

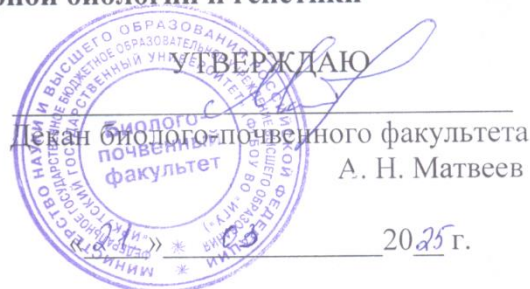


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра биохимии, молекулярной биологии и генетики



А. Н. Матвеев

2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.7 **«БИОСИНТЕЗ МАКРОМОЛЕКУЛ»**

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

Иркутск 2025 г.

Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	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	6-11
4.3 Содержание учебного материала	12-14
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	14-17
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	17
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	18
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	18
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	19-20
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	
6.2. Программное обеспечение	
6.3. Технические и электронные средства обучения	
VII. Образовательные технологии	20-21
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	21-22

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: углубление и расширение знаний о биосинтезе основных макромолекул клетки (ДНК, РНК и белков) и способности использовать эти знания для решения профессиональных задач, связанных с научной деятельностью и в других сферах, требующих знаний биосинтетических процессов.

Задачи:

- сформировать у студентов знания о матричных механизмах биосинтеза ДНК и РНК, об энзимологии, репликации, транскрипции и молекулярных механизмах регуляции этих генетических процессов;
- сформировать представление о связи топологического состояния ДНК с активностью процессов биосинтеза макромолекул и роли ДНК-топоизомераз в биосинтезе ДНК и РНК;
- сформировать знания об организации единиц транскрипции и особенностях регуляции этого процесса у прокариот и эукариот; о случаях нарушения принципа коллинеарности при биосинтезе РНК;
- дать студентам представление о точности процессов репликации, регуляции биосинтеза репликонов разной сложности; особенностях репликации теломерных участков хромосом;
- сформировать знания о структурной организации рибосом и принципах их функционирования; о роли кодирующих и некодирующих РНК в процессе трансляции;
- сформировать знания об этапах трансляции и механизмах регуляции этого процесса у про- и эукариот;
- познакомить студентов с классификацией аминокислот-тРНК-синтетаз, их структурой и механизмом действия.
- познакомить с важнейшими прикладными аспектами изучения трансляции и с гипотезами о происхождении этого процесса.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.7 «Биосинтез макромолекул» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

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

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Молекулярная биология белков», «Молекулярные основы экспрессии генов».

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
<i>ПК-1</i> Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.	<i>ИДК ПК 1.1</i> Знает теоретические основы и методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.	Знать: принципы матричного биосинтеза ДНК и РНК; энзимологические механизмы, обеспечивающие репликацию и транскрипцию; значение топологии ДНК в реализации матричных процессов; геномные элементы регуляции репликации и транскрипции прокариот и эукариот; строение единиц репликации и транскрипции у организмов разной сложности; роль кодирующих и не кодирующих РНК в процессе биосинтеза белка; строение и функции рибосом, основные этапы трансляции и механизмы регуляции этого процесса у про- и эукариот. Уметь: использовать полученные теоретические знания для расширения своего кругозора, освоения последующих дисциплин профиля и совершенствования общей профессиональной подготовки. Владеть: терминологией, используемой в молекулярной биологии.
	<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.	Знать: основные методы молекулярной биологии, необходимые для изучения процессов биосинтеза РНК, ДНК и белков. Уметь: использовать современные методические подходы для формулировки задач нового исследования в области биохимии и молекулярной биологии белков и нуклеиновых кислот. Владеть: навыками решения задач по отдельным темам дисциплины.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 70 часов

Форма промежуточной аттестации: зачет.

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

№ п/п	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			Самостоятельн ая работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Матричный тип хранения и реализации генетической информации – основа биосинтеза информационных макромолекул.	3	11		2	-	-	9	Устный опрос
2	Тема 2. Репликация. Ферментный аппарат репликации. Регуляция процесса репликации.	3	11,5		2	-	0,5	9	Устный опрос
3	Тема 3. РНК-полимеразы эукариот. Факторы транскрипции.	3	11,5		2	-	0,5	9	Устный опрос
4	Тема 4. Инициация транскрипции. Элонгация транскрипции. Терминация транскрипции.	3	12		2	-	-	10	Устный опрос
5	Тема 5. Регуляция транскрипции у организмов разной сложности.	3	11		2	-	-	9	Устный опрос
6	Тема 6. Общая схема биосинтеза белка. Основные принципы структуры РНК.	3	12		2	-	-	10	Устный опрос

	Кодирующие и некодирующие РНК – участники процесса трансляции. Дорибосомный этап синтеза белков.								
7	Тема 7. Структура и функции рибосом.		11		2	-	-	9	Устный опрос
8	Тема 8. Эпцикл трансляции.		13		2	-	1	10	Устный опрос
9	Тема 9. Регуляция биосинтеза белков на уровне трансляции.		11		2	-	-	9	Устный опрос

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семес тр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемко сть (час.)		
3	Тема 1. Матричный тип хранения и реализации генетической информации – основа биосинтеза информационных макромолекул.	Самостоятельное изучение тем: Неканонические последовательности ДНК и их связь с биосинтезом ДНК и РНК. Комплементарные палиндромы. Триплексы. Квадруплексы. Функции, выполняемые неканоническими последовательностями в геноме. Топология ДНК: ДНК-топоизомеразы и их роль в репликации и транскрипции.	3	9	Устный опрос	a1 a3 б1 б2

Семес тр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемко сть (час.)		
3	Тема 2. Репликация. Ферментный аппарат репликации. Регуляция процесса репликации.	Самостоятельное изучение тем: События в репликационной вилке у бактерий. Праймосома. Белки одностороннего связывания (SSB). Репликационный белок А (RPA). Репликационные посреднические белки (RMP). Реплисома. Репликационная вилка у эукариот. Фактор репликации С (RFC). Репликационные фабрики. Терминация репликации. Завершение репликации генома E.coli. Стоп-последовательности. Терминация репликации у эукариот. Когезины. Поддержание концов линейной молекул ДНК. Теломеры. Теломераза. Активность теломеразы, старение и рак. Регулирование репликации генома у эукариот. Мутации и репарация ДНК.	4	9	Устный опрос	a1 a3 б1 б2
3	Тема 3. РНК-полимеразы эукариот. Факторы транскрипции.	Самостоятельное изучение тем: Особые характеристики ДНК-связывающих белков. ДНК-связывающие мотивы. Мотив спираль-изгиб-спираль. Цинковый палец. Другие мотивы, связывающиеся с нуклеиновыми кислотами. Основной домен. Мотив лентаспираль-спираль. Домен TBP. Рибонуклеопротеиновый домен. Определение позиций сайтов связывания с ДНК в геноме. Функции общих факторов транскрипции человека (GTF). TFIID (компонент TBP). TFIID (TAF). TFIIA. TFIIB. TFIIF. TFIIE. TFIIH.	5	9	Устный опрос	a1 a3 б1 б2

Семес тр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемко сть (час.)		
3	Тема 4. Инициация транскрипции. Элонгация транскрипции. Терминация транскрипции.	Самостоятельное изучение тем: Синтез транскриптов у бактерий. Удлинение транскриптов бактериальной РНК-полимеразой. Транскрипционный пузырь. Терминация бактериального транскрипта. Внутренние терминаторы. Управление выбором между элонгацией и терминацией. Антитерминация. Антитерминаторный белок. Аттенюация и преждевременная терминация. РНК-связывающий белок аттенюации trp (TRAP). Синтез мРНК эукариотов РНК-полимеразой II. Кэпирование произведенных РНК-полимеразой II транскриптов. Удлинение мРНК эукариот. Факторы элонгации. Терминация синтеза мРНК и полиаденилирование. Фактор специфичности расщепления и полиаденилирования (CPSF) и фактор стимуляции расщепления (CstF).	6	10	Устный опрос	a1 a3 б1 б2

Семес тр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемко сть (час.)		
3	Тема 5. Регуляция транскрипции у организмов разной сложности.	Самостоятельное изучение тем: РНК-полимеразы растительных органелл. Сложная организация промоторных участков в митохондриальных геномах растений. РНК-полимеразы фагового типа и их роль в транскрипции геномов митохондрий. РНК-синтезирующая активность в изолированных митохондриях как модельная система для изучения синтеза РНК в органеллах. Редактирование РНК как необходимый этап образования функциональной РНК в митохондриях растений. Редокс-регуляция как механизм координации транскрипции митохондриальных и ядерных генов. Зависимые от редокс-состояния органелл изменения транскрипции и трансляции митохондриальных генов. Кандидаты на роль редокс-сенсоров и редокс-регуляторов генетических процессов в митохондриях. Редокс-модуляция генетических процессов в растительных митохондриях на уровне транскрипции и трансляции. Редокс-система глутатиона.	7	9	Устный опрос	a1 a3 б1 б2
3	Тема 6. Общая схема биосинтеза белка. Основные принципы структуры РНК. Кодирование и некодирующие РНК – участники процесса трансляции. Дорибосомный этап синтеза белков.	Самостоятельное изучение тем: Активация аминокислот и образование аминоацил-тРНК. Перенос аминоацильного остатка на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы. Активные центры синтетаз и их специфичность. Два класса аминоацил-тРНК-синтетаз, их структурные и функциональные различия. Структура рибосомных РНК. Малые некодирующие РНК. Современный мир РНК.	8	10	Устный опрос	a2 a3 б3 б4

Семес тр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемко сть (час.)		
3	Тема 7. Структура и функции рибосом.	Самостоятельное изучение тем: Генетические и энзиматические функции рибосомы. Конформационная подвижность рибосомы. Функциональные центры рибосом: центр связывания мРНК (М-центр), пептидилный центр (П-центр), аминокислотный центр (А-центр), пептидилтрансферазный центр (ПТЦ). Методы изучения структуры и функций рибосом.	10	9	Устный опрос	a2 a3 b5 v1 v2
7	Тема 8. Эпикл трансляции.	Самостоятельное изучение тем: «Внутренняя» кэп-независимая инициация у эукариот. Последовательность событий эукариотической инициации; 43S и 48S инициаторные комплексы рибосомы. Цикл инициаторных факторов eIF2:GDP/GTP и eIF2B. 3'-концевые усилители инициации трансляции у эукариот; роль полиаденилового «хвоста» мРНК; циркуляризация эукариотических полирибосом. Терминация трансляции. Терминирующие кодоны. Белковые факторы терминации прокариот и эукариот; два класса факторов терминации. Узнавание терминирующего кодона фактором терминации 1-го класса в А-участке рибосомы. Схема доменной структуры фактора терминации 1-го класса. Индукция гидролиза сложноэфирной связи пептидил-тРНК в пептидил-трансферазном центре. Эвакуация деацилированной тРНК из Р-участка и факторов терминации из А-участка с участием факторов терминации 2-го класса и ГТФ/ГДФ. Фактор освобождения рибосом (RRF, RF4) прокариот.	12	11	Устный опрос	a2 a3

Семес тр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемко сть (час.)		
7	Тема 9. Регуляция биосинтеза белков на уровне трансляции.	Самостоятельное изучение тем: Регуляция трансляции с помощью микроРНК: деградационный механизм через комплементарное связывание с кодирующей областью мРНК («РНК-интерференция»); механизм подавления трансляции через воздействие на 3'-нетранслируемую область. Участие рибосомного туннеля в регуляции трансляции. Происхождение трансляции.	13	8	Устный опрос	а2 а3 б4 в4 в5
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 84						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) – 70						

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Матричный тип хранения и реализации генетической информации – основа биосинтеза информационных макромолекул. Структура ДНК. Нуклеотиды и полинуклеотиды. Данные, подтвердившие гипотезу о двойной спирали. Основные характеристики двойной спирали. Спаривание оснований. Стекинг-взаимодействие. Гибкость структуры двойной спирали. Различные конформации двойной спирали ДНК. Принцип записи генетической информации в ДНК и РНК. Генетические тексты. Принцип коллинеарности. Нарушения принципа коллинеарности. Неканонические последовательности ДНК и их связь с биосинтезом ДНК и РНК. Комплементарные палиндромы. Триплексы. Квадруплексы. Функции, выполняемые неканоническими последовательностями в геноме. Топология ДНК: ДНК-топоизомеразы и их роль в репликации и транскрипции.

Тема 2. Репликация. Ферментный аппарат репликации.

Процесс репликации. Инициация репликации генома. Ориджины репликации. Инициация репликации у *E.coli*. Области инициации репликации у дрожжей. Области инициации репликации у высших эукариот. Стадия элонгации репликации. ДНК-полимеразы бактерий и эукариотов. ДНК-полимераза I Корнберга. ДНК-полимераза II *E.coli*. ДНК-полимераза III *E.coli*. ДНК-полимеразы бактерий. ДНК-полимеразы эукариот. Регуляция репликации на примере репликона ColE1. Белки опознавания старта репликации. Точность репликации. Строение репликонов разной сложности. Репликация ДНК митохондрий и хлоропластов. Митохондриальные плазмиды как кольцевые и линейные минирепликоны. Прерывный синтез нити и проблема затравливания. Фрагменты Окадзаки. РНК-затравка. Праймаза. События в репликационной вилке у бактерий. Праймосома. Белки одностороннего связывания (SSB). Репликационный белок A (RPA). Репликационные посреднические белки (RMP). Реплисома. Репликационная вилка у эукариот. Фактор репликации C (RFC). Репликационные фабрики. Терминация репликации. Завершение репликации генома *E.coli*. Стоп-последовательности. Терминация репликации у эукариот. Когезины. Поддержание концов линейной молекул ДНК. Теломеры. Теломераза. Активность теломеразы, старение и рак. Регулирование репликации генома у эукариот. Мутации и репарация ДНК.

Тема 3. РНК-полимеразы эукариот. Факторы транскрипции. РНК-полимераза I. РНК-полимераза II. РНК-полимераза III. Функции трех ядерных РНК-полимераз эукариот. Последовательности, распознаваемые при инициации транскрипции. Связывание бактериальных РНК-полимераз с последовательностями промоторов. Промотор *E.coli*. Блок – 35 5'-TTGACA-3'. Блок – 10 5'-TATAAT-3'. Промоторы эукариот. Базальный промотор. Вышележащие элементы управления. ТАТА-блок. Инициаторная последовательность. Структуры промоторов для РНК-полимеразы I, РНК-полимеразы II, РНК-полимеразы III. Сборка комплекса инициации транскрипции. ДНК-связывающие белки и их сайты связывания. Особые характеристики ДНК-связывающих белков. ДНК-связывающие мотивы. Мотив спираль-изгиб-спираль. Цинковый палец. Другие мотивы, связывающиеся с нуклеиновыми кислотами. Основной домен. Мотив лента-спираль-спираль. Домен TBP. Рибонуклеопротеиновый домен. Определение позиций сайтов связывания с ДНК в геноме. Функции общих факторов транскрипции человека (GTF). TFIID (компонент TBP). TFIID (TAF). TFIIB. TFIIF. TFIIE. TFIIH.

Тема 4. Инициация транскрипции. Элонгация транскрипции. Терминация транскрипции. Инициация транскрипции у *E.coli*. Закрытый промоторный комплекс. Открытый промоторный комплекс. Инициация транскрипции для РНК-полимеразы II. Инициатор транскрипции для РНК-полимераз I и III. Регулирование инициации транскрипции у бактерий. Структурное управление. Регуляторное управление. Регуляция инициации транскрипции у эукариот. Регуляторные модули в составе промоторов эукариот. Активаторы и коактиваторы инициации транскрипции у эукариот. Синтез транскриптов у бактерий. Удлинение транскриптов бактериальной РНК-полимеразой. Транскрипционный пузырь. Терминация бактериального транскрипта. Внутренние терминаторы. Управление выбором между элонгацией и терминацией. Антитерминация. Антитерминаторный белок. Аттенуация и преждевременная терминация. РНК-связывающий белок аттенуации trp (TRAP). Синтез мРНК эукариотов РНК-полимеразой II. Кэпирование произведенных РНК-полимеразой II транскриптов. Удлинение мРНК эукариот. Факторы элонгации. Терминация синтеза мРНК и полиаденилирование. Фактор специфичности расщепления и полиаденилирования (CPSF) и фактор стимуляции расщепления (CstF).

Тема 5. Регуляция транскрипции у организмов разной сложности. Особенности регуляции транскрипции у прокариот и эукариот. Перенос РНК в пределах клетки эукариот.

Ядерные поровые комплексы. Кариоферины и экспортины и импортины. РНК-интерференция. Репликация ДНК митохондрий и хлоропластов. Особенности репликации митохондриальных и хлоропластных геномов. D-петля. Изучение матричного синтеза ДНК в системе изолированных митохондрий. Реципрокные взаимоотношения между активностями синтеза ДНК и РНК в митохондриях растений. Митохондриальные плазмиды как кольцевые и линейные минирепликоны. Структура и функции видоспецифических наборов кольцевых и линейных плазмид в митохондриях растений. Набор генов в составе митохондриальных плазмид. Сходство митохондриальных плазмид растений с подвижными генетическими элементами эукариотов. Транскрипция в митохондриях и хлоропластах. Редактирование РНК. РНК-полимеразы растительных органелл. Сложная организация промоторных участков в митохондриальных геномах растений. РНК-полимеразы фагового типа и их роль в транскрипции геномов митохондрий. РНК-синтезирующая активность в изолированных митохондриях как модельная система для изучения синтеза РНК в органеллах. Редактирование РНК как необходимый этап образования функциональной РНК в митохондриях растений. Редокс-регуляция как механизм координации транскрипции митохондриальных и ядерных генов. Зависимые от редокс-состояния органелл изменения транскрипции и трансляции митохондриальных генов. Кандидаты на роль редокс-сенсоров и редокс-регуляторов генетических процессов в митохондриях. Редокс-модуляция генетических процессов в растительных митохондриях на уровне транскрипции и трансляции. Редокс-система глутатиона.

Тема 6. Общая схема биосинтеза белка. Основные принципы структуры РНК. Кодирование и некодирующие РНК – участники процесса трансляции. Дорибосомный этап синтеза белков. Центральная догма молекулярной биологии. Первичная, вторичная и третичная структуры РНК. Компактизация РНК. Генетический код. Основные свойства кода. Информационная (кодирующая) РНК, или мРНК. Информосомы. Некодирующие РНК: открытие, основные виды (рибосомные РНК, тРНК). Структура тРНК. Активация аминокислот и образование аминоацил-тРНК. Перенос аминоацильного остатка на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы. Активные центры синтетаз и их специфичность. Два класса аминоацил-тРНК-синтетаз, их структурные и функциональные различия. Структура рибосомных РНК. Малые некодирующие РНК. Современный мир РНК.

Тема 7. Структура и функции рибосом. Локализация рибосом в клетке. Прокариотический и эукариотический типы рибосом; 70S и 80S рибосомы. Морфология рибосом. Подразделение на субчастицы (субъединицы); диссоциация. Тонкая морфология субчастиц. Рибосомные белки, разнообразие, разделение, номенклатура, особенности структуры. Разборка («раздевание») субчастиц; кооперативный характер диссоциации белков. Самосборка, ее последовательные этапы, независимое формирование РНП-доменов. Разворачивание субчастиц. Периферийное расположение белков на компактных ядрах РНК. Рентгеноструктурный анализ рибосомных субчастиц и полных 70S рибосом. Генетические и энзиматические функции рибосомы. Конформационная подвижность рибосомы. Функциональные центры рибосом: центр связывания мРНК (М-центр), пептидилный центр (П-центр), аминокислотный центр (А-центр), пептидилтрансферазный центр (ПТЦ). Методы изучения структуры и функций рибосом.

Тема 8. Эпикл трансляции. Рабочий элонгационный цикл рибосомы; три основных этапа цикла. Полярность считывания матрицы (мРНК) в ходе трансляции. Транспептидация. Химия реакции. Пептидил-трансферазный центр большой рибосомной субчастицы; рибозимный катализ. Транслокация. Определение транслокации, физические события транслокации. Участие фактора элонгации EF2 (EF-G) с ГТФ. Доменная структура EF-G; особенности домена IV. «Молекулярная мимикрия» (сходство EF-G с комплексом EF-Tu:Aa-tRNA. Инициация трансляции. Функциональное назначение инициации трансляции. Участники процесса инициации. Основные этапы процесса инициации. Инициация трансляции у прокариот: факторы инициации, инициаторные кодоны, 3'-конец РНК малой рибосомной субчастицы и последовательность Шайна-Дальгарно в мРНК; «сила» мРНК. Независимая инициация и трансляционное сопряжение (индуцированная инициация и скольжение-реинициация) на полицистронных мРНК прокариот. Инициация трансляции у эукариот: факторы инициации, инициаторные кодоны, 5'-нетранслируемая область и кэп-зависимая «концевая» инициация. Сканирование 5'-нетранслируемой области. Возможность шунтирования участков 5'-нетранслируемой области при сканировании (РНК мозаики цветной капусты). «Внутренняя» кэп-независимая инициация у эукариот. Последовательность событий эукариотической инициации; 43S и 48S инициаторные комплексы рибосомы. Цикл инициаторных факторов eIF2:GDP/GTP и eIF2B. 3'-концевые усилители

инициации трансляции у эукариот; роль полиаденилового «хвоста» мРНК; циркуляризация эукариотических полирибосом. Терминация трансляции. Терминирующие кодоны. Белковые факторы терминации прокариот и эукариот; два класса факторов терминации. Узнавание терминирующего кодона фактором терминации 1-го класса в А-участке рибосомы. Схема доменной структуры фактора терминации 1-го класса. Индукция гидролиза сложноэфирной связи пептидил-тРНК в пептидил-трансферазном центре. Эвакуация деацилированной тРНК из Р-участка и факторов терминации из А-участка с участием факторов терминации 2-го класса и ГТФ/ГДФ. Фактор освобождения рибосом (RRF, RF4) прокариот.

Тема 9. Регуляция биосинтеза белков на уровне трансляции. Регуляция трансляции у прокариот. Трансляционная репрессия. Регуляция синтеза рибосомных белков. Ауторегуляция синтеза треонил-тРНК-синтетазы. Регуляция трансляции РНК бактериофага MS-2. Трансляционная регуляция антисмысловыми РНК. «Рибопереклюватели» - аптамерные модули 5'-нетранслируемых областей мРНК как регуляторы трансляции. Регуляция трансляции у эукариот. Особая роль регуляции на уровне трансляции у эукариот. Тотальная регуляция трансляции путем фосфорилирования фактора инициации eIF2. Регуляция инициации короткими рамками считывания, предшествующими основной кодирующей последовательности мРНК. Трансляционная репрессия индивидуальных мРНК. Трансляционная регуляция синтеза ферритина. Регуляция трансляции с помощью микроРНК: деградационный механизм через комплементарное связывание с кодирующей областью мРНК («РНК-интерференция»); механизм подавления трансляции через воздействие на 3'-нетранслируемую область. Участие рибосомного туннеля в регуляции трансляции. Происхождение трансляции.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ 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						
2						
3						
4						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

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. Матричный тип хранения и реализации	Самостоятельное изучение тем: Неканонические последовательности ДНК и их связь с биосинтезом ДНК и РНК.	ПК-1	ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2

	генетической информации – основа биосинтеза информационных макромолекул.	Комплементарные палиндромы. Триплексы. Квадруплексы. Функции, выполняемые неканоническими последовательностями в геноме. Топология ДНК: ДНК-топоизомеразы и их роль в репликации и транскрипции.		
2.	Тема 2. Репликация. Ферментный аппарат репликации. Регуляция процесса репликации.	Самостоятельное изучение тем: События в репликационной вилке у бактерий. Праймосома. Белки одонитевого связывания (SSB). Репликационный белок А (RPA). Репликационные посреднические белки (RMP). Реплисома. Репликационная вилка у эукариот. Фактор репликации С (RFC). Репликационные фабрики. Терминация репликации. Завершение репликации генома E.coli. Стоп-последовательности. Терминация репликации у эукариот. Когезины. Поддержание концов линейной молекул ДНК. Теломеры. Теломераза. Активность теломеразы, старение и рак. Регулирование репликации генома у эукариот. Мутации и репарация ДНК.	ПК-1	ИДК ПК 1.1
3.	Тема 3. РНК-полимеразы эукариот. Факторы транскрипции.	Самостоятельное изучение тем: Особые характеристики ДНК-связывающих белков. ДНК-связывающие мотивы. Мотив спираль-изгиб-спираль. Цинковый палец. Другие мотивы, связывающиеся с нуклеиновыми кислотами. Основной домен. Мотив лента-спираль-спираль. Домен ТВР. Рибонуклеопротеиновый домен. Определение позиций сайтов связывания с ДНК в геноме. Функции общих факторов транскрипции человека (GTF). TFIID (компонент ТВР). TFIID (TAF). TFIIA. TFIIB. TFIIF. TFIIE. TFIIH.	ПК-1	ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2
4.	Тема 4. Инициация транскрипции. Элонгация транскрипции. Терминация транскрипции.	Самостоятельное изучение тем: Синтез транскриптов у бактерий. Удлинение транскриптов бактериальной РНК-полимеразой. Транскрипционный пузырь. Терминация бактериального транскрипта. Внутренние терминаторы. Управление выбором между элонгацией и терминацией. Антитерминация. Антитерминаторный белок. Аттenuация и преждевременная терминация. РНК-связывающий белок аттenuации trp (TRAP). Синтез мРНК эукариотов РНК-полимеразой II. Кэпирование произведенных РНК-полимеразой II транскриптов. Удлинение мРНК эукариот. Факторы элонгации. Терминация синтеза мРНК и полиаденилирование. Фактор специфичности расщепления и полиаденилирования (CPSF) и фактор стимуляции расщепления (CstF).	ПК-1	ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2
5.	Тема 5. Регуляция транскрипции у организмов разной сложности.	Самостоятельное изучение тем: РНК-полимеразы растительных органелл. Сложная организация промоторных участков в митохондриальных геномах растений. РНК-полимеразы фагового типа и их роль в	ПК-1	ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2

		транскрипции геномов митохондрий. РНК-синтезирующая активность в изолированных митохондриях как модельная система для изучения синтеза РНК в органеллах. Редактирование РНК как необходимый этап образования функциональной РНК в митохондриях растений. Редокс-регуляция как механизм координации транскрипции митохондриальных и ядерных генов. Зависимые от редокс-состояния органелл изменения транскрипции и трансляции митохондриальных генов. Кандидаты на роль редокс-сенсоров и редокс-регуляторов генетических процессов в митохондриях. Редокс-модуляция генетических процессов в растительных митохондриях на уровне транскрипции и трансляции. Редокс-система глутатиона.		
6.	Тема 6. Общая схема биосинтеза белка. Основные принципы структуры РНК. Кодированные и некодирующие РНК – участники процесса трансляции. Дорибосомный этап синтеза белков.	Самостоятельное изучение тем: Активация аминокислот и образование аминоацил-тРНК. Перенос аминоацильного остатка на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы. Активные центры синтетаз и их специфичность. Два класса аминоацил-тРНК-синтетаз, их структурные и функциональные различия. Структура рибосомных РНК. Малые некодирующие РНК. Современный мир РНК.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
7.	Тема 7. Структура и функции рибосом.	Самостоятельное изучение тем: Генетические и ферментативные функции рибосомы. Конформационная подвижность рибосомы. Функциональные центры рибосом: центр связывания мРНК (М-центр), пептидилный центр (П-центр), аминокислотный центр (А-центр), пептидилтрансферазный центр (ПТЦ). Методы изучения структуры и функций рибосом.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
8.	Тема 8. Эпикл трансляции.	Самостоятельное изучение тем: «Внутренняя» кэп-независимая инициация у эукариот. Последовательность событий эукариотической инициации; 43S и 48S инициаторные комплексы рибосомы. Цикл инициаторных факторов eIF2:GDP/GTP и eIF2B. 3'-концевые усилители инициации трансляции у эукариот; роль полиаденилового «хвоста» мРНК; циркуляризация эукариотических полирибосом. Терминация трансляции. Терминирующие кодоны. Белковые факторы терминации прокариот и эукариот; два класса факторов терминации. Узнавание терминирующего кодона фактором терминации I-го класса в А-участке рибосомы. Схема доменной структуры фактора	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

		терминации 1-го класса. Индукция гидролиза сложноэфирной связи пептидил-тРНК в пептидил-трансферазном центре. Эвакуация деацилированной тРНК из Р-участка и факторов терминации из А-участка с участием факторов терминации 2-го класса и ГТФ/ГДФ. Фактор освобождения рибосом (RRF, RF4) прокариот.		
9.	Тема 9. Регуляция биосинтеза белков на уровне трансляции.	Самостоятельное изучение тем: Регуляция трансляции с помощью микроРНК: деградиционный механизм через комплементарное связывание с кодирующей областью мРНК («РНК-интерференция»); механизм подавления трансляции через воздействие на 3'-нетранслируемую область. Участие рибосомного туннеля в регуляции трансляции.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</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 «Биосинтез макромолекул» 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 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 «Биосинтез макромолекул» также предусмотрено выполнение письменной работы, в которой студенты должны составить схему последовательности реакций инициации, элонгации и терминации трансляции. Качество выполненной работы оценивается в ходе обсуждения данных вопросов при проведении лекции-беседы по соответствующей теме.

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

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Спирин А.С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка/ М.: Академия, 2011. - 512 с. (4 экз)
2. Нельсон Д., Коке М., Основы биохимии Ленинджера. Т. 3. М.: БИОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 445 с. (электронный ресурс) ЭБС Лань

б) дополнительная литература

1. 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. (59 экз)

в) периодические издания

1. Макарова Т.М., Богданов А.А. Рибосома как аллостерическая управляемая молекулярная машина. Успехи биологической химии, т. 57, 2017, с. 3–323
2. Афонина Ж.А., Широков В.А. Трехмерная организация полирибосом – современный подход. Успехи биологической химии, т. 58, 2018, с. 101–118
3. Никулин А.Д. Структурные особенности узнавания рибосомных РНК рибосомными белками. Успехи биологической химии, т. 58, 2018, с. 241–284
4. Чудинова Е.М., Надеждина Е.С. Взаимодействие аппарата трансляции с микротрубочками. Успехи биологической химии, т. 58, 2018, с. 377–404
5. Богданов А.А., Сумбатян Н.В., Шишкина А.В., Карпенко В.В., Коршунова Г.А. Рибосомный туннель и регуляция трансляции. Успехи биологической химии. Т. 50. 2010. С. 5-42. (Статья выложена в ЭОС Educa)

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/biotehnologiya.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.

с) 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/biotehnologiya.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.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Биосинтез макромолекул» 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.

- *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 «Биосинтез макромолекул» 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

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 «Биосинтез макромолекул», определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета

В рамках дисциплины «Биосинтез макромолекул» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- письменная работа;
- Фонд оценочных средств включает:
 - тематика и материалы заданий,
 - вопросы для самостоятельного изучения (СРС),
 - вопросы и билеты для зачета,
 - критерии оценки знаний студентов.

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

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета

Форма промежуточной аттестации – **зачет**. 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 зачету

1. Общая схема реализации генетической информации в клетке и ее особенности у прокариот и эукариот.
2. Виды ДНК-полимераз у прокариот и эукариот. Функции отдельных ДНК-полимераз.
3. Ориджины репликации у *E.coli*. Области инициации репликации у дрожжей. Области инициации репликации у высших эукариот.
4. Строение репликационной вилки у прокариот.
5. Репликационная вилка у эукариот.
6. Поддержание концов линейных молекул ДНК. Теломераза.
7. Роль топологического состояния ДНК в процессах биосинтеза ДНК и РНК. ДНК-топоизомераза I и ДНК-топоизомераза II.
8. Виды РНК-полимераз. Особенности сайтов связывания РНК-полимераз у прокариот и эукариот.
9. Строение промоторных участков в геномах у прокариот и эукариот.
10. Сборка комплекса инициации транскрипции. ДНК-связывающие белки и их сайты связывания. ДНК-связывающие мотивы. Мотив спираль-изгиб-спираль. Цинковый палец.
11. Инициация транскрипции. Элонгация транскрипции. Терминация транскрипции.
12. Процессинг РНК. Редактирование РНК
13. РНК-полимеразы митохондрий растений. Регуляция биосинтеза нуклеиновых кислот в ДНК-содержащих органеллах.
14. Особенности строения мРНК. Моно- и полицистронные мРНК.
15. Строение транспортных РНК и их функции. Связывание аминокислот с тРНК.
16. Рибосомные РНК (рРНК). Основные принципы структурной организации рибосом, их размеры и локализация в клетке. Прокариотический и эукариотический типы рибосом.
17. Функциональные центры рибосом.
18. Генетические и энзиматические функции рибосомы. Конформационная подвижность рибосомы.
19. Инициация трансляции: иницирующий кодон, инициаторная тРНК, факторы инициации. Последовательность связывания компонентов при инициации.
20. Стадии элонгации трансляции: связывание аминоацил-тРНК, образование пептидной связи, транслокация. Циклический характер элонгации.
21. Терминация трансляции. Терминирующие кодоны, белковые факторы терминации, гидролиз связи между пептидом и тРНК.
22. Позитивная регуляция биосинтеза белка на основе сродства мРНК к иницирующей рибосоме и факторам инициации (дискриминация мРНК).
23. Негативная регуляция биосинтеза белка с помощью белков-репрессоров (трансляционная репрессия).
24. Тотальная регуляция инициации трансляции у эукариот путем активации специальной фосфокиназы, фосфорилирующей фактор инициации.
25. Конформация растущей полипептидной цепи в рибосомном туннеле.
26. Участие рибосомного туннеля в регуляции трансляции.

Разработчики:


(подпись)

д.б.н., профессор Ю.М. Константинов


(подпись)

д.б.н., профессор С.В. Осипова

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

Программа рассмотрена на заседании кафедры биохимии, молекулярной биологии и генетики

(наименование)

«06» 03 2025 г.

Протокол № 8 Зав. кафедрой



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