокращениях.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу «Структура и функции белков цитоскелета». Письменная работа – составление схемы организации мультидоменного белка титина.	13	6	Коллоквиум	a1 в2 г1 г9
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 69						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (60)						

4.3 Содержание учебного материала

Содержание учебного материала соответствует разделу I модуля “Генетика и генетические технологии в промышленной биотехнологии”.

Тема 1. Предмет и задачи курса. Структура и функции белков - раздел молекулярной биологии. Аминокислоты – структурный элемент пептидов и белков. Пептидная связь и пептиды. Аминокислоты, включающиеся в белки при трансляции (белковые аминокислоты), их номенклатура и сокращения. Виды классификаций: по физико-химическим свойствам (степень гидрофобности, полярность, заряд) и по химической природе боковых радикалов. Кислотно-основные свойства аминокислот, понятие о цвиттер-ионах. Аминокислоты, используемые для особых целей. Образование пептидной связи. Конформация пептидной цепи. Пептиды. Примеры природных пептидов: пептидные гормоны, пептидные антибиотики. Методы изучения первичной структуры белков и пептидов: анализ N-концевой последовательности по Сенгеру, секвенирование по Эдману, масс-спектрометрия.

Тема 2. Уровни структурной организации белков. Первичная структура белка: ее характерные признаки. Линейность и степень генетической предопределенности. Вторичная структура белка. Вторичная структура белка, регулярность как ее характерное свойство. Основные типы вторичной структуры. Спиральные структуры. Правозакрученная α -спираль, ее характеристики: период идентичности, величины витка, расположение внутримолекулярных водородных связей. β -складчатая структура: локализация стабилизирующих связей, параллельные, антипараллельные и смешанные β -структуры. β -изгиб. Факторы устойчивости вторичной структуры. Взаимосвязь между первичной и вторичной структурами белка. Нерегулярные вторичные структуры. Возможности и алгоритмы предсказания вторичной структуры белка по его первичной структуре.

Тема 3. Третичная и четвертичная структура белка. Третичная структура белка. Уникальность третичной структуры. Силы, определяющие стабильность третичной структуры. Значение гидрофобных взаимодействий для формирования третичной структуры белка. Топология полипептидных цепей в белках и классификация пространственных структур. Четвертичная структура белка. Взаимодействия между субъединицами, стабилизирующие четвертичную структуру. Функциональное значение четвертичной структуры. Кооперативность. Предсказание третичных и четвертичных структур белка по его первичной структуре.

Тема 4. Дегградация и фолдинг белка. Селективность деструкции белков. Стадии дегградации белков. Некоторые классы протеолитических ферментов. Активация протеаз. Лизосомы. Структура мультибелкового комплекса протеасомы. Механизм действия и функции убиквитина. Роль убиквитин-протеасомной системы в протеолизе белков. Биологический смысл убиквитинирования. Образование третичной структуры белка - многостадийный процесс. Правила фолдинга белков: постулат Anfinsen, термодинамический и кинетический контроль фолдинга. Парадокс Левинталя. Ферменты, участвующие в фолдинге белка: пептидилпролил-цис-транс-изомеразы, протеин дисульфид изомеразы. Участие белков теплового шока. Молекулярные шапероны семейств Hsp70 и Hsp60 и их роль в сворачивании белков. Структура мультибелкового шаперонинового комплекса и механизм его функционирования. Нарушения фолдинга белков. Функциональные амилоиды.

Тема 5. Разнообразие белковых функций - каталитическая, структурная, транспортная, регуляторная, защитная, двигательная, запасная. Обратимое связывание белков с лигандами: ферменты. Ферментативная кинетика, рентгеноструктурный анализ, сайт-направленный мутагенез, молекулярный докинг -

основные подходы к пониманию механизма действия ферментов. Обратимое связывание белков с лигандами: белки, связывающие кислород. Миоглобин и гемоглобин, сравнение их структурно-функциональных особенностей. Кооперативность связывания кислорода с гемоглобином. Биологический смысл и физиологические механизмы регуляции сродства гемоглобина к кислороду. Комплементарное взаимодействие между белками и лигандами. Специализированные клетки и белки иммунной системы: иммуноглобулины, белки главного комплекса гистосовместимости.

Тема 6. Типы мультибелковых комплексов. Мультибелковые комплексы аппарата транскрипции: структура и функции РНК-полимераз, белкового комплекса МЕДИАТОР. Структура и функции нуклеосом ремоделирующих белков, факторов транскрипции, комплекса синтазы жирных кислот.

Тема 7. Мультибелковые комплексы фотосинтетического аппарата растений. Структурная организация и функции светособирающих пигмент-белковых комплексов ФС I и ФС II, H_2O -пластохиноноксидоредуктазы (ФСII), цитохром b_6/f -комплекса, пластоцианин-ферредоксин-оксидоредуктазы (ФСI), НАДН-дегидрогеназного комплекса.

Тема 8. Мультибелковые комплексы дыхательной цепи митохондрий. Структурная организация и функциональная роль. Молекулярные машины АТФ-синтазы и цитохром оксидазы.

Тема 9. Белки цитоскелета и моторные белки, участвующие в мышечных сокращениях. Структура и функции динеина, кинезина, актина, миозина, тропомиозина, тропонина. Структура и функции многодоменного белка титин.

1.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы) *
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Аминокислоты – структурный элемент пептидов и белков. Природные пептиды.	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
2	Тема 2	Первичная и вторичная структуры белков. Предсказание вторичной структуры белка по его первичной структуре.	2		Коллоквиум	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
3	Тема 3	Функциональная роль четвертичных структур белка. Предсказание третичных структур белка по его первичной структуре.	2		Коллоквиум	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4	Тема 4	Деградация и фолдинг	2		Коллоквиум	ПК-1

		белков. Нарушения фолдинга белков.			Реферат Доклад	<i>ИДК ПК 1.1</i>
5	Тема 5	Методы исследования механизмов ферментативных реакций. Белки иммунной системы.	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6	Тема 6	Мультибелковые комплексы аппарата транскрипции.	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i>
7	Тема 7	Мультибелковые комплексы фотосинтетического аппарата растений.	2		Коллоквиум	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i>
8	Тема 8	Мультибелковые комплексы дыхательной цепи митохондрий.	2		Коллоквиум	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i>
9	Тема 9	Белки цитоскелета и моторные белки, участвующие в мышечных сокращениях.	2		Коллоквиум	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i>

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Тема 1. Предмет и задачи курса. Структура и функции белков - раздел молекулярной биологии. Аминокислоты – структурный элемент пептидов и белков. Пептидная связь и пептиды.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Физико-химические свойства протеиногенных аминокислот». Написание реферата по теме: «Природные пептиды: пептидные гормоны, пептидные антибиотики». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
2.	Тема 2. Уровни структурной организации белков. Первичная и вторичная структуры белков. Возможности и алгоритмы предсказания вторичной структуры белка по его первичной структуре.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Предсказание вторичной структуры белка по его первичной структуре». Выполнение упражнения на предсказание вторичной структуры белка по его первичной структуре.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

3.	Тема 3. Третичная и четвертичная структура белка. Предсказание третичных и четвертичных структур белка по его первичной структуре.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Предсказание третичных и четвертичных структур белка по его первичной структуре». Выполнение упражнения на предсказание третичной структуры белка по его первичной структуре.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4.	Тема 4. Деградация и фолдинг белка. Структура мультibelковых комплексов протеасомы и шаперонина и механизмы их функционирования. Нарушения фолдинга белков.	Письменная работа. Составить схематичное изображение мультibelковых комплексов протеасомы и шаперонина, проанализировать сходства и различия. Написание реферата по теме: «Нарушения фолдинга белков». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
5.	Тема 5. Разнообразие белковых функций. Обратимое связывание белков с лигандами. Комплементарное взаимодействие между белками и лигандами.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Структура и функции иммуноглобулинов». Написание реферата по выбранной теме: «Методы изучения механизма действия ферментов», «Структура и функции белков главного комплекса гистосовместимости». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6.	Тема 6. Типы мультibelковых комплексов. Мультibelковые комплексы аппарата транскрипции.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу «Классификация, структура и функции факторов транскрипции». Написание реферата по выбранной теме: «Нуклеосом ремоделирующие белки», «Синтаза жирных кислот», «Структура и функции белкового комплекса МЕДИАТОР». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
7.	Тема 7. Мультibelковые комплексы фотосинтетического аппарата растений.	Написание реферата по теме «Структурная организация и функции светособирающих пигмент-белковых комплексов ФС I и ФС II». Подготовка доклада и презентации по теме реферата. Письменная работа – составление схем организации мультibelковых комплексов ФСI, ФСII, цитохром – b6f-комплекса и НАДН-дегидрогеназного комплекса.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
8.	Тема 8. Мультibelковые комплексы дыхательной цепи митохондрий.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу «Структура мультibelковых комплексов дыхательной цепи митохондрий».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>

		Письменная работа – составление схем организации мультибелковых комплексов АТФ-азы и цитохром-оксидазы.		
9.	Тема 9. Белки цитоскелета и моторные белки, участвующие в мышечных сокращениях.	Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу «Структура и функции белков цитоскелета». Письменная работа – составление схемы организации мультидоменного белка титина.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебного процесса и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Молекулярная биология белков» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа над конспектом лекции.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов, не изложенных в лекции.
- Подготовка к практическому занятию состоит в теоретической подготовке и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.).
- Написание рефератов, подготовка докладов.
- Подготовка к тестированию.
- Подготовка к зачету.

Письменные работы. Для изучения тем, не изложенных в лекции, рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также источники, найденные при помощи информационно-справочных и поисковых систем. Для закрепления материала рекомендуется делать краткие конспекты по теме. В рамках дисциплины «Молекулярная биология белков» также предусмотрено выполнение письменных работ, в которых студенты должны составить схемы организации мультибелковых комплексов клетки и мультидоменного белка титина (см. п. 4.3.2.). Качество выполненной работы оценивается в ходе обсуждения данных вопросов при проведении коллоквиума по соответствующей теме (см. п. 4.3.1).

Реферат – форма письменной работы, которую рекомендуется применять при освоении вариативных (профильных) дисциплин профессионального цикла. Представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной теме. Объем реферата может достигать 15-20 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (учебников, монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Структура реферата включает:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение, где кратко формулируется проблема, цель и задачи реферата.

- Основная часть работы состоит из нескольких разделов, в которых излагается суть темы реферата.

- Заключение.

- Список использованной литературы.

При оформлении реферата следует придерживаться технических требований, предъявляемых к рефератам и курсовым работам, имеющихся на кафедре.

Критерии оценивания реферата:

- Оценка «отлично» выставляется в случае, если в реферате полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса, материал изложен логично, последовательно, приведено не менее 10 литературных источников (среди которых преобладает литература за последние 5 лет), реферат оформлен в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к такого рода работам.

- Оценка «хорошо» - тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором, оформление реферата соответствует техническим требованиям.

- Оценка «удовлетворительно» - тема раскрыта поверхностно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, в оформлении имеются технические недостатки, список литературы содержит менее 5 источников.

- Оценка «неудовлетворительно» - тема не раскрыта, скудный объем приведенных материалов.

Устный доклад – это сообщение в течение 10-15 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

Критерии оценивания устного доклада:

- Оценка «отлично». В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, соблюдая основные правила культуры речи. Доклад сопровождается презентацией, которая отражает основные положения доклада, презентация составлена грамотно с соблюдением общих требований, правил шрифтового оформления, подачи графического материала, имеются ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д., приводится список использованной литературы. При обсуждении доклада студент дает исчерпывающие, аргументированные, корректные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо». Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента не на все вопросы являются исчерпывающими и аргументированными.

- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент не всегда дает правильные, исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.

- Оценка «неудовлетворительно». Тема доклада не раскрыта, скудный объем приведенных материалов; презентация отсутствует. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют заданным вопросам.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов): не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Нельсон Д., Кокс М., Основы биохимии Ленинджера в 3-х томах. Т. 1 М.: БИОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 694 с. (электронный ресурс) ЭБС Лань

б) дополнительная литература

1. Нельсон Д., Кокс М., Основы биохимии Ленинджера. Т. 3. М.: БИОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 445 с. (электронный ресурс) ЭБС Лань
2. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / К. Уилсон, Дж Уолкер. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2015. - 848 с. - (Методы в биологии). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2877-2 : Б. ц.
3. Молекулярная биология: биосинтез и функционирование макромолекул у прокариот [Текст] : учеб. пособие / В. И. Чемерилова, О. А. Секерина ; рец.: Б. Н. Огарков, С. Н. Жданова ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 314 с.

в) периодические издания

1. Постникова Б., Шеховцова Е.А. Гемоглобин и миоглобин как восстановительные реагенты в биологических системах. Редокс –реакции глобинов с солями и комплексами меди и железа. Успехи биологической химии, т. 56, 2016, с. 337–376
2. Якупова Э.И., Вихлянцев И.М., Лобанов М.Ю., Галкитская О.В., Бобылев А.Г. Об амилоидных свойствах титина. Успехи биологической химии, т. 57, 2017, с. 245–266
3. Довидченко Н.В., Леонова Е.И., Галзитская О.В. Механизмы образования амилоидных фибрилл. Успехи биологической химии, т. 54, 2014, с. 203–230
4. Бычкова В.Е., Семисотнов Г.В., Балобанов В.А., Финкельштейн А.В. Расплавленная глобула: 45 лет спустя. Успехи биологической химии, т. 58, 2018, с. 67–100
5. Рогов А.Г., Суханова Е.И., Уральская Л.А., Аливердиева Д.А., Звягильская Р.А. Альтернативная оксидаза: распространение, индукция, свойства, структура, регуляция, функции. Успехи биологической химии, т. 54, 2014, с. 413–456
6. Кудряева А.А., Белогуров А.А. Протеасома: наномашина созидательного разрушения. Успехи биологической химии, т. 59, 2019, с. 323–392
7. Сорокин А.В., Ким Е.Р., Овчинников Л.П. Протеасомная система деградации и процессинга белков. Успехи биологической химии, т. 49, 2009, с. 3–76
8. Дерюшева Е.И., Селиванова О.М. Петли и повороты в белках как отпечатки молекулярной эволюции. Успехи биологической химии, т. 52, 2012, с. 177–202
9. Рябова Н.А., Марченков В.В., Марченкова С.Ю., Котова Н.В., Семисотнов Г.В. Молекулярный шаперон Gro/ES: процессы денатурации и ренатурации. Успехи биологической химии, т. 53, 2013, с. 59–80

г) список авторских методических разработок:

д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. ЭБС «ЮРАЙТ». Адрес доступа: <https://www.biblio-online.ru/>
4. ЭБ Издательского центра «Академия». Адрес доступа: <http://www.academia-moscow.ru>
5. <http://www.fptl.ru/biblioteka/biotechnologiya.html>
6. <http://www.medbook.net.ru/010512.shtml>
7. Союз образовательных сайтов - Естественные науки

8. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.
9. Google Scholar –Поисковая система по научной литературе.
10. Science Research Portal - Научная поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis и др. Ищет статьи и документы в открытых научных базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Аудитория для проведения занятий лекционного типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 25 посадочных мест; техническими средствами обучения: проектор Epson EB-X03, доска маркерная; учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине: презентации по темам программы.

Аудитория для проведения занятий практического типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 10 посадочных мест; доской меловой; техническими средствами обучения: проектор BenQ MS521P учебно-наглядными пособиями: презентации по темам программы.

Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы: аудитория оборудована специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: системный блок PentiumG850, монитор BenQ G252HDA-1 шт.; системный блок Athlon 2 X2 250, монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; системный блок PentiumD 3.0GHz, монитор Samsung 740N – 3 шт.; моноблок IRU T2105P – 2 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор BenQG955 – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung T190N – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung 740N – 1 шт.; проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: аудитория оборудована специализированной мебелью на 3 посадочных места; ноутбук Lenovo P580, проектор BenQ MS521P.

6.2. Программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition;

Foxit PDF Reader 8.0;

LibreOffice 5.2.2.2;

Ubuntu 14.0;

АСТ-Тест Plus 4.0 (на 75 одновременных подключений) и Мастер-комплект (АСТ-Maker и АСТ-Converter).

6.3. Технические и электронные средства:

Презентации по всем темам курса, образовательные видео на платформе Ютуб.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Молекулярная биология белков» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция.* Лекция – это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.

- *Лекция-визуализация.* Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.

- *Проблемная лекция.* В отличие от содержания информационной лекции, которое предлагается преподавателем в виде известного, подлежащего лишь запоминанию материала, на проблемной лекции новое знание вводится как неизвестное для обучающихся. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. Лекция строится таким образом, что познания обучающегося приближаются к поисковой, исследовательской деятельности. Здесь участвуют мышление обучающегося и его личностное отношение к усваиваемому материалу.

- *Лекция-беседа.* Предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

- *Практические занятия* – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения. Одной из форм практических занятий в вузе является семинар.

- *Семинар-исследование.* Технология проведения такого семинара может быть различной, в зависимости от того, какой метод заложен в его основу. В рамках дисциплины «Молекулярная биология белков» проводится семинар с подготовкой и заслушиванием рефератов по актуальным проблемам теории и практики и последующим их обсуждением.

- *Коллоквиумы* – вид учебного занятия, проводимого с целью проверки и оценивания знаний учащихся. Коллоквиум может проводиться в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся высказывать свою точку зрения по определенному вопросу, защищать свое мнение, применяя знания, полученные на занятиях по предмету. В ходе коллоквиума также проверяются рефераты, другие письменные работы студентов, проводится заслушивание докладов.

- *Самостоятельная работа студентов* (см. п.4.4).

- *Дистанционные образовательные технологии.* Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Молекулярная биология белков» используются следующие технологии:

▪ кейсовая технология – форма дистанционного обучения, основанная на предоставлении обучающимся информационных образовательных ресурсов в виде специализированных наборов учебно-методических комплексов с использованием различных видов носителей информации (кейсов);

▪ интернет-технология – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Используется Образовательный портал ИГУ - educa.isu.ru.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы для входного контроля

В качестве оценочных средств для входного контроля оценки уровня знаний студентов используется собеседование. В процессе собеседования оценивается уровень владения базовыми знаниями, умениями, навыками, необходимыми для начала обучения по дисциплине «Молекулярная биология белков», определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета

В рамках дисциплины «Экология микроорганизмов» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- письменная работа;
- коллоквиум;
- реферат;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- тематика и материалы заданий,
- тематика и вопросы к коллоквиумам,
- перечень тем рефератов/докладов,
- вопросы для самостоятельного изучения (СРС)
- вопросы и билеты для экзамена,
- критерии оценки знаний студентов.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-1 (см. п.

III)

Темы рефератов

1. Природные пептиды: пептидные гормоны, пептидные антибиотики
2. Нарушения фолдинга белков
3. Методы изучения механизма действия ферментов
4. Структура и функции белков главного комплекса гистосовместимости
5. Нуклеосом ремоделирующие белки
6. Структура и функции синтазы жирных кислот
7. Структура и функции белкового комплекса МЕДИАТОР
8. Структурная организация и функции светособирающих пигмент-белковых комплексов ФС I и ФС II

Вопросы для подготовки к коллоквиумам

Тема 1. Аминокислоты – структурный элемент пептидов и белков. Природные пептиды

1. Кислотно-основные свойства аминокислот.
2. Классификация протеиногенных аминокислот.
3. Образование пептидной связи вне процесса трансляции.
4. Природные пептиды.
5. Методы изучения первичной структуры белков.
6. Защита реферата (доклад + презентация) по теме, указанной в таблице 4.2.

Тема 2. Уровни структурной организации белков

1. Первичная структура белка. Свойства пептидной связи в белках.
2. Вторичная структура белка, регулярность как ее характерное свойство.
3. Основные типы вторичной структуры и факторы устойчивости вторичной структуры. Нерегулярные вторичные структуры.
4. Возможности и алгоритмы предсказания вторичной структуры белка по его первичной структуре.
5. Упражнение на предсказание вторичной структуры белка на основании его первичной структуры.

Тема 3. Третичная и четвертичная структура белков

1. Уникальность третичной структуры белков. Силы, определяющие стабильность третичной структуры.
2. Топология полипептидных цепей в белках и классификация пространственных структур.
3. Четвертичная структура белков. Функциональное значение четвертичной структуры. Кооперативность.
4. Предсказание третичных структур белка по его первичной структуре.
5. Упражнение на предсказание вторичной структуры белка на основании его первичной структуры.

Тема 4. Деградация и фолдинг белков.

1. Селективность деструкции белков. Стадии деградации белков. Некоторые классы протеолитических ферментов.
2. Активация протеаз. Лизосомы.
3. Структура мультибелкового комплекса протеасомы.
4. Механизм действия и функции убиквитина.
5. Образование третичной структуры белка - многостадийный процесс.
6. Ферменты, участвующие в фолдинге белка: пептидилпролил-цис-транс-изомеразы, протеин дисульфид изомеразы.
7. Молекулярные шапероны семейств Hsp70 и Hsp60 и их роль в сворачивании белков. Структура мультибелкового шаперонинового комплекса и механизм его функционирования.
8. Нарушения фолдинга белков.
9. Функциональные амилоиды.
10. Защита реферата (доклад + презентация) по теме, указанной в таблице 4.2.

Тема 5. Разнообразие белковых функций - каталитическая, структурная, транспортная, регуляторная, защитная, двигательная, запасная.

1. Обратимое связывание белков с лигандами: ферменты.
2. Обратимое связывание белков с лигандами: белки, связывающие кислород.
3. Основные методы изучения механизмов действия ферментов.
4. Комплементарное взаимодействие между белками и лигандами.
5. Структура и функции основных типов иммуноглобулинов.
6. Структура и функции белков главного комплекса гистосовместимости.
7. Защита рефератов (доклад + презентация) по темам, указанным в таблице 4.2.

Тема 6. Макромолекулярные белковые комплексы

1. Типы мультибелковых комплексов.
2. Структура и функции РНК-полимераз.
3. Структура и функции белкового комплекса МЕДИАТОР.

4. Структура и функции нуклеосом ремоделирующих белков.
5. Классификация, структура и функции факторов транскрипции,
6. Структура и функции комплекса синтазы жирных кислот.
7. Защита рефератов (доклад + презентация) по темам, указанным в таблице 4.2.

Тема 7. Мультибелковые комплексы фотосинтетического аппарата растений

1. Структурная организация и функции светособирающих пигмент-белковых комплексов ФС I и ФС II,
2. Структура и функции H_2O -пластохиноноксидоредуктазы (ФСII)
3. Структура и функции цитохром-b6f-комплекса
4. Структура и функции пластоцианин-ферредоксин-оксидоредуктазы (ФСI)
5. Структура и функции НАДН-дегидрогеназного комплекса.

Тема 8. Мультибелковые комплексы дыхательной цепи митохондрий.

1. Структурная организация дыхательной цепи митохондрий
2. Молекулярная машина АТФ-синтазы
3. Молекулярная машина цитохром с оксидазы.

Тема 9. Белки цитоскелета и моторные белки, участвующие в мышечных сокращениях

1. Энергозависимые взаимодействия белков
2. Структура и функции динеина, кинезина, актина, миозина, тропомиозина, тропонина.
3. Структура и функции многодоменного белка титин
4. Молекулярный механизм мышечного сокращения.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме экзамена

Форма промежуточной аттестации - **экзамен**. Система оценок: пятибалльная. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность компетенции ПК-1, заявленной в п. III.

Примерный список вопросов к экзамену

1. Аминокислоты, включающиеся в белки при трансляции, их номенклатура и сокращения. Виды классификаций. Нестандартные аминокислоты.
2. Кислотно-основные свойства аминокислот.
3. Первичная структура белка: ее характерные признаки. Роль первичной структуры в формировании высших уровней структурной организации белков.
4. Методы изучения первичной структуры белка.
5. Вторичная структура белка, регулярные и нерегулярные вторичные структуры белков. Основные виды вторичной структуры. Спиральные структуры, их характеристики. β -складчатая структуры: локализация стабилизирующих связей, параллельные, антипараллельные и смешанные β -структуры. β -изгиб.
6. Предсказание вторичной структуры белков. Моделирование белков.
7. Третичная структура белка. Уникальность третичной структуры. Силы, определяющие стабильность третичной структуры. Значение гидрофобных взаимодействий для формирования третичной структуры белка.
8. Топология полипептидных цепей в белках и классификация пространственных структур. Глобулярные и фибриллярные белки.

9. Четвертичная структура белка. Взаимодействия между субъединицами, стабилизирующие четвертичную структуру. Функциональное значение четвертичной структуры. Кооперативность.
10. Фолдинг белков - многостадийный процесс. Ферменты, участвующие в фолдинге белка: пептидил пролил цис-транс-изомераза, протеин дисульфид изомераза. Молекулярные шапероны семейств Hsp70 и Hsp60 и их роль в сворачивании белков.
11. Структура комплекса шаперонина и механизм его функционирования.
12. Структура белкового комплекса протеасомы и его роль в убиквитин-протеасомной деградации белков.
13. Обратимое связывание белков с лигандами: миоглобин и гемоглобин. Кооперативность действия гемоглобина.
14. Методы изучения механизма ферментативных реакций.
15. Комплементарное взаимодействие между белками и лигандами. Типы, структура и функции иммуноглобулинов и белков главного комплекса гистосовместимости.
16. Структура и функции РНК-примераз.
17. Структура и функции белкового комплекса МЕДИАТОР.
18. Структура и функции нуклеосом ремоделирующих белков.
19. Классификация, структура и функции факторов транскрипции,
20. Структура и функции комплекса синтазы жирных кислот.
21. Структура и функции H₂O-пластохиноноксидоредуктазы (ФСII)
22. Структура и функции цитохром-b6f-комплекса
23. Структура и функции пластоцианин-ферредоксин-оксидоредуктазы (ФСI)
24. Структура и функции НАДН-дегидрогеназного комплекса.
25. Молекулярная машина АТФ-синтазы
26. Молекулярная машина цитохром с оксидазы.
27. Энергозависимые взаимодействия белков: актин, миозин и молекулярный механизм мышечного сокращения.
28. Структура и функции динеина и кинезина.
29. Структура и функции многодоменного белка титин.

Разработчик:



 (подпись)

д.б.н., профессор С. В. Осипова

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.04.01 «Биология» и профилю подготовки «Биохимия и молекулярная биология».

Программа рассмотрена на заседании кафедры биохимии, молекулярной биологии и генетики

«06» 03 2025г.

(наименование)

Протокол № 8 Зав. кафедрой 

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.