

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №16 от 12 мая 25 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«БИОХИМИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ»**

---

Направление: 19.03.01 Биотехнология

---

Промышленная биотехнология

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: очная

---

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Протопопова Марина  
Владимировна  
Дата подписания: 20.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Евстафьев Сергей  
Николаевич  
Дата подписания: 23.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Лозовая Татьяна  
Сергеевна  
Дата подписания: 20.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 25 г.

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

## 1.1 Дисциплина «Биохимия и молекулярная биология» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях	ОПК ОС-1.15, ОПК ОС-1.17
ОПК ОС-6 Способность осуществлять 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 ОС-6.7, ОПК ОС-6.8

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.15	Демонстрирует знание биохимических процессов применительно к профессиональной деятельности	<b>Знать</b> Знать основные классы биомолекул, их строение, функции и закономерности их превращений в живых системах. Владеть основными методами биохимического анализа. <b>Уметь</b> Уметь записывать структурные формулы биомолекул, приводить схемы основных метаболических путей в живых системах и указывать основные регуляторные механизмы. <b>Владеть</b> Владеть основными методами биохимического анализа.
ОПК ОС-1.17	Демонстрирует знание законов и явлений молекулярной биологии применительно к профессиональной деятельности	<b>Знать</b> Знать строение и функции нерегулярных биополимеров в клетках, принципы организации генетической информации, молекулярные механизмы регуляции экспрессии генов и передачи наследственной информации. <b>Уметь</b> Уметь демонстрировать знание принципов структурно-функциональной организации биологических объектов и

		<p>механизмов генетической и эпигенетической регуляции внутриклеточных процессов; использовать полученные знания и навыки для решения профессиональных задач, в частности, при проведении научных исследований и разработок в области современной экспериментальной биологии и биотехнологии.</p> <p><b>Владеть</b> Владеть знаниями о многообразии живых систем и основных закономерностях их функционирования, принципах организации и реализации генетической информации, теоретическими основами молекулярно-биологических методов и подходов.</p>
ОПК ОС-6.7	Использует биохимические методы для проведения экспериментальных исследований и испытаний по заданной методике, для наблюдения и измерения, для обработки и интерпретации экспериментальных данных	<p><b>Знать</b> Знать теоретические основы основных биохимических методов.</p> <p><b>Уметь</b> Уметь пользоваться научно-технической литературой и документацией для проведения биохимических анализов, обоснованно выбирать биохимические методы исходя из поставленных задач исследования, уметь интерпретировать полученные результаты.</p> <p><b>Владеть</b> Владеть основными методами биохимических исследований и методами первичной математической обработки результатов.</p>
ОПК ОС-6.8	Использует методы молекулярной биологии проведения экспериментальных исследований и испытаний по заданной методике, для наблюдения и измерения, для обработки и интерпретации экспериментальных данных	<p><b>Знать</b> Знать теоретические основы молекулярно-генетических методов анализа и основные принципы работы на современном оборудовании.</p> <p><b>Уметь</b> Уметь пользоваться научно-технической литературой и документацией для проведения молекулярно-генетических анализов.</p> <p><b>Владеть</b> Владеть теоретическими основами и практическими навыками по использованию методов молекулярно-генетического анализа, навыками работы с научно-</p>

		техническими протоколами и технической документацией к современному оборудованию.
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Биохимия и молекулярная биология» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Биоорганическая химия», «Основы общей и неорганической химии», «Аналитическая химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Генетическая и клеточная инженерия», «Инженерная энзимология», «Общая микробиология», «Пищевая биотехнология», «Промышленная биотехнология», «Основы биотехнологии», «Химия биотехнологического сырья и целевых продуктов», «Фармацевтическая биотехнология»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 9 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	324	180	144
Аудиторные занятия, в том числе:	160	96	64
лекции	64	32	32
лабораторные работы	96	64	32
практические/семинарские занятия	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	128	84	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой, Экзамен	Зачет с оценкой	Экзамен

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

#### Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение. Формы жизни. Предмет биохимии и	1	4					2, 3	6	Тест

	молекулярной биологии.									
2	Биохимия белков и методы физико-химического анализа.	2	9	1	24			1, 2, 3, 4, 5	24	Тест, Отчет по лабораторной работе, Устный опрос
3	Ферменты и принципы ферментативного катализа.	3	9	2	18			1, 2, 3, 4, 5	24	Тест, Устный опрос, Отчет по лабораторной работе
4	Биохимия углеводов и методы физико-химического анализа.	4	5	3	14			1, 2, 3, 4, 5	16	Отчет по лабораторной работе, Тест, Устный опрос
5	Липиды и методы физико-химического анализа.	5	5	4	8			1, 2, 3, 4, 5	14	Тест, Устный опрос, Отчет по лабораторной работе
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		32		64				84	

#### Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Биоэнергетика.	1	2	1	10			1, 2, 3	12	Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа
2	Строение и свойства нуклеиновых кислот.	2	4	2	2			1, 2, 3	4	Тест, Устный опрос
3	Основные принципы организации генетической информации в эукариотической клетке.	3	6					2, 3	6	Тест, Устный опрос
4	Основные пути реализации генетической информации в клетке.	4	8	3	4			1, 2, 3	7	Устный опрос, Тест

5	Специальные пути передачи генетической информации в клетке.	5	2					2, 3	2	Тест
6	Повреждение и пути репарации нуклеиновых кислот в клетке.	6	2					2, 3	2	Тест
7	Пути регуляции экспрессии генов в клетках и основные принципы эпигенетических процессов.	7	2					2, 3	2	Тест
8	Молекулярно-биологические методы и подходы в экспериментальной биологии и биотехнологии.	8	6	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	16			1, 2, 3	9	Тест, Отчет по лабораторной работе
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		32				80	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Формы жизни. Предмет биохимии и молекулярной биологии.	Тема 1.4. Биохимия и молекулярная биология, предмет их изучения. Тема 1.1. Определение жизни. Отличия живых систем от неживых. Клеточная теория: классические и современные представления. Тема 1.2. Разнообразие форм жизни на земле. Неклеточные формы жизни. Тема 1.3. Классификация клеточных форм жизни: классические и современные представления.
2	Биохимия белков и методы физико-химического анализа.	Тема 2.1. Белки, их многообразие, основные функции белков, примеры. Тема 2.2. Аминокислотный состав белков. Протеиногенные аминокислоты и их разнообразие. Лимитирующие аминокислоты. Классификация аминокислот исходя из их физико-химических свойств. Тема 2.3. Основные физико-химические свойства аминокислот, понятие изоэлектрической точки, классификация аминокислот исходя из физико-химических свойств их радикалов, оптическая изомерия. Тема 2.4. Образование пептидов, пептидная связь, основные структурно-функциональные участки пептидов. С- и N-концы полипептидов,

		<p>номенклатура.</p> <p>Тема 2.5. Структурная организация белков. Образование первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуры белков. Основные связи и взаимодействия, участвующие в формировании пространственной структуры белков. Конформация, доменная организация, субъединицы. Участие шаперонов в укладке белков.</p> <p>Тема 2.6. Методы разделения и очистки белков. Основные виды колончатой хроматографии, используемые для фракционирования белков, принципы работы.</p> <p>Тема 2.7. Электрофоретическое разделение белков. Виды электрофореза, используемые для разделения белковых смесей.</p> <p>Тема 2.8. Принцип работы белков: межмолекулярные взаимодействия. Лиганды. Сайты связывания. Основные связи участвующие во взаимодействии. Роль пространственной структуры белка в формировании участков связывания лигандов, связь с первичной структурой белка.</p> <p>Тема 2.8. Антитела, строение и принцип работы. Антигены, антигенные детерминанты, принцип взаимодействия с антителами. Общие принципы клонально-селективной теории Бёрнета.</p> <p>Тема 2.10. Принципы использования антител в аналитических методах. Использование первичных и вторичных антител для детектирования других молекул.</p>
3	Ферменты и принципы ферментативного катализа.	<p>Тема 3.1. Ферменты как биологические катализаторы. Принцип работы, лиганды. Схема ферментативной реакции, отличие от некатализируемой химической реакции.</p> <p>Тема 3.2. Строение ферментов. Апоферменты, коферменты, кофакторы, простетические группы.</p> <p>Тема 3.3. Классификация ферментов исходя из типа катализируемых реакций. Шифр фермента, его значение.</p> <p>Тема 3.4. Метаболические пути и их типы в организме. Принципы регуляции ферментативных путей. Ключевые ферменты.</p> <p>Тема 3.5. Регуляция активности ферментов. Принцип действия веществ-активаторов и ингибиторов ферментов. Конкурентные и неконкурентные регуляторы, аллостерический центр.</p> <p>Тема 3.6. Ферментативный катализ. Основные энергетические условия протекания реакции. Изменение свободной энергии как показатель</p>

		<p>возможности протекания реакций. Экз- и эндергонические реакции. Принцип энергетического сопряжения.</p> <p>Тема 3.7. Связь изменения свободной энергии Гиббса и стандартной свободной энергии Гиббса. Физический смысл величин. Влияние фермента на изменение энергии Гиббса реакции.</p> <p>Тема 3.8. Энергетический барьер реакции. Энергия активации реакции. Влияние фермента на энергию активации.</p> <p>Тема 3.9. Кинетика ферментативной реакции. Вывод уравнения Михаэлиса-Мэнтен. График зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Физический смысл <math>V_m</math> и <math>K_m</math>.</p> <p>Тема 3.10. Отображение уравнения Михаэлиса-Мэнтен в системе двойных обратных величин. Вывод уравнения. График зависимости переменных уравнения. Определение <math>V_m</math> и <math>K_m</math>.</p> <p>Тема 3.11. Влияние конкурентных и неконкурентных ингибиторов на изменение зависимости переменных уравнения (и графика) Лайнуивера-Берка. Физический смысл этих изменений. Влияние температуры и pH на скорость ферментативной реакции.</p>
4	Биохимия углеводов и методы физико-химического анализа.	<p>Тема 4.1. Углеводы. Классификация, принципы номенклатуры.</p> <p>Тема 4.2. Моносахариды, многообразие, основные физико-химические свойства. Принципы номенклатуры. Оптическая и межклассовая изомерия моносахаридов, многообразие стереоизомеров. Циклические и линейные формы моносахаридов, мутаротация, примеры.</p> <p>Тема 4.3. Дисахариды, строение, свойства, принципы номенклатуры. Основные природные дисахариды и их свойства. Редуцирующие и нередуцирующие дисахариды.</p> <p>Тема 4.4. Полисахариды, многообразие, биологические функции. Гомо- и гетерополисахариды. Примеры.</p> <p>Тема 4.5. Крахмал и гликоген, строение, функции, ферментативный и химический гидролиз.</p> <p>Тема 4.6. Целлюлоза, строение, функции, производные целлюлозы, ферментативный и химический гидролиз.</p> <p>Тема 4.7. Другие гомополисахариды: пектиновые вещества, хитин, декстрины. Свойства, биологическая роль.</p> <p>Тема 4.8. Гетерополисахариды и их биологическая роль. Агароза, агаропектин, гликозаминогликаны. Гликопротеины и протеогликаны: отличия и</p>

		биологическая роль. Гликокаликс.
5	Липиды и методы физико-химического анализа.	<p>Тема 5.1. Липиды. Основы классификации. Строение отдельных групп липидов и их биологическая роль.</p> <p>Тема 5.2. Жирные кислоты: строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Цис- и транс-конфигурация ненасыщенных жирных кислот. -3- и -6-жирные кислоты, необходимое соотношение в пище. Хозяйственное применение жирных кислот. -окисление жирных кислот как один из главных источников синтеза АТФ в аэробных условиях.</p> <p>Тема 5.3. Ацилглицериды (нейтральные жиры): строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль. Триацилглицериды. Жиры и масла, их хозяйственное применения. Принцип прогоркания масла, гидрирование жиров и получение саломаса как защита от прогоркания. Образование транс-жиров и их вред для здоровья человека. Липолиз. Омыление.</p> <p>Тема 5.4. Глицерофосфолипиды: строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль. Амфипатические свойства фосфолипидов как условие для формирования бислоев клеточных мембран.</p> <p>Тема 5.5. Стероиды: строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль. Стерины и их роль в формировании и стабилизации клеточных мембран. Холестерин, фито- и микостерины. Общее представление о стероидных гормонах и желчных кислотах.</p>

#### Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Биоэнергетика.	<p>Тема 6.1. Общие понятия биоэнергетики. Изменение свободной и стандартной свободной энергии Гиббса, приведенные стандартные величины в биохимических реакциях. Высокоэнергетические фосфаты и субстратное фосфорилирование, направление передачи фосфорильных групп в биохимических реакциях, исходя из значения <math>G^{\circ}</math> субстратов. АТФ: строение, макроэргические связи, роль в метаболизме как энергетического посредника.</p> <p>Тема 6.2. Роль окислительно-восстановительных реакций в биоэнергетике. Механизмы переноса электронов в окислительно-восстановительных реакциях. Ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции,</p>

		<p>основные коферменты–переносчики электронов. Структура и функции НАД, НАДФ, ФАД.</p> <p>Тема 6.3. Метаболизм глюкозы. Пути окисления глюкозы. Анаэробные и аэробные стадии окисления глюкозы. Синтез АТФ и восстановление переносчиков электронов на различных стадиях.</p> <p>Тема 6.4. Гликолиз. Основные этапы, участники, ферменты, ключевые стадии. Энергетический выход гликолиза. Роль гликолиза в метаболизме.</p> <p>Тема 6.5. Брожение, биологический смысл брожения. Использование брожения в промышленности. Стадии молочнокислого и спиртового брожения.</p> <p>Тема 6.6. Окислительное декарбоксилирование пирувата, цикл трикарбоновых кислот. Основные этапы, участники, ферменты, ключевые стадии. Энергетический выход.</p> <p>Тема 6.7. Дыхательная цепь и окислительное фосфорилирование. Основные этапы, участники, ферменты, ключевые стадии. Энергетический выход.</p>
2	Строение и свойства нуклеиновых кислот.	<p>Тема 7.1. Нуклеиновые кислоты. Свойства нуклеиновых кислот как полимеров. Линейная и циклическая форма нуклеиновых кислот. Состав, строение и виды нуклеиновых кислот. Функции ДНК и РНК в клетках.</p> <p>Тема 7.2. Структура и виды нуклеотидов. 5' и 3' концы. N-гликозидная связь. Номенклатура нуклеотидов, нуклеозиды.</p> <p>Тема 7.3. Формирование ди- и полинуклеотидов. Фосфоэфирные связи, фосфодиэфирный мостик. 5' и 3' полярность при формировании первичной структуры нуклеиновых кислот.</p> <p>Тема 7.4. Понятие о вторичной и третичной структуре нуклеиновых кислот. Принцип комплементарности в организации нуклеиновых кислот. Количество водородных связи между различными азотистыми основаниями. Правило Чаргаффа.</p>
3	Основные принципы организации генетической информации в эукариотической клетке.	<p>Тема 8.1. Понятие о геноме, транскриптоме, протеоме и метаболоме. Организация и форма генома у различных организмов.</p> <p>Тема 8.2. Организация генома эукариотической клетки. Уровни упаковки ядерной ДНК в эукариотических клетках. Хроматин и его виды. Гистоны и негистоновые белки хроматина. Модификации гистонов, понятие о гистоновом коде.</p> <p>Тема 8.3. Типы метафазных хромосом и их морфологические особенности. Структурные</p>

		<p>элементы метафазных хромосом.</p> <p>Тема 8.4. Организация теломерных участков хромосом. Белки теломерного комплекса. Функции теломер.</p> <p>Тема 8.5. Понятие о кариотипе. Хромосомные числа и наборы хромосом. Моноплоидное и гаплоидное числа хромосом.</p> <p>Тема 8.6. Понятие о геноме эукариот. Понятие о контигах и скафолдах. Понятие о сборке, контигах и скафолдах. Длина генома, золотой путь как мера длины генома (Golden Path Length). Различия в размере геномов у разных групп эукариот.</p> <p>Тема 8.7. Кодированные и некодирующие элементы геномов эукариот.</p> <p>Тема 8.8. Понятие гена, основные гипотезы происхождения генов. Гомологичные гены. Ортологи и паралоги. Псевдогены.</p> <p>Тема 8.9. Некодирующие элементы генома эукариот. Основные виды некодирующей ДНК и их биологическая роль.</p> <p>Тема 8.10. Мобильные генетические элементы и их типы. Способы транспозиции. Биологическое значение.</p> <p>Тема 8.11. Понятие о транскриптоме. Основные виды РНК эукариот: информационные и некодирующие РНК.</p>
4	Основные пути реализации генетической информации в клетке.	<p>Тема 9.1. Центральная догма молекулярной биологии: классические и современные представления.</p> <p>Тема 9.2. Молекулярные механизмы репликации ДНК. Основные этапы и участники процесса. ДНК-зависимые ДНК-полимеразы и их свойства. Укорочение теломерных участков хромосом в результате репликации. Репликация по типу катящегося кольца.</p> <p>Тема 9.3. Молекулярные механизмы транскрипции у эукариот. Основные этапы и участники процесса. ДНК-зависимые РНК-полимеразы и их свойства.</p> <p>Тема 9.4. Молекулярные механизмы процессинга мРНК у эукариот. Рибозимы. Сплайсосомы. Альтернативный сплайсинг, транс-сплайсинг. Структура зрелой мРНК эукариот. Редактирование РНК.</p> <p>Тема 9.5. Генетический код и его свойства. Стандартный и альтернативные варианты. Рамки считывания. Предпочтение кодонов.</p> <p>Тема 9.6. Молекулярные механизмы трансляции. Основные этапы и участники процесса. Понятие об альтернативных «старт» и «стоп»-кодонах.</p>
5	Специальные пути передачи генетической	Тема 10.1. Обратная транскрипция и ее реализация в клетках. РНК-зависимые ДНК-полимеразы и их

	информации в клетке.	многообразии. Ретротранспозоны. Теломеразы. Тема 10.2. Молекулярные механизмы репликации РНК. РНК-зависимые РНК полимеразы. Роль процесса у эукариот. Тема 10.3. Синтез полипептидов по матрице ДНК in vitro.
6	Повреждение и пути репарации нуклеиновых кислот в клетке.	Тема 11.1. Мутации и повреждение нуклеиновых кислот в клетке. Эндогенные и экзогенные причины. Тема 11.2. Механизмы прямой репарации ДНК. Репарация ДНК с помощью механизмов гомологичной и нехомологичной рекомбинации. Тема 11.3. Механизмы репарации РНК.
7	Пути регуляции экспрессии генов в клетках и основные принципы эпигенетических процессов.	Тема 12.1. Регуляция экспрессии генов на уровне транскрипции. Цис- и трансрегуляторные элементы. Регуляторные транскрипционный факторы. Инсуляторы. Тема 12.2. Метилирование ДНК и его роль в регуляции экспрессии генов и эпигенетических процессах. Тема 12.3. Хроматин-ремоделирующие комплексы и модификации гистонов в регуляции экспрессии генов. Тема 12.4. Регуляция экспрессии генов на уровне РНК. РНК-интерференция.
8	Молекулярно-биологические методы и подходы в экспериментальной биологии и биотехнологии.	Тема 13.1. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): принцип, компоненты и продукты реакции. Основные этапы и их параметры. Разновидности ПЦР и практическое применение. Тема 13.2. Секвенирование ДНК по методу Сэнгера: принцип, компоненты и продукты реакции. Классическая схема анализа и современная реализация. Ограничения метода. Тема 13.3. Методы секвенирования нуклеиновых кислот нового поколения. Основные подходы: преимущества и ограничения. Геномные библиотеки и их получение. Тема 13.4. ДНК-штрихкодирование и генетическая идентификация видов. Тема 13.5. Методы фрагментного анализа ДНК и их практическое применение. ДНК-дактилоскопия.

### 4.3 Перечень лабораторных работ

#### Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Биохимия белков и методы физико-химического анализа.	24
2	Ферменты и принципы ферментативного катализа.	18

3	Биохимия углеводов и методы физико-химического анализа.	14
4	Липиды и методы физико-химического анализа.	8

#### Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Биоэнергетика: расчет энергетических параметров биохимических реакций.	10
2	Изучение строения и свойств нуклеиновых кислот.	2
3	Изучение основных путей реализации генетической информации: строение матричной РНК и трансляция генетического кода.	4
4	Молекулярно-биологические методы: полимеразная цепная реакция (ПЦР), схема отжига праймеров и циклов реакции для модельной цепи ДНК.	2
5	Молекулярно-биологические методы: полимеразная цепная реакция (ПЦР), расчет температурно-временных параметров с заданными условиями и с использованием инструкции к выбранной ДНК-полимеразе.	2
6	Молекулярно-биологические методы: полимеразная цепная реакция (ПЦР), расчет состава смеси для ПЦР с заданными условиями.	2
7	Молекулярно-биологические методы: электрофорез нуклеиновых кислот: оценка размеров фрагментов нуклеиновых кислот и установление предположительного типа матрицы.	2
8	Молекулярно-биологические методы: секвенирование по Сэнгеру.	2
9	Молекулярно-биологические методы: секвенирование нуклеиновых кислот нового поколения. Основные подходы: преимущества и ограничения. Геномные библиотеки и их получение.	2
10	Молекулярно-биологические методы: ДНК-штрихкодирование и генетическая идентификация видов.	2
11	Молекулярно-биологические методы: ДНК-дактилоскопия.	2

#### 4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

#### 4.5 Самостоятельная работа

#### Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	11
2	Подготовка к зачёту	30
3	Подготовка к контрольным работам	20
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	11
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	12

#### Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	9
2	Подготовка к контрольным работам	15
3	Подготовка к экзамену	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: не предусмотрено

### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

#### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы являются одним из видов практического обучения, целью которых является экспериментальное закрепление теоретических знаний в области биохимии и молекулярной биологии, приобретение и развитие практических навыков в использовании методов биохимического и молекулярно-генетического анализа, навыков работы с научно-техническими протоколами и технической документацией к современному оборудованию, навыков планирования и проведения экспериментальных работ и анализа полученных на практике результатов, навыков подготовки научно-технических отчетов и документации.

Общий план выполнения лабораторных работ:

1. Ознакомиться с теоретическим введением. Ознакомление может осуществляться также в форме научной дискуссии с преподавателем.
2. Ознакомиться с методикой и последовательностью выполнения работы.
3. Провести (при необходимости) подготовительные процедуры для работы, включая подготовку рабочих поверхностей, посуды, рабочих растворов, размораживание реактивов, предварительные расчеты, требуемые для проведения лабораторных процедур и т.п.
4. Провести биохимический или молекулярно-генетический анализ в соответствии с методикой.
5. Выполнить расчеты, заполнить таблицы и записывать структурные формулы соединений и основные схемы биохимических превращений. Указать классы и номенклатуру биохимических соединений, используемые в лабораторных работах.
6. Оформить и защитить отчет в установленный преподавателем срок в соответствии с выставленными требованиями.

## **5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления и углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие элементы:

Подготовка к лабораторным работам:

Задание предоставляется студентам за несколько дней до его выполнения и включает следующие элементы подготовки:

1. Изучение и повторение учебного материала с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы по теме предстоящей лабораторной работы.
2. Ознакомление с описанием лабораторной работы, проведение (при необходимости) подготовительных работ (например, подготовка шаблонов таблиц для записи показаний приборов и иных результатов).
3. Повторение правил техники безопасности работы с реактивами и оборудованием, приведенным в перечне для выполнения предстоящей лабораторной работы.
4. Проанализировать контрольные вопросы.

Подготовка к контрольным работам:

Целью подготовки является закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных в ходе освоения дисциплины, а также закрепление всех необходимых для успешного усвоения дисциплины компетенций.

Заданием для самостоятельной работы теоретическую подготовку с использованием конспекта лекций и рекомендуемой литературы, а также самостоятельно найденной информации с использованием официальных источников и научных публикаций, повторение и закрепление навыков решения расчетных задач, разбор которых проводился на практических занятиях.

Контрольные работы могут проводиться в виде проверочной работы с открытой формой ответа, а также в форме тестирования.

Подготовка к зачёту и экзамену:

Целью подготовки является закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных в ходе освоения дисциплины, а также закрепление всех необходимых для успешного усвоения дисциплины компетенций.

Основные рекомендации по выполнению заданий включают теоретическую подготовку с использованием конспекта лекций и рекомендуемой литературы, а также самостоятельно найденной информации с использованием официальных источников и научных публикаций, повторение и закрепление навыков решения расчетных задач, разбор которых проводился на практических занятиях.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 семестр 3 | Отчет по лабораторной работе**

##### **Описание процедуры.**

Отчет должен быть выполнен в установленный преподавателем срок, в соответствии с требованиями к оформлению отчетов о научно-исследовательской работе. Отчет по выполнению лабораторной работы включает цель и задачи работы, ход выполнения работы, полученных результатов, выводов. Отчет должен быть подготовлен каждым студентом индивидуально в рукописном варианте. Отчеты в назначенный срок сдаются на

проверку. Предусмотрена устная защита лабораторной работы, во время которой обучающиеся должны объяснить полученные результаты и ответить на вопросы, касающиеся методики проведения работы и полученных результатов. Отчет может подразумевать коллективную форму защиты и в форме научной дискуссии. При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического материала необходимого для выполнения исследования. Преподаватель на лабораторном занятии раздает индивидуальные задания и доводит до обучающихся сроки на его выполнение. Сдача индивидуальных домашних заданий при проработке отдельных разделов теоретического курса проводится в виде проверки решенных студентом самостоятельно упражнений и задач, представленных в методических указаниях.

Вопросы для контроля:

Вопросы представлены в методических указаниях по каждой лабораторной работе.

### **Критерии оценивания.**

Оценка «зачтено» выставляется, если предложенные задания выполнены правильно, демонстрируется знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ. В ином случае – оценка «незачтено».

## **6.1.2 семестр 3 | Устный опрос**

### **Описание процедуры.**

Устный вопрос проводится в форме коллоквиума. Устный опрос проводится с целью проверки и оценивания знаний студентов. Коллоквиум проводится в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся вести дискуссию по теме, аргументировать свое мнение, применяя знания, полученные в рамках занятий по текущей и другим дисциплинам. В ходе коллоквиума также может происходить обсуждение письменных и домашних работ студентов.

Вопросы для подготовки к устному опросу доводятся до сведения студентов на предшествующем практическом занятии.

Вопросы для подготовки к устному опросу:

1. Разнообразие форм жизни на земле. Клеточная теория: классические и современные представления.
2. Белки, их многообразие, пространственное строение и основные функции. Аминокислотный состав белков.
3. Основные физико-химические свойства аминокислот, понятие изоэлектрической точки, классификация аминокислот исходя из физико-химических свойств их радикалов, оптическая изомерия.
4. Методы разделения и очистки белков: колончатая хроматография, гель-электрофорез.
5. Антитела, строение и принцип работы. Использование антител в аналитических методах. Использование первичных и вторичных антител для детектирования других молекул.
6. Ферменты как биологические катализаторы. Принцип работы, лиганды. Схема ферментативной реакции, отличие от некатализируемой химической реакции.
7. Метаболические пути и их типы в организме. Принципы регуляции ферментативных путей. Ключевые ферменты.
8. Ферментативный катализ. Основные энергетические условия протекания реакции.

Изменение свободной энергии как показатель возможности протекания реакций. Принцип энергетического сопряжения.

9. Кинетика ферментативной реакции. Вывод уравнения Михаэлиса-Мэнтен. График зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Физический смысл  $V_m$  и  $K_m$ . Отображение уравнения Михаэлиса-Мэнтен в системе двойных обратных величин. Вывод уравнения.

10. Влияние конкурентных и неконкурентных ингибиторов на изменение зависимости переменных уравнения (и графика) Лайнуивера-Берка. Физический смысл этих изменений. Влияние температуры и pH на скорость ферментативной реакции.

11. Углеводы. Классификация, многообразие и принципы номенклатуры. Редуцирующие и нередуцирующие углеводы.

### **Критерии оценивания.**

«Отлично»: студент полно и аргументировано отвечает по содержанию задания, обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные, излагает материал последовательно и правильно.

«Хорошо»: студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет.

«Удовлетворительно»: студент демонстрирует понимание основных положений данного задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил, не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и приводить свои примеры, излагает материал не последовательно и допускает ошибки.

«Неудовлетворительно»: ответ на соответствующее задание отсутствует, студент допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл.

### **6.1.3 семестр 3 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

Тест состоит из двух частей - задания и эталона. Задание выдаётся студентам для выполнения, эталон представляет собой образец правильного и последовательного выполнения задания. Сравнивая эталон с ответом студента, можно объективно судить о качестве усвоения учебного материала.

К каждому вопросу предлагается несколько ответов на выбор, студенты должны найти среди них правильные. Допускается наличие в вопросе несколько верных вариантов ответа. Максимальный балл при оценке результатов ответа возможен только если студент отметил все правильные варианты ответа, и не выбрал ни одного неверного варианта.

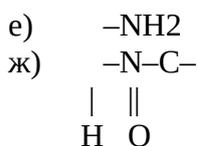
Вопросы теста также могут содержать пустые поля для внесения ответа вручную, а также поля для внесения решений расчетных задач.

1. Амфотерные свойства аминокислот означают, что они могут проявлять

---

химические свойства, которые преимущественно определяются наличием следующих функциональных групп:

- а)  $-\text{CH}_3$
- б)  $-\text{OH}$
- в)  $-\text{C}=\text{O}$
- г)  $-\text{COOH}$
- д)  $-\text{SH}$



2. Напишите общую формулы аминокислоты (любой) в форме биполярного иона.

3. Молекулы аминокислоты целиком пребывают в форме биполярного иона при рН среды, равном:

- а)  $\text{pH} = \text{pI}$
- б)  $\text{pH} > \text{pI}$
- в)  $\text{pH} < \text{pI}$
- г)  $\text{pH} = 7.0$
- д)  $\text{pH} > 7.0$
- е)  $\text{pH} < 7.0$
- ж) не один ответ не подходит, все будет зависеть от аминокислоты.

4. Субстрат ферментов является:

- а) антигенной детерминантой
- б) коферментом
- в) апоферментом
- г) лигандом
- д) регулятором
- е) кофактором
- ж) протетической группой
- з) холоферментом
- и) ни один ответ не подходит

5. Аллостерический центр фермента можно охарактеризовать следующим образом:

- а) то же самое, что и участок связывания субстрата
- б) то же самое, что и каталитический центр
- в) место взаимодействия с конкурентным ингибитором
- г) место взаимодействия с неконкурентным ингибитором
- а) место взаимодействия с субстратом, который обычно включает сайт связывания и каталитический центр
- б) место взаимодействия с субстратом, который обычно включает сайт связывания
- в) то же самое, что и активный центр (это синонимы)
- г) место, с которым обычно взаимодействует активатор (положительный регулятор)
- д) ни один ответ не соответствует действительности

6. Определите тип ингибирования фермента исходя из графиков в системе координат Лайнуивера-Берка. Объясните на каких параметрах основан Ваш выбор.

7. Антигенная детерминанта является:

- а) частью молекулы антитела, взаимодействующей с антигеном
- б) частью молекулы антигена, взаимодействующей с антителом
- в) переменным участком антитела
- г) переменным участком антигена
- д) паратопом
- е) кофактором

- ж) тем же самым, что антиген
- з) эпитопом
- и) ни один ответ не подходит

#### **Критерии оценивания.**

«отлично» – 80% и более правильных ответов;  
«хорошо» – 65-79% правильных ответов;  
«удовлетворительно» – 50-65% правильных ответов;  
«неудовлетворительно» – меньше 50% правильных ответов.

#### **6.1.4 семестр 4 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Устный вопрос проводится в форме коллоквиума. Устный опрос проводится с целью проверки и оценивания знаний студентов. Коллоквиум проводится в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся вести дискуссию по теме, аргументировать свое мнение, применяя знания, полученные в рамках занятий по текущей и другим дисциплинам. В ходе коллоквиума также может происходить обсуждение письменных и домашних работ студентов.

Вопросы для подготовки к устному опросу доводятся до сведения студентов на предшествующем практическом занятии.

Вопросы для подготовки к устному опросу:

1. Состав, строение и виды нуклеиновых кислот. Функции ДНК и РНК в клетках.
2. Структура и виды нуклеотидов. Принцип комплементарности в организации нуклеиновых кислот.
3. Организация ДНК у разных групп организмов.
4. Основные принципы организации генетической информации в эукариотической клетке.
5. Центральная догма молекулярной биологии: классические и современные представления.
6. Молекулярные механизмы репликации ДНК.
7. Молекулярные механизмы транскрипции у эукариот.
8. Молекулярные механизмы процессинга мРНК у эукариот.
9. Генетический код и его свойства. Рамки считывания. Предпочтение кодонов.
10. Молекулярные механизмы трансляции.

##### **Критерии оценивания.**

«Отлично»: студент полно и аргументировано отвечает по содержанию задания, обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные, излагает материал последовательно и правильно.

«Хорошо»: студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет.

«Удовлетворительно»: студент демонстрирует понимание основных положений данного задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил, не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и приводить свои примеры, излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

«Неудовлетворительно»: ответ на соответствующее задание отсутствует, студент допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл.

#### **6.1.5 семестр 4 | Отчет по лабораторной работе**

##### **Описание процедуры.**

Отчет должен быть выполнен в установленный преподавателем срок, в соответствии с требованиями к оформлению отчетов о научно-исследовательской работе. Отчет по выполнению лабораторной работы включает цель и задачи работы, ход выполнения работы, полученных результатов, выводов. Отчет должен быть подготовлен каждым студентом индивидуально в рукописном варианте. Отчеты в назначенный срок сдаются на проверку. Предусмотрена устная защита лабораторной работы, во время которой обучающиеся должны объяснить полученные результаты и ответить на вопросы, касающиеся методики проведения работы и полученных результатов. Отчет может подразумевать коллективную форму защиты и в форме научной дискуссии.

При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического материала необходимого для выполнения исследования. Преподаватель на лабораторном занятии раздает индивидуальные задания и доводит до обучающихся сроки на его выполнение. Сдача индивидуальных домашних заданий при проработке отдельных разделов теоретического курса проводится в виде проверки решенных студентом самостоятельно упражнений и задач, представленных в методических указаниях.

Вопросы для контроля:

Вопросы представлены в методических указаниях поле каждой лабораторной работы.

##### **Критерии оценивания.**

Оценка «зачтено» выставляется, если предложенные задания выполнены правильно, демонстрируется знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ. В ином случае – оценка «незачтено».

#### **6.1.6 семестр 4 | Контрольная работа**

##### **Описание процедуры.**

Контрольная работа проводится с целью проверки и оценивания знаний студентов. Контрольная работа проводится в письменной форме и представляет собой задание по представлению последовательности метаболических путей и по решению расчетных задач. Контрольная работа предусматривает устное обсуждение результатов контрольной работы, разбор верного решения и проведения работы над ошибками после подведения результатов контроля. Контрольные задачи готовятся на основании модельных задач, которые разбираются со студентами в рамках предыдущих занятий, но с измененными входными условиями.

Примерное контрольное задание:

1. Напишите уравнения реакций гликолиза с приведением структурных формул веществ, при которых тратится энергия АТФ. Назовите субстраты, продукты реакций, а также участвующие ферменты.
2. Напишите уравнения реакций гликолиза с приведением структурных формул веществ, при которых восстанавливаются переносчики электронов (указать какие). Назовите субстраты, продукты реакций, а также участвующие ферменты.
3. Напишите уравнение восстановительной стадии молочнокислого брожения с

приведением структурных формул веществ. Назовите субстраты, продукты реакций, а также участвующие ферменты. Каков биологический смысл этой стадии.

4. Рассчитайте реальный и потенциальный (с учетом дыхательной цепи) выход молекул АТФ окислительной фазы гликолиза и молочнокислого брожения. Приведите расчеты и заключение, какой процесс потенциально более энергетически выгодный.

### **Критерии оценивания.**

«Отлично» – студент приводит решение задач в полном объеме, при этом решения приведены в развернутом виде и с пояснениями решения.

«Хорошо» – студент приводит неполное решение задач при демонстрации общего понимания вывода основных закономерностей и расчетных формул, а также может привести устные разъяснения по их решению.

«Удовлетворительно» – студент приводит неполное решение задач при отсутствии разъяснений подходов по их решению.

«Неудовлетворительно» – студент не приводит решение задач или решение задач абсолютно неверное, не приводит разъяснения подходов по их решению.

### **6.1.7 семестр 4 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

Тест состоит из двух частей - задания и эталона. Задание выдается студентам для выполнения, эталон представляет собой образец правильного и последовательного выполнения задания. Сравнивая эталон с ответом студента, можно объективно судить о качестве усвоения учебного материала.

К каждому вопросу предлагается несколько ответов на выбор, студенты должны найти среди них правильные. Допускается наличие в вопросе несколько верных вариантов ответа. Максимальный балл при оценке результатов ответа возможен только если студент отметил все правильные варианты ответа, и не выбрал ни одного неверного варианта. Вопросы теста также могут содержать пустые поля для внесения ответа вручную, а также поля для внесения решений расчетных задач.

1. Отметьте возможные пути передачи генетической информации, известные для живых систем и/или показанные экспериментально *in vitro*:

- а) ДНК → ДНК
- б) ДНК → РНК
- в) РНК → ДНК
- г) РНК → РНК
- д) ДНК → белок
- е) РНК → белок
- ж) белок → белок
- з) белок → РНК
- и) белок → ДНК

2. Основной функцией репликации ДНК в клетках является:

- а) синтез матричных и транспортных РНК для синтеза белка
- б) увеличение количества ДНК/РНК-матриц для синтеза мРНК
- в) удвоение генетической информации для последующего деления клетки
- г) синтез белков и полипептидов в клетке
- д) точная функция не известна

3. Укажите виды каталитических активностей, которые можно встретить у бактериальных

ДНК-полимераз.

- а) 5' → 3' полимеразная активность
- б) 3' → 5' полимеразная активность
- в) 5' → 3' экзонуклеазная активность
- г) 3' → 5' экзонуклеазная активность
- д) эндонуклеазная активность
- е) хеликазная активность
- ж) протеазная активность

### Критерии оценивания.

«отлично» – 80% и более правильных ответов;  
«хорошо» – 65-79% правильных ответов;  
«удовлетворительно» – 50-65% правильных ответов;  
«неудовлетворительно» – меньше 50% правильных ответов.

## 6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-1.15	Демонстрирует знание биохимических процессов применительно к профессиональной деятельности	Устный опрос, письменное решение задачи
ОПК ОС-1.17	Демонстрирует знание законов и явлений молекулярной биологии	Устный опрос, письменное решение задачи, тестирование
ОПК ОС-6.7	Демонстрирует знание биохимических методов применительно к профессиональной деятельности	Устный опрос, письменное решение задачи
ОПК ОС-6.8	Демонстрирует знание методы молекулярной биологии применительно к профессиональной деятельности	Устный опрос, письменное решение задачи, тестирование

### 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

#### 6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

##### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет с оценкой проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса и расписанием зачётно-экзаменационных сессий. К зачету допускаются студенты, выполнившие в полном объеме аудиторную нагрузку, самостоятельную работу, успешно сдавшие все предусмотренные формы текущего контроля. Студенты, имеющие

задолженность по текущему контролю, должны выполнить все обязательные виды деятельности по учебному плану, и только затем допускаются к сдаче зачета. Все виды задолженностей по текущему контролю должны быть сданы студентом не позднее, чем за 1 неделю до начала промежуточной аттестации (зачётной недели).

Зачёт проводится в форме устного собеседования по теоретическим вопросам и решения одной ситуационной задачи из перечня, изложенного в разделе 6.2.2.1.

Студенту задаются два основных вопроса из различных разделов дисциплины, рассчитанных по объему на ответ студента в течение до 10 минут, а также одна расчетная задача, рассчитанная на подготовку письменного решения в течение до 15 минут.

Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы, а также давать задания в рамках программы данной учебной дисциплины из числа заданий пройденных лабораторных работ.

#### Пример задания:

Вопросы для подготовки к зачёту:

1. Биохимия и молекулярная биология, предмет изучения.
2. Определение жизни. Отличия живых систем от неживых. Клеточная теория: классические и современные представления.
3. Разнообразие форм жизни на земле. Неклеточные формы жизни.
4. Классификация клеточных форм жизни: классические и современные представления.
5. Белки, их многообразие, основные функции белков, примеры.
6. Аминокислотный состав белков. Протеиногенные аминокислоты и их разнообразие. Лимитирующие аминокислоты. Классификация аминокислот исходя из их физико-химических свойств.
7. Основные физико-химические свойства аминокислот, понятие изоэлектрической точки, классификация аминокислот исходя из физико-химических свойств их радикалов.
8. Разнообразие аминокислоты, оптическая изомерия аминокислот.
9. Образование пептидов, пептидная связь, основные структурно-функциональные участки пептидов. С– и N–концы полипептидов, номенклатура.
10. Структурная организация белков. Образование первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуры белков. Основные связи и взаимодействия, участвующие в формировании пространственной структуры белков.
11. Основные принципы организации пространственной структуры белка, конформация, доменная организация, субъединицы. Участие шаперонов в укладке белков.
12. Методы разделения белков. Основные виды колончатой хроматографии, используемые для фракционирования белков, принципы работы.
13. Электрофоретическое разделение белков. Виды электрофореза, используемые для разделения белковых смесей.
14. Принцип работы белков: межмолекулярные взаимодействия. Лиганды. Сайты связывания. Основные связи, участвующие во взаимодействии. Роль пространственной структуры белка в формировании участков связывания лигандов, связь с первичной структурой белка.
15. Ферменты как биологические катализаторы. Принцип работы, лиганды. Схема ферментативной реакции, отличие от некатализируемой химической реакции.
16. Строение фермента. Апоферменты, коферменты, кофакторы, простетические группы.
17. Классификация ферментов исходя из типа катализируемых реакций. Шифр фермента, его значение.
18. Метаболические пути и их типы в организме. Принципы регуляции ферментативных путей. Ключевые ферменты.

19. Регуляция активности ферментов. Принцип действия веществ-активаторов и ингибиторов ферментов. Конкурентные и неконкурентные регуляторы, аллостерический центр.
20. Ферментативный катализ. Основные энергетические условия протекания реакции.
21. Изменение свободной энергии как показатель возможности протекания реакций. Экз- и эндергонические реакции. Принцип энергетического сопряжения.
22. Связь изменения свободной энергии Гиббса и стандартной свободной энергии Гиббса. Физический смысл величин. Влияние фермента на изменение энергии Гиббса реакции.
23. Энергетический барьер реакции. Энергия активации реакции. Влияние фермента на энергию активации.
24. Кинетика ферментативной реакции. Вывод уравнения Михаэлиса-Мэнтен.
25. График зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Физический смысл  $V_m$  и  $K_m$ .
26. Отображение уравнения Михаэлиса-Мэнтен в системе двойных обратных величин. Вывод. График зависимости переменных уравнения. Определение  $V_m$  и  $K_m$ .
27. Влияние конкурентных и неконкурентных ингибиторов на изменение зависимости переменных уравнения (и графика) Лайнуивера-Берка. Физический смысл этих изменений.
28. Влияние температуры и pH на скорость ферментативной реакции.
29. Антитела, строение и принцип работы.
30. Антигены, антигенные детерминанты, принцип взаимодействия с антителами.
31. Общие принципы клонально-селективной теории Бёрнета.
32. Принципы использования антител в аналитических методах. Использование первичных и вторичных антител для детектирования других молекул.
33. Углеводы. Классификация, принципы номенклатуры.
34. Оптическая и межклассовая изомерия моносахаридов, многообразие стереоизомеров.
35. Моносахариды, многообразие, основные физико-химические свойства. Принципы номенклатуры.
36. Циклические и линейные формы моносахаридов, мутаротация, примеры.
37. Дисахариды, строение, свойства, принципы номенклатуры.
38. Основные природные дисахариды и их свойства. Редуцирующие и нередуцирующие дисахариды.
39. Полисахариды, многообразие, биологические функции.
40. Гомо- и гетерополисахариды. Примеры.
41. Крахмал и гликоген, строение, функции, гидролиз.
42. Целлюлоза, строение, функции, производные целлюлозы.
43. Гликопротеины и протеогликаны. Отличия и биологическая роль.
44. Липиды. Строение. Классификация. Биологическая роль.
45. Жирные кислоты: строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль.
46. Ацилглицериды (нейтральные жиры): строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль. Триацилглицериды. Жиры и масла, их хозяйственное применения.
47. Глицерофосфолипиды: строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль.
48. Стероиды: строение, номенклатура, физико-химические свойства, биологическая роль.

Примерный перечень ситуационных (расчетных) задач для контроля в форме

представления письменного решения:

49. Провести расчет изоэлектрической точки предложенной аминокислоты и направление ее миграции в электрофорезе, если известны константы диссоциации функциональных групп.

50. Определить массовую долю белка в продукте с использованием калибровочного графика (график будет приложен) по биуретовому методу, если известна стартовая навеска продукта, объем биуретового реактива для ресуспендирования и конечные результаты трех аналитических повторов измерения оптической плотности полученного раствора.

51. По приведённому снимку SDS-электрофореза (снимок будет приложен) белковых образцов в ПААГе:

- определить молекулярные массы всех белковых полосок, находящиеся на дорожке с маркером, если известен состав маркера.

- рассчитать приблизительную молекулярную массу отдельных белков, на дорожках с экспериментальным и образцами.

- описать общие отличия в протеоме между образцами, расположенными на разных дорожках.

52. По представленной схеме метаболического пути предсказать возможные результаты по выходу конечного продукта, в случае различных типов регуляции.

53. По приведенному уравнению ферментативной реакции рассчитать  $\Delta G$  и  $\Delta G^\circ$  в состоянии равновесия и в условиях, отличных от состояния равновесия, при указанной температуре и соотношения продуктов и субстратов реакции.

54. Произвести вычисления с использованием уравнения Михаэлиса-Ментен и графика уравнения Лайнуивера-Берка.

55. Привести уравнение реакции, иллюстрирующее основные химические свойства изученных классов соединений и сделать по нему расчет выхода продуктов реакции исходя из известных данных об исходных веществах ( $m$  или концентрации).

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Студент демонстрирует глубокие знания классов биомолекул, закономерности их превращений в живых системах. Умеет записывать структурные формулы биомолекул, приводить схемы основных метаболических путей в живых системах и указывать	Студент демонстрирует знания по основным разделам биохимии. Допускается неполные ответы на дополнительные вопросы по теме. Демонстрирует знания подходов по решению ситуационных задач в рамках дисциплины. Допускается	Студент демонстрирует знания по основным разделам биохимии, но не в полном объеме. Допускаются неполные ответы на дополнительные вопросы, неполное решение или отсутствие решения ситуационных задач и/или отсутствие разъяснений подходов по их решению при условии наличия в	Студент демонстрирует поверхностные знания по основным разделам биохимии, либо не демонстрирует их вовсе. Отсутствуют ответы на основные и/или дополнительные вопросы и/или ответы не позволяют судить о наличии у студента знаний по дисциплине. Решение ситуационных задач отсутствуют или полностью отсутствует объяснение их

<p>основные регуляторные механизмы. Умеет в полном объеме решать ситуационные задачи в рамках дисциплины. Владеет принципами планирования экспериментов с использованием биохимических методов, обработки и представления полученных результатов в рамках дисциплины. Демонстрирует хорошее владение научным языком, изложение ответа приводится последовательно и хорошо доступно для понимания.</p>	<p>неполное решение задач при демонстрации понимания вывода основных закономерностей и формул, а также разъяснения подходов по их решению. Способен использовать специализированные знания в области биохимии в профессиональной деятельности. Демонстрирует владение научным языком, хотя допускаются отступления, изложение ответа приводится последовательно и доступно для понимания.</p>	<p>целом верных ответов на основные вопросы. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения в последовательности изложения. Допускаются отступления от норм научного языка, при условии, что изложение ответа в целом доступно для понимания.</p>	<p>решения. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, с серьезными отступлениями от норм научного языка, изложение ответа трудно доступно или полностью недоступно для понимания.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 6.2.2.2 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

##### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса и расписанием зачетно-экзаменационных сессий. Предварительно составляется график консультаций, во время которой преподаватель ознакомит с основными вопросами промежуточной аттестации и даст разъяснения при возникновении вопросов со стороны студентов. Экзамен проводится с целью оценки качества усвоения студентами всего объема содержания дисциплины и определения фактически достигнутых знаний, навыков и умений, а также компетенций, сформированных за время аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие в полном объеме аудиторную нагрузку, самостоятельную работу, успешно сдавшие все предусмотренные формы текущего контроля. Студенты, имеющие задолженность по текущему контролю, должны выполнить все обязательные виды деятельности по учебному плану, и только затем допускаются к сдаче экзамена. Все виды задолженностей по текущему контролю должны быть сданы студентом не позднее, чем за 1 неделю до начала промежуточной аттестации (зачётной недели).

Экзамен проводится в форме устного собеседования по экзаменационным билетам, включающим один теоретический вопрос, тестовую часть и решение одной ситуационной задачи из приведенного перечня.

Объем вопросов в билете рассчитан на устный ответ студента в течение до 10 минут и подготовку письменного решения в течение до 15 минут.

Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы в рамках программы данной учебной дисциплины.

Пример задания:

1. Общие понятия биоэнергетики. Изменение свободной и стандартной свободной энергии Гиббса, приведенные стандартные величины в биохимических реакциях.
2. Высокоэнергетические фосфаты и субстратное фосфорилирование. АТФ: строение, макроэргические связи, роль в метаболизме как энергетического посредника.
3. Роль окислительно-восстановительных реакций в биоэнергетике. Основные ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции, и их коферменты-переносчики электронов.
4. Пути окисления глюкозы. Анаэробные и аэробные стадии окисления глюкозы. Синтез АТФ и восстановление переносчиков электронов на различных стадиях.
5. Гликолиз. Основные этапы, участники, ферменты, ключевые стадии. Энергетический выход гликолиза. Роль гликолиза в метаболизме.
6. Брожение, биологический смысл брожения. Использование брожения в промышленности. Стадии молочнокислого и спиртового брожения.
7. Окислительное декарбоксилирование пирувата, цикл трикарбоновых кислот. Основные этапы, участники, ферменты, ключевые стадии. Энергетический выход.
8. Дыхательная цепь и окислительное фосфорилирование. Основные этапы, участники, ферменты, ключевые стадии. Энергетический выход.
9. Нуклеиновые кислоты. Свойства нуклеиновых кислот как полимеров. Состав, строение, виды и функции нуклеиновых кислот.
10. Структура и виды нуклеотидов. 5' и 3' концы. N-гликозидная связь. Номенклатура нуклеотидов, нуклеозиды.
11. Формирование ди- и полинуклеотидов. 5' и 3' полярность при формировании первичной структуры нуклеиновых кислот.
12. Понятие о вторичной и третичной структуре нуклеиновых кислот. Принцип комплементарности в организации нуклеиновых кислот. Количество водородных связи между различными азотистыми основаниями. Правило Чаргаффа.
13. Понятие о геноме, транскриптоме, протеоме и метаболоме. Организация и форма генома у различных организмов.
14. Организация генома эукариотической клетки. Уровни упаковки ядерной ДНК в эукариотических клетках. Хроматин и его виды. Гистоны и негистоновые белки хроматина. Модификации гистонов, понятие о гистоновом коде.
15. Типы метафазных хромосом и их морфологические особенности. Структурные элементы метафазных хромосом.
16. Организация тепломерных участков хромосом. Белки шелтеринового комплекса. Функции теломер.
17. Понятие о кариотипе. Хромосомные числа и наборы хромосом. Моноплоидное и гаплоидное числа хромосом.
18. Понятие о геноме эукариот. Различия в размере геномов у разных групп эукариот.
19. Кодированные и некодированные элементы геномов эукариот.
20. Понятие гена, основные гипотезы происхождения генов. Гомологичные гены. Ортологи и паралоги. Псевдогены.
21. Некодированные элементы генома эукариот. Основные виды некодирующей ДНК и

их биологическая роль.

22. Мобильные генетические элементы и их типы. Способы транспозиции. Биологическое значение.
23. Понятие о транскриптоме. Основные виды РНК эукариот: информационные и некодирующие РНК.
24. Центральная догма молекулярной биологии: классические и современные представления.
25. Молекулярные механизмы репликации ДНК. Основные этапы и участники процесса. ДНК-зависимые ДНК-полимеразы и их свойства. Укорочение теломерных участков хромосом в результате репликации. Репликация по типу катящегося кольца.
26. Молекулярные механизмы транскрипции у эукариот. Основные этапы и участники процесса. ДНК-зависимые РНК-полимеразы и их свойства.
27. Молекулярные механизмы процессинга мРНК у эукариот. Рибозимы. Сплайсосомы. Альтернативный сплайсинг, транс-сплайсинг. Структура зрелой мРНК эукариот. Редактирование РНК.
28. Генетический код и его свойства. Стандартный и альтернативные варианты. Рамки считывания. Предпочтение кодонов.
29. Молекулярные механизмы трансляции. Основные этапы и участники процесса. Понятие об альтернативных «старт» и «стоп»-кодонах.
30. Обратная транскрипция и ее реализация в клетках. РНК-зависимые ДНК-полимеразы и их многообразие. Ретротранспозоны. Теломеразы.
31. Молекулярные механизмы репликации РНК. РНК-зависимые РНК полимеразы. Роль процесса у эукариот.
32. Синтез полипептидов по матрице ДНК *in vitro*.
33. Мутации и повреждение нуклеиновых кислот в клетке. Эндогенные и экзогенные причины.
34. Механизмы прямой репарации ДНК. Репарация ДНК с помощью механизмов гомологичной и нехомологичной рекомбинации.
35. Механизмы репарации РНК.
36. Регуляция экспрессии генов на уровне транскрипции. Цис- и трансрегуляторные элементы. Регуляторные транскрипционный факторы. Инсуляторы.
37. Метилирование ДНК и его роль в регуляции экспрессии генов и эпигенетических процессах.
38. Хроматин-ремоделирующие комплексы и модификации гистонов в регуляции экспрессии генов.
39. Регуляция экспрессии генов на уровне РНК. РНК-интерференция.
40. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): принцип, компоненты и продукты реакции. Основные этапы и их параметры. Количественная ПЦР в реальном времени.
41. Электрофорез нуклеиновых кислот: принцип метода, используемые красители, размерные стандарты, подходы по визуализации результатов.
42. Методы секвенирования ДНК: принципы, применение и ограничения методов.
43. ДНК-штрихкодирование. Использование в генетической идентификации видов.
44. Методы фрагментного анализа ДНК и их практическое применение. ДНК-дактилоскопия.

Примерный перечень ситуационных (расчетных) задач для контроля в форме представления письменного решения:

45. Привести уравнения избранных реакций гликолиза. Назвать субстраты, продукты реакций, а также участвующие ферменты. Рассчитать реальный и потенциальный выход молекул АТФ потенциальное высвобождение энергии в кДж с заданными условиями.
46. Привести избранные уравнения одного из видов брожения. Назвать субстраты,

продукты реакций, а также участвующие ферменты. Рассчитать выход молекул АТФ и потенциальное высвобождение энергии в кДж с заданными условиями.

47. Привести избранные уравнения реакций цикла трикарбоновых кислот. Назвать субстраты, продукты реакций, а также участвующие ферменты. Рассчитать реальный и потенциальный выход молекул АТФ и потенциальное высвобождение энергии в кДж с заданными условиями.

48. Привести полное уравнение окисления НАДН, Н<sup>+</sup> или ФАДН<sub>2</sub> в дыхательной цепи с учетом перекаченных ионов Н<sup>+</sup> в межмембранное пространство митохондрий. Рассчитать сколько ионов Н<sup>+</sup> необходимо для синтеза заданного количества АТФ при их прохождении через канал АТФазы из межмембранного пространства в матрикс митохондрий.

49. Провести трансляцию модельной матрицы РНК в аминокислотную последовательность с учетом знаний о мотивах, определяющих истинный старт-кодон, и с использованием таблицы стандартного генетического кода.

50. Привести схему циклов ПЦР для модельной цепи ДНК.

51. Провести расчет температуры отжига праймеров, времени элонгации и иных температурно-временных параметров ПЦР с заданными условиями и с использованием инструкции к выбранной ДНК-полимеразе.

52. Провести расчет состава смеси для ПЦР с заданными условиями и с использованием инструкции к выбранной ДНК-полимеразе.

53. Описать результаты электрофореза нуклеиновых кислот по модельному гелю. Оценить размеры фрагментов нуклеиновых кислот и установить предположительный тип матрицы.

Экзаменационный билет (примерный вариант)

БИЛЕТ № 1

1. Центральная догма молекулярной биологии: классические и современные представления.

2. Задача: Напишите уравнения реакций цикла трикарбоновых кислот с приведением структурных формул веществ, при которых синтезируется АТФ/ГТФ и восстанавливается FAD<sup>+</sup>. Назовите субстраты, продукты реакций, а также участвующие ферменты.

3. Тест (возможно несколько вариантов ответа):

1. Какие из перечисленных органелл клетки содержат собственную ДНК:

- а) ядро
- б) эндоплазматический ретикулум
- в) клеточный центр
- г) хлоропласты
- д) вакуоли
- е) митохондрии
- ж) лизосомы

2. Нуклеиновые кислоты в живых системах являются (могут являться):

- а) регулярными полимерами
- б) нерегулярными полимерами
- в) биополимерами
- г) линейными полимерами

- д) циклическими полимерами
- е) разветвленными полимерами

3. К составным элементам нуклеотидов относятся:

- а) азотистое основание
- б) нуклон
- в) остаток нуклеиновой кислоты
- г) нуклеозид
- д) остаток метафосфорной кислоты
- е) рибоза
- ж) глюкоза
- з) дезоксирибоза
- и) остаток ортофосфорной кислоты

4. К нуклеотидам относятся:

- а) дезоксиаденозин
- б) дезоксиаденин
- в) аденозинтрифосфат (АТФ)
- г) цитидинозин
- д) L-рибофураноза
- е) цитидин
- ж) цитозин-3'-дифосфат
- з) D-рибофураноза
- и) нет правильного ответа

5. К нуклеозидам относятся:

- а) дезоксиаденозин
- б) дезоксиаденин
- в) аденозинтрифосфат (АТФ)
- г) цитидинозин
- д) L-рибофураноза
- е) цитидин
- ж) цитозин-3'-дифосфат
- з) D-рибофураноза
- и) нет правильного ответа

6. Отметьте возможные пути передачи генетической информации, известные для живых систем и/или показанные экспериментально *in vitro*:

- а) ДНК → ДНК
- б) ДНК → РНК
- в) РНК → ДНК
- г) РНК → РНК
- д) ДНК → белок
- е) РНК → белок
- ж) белок → белок
- з) белок → РНК
- и) белок → ДНК

7. Основная суть центральной догмы молекулярной биологии заключается в следующем:

- а) генетическая информация передается всегда от белка к ДНК/РНК и никогда обратно.

- б) генетическая информация передается всегда от ДНК/РНК к белку и никогда обратно.
- в) генетическая информация может одинаково передаваться как от ДНК/РНК к белку, так и в обратном направлении.
- г) синтез белка в принципе не имеет отношения к центральной догме, которая описывает только направления передачи информации между ДНК и РНК.

8. Основной функцией репликации ДНК в клетках является:

- а) синтез матричных и транспортных РНК для синтеза белка
- б) увеличение количества ДНК/РНК-матриц для синтеза мРНК
- в) удвоение генетической информации для последующего деления клетки
- г) синтез белков и полипептидов в клетке
- д) точная функция не известна

9. Основной функцией трансляции в клетках является:

- а) синтез матричных и транспортных РНК для синтеза белка
- б) увеличение количества РНК/ДНК матриц для синтеза РНК
- в) удвоение генетической информации для последующего деления клетки
- г) синтез белков и полипептидов в клетке
- д) точная функция не известна

10. Укажите виды каталитических активностей, которые можно встретить у бактериальных ДНК-полимераз.

- а) 5' → 3' полимеразная активность
- б) 3' → 5' полимеразная активность
- в) 5' → 3' экзонуклеазная активность
- г) 3' → 5' экзонуклеазная активность
- д) эндонуклеазная активность
- е) хеликазная активность
- ж) протеазная активность

#### 6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Студент демонстрирует глубокие знания по основным разделам биохимии и молекулярной биологии. Владеет знаниями о биоэнергетики, строении и функциях нерегулярных биополимеров в живых системах,	Студент демонстрирует знания по основным разделам биохимии и молекулярной биологии. Допускается неполные ответы на дополнительные вопросы по теме. Демонстрирует знания подходов	Студент демонстрирует знания по основным разделам биохимии, но не в полном объеме. Допускаются неполные ответы на дополнительные вопросы, неполное решение или отсутствие решения ситуационных задач и/или отсутствие разъяснений	Студент демонстрирует поверхностные знания по основным разделам биохимии, либо не демонстрирует их вовсе. Отсутствуют ответы на основные и/или дополнительные вопросы и/или ответы не позволяют судить о наличии у студента знаний по дисциплине. Решение ситуационных задач

<p>принципах организации генетической информации, молекулярных механизмах регуляции экспрессии генов и передачи наследственной информации, владеет теоретическими основами методов молекулярно-генетического анализа, навыками работы с научно-техническими протоколами и технической документацией к современному оборудованию. Умеет в полном объеме решать ситуационные задачи в рамках дисциплины.</p> <p>Владеет принципами планирования экспериментов с использованием биохимических и молекулярно-генетических методов, обработки и представления полученных результатов в рамках дисциплины.</p> <p>Демонстрирует хорошее владение научным языком, изложение ответа приводится последовательно и хорошо доступно</p>	<p>по решению ситуационных задач в рамках дисциплины.</p> <p>Допускается неполное решение задач при демонстрации понимания вывода основных закономерностей и формул, а также разъяснения подходов по их решению.</p> <p>Способен использовать специализированные знания в области биохимии и молекулярной биологии в профессиональной деятельности.</p> <p>Демонстрирует владение научным языком, хотя допускаются отступления, изложение ответа приводится последовательно и доступно для понимания.</p> <p>Демонстрирует выполнение тестовой части задания на 65 и более процентов.</p>	<p>подходов по их решению при условии наличия в целом верных ответов на основные вопросы. Имеются затруднения с выводами.</p> <p>Допускаются нарушения в последовательности изложения.</p> <p>Допускаются отступления от норм научного языка, при условии, что изложение ответа в целом доступно для понимания.</p> <p>Демонстрирует выполнение тестовой части на 50 и более процентов.</p>	<p>отсутствуют или полностью отсутствует объяснение их решения. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, с серьезными отступлениями от норм научного языка, изложение ответа трудно доступно или полностью недоступно для понимания.</p> <p>Демонстрирует выполнение тестовой части меньше, чем на 50 процентов.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

для понимания. Демонстрирует выполнение тестовой части задания на 80 и более процентов			
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

## 7 Основная учебная литература

1. Жеребцов Н. А. Биохимия : учеб. для вузов по направлениям и специальностям медико-биол. профиля / Н. А. Жеребцов, Т. Н Попова, В. Г. Артюхов, 2002. - 693.
2. Биохимия : учеб. для вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров "Технология продуктов питания"... / В. Г. Щербаков [и др.], 2005. - 466.
3. Комов В. П. Биохимия : учеб. для вузов по направлению 655500 "Биотехнология" / В. П. Комов, В. Н. Шведова, 2004. - 638.
4. Фаллер Д. М. Молекулярная биология клетки : руководство для врачей / Д. М. Фаллер, Д. Шилдс, 2012. - 256.
5. Семенова З. В. Лабораторный практикум по биохимии : учебное пособие для высших учебных заведений по направлениям подготовки и специальностям пищевого профиля / З. В. Семенова, И. А. Мякина, 2002. - 98.

## 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Спириин А. С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка : учебник для вузов по направлению "Биология" и биологические специальности / А. С. Спириин, 2011. - 495.
2. Новокшанова А. Л. Биохимия для технологов : учебник и практикум для академического бакалавриата по естественнонаучным направлениям и специальностям / А. Л. Новокшанова, 2016. - 507.
3. Степаненко Б. Н. Химия и биохимия углеводов: Моносахариды : учеб. пособие / Б. Н. Степаненко, 1977. - 224.
4. Ауэрман Т. Л. Основы биохимии : учебное пособие для студентов по направлениям подготовки бакалавров 240700 "Биотехнология", 260100 "Продукты питания из растительного сырья", 260800 "Технология продукции и организация общественного питания" / Т. Л. Ауэрман, Т. Г. Генералова, Г. М. Сусянок, 2013. - 398.
5. Нельсон. Основы биохимии Ленинджера Основы биохимии. Строение и катализ, 2012. - 694.
6. Льюин Б. Гены : Пер. с англ. / Б. Льюин ; ред. Г. П. Георгиев ; пер. А. Л. Гинцбург [и др.], 1987. - 544.
7. Основы молекулярной биологии клетки / Б. Альбертс, К. Хопкин, А. Джонсон [и др.], 2023. - 796.

## 9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>
3. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows Seven Professional (Microsoft Windows Seven Starter) - Seven, Vista, XP\_prof\_64, XP\_prof\_32 - поставка 2010
2. Microsoft Office Standard 2010\_RUS\_ поставка 2010 от ЗАО "СофтЛайн Трейд"

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. 310362 Центрифуга ТН-21М
2. Весы аналитические ОНАУС РА214С
3. Центрифуга ЦЛ-1/3 (БФА)
4. 318146 Поляриметр портативный П-161
5. Сушильный шкаф ШС-80-01
6. весы Scout Pro Sru 601 (предел взвеш.600г)
7. рН-метр (иономер) Эксперт-001--3.0.1 портативный , с термодатчиком
8. 317496 Весы лабораторные электронные AR-3130 1119311138
9. Водонагреватель ABS PRO R INOX 50 V
10. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01
11. Мельница лабораторная ЛМЦ-1М