

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт белка
Российской академии наук

ПРИНЯТО Ученым советом ИБ РАН
Протокол № 6 от 08.06.2024 г.



Зам. директора ИБ РАН

Д. х. н. А. Д. Никулин

Направление подготовки 06.06.01 – Биологические науки

Рабочая программа по дисциплине

«БИОСИНТЕЗ БЕЛКА И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ»

Составитель курса:

кандидат биологических наук

И.А. Елисеева

Пушино 2024

1. Цель изучения дисциплины

Цель преподавания дисциплины "Биосинтез белка и его регуляция" состоит в содействии формированию следующих компетенций:

Общепрофессиональными компетенциями:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

Профессиональными компетенциями:

- готовность к организации и проведению на современном уровне научных исследований в профессиональной области (ПК-1);
- способность выбирать наиболее перспективные направления исследования в области молекулярной (ПК-5);

Универсальными компетенциями:

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).

2. Основные задачи курса

Курс «Биосинтез белка и его регуляция» является составной частью образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 06.06.01 «Биологические науки». Курс рассчитан на аспирантов, специализирующихся в области молекулярной биологии, и научных сотрудников, начинающих работать в этой области.

В курсе дается описание основных компонентов белоксинтезирующего аппарата, молекулярного механизма сложного многостадийного процесса белкового синтеза (трансляции), специфических особенностей этого процесса у про- и эукариот; рассматривается действие антибиотиков и токсинов. Подробно анализируются механизмы регуляции трансляции в нормальных клетках и при их заражении фагами и вирусами. Особое внимание уделяется описанию классических экспериментов, заложивших основы наших знаний по белковому синтезу.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины "Биосинтез белка и его регуляция" аспирант должен:

Знать:

- современные актуальные направления и арсенал методов и подходов в избранной профессиональной области и смежных областях биологических наук;
- исчерпывающую характеристику объектов и методов по теме исследования;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах.

Уметь:

- критически анализировать и оценивать основные концепции и синтезировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных направлениях;
- обсуждать полученные собственные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории, в том числе международной;

- следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач;
- осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом;
- критически анализировать и оценивать основные концепции и синтезировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных направлениях;
- обсуждать полученные собственные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории, в том числе международной.

Владеть:

- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах;
- технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований;
- технологиями планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
- системным пониманием актуальных проблем методологического арсенала биологических наук;
- системным пониманием перспектив развития и социального значения избранной профессиональной области.

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс "Биосинтез белка и его регуляция" является вариативной частью блока Б1 и является основополагающей для формирования знаний, умений и навыков (профессиональных компетенций) в научно-исследовательской деятельности в области биологических наук. Курс связан с рядом других курсов специализаций по молекулярной биологии:

- «Принципы структурной организации белков и нуклеиновых кислот»;
- «Молекулярная генетика»;
- «Методы химии белка»;
- «Физические методы в молекулярной биологии»;
- «Молекулярная биология клетки»

и должен проводиться параллельно с ними.

5. Объем дисциплины

Общая трудоемкость курса – 2 ЗЕТ, из них лекции – 36 часов.

1. Общая характеристика процесса биосинтез белка (трансляции):

- 1) уравнение суммарной химической реакции;
- 2) энергетическое обеспечение процесса трансляции;
- 3) компоненты аппарата трансляции;
- 4) полярность трансляции.

2. Бесклеточные системы белкового синтеза.

3. Основные методы изучения особенностей трансляции

- 1) бесклеточные системы

- 2) сахарозный градиент
- 3) рибосомный профайлинг
4. **Три стадии химической реакции биосинтеза белка:**
 - 1) активация аминокислот;
 - 2) акцептирование аминокислотных остатков на тРНК;
 - 3) последовательное замещение тРНК на аминоацил-тРНК в рибосоме.
Ферменты, катализирующие отдельные реакции.
5. **Активация аминокислоты с помощью АТР.**

Химия процесса. Тип образующейся химической связи. Обратимость реакции и способ достижения необратимости. Ферменты, их выделение, названия. Специфичность ферментов по отношению к различным аминокислотам. Аминоацил-аденилат-ферментный комплекс.
6. **Акцептирование аминокислотного остатка на тРНК.**
 - 1) Адапторная гипотеза Крика (1955г.). Принцип комплементарности как основа гипотезы.
 - 2) Открытие тРНК и процесса акцептирования аминокислот (Хогланд и Замечник, 1957г.; Огата и Нохара, 1957г.).
 - 3) Общая характеристика первичной структуры тРНК: длина цепи, универсальная 3'-концевая последовательность.
 - 4) Реакция акцептирования аминоацила. Химия процесса. Тип образующейся химической связи. Значение ССА конца тРНК. Ферменты, участвующие в акцептировании, их название. Единство обеих ступеней процесса – активации и акцептирования – как реакций, катализируемых одним ферментом.
7. **Экспериментальная проверка адапторной гипотезы.**
 - 1) Аминоацил-тРНК как форма поступления аминокислоты в рибосому.
 - 2) Специфичность тРНК по отношению к различным аминокислотам. Узнавание ферментами индивидуальных тРНК. Разделение индивидуальных тРНК. О гетерогенности тРНК с одинаковой специфичностью к аминокислоте (множественность изоакцепторных тРНК).
 - 3) Окончательное доказательство адапторной гипотезы: опыт с превращением цистеинил-тРНК в аланил-тРНК (Шапвиль, Липман и Бензер, 1962г.)
 - 4) Роль аминоацил-тРНК-синтетаз в адапторном механизме.
8. **Изучение структуры тРНК.**
 - 1) Первичная структура, минорные нуклеотиды.
 - 2) Универсальность макромолекулярной структуры тРНК. Вторичная структура: "клеверный лист", двуспиральные и односпиральные участки.
 - 3) Третичная структура тРНК.
 - 4) Локализация функциональных центров на молекуле тРНК.
 - 5) Синтез и процессинг тРНК.
9. **Аминоацил –тРНК-синтетазы.**
 - 1) Два класса аминоацил-тРНК-синтетаз. Субъединичная структура. Особенности доменной организации и расположения функциональных центров. Особенности аминоацилирования тРНК.
 - 2) Мультиферментные комплексы синтетаз у эукариот.
 - 3) Специфичность аминоацил-тРНК-синтетаз по отношению к аминокислоте и тРНК; ошибки при аминоацилировании и механизмы коррекции.
 - 4) Синтез алармонов.
10. **Специфические модификации аминокислотных остатков после акцептирования на тРНК.**
11. **Общие свойства генетического кода.**
 - 1) Понятие о кодовом отношении, о неперекрываемости кодонов, отсутствии запятых, вырожденности и универсальности генетического кода.

- 2) Экспериментальное доказательство неперекрываемости кодонов с помощью точечных мутаций.
- 3) Экспериментальное доказательство триплетности кода и отсутствия запятых с помощью мутаций, индуцированных акридиновыми красителями.

12. Расшифровка генетического кода.

- 1) Искусственные полирибонуклеотиды как матрицы для синтеза полипептидов. Открытие Ниренбергом и Маттеи эффекта полиуридилевой кислоты (1961г.).
- 2) Принцип метода экспериментальной расшифровки состава кодонов при использовании искусственных матричных полирибонуклеотидов. Использование гомополимеров (кодоны UUU, CCC, AAA). Использование гетерополимеров различного состава (пример с поли(UC)). Состав кодонов.
- 3) Принцип метода экспериментальной расшифровки последовательности нуклеотидов в кодонах. Открытие Ниренберга и Ледера (1964г.): связывание аминоксил-тРНК с тринуклеотидами на рибосоме. Составление кодовой таблицы.
- 4) Окончательное подтверждение строения и функции кодонов путем использования синтетических матриц заданной регулярной нуклеотидной последовательности (Корана, 1966г.). Окончательная кодовая таблица.
- 5) Вырожденность генетического кода и некоторые закономерности этой вырожденности; универсальность и некоторые особенности генетического кода разных организмов и митохондрий.
- 6) Рекодирующие сигналы (изменение значения кодона, сдвиги рамки считывания, пропуск нуклеотидов при считывании).

13. Гипотеза Крика о нестрогом соответствии при кодон-антиконовом спаривании.

Правила Крика (1966г.); поправки к правилам Крика.

14. Открытие информационной (матричной РНК).

- 1) Несоответствие нуклеотидного состава тотальной РНК составу ДНК. Корреляция нуклеотидного состава небольшой фракции РНК с составом ДНК (Белозерский и Спирин, 1957-1958гг.).
- 2) «Фагово-специфическая» РНК, ее быстрая обмениваемость (нестабильность и быстрый синтез), ДНК-подобный состав (Волькин и Астрахан, 1956-1958гг.).
- 3) Обнаружение нестабильной РНК, несущей информацию от генов к рибосомам при фаговой инфекции: опыт Бреннера, Жакоба и Мезельсона (1961г.) по центрифугированию в градиенте плотности CsCl.
- 4) Обнаружение меченой «Фагово-специфической» РНК путем центрифугирования в сахарозном градиенте (до и после депротеинизации): опыт Гро и Уотсона (1961г.).
- 5) Обнаружение меченой мРНК в нормальных клетках путем центрифугирования в сахарозном градиенте после пульсовой метки (до и после депротеинизации). Принцип метода пульсовой метки.

15. Свойства и процессинг матричных РНК.

- 1) Время жизни мРНК в клетке и способ его определения.
- 2) Полицистронные и моновицистронные мРНК, транслируемые и нетранслируемые области в мРНК.
- 3) Кэпирование мРНК эукариот; значение кэп-структуры для функционирования мРНК.
- 4) Полиаденилирование мРНК эукариот; сигналы ядерного и цитоплазматического полиаденилирования; значение полиаденилирования для стабильности и активности мРНК.
- 5) Интроны в мРНК и их предполагаемое значение; последовательность нуклеотидов на границе экзон/интрон (правило Шамбона); сплайсинг мРНК;

альтернативный- и транс-сплайсинг; последовательность химических реакций при сплайсинге; малые ядерные РНП и их участие в сплайсинге; вспомогательные белки.

6) Редактирование мРНК.

16. Информосомы (мРНП) как форма существования мРНК в эукариотической клетке.

1) Классы информосом, их внутриклеточная локализация, состав и особенности строения. Мажорные и минорные белки информосом разных классов.

17. Рибосома: два основных типа рибосом, морфология, химический состав: рибосомные РНК и рибосомные белки.

- 1) Локализация рибосом в клетке. Свободные и мембраносвязанные рибосомы; микросомы. Принцип препаративного выделения рибосом.
- 2) Прокариотический и эукариотический типы рибосом. Рибосомы митохондрий и хлоропластов.
- 3) Размер, внешний вид и подразделение рибосом на две субчастицы. Морфология рибосомных субчастиц. Объединение субчастиц в целую рибосому.
- 4) Рибосомные РНК. Их распределение по субчастицам. Первичная и вторичная структура. Гомология первичной структуры рРНК разных организмов и систематика. Структурные домены и компактная самоукладка молекул РНК.
- 5) Рибосомные белки. Разнообразие, номенклатура. Первичные структуры. Пространственные структуры. Белковые комплексы. Взаимодействие с рибосомными РНК.

18. Структурные превращения рибосом.

- 1) Диссоциация рибосом на субчастицы: факторы, способствующие и противодействующие диссоциации.
- 2) Разворачивание субчастиц; кооперативность.
- 3) Разборка субчастиц; стадии разборки; кооперативность.
- 4) Самосборка рибосом. Стадии сборки. «Карта» сборки.

19. Исследование структуры рибосом.

- 1) Взаиморасположение рибосомной РНК и белков. Периферическое расположение белков на ядре РНК. Топография белков: определение соседствующих белков, измерение расстояний между белками, иммунная электронная микроскопия. Топография РНК: иммунная электронная микроскопия, привязка к топографии белков. Четвертичная структура низкого разрешения.
- 2) Кристаллизация и рентгеноструктурный анализ рибосом. Атомарная структура рибосом.

20. Биогенез рибосом.

- 1) Процессинг рРНК и сборка рибосом в бактериальной клетке.
- 2) Созревание рРНК и сборка рибосом в эукариотических клетках.

21. Общая характеристика процесса трансляции в рибосоме.

Динамическая модель работы рибосомы (Уотсон, 1964-1965 гг.).

Экспериментальная проверка следствий из динамической модели: два состояния пептидил-тРНК на рибосоме; передвижение мРНК.

22. Функциональные центры рибосомы и их локализация.

- 1) Функции связывания: связывание и удержание мРНК, удержание пептидил-тРНК, связывание аминоацил-тРНК, связывание белковых факторов трансляции и GTP.
- 2) Каталитические функции: GTP-аза, пептидилтрансфераза.
- 3) Функции перемещения лигандов (транслокация).

- 23. Инициация трансляции у прокариот.**
- 1) Иницирующие кодоны, инициаторная тРНК, белковые факторы инициации.
 - 2) Последовательность событий в процессе инициации.
- 24. Особенности инициации у эукариот.**
- 1) Инициация по кэп-зависимому сканирующему механизму. Факторы инициации трансляции эукариот. Узнавание кэп-структуры и сканирование лидерной последовательности мРНК; гидролиз АТР. Участие поли(А) хвоста мРНК и мажорных беков мРНК в процессе инициации. «Шунтирование» в процессе инициации. Полирибосомы и их роль в рециклировании рибосом при инициации трансляции.
 - 2) Инициация по кэп-независимому механизму внутреннего входа рибосом на вирусных и клеточных мРНК. Дополнительные белки, необходимые для внутренней инициации и потеря зависимости от некоторых или всех факторов инициации.
- 25. Элонгация полипептидных цепей.**
- 1) Элонгация у прокариот. Факторы элонгации. Последовательность событий в процессе элонгации: поступление аминоацил-тРНК в рибосому, транспептидация, транслокация. Роль гидролиза GTP.
 - 2) Особенности элонгации у эукариот.
 - 3) Бесфакторная элонгация и безматричная элонгация в бесклеточной системе.
- 26. Терминация трансляции у прокариот.**
- 1) Кодоны терминации.
 - 2) Белковые факторы терминации.
 - 3) Последовательность событий в процессе терминации.
 - 4) Рециклирование рибосом.
 - 5) Терминация трансляции при утрате терминирующего кодона на мРНК; роль тмРНК в терминации таких мРНК у прокариот.
- 27. Особенности терминации трансляции у эукариот.**
- Факторы терминации эукариот.
- 28. Ложное кодирование.**
- Основные типы ложного спаривания; факторы, способствующие ложному кодированию. Кинетические механизмы ложного кодирования и его коррекции.
- 29. Компартиментализация белков эукариотического аппарата трансляции на полирибосомах.**
- 30. Взаимодействие рибосомы и растущего пептида с мембраной.**
- Котрансляционный трансмембранный транспорт.**
- 1) Синтез белков свободными и мембрано-связанными полирибосомами.
 - 2) Способы соединения рибосомы с мембраной.
 - 3) N-концевая сигнальная последовательность растущего полипептида.
 - 4) Сигнал-узнающие частицы и их мембранные рецепторы.
 - 5) Последовательность событий при синтезе и процессинге секретируемых белков.
 - 6) Особенности синтеза мембранных и митохондриальных белков.
- 31. Котрансляционные и посттрансляционные ковалентные модификации белков.**
- Отщепление N-концевой формильной группы, N-концевого метионина, N-концевой сигнальной последовательности, образование дисульфидных связей, N-гликозилирование; фосфорилирование, полигликозилирование, сульфатирование, ацетилирование, метилирование, ADP- и полиADP-рибозилирование, добавление аминокислот на N-конец. N-концевое правило Варшавского, определяющее время жизни белков в клетке.
- 32. Механизм действия антибиотиков на белковый синтез.**

33. Механизм действия бактериальных и растительных токсинов:

- 1) колицина E₃, альфа-сарцина;
- 2) дифтерийного токсина, экзотоксина А;
- 3) дизентерийного токсина;
- 4) рицина, абрина, модецина, трихосантина, рибосомоинактивирующих белков растений.
- 5) Направленные токсины и перспективы их применения в медицине.

34. Регуляция трансляции в бактериальной клетке.

- 1) Регуляция трансляции РНК РНК-содержащих фагов (MS2, f2, Q β , R17).
- 2) Регуляция трансляции белков фага T4 белком RegA.
- 3) Особенности трансляции полицистронных мРНК бактерий.
- 4) Регуляция синтеза рибосомных белков. Координация с синтезом рибосомных РНК.
- 5) Авторегуляция синтеза треонил-тРНК-синтетазы.
- 6) Посттранскрипционная регуляция синтеза белков у бактерий при холодовом шоке.
- 7) Регуляция трансляции мРНК субъединицы σ^{32} РНК полимеразы за счет плавления вторичной структуры мРНК (РНК как сенсор температуры).
- 8) Регуляция трансляции за счет связывания с мРНК небелковых лигандов (аптамеры, рибосвич).

35. Посттранскрипционная регуляция биосинтеза белка у эукариот.

- 1) Регуляция на уровне процессинга мРНК.
- 2) Регуляция инициации трансляции под действием белков, специфически взаимодействующих с 5' НТО мРНК.
- 3) Регуляция инициации трансляции под действием белков, специфически взаимодействующих с 3' НТО мРНК.
- 4) Глобальный контроль белкового синтеза за счет изменения соотношения двух мажорных белков мРНК (РАВР и YB-1).
- 5) Маскирование мРНК в цитоплазме. Модели маскирования мРНК.
- 6) Регуляция инициации трансляции за счет комплементарных РНК (tcРНК, iРНК)
- 7) Посттранскрипционная регуляция белкового синтеза в результате РНК-интерференции (dsРНК, miРНК, мкрРНК).
- 8) Регуляция трансляции за счет деградации мРНК.
- 9) Посттранскрипционная регуляция низкомолекулярными лигандами, специфически взаимодействующими с мРНК и осуществляющими «рибосвич».
- 10) Регуляция за счет ковалентных модификаций (фосфорилирования, ограниченного протеолиза) факторов инициации трансляции.
- 11) Регуляция элонгации полипептидных цепей.
- 12) Регуляция трансляции, опосредуемая открытыми рамками считывания, предшествующими иницирующему кодону.
- 13) Дискриминация мРНК при трансляции и роль лидерной последовательности и активности (содержания) компонентов аппарата трансляции.
- 14) Регуляция трансляции за счет модификаций мРНК
- 15) Регуляция трансляции и образование стресс-гранул и процессинг-телец.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Контроль успеваемости и качества подготовки обучающихся подразделяется на текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества усвоения учебного материала, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики проведения занятий. Он проводится в ходе всех видов учебных занятий в форме, избранной преподавателем и/или предусмотренной рабочей программой дисциплины

Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе изучения дисциплины, описание шкал оценивания

Этапы формирования компетенций:	Контролируемые разделы	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства	Уровни сформированности компетенции в баллах	
1 этап	Модуль I. Общая характеристика процесса биосинтез белка (трансляции). Бесклеточные системы белкового синтеза. Особенности процесса трансляции. тРНК. Аминоацил-тРНК синтетазы. Общие свойства генетического кода и его расшифровка.	ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Задания для самостоятельных работ	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
		ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Тестирование	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
макс:					5
2 этап	Модуль II. Открытие информационной (матричной РНК). Свойства и процессинг матричных РНК. Информосомы (мРНК) как форма существования мРНК в эукариотической клетке. Рибосомы. Их биогенез, структура, функция, этапы работы. Особенности трансляции в эукариотах. Механизм действия антибиотиков и токсинов на рибосому.	ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Задания для практических работ	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
		ОПК-1; ПК-1; ПК-5; УК-1; УК-3	Тестирование	не аттестован низкий средний высокий	2 и менее 3 4 5
макс:					5

Формы, уровни и критерии оценивания

Форма оценивания	Уровни оценивания	Критерии оценивания
Практические работы	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Студент имеет отдельные представления об изученном материале; не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, при ответах допускает грубые ошибки; практические работы не выполнены или выполнены с ошибками, влияющими на качество выполненной работы. Практически не посещает занятия.
	Низкий (Удовлетворительно)	Студент знает лишь основной материал; на заданные вопросы отвечает недостаточно четко и полно, что требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; практические, лабораторные и курсовые работы выполняет с ошибками, не отражающимися на качестве выполненной работы. Посещает занятия, но не системно.
	Средний (Хорошо)	Студент твердо знает учебный материал; отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; умеет применять полученные знания на практике; практические работы выполняет правильно, без ошибок. Посещает занятия, но не в полном объеме.
	Высокий (Отлично)	Студент глубоко изучил учебный материал; последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; свободно применяет полученные знания на практике; практические работы (задания) выполняет правильно, без ошибок, в установленное нормативом время. Посещает занятия практически полностью.
Самостоятельная работа	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Студент неполно изложил задание; при изложении были допущены существенные ошибки; результаты выполнения работы не удовлетворяют требованиям, установленным преподавателем к данному виду работы.
	Низкий (Удовлетворительно)	Студент неполно, но правильно изложил задание; при изложении была допущена 1 существенная ошибка; знает и понимает основные положения данной темы, но допускает неточности в формулировке понятий; излагает выполнение задания недостаточно логично и последовательно; затрудняется при ответах на вопросы преподавателя; материал оформлен неаккуратно или не в соответствии с требованиями.
	Средний (Хорошо)	Студент неполно, но правильно изложил задание; при изложении были допущены 1-2 несущественные ошибки, которые он исправляет после замечания преподавателя; дает правильные формулировки, точные определения, понятия терминов; может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания студентом данного материала; материал оформлен недостаточно аккуратно и в соответствии с требованиями.
	Высокий (Отлично)	Студент обстоятельно, с достаточной полнотой излагает соответствующую тему; дает правильные

		формулировки, точные определения, понятия терминов; может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания студентом данного материала. Материал оформлен аккуратно в соответствии с требованиями.
Тестирование	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Студент выполнил работу не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильные выводы.
	Низкий (Удовлетворительно)	Студент выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.
	Средний (Хорошо)	Студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий, но допустил 2-3 ошибки.
	Высокий (Отлично)	Студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления;/или правильно и аккуратно выполнил все задания; правильно выполняет анализ ошибок.

Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе сдачи зачета с оценкой по дисциплине, описание шкалы оценивания

По результатам текущего контроля успеваемости за 2 модуля студент до экзамена может набрать от 0 до 10 баллов.

Выполнение учебных заданий по дисциплине оценивается от 0 до 10 баллов (до 20 в каждом из 2-х текущего контроля успеваемости).

Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства	Критерии оценивания (Уровни сформированности компетенции)	
ОПК-1; ОПК-2; ПК-3; ПК-4; УК-1; УК-4	Выполнение промежуточных тестовых заданий	– не аттестован	0 – 5
		– низкий	6 – 10
		– средний	11 – 15
		– высокий	16 – 20
макс: 20 баллов			

Критерии итогового оценивания сформированности компетенций

Формы оценивания	Уровни оценивания	Критерии оценивания
Ответы (устные или письменные) на вопросы билетов	– не аттестован	50% и менее
	– низкий	51% – 65 %
	– средний	66 % – 84%
	– высокий	85% – 100%

До итогового зачета с оценкой допускается студент, набравший сумму в пределах от 5 до 20 баллов (включая оценку по успеваемости и посещаемости). Студент, набравший 5 баллов и менее до зачета допускается, но должен добрать недостающие баллы, либо до или во время зачета.

Положительную оценку на зачете успешно выполнившие все тестовые задачи и правильно ответившие на контрольные вопросы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Задания для практических работ	Занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы.	Задания для практических занятий
2.	Задания для самостоятельных работ	Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый студентами без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы.	Вопросы, задания, темы рефератов для самостоятельных работ
3.	Вопросы к зачету / экзамену	Перечень вопросов для зачета / экзамена	Перечень вопросов к зачету / экзамену

Теоретические вопросы по курсу

1. Бесклеточные системы белкового синтеза.
2. Активация аминокислоты и акцептирование аминокислотного остатка на тРНК
3. Адапторная гипотеза и ее экспериментальная проверка
4. тРНК: структура и ее процессинг
5. Аминоацил –тРНК-синтетазы: структура, функции и специфичность
6. Генетического код и его расшифровка
7. Гипотеза Крика о нестрогом соответствии при кодон-антикодонавомспаривании (Wobble-гипотеза).
8. Открытие матричной РНК.
9. Процессинг матричных РНК (кэпирование, полиаденилирование).
10. Сплайсинг мРНК
11. Информосомы (мРНП): классы, состав.
12. Рибосома: локализация, морфология, химический состав: рибосомные РНК и рибосомные белки.
13. Структурные превращения рибосом: диссоциация, разворачивание субчастиц, сборка рибосом
14. Процессинг рРНК и сборка рибосом в бактериальной клетке.
15. Процессинг рРНК и сборка рибосом эукариотических клетках.
16. Функциональные центры рибосомы и их локализация.
17. Инициация трансляции у прокариот.
18. Инициации трансляции у эукариот по кэп-зависимому механизму.
19. Инициации трансляции у эукариот по кэп-независимому механизму.
20. Элонгация трансляции.
21. Терминация трансляции у прокариот.
22. Терминация трансляции у эукариот.
23. Терминация трансляции в отсутствии стоп-кодона

24. Ложное кодирование.
25. Синтез мембранных белков, котрансляционный трансмембранный транспорт.
26. Механизм действия антибиотиков на белковый синтез.
27. Механизм действия бактериальных и растительных токсинов.
28. Регуляция синтеза рибосомных белков.
29. Регуляция трансляции за счет связывания с мРНК небелковых лигандов (аптамеры, рибосвич).
30. Регуляция инициации трансляции под действием белков, специфически взаимодействующих с 5' НТО мРНК.
31. Регуляция инициации трансляции под действием белков, специфически взаимодействующих с 3' НТО мРНК.
32. Регуляция трансляции за счет малых РНК
33. Регуляция трансляции на уровне элонгации.
34. Регуляция трансляции за счет деградации мРНК у эукариот
35. Регуляция трансляции, опосредуемая открытыми рамками считывания, предшествующими иницирующему кодону.
36. Регуляция за счет ковалентных модификаций (фосфорилирования, ограниченного протеолиза) факторов инициации трансляции.
37. Глобальный контроль белкового синтеза за счет изменения соотношения двух мажорных белков мРНК (PABP и YB-1).
38. Основные методы изучения особенностей трансляции: бесклеточные системы, сахарозный градиент, рибосомный профайлинг.
39. Регуляция трансляции за счет модификаций мРНК
40. Стресс-гранулы и процессинг-тельца у эукариот.

Материально-техническая база для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для групповых лекционных и семинарских занятий, самостоятельной работы студентов, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется аудитория № 305 (биотехнологический корпус ИБ РАН). Она оборудована стационарным компьютером с выходом в Интернет и принтером, проектором и стационарным экраном, доской для маркеров, имеет 15 посадочных мест (с возможностью организации дополнительных), 5 столов, и отдельный стол со стулом для преподавателя. В аудитории имеется беспроводной доступ к локальной сети и к сети Интернет.

ЛИТЕРАТУРА ОСНОВНАЯ

1. Дж. Уотсон. Молекулярная биология гена, М., "Мир", 1978.
2. А. С. Спирин. Молекулярная биология: рибосомы и биосинтез белка, М., "Academia", 2011.
3. Б. Льюин. Гены, М., "БИНОМ. Лаборатория знаний", 2011.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. М. Ичас. Биологический код, М., "Мир", 1971.
2. Ф. Шапвиль, А-Л. Энни. Биосинтез белка, М., "Мир", 1977.
3. Л. Л. Киселев, А. Д. Вольфсон. Аминоацил-тРНК-синтетазы высших эукариот. Успехи биологической химии. Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1995, т.35, сс.3-65.
4. В. С. Высоцкая, М.Б. Гарбер. Регуляция экспрессии генов рибосомных белков *Escherichia coli*. Успехи биологической химии. Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1995, т.35, сс.67-95.

5. А. С. Спирин Регуляция трансляции мРНК-связывающими факторами у высших эукариот. Успехи биологической химии. Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1996, т.36, сс. 3-48.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТА

- A. S. Spirin. Ribosomes, Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, California, 1998.