

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский
университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ФГАОУ ВО РНИМУ им Н.И.Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)**

Институт биомедицины (МБФ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

Прохорчук Егор Борисович

**Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б.1.О.33 Основы молекулярной биологии
для образовательной программы высшего образования - программы специалитета
по специальности
30.05.01 Медицинская биохимия
направленность (профиль)
Медицинская биохимия
Год начала подготовки - 2024**

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.33 Основы молекулярной биологии (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы специалитета по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия.

Направленность (профиль): Медицинская биохимия.

Форма обучения: очная.

Составители:

№, п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
-----------	---------------------------	---------------------------	-----------	--------------

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№ п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
----------	---------------------------	---------------------------	-----------	--------------

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

«Кафедра молекулярной биологии и медицинской
биотехнологии МБФ»
протокол от «___» _____ № _____

Зав. кафедрой

Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена ученым советом

« _____ »
протокол от «___» _____ 20__ № _____

Директор Института

Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

1. Образовательный стандарт высшего образования ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации по уровню образования специалитет по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия, утвержденный приказом от «29» мая 2020г. № 365 рук.
2. Устав и локальные нормативные акты Университета.
3. Общая характеристика образовательной программы.
4. Учебный план образовательной программы.

© федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

1. Общие положения

1.1. Цель и задачи освоения дисциплины

1.1.1. Цель: Целью освоения дисциплины является: • ознакомление с основными этапами развития и современным состоянием наук «Молекулярная биология» и «Генетика»; • формирование знаний о фундаментальных понятиях молекулярной биологии и генетики; • ознакомление с организацией и функционированием молекулярно-генетических систем; • формирование навыков анализа медико-биологических социально-значимых проблем с точки зрения лежащих в их основе молекулярных процессов; • обучение студентов использованию на практике методов молекулярно-биологических исследований; • выявление тесной связи молекулярной биологии и генетики с другими медицинскими дисциплинами, практическим здравоохранением; • формирование современного естественно-научного мировоззрения на основе знания механизмов передачи и реализации генетической информации

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины:

- Обучение студентов важнейшим методам молекулярной биологии и генной инженерии, позволяющим проводить основные этапы молекулярной диагностики
- Ознакомление студентов с основными технологиями структурного и функционального анализа биополимеров, включая компьютерные программы и алгоритмы исследования нуклеотидных и белковых последовательностей
- Приобретение студентами знаний в области фундаментальной и прикладной молекулярной биологии
- Формирование навыков изучения и анализа научной и практической медицинской и медико-биологической литературы
- Формирование у студентов представлений о патологических состояниях как результате нарушения молекулярных механизмов внутриклеточных процессов

1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы молекулярной биологии» изучается в 8 семестре(ах) и относится к обязательной части Блока Б.1 «Дисциплины». Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся в рамках образовательной программы должны освоить следующие дисциплины и практики: Органическая химия; Биохимия; Общая и неорганическая химия; Иностранный язык; Физическая и коллоидная химия; Биология; Микробиология, вирусология; Практика по клеточной биологии; Практика по биохимии.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Биоинформатика; Клиническая лабораторная диагностика; Функционирование геномов и генов; Лабораторная медицина: принципы и практика; Медицинская генетика; Медицинские нанобиотехнологии.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Практика по созданию животных моделей; Практика по клинической лабораторной диагностике; Преддипломная, НИР; Практика по иммунологии.

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

8 семестр

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины
ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественно-научные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	
ОПК-1.ИД1 Применяет фундаментальные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач.	Знать: Структуру макромолекул, принципы и механизмы их воспроизведения, сохранения и функционирования
	Уметь: Анализировать молекулярно-биологические процессы на основе знания принципов и механизмов функционирования важнейших макромолекул
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками анализа и синтеза данных в области молекулярной биологии
ОПК-1.ИД2 Применяет прикладные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач	Знать: Основные понятия и принципы молекулярной биологии
	Уметь: Воспроизводить основные молекулярно-биологические методы исследования для решения задач медико-биологических исследований
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть методическими навыками для изучения природы и механизмов молекулярно-биологических процессов
ОПК-3 Способен использовать специализированное диагностическое и лечебное оборудование, применять медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и генно-инженерные технологии, предусмотренные порядками оказания медицинской помощи	
ОПК-3.ИД1 Применяет диагностическое оборудование для решения профессиональных задач.	Знать: Правила техники безопасности при работе в лаборатории. Методы оценки точности и калибровки лабораторного оборудования
	Уметь: Использовать различное лабораторное оборудование для решения экспериментальных задач. Оценивать результаты измерения и погрешности
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками работы с лабораторным оборудованием: центрифугой, камерой для горизонтального электрофореза, источником тока, дозаторами различного объема, амплификатором ДНК, термостатами, весами аналитическими, трансиллюминатором, спектрофотометром, термошейкером
ОПК-3.ИД3 Использует медицинские изделия, лекарственных средства, клеточные продукты и генноинженерные технологии в медицинских и научных исследованиях.	Знать: Основные принципы создания гено-инженерных продуктов (рекомбинантных молекул ДНК и белков)
	Уметь: Выбирать адекватные гено-инженерные и геномные технологии для решения фундаментальных и практических задач в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками работы с нуклеиновыми кислотами; инструментами, используемыми для внесения направленных модификаций в ДНК, методами анализа генов и геномов
ПК-5 Способен проводить научные исследования в области молекулярной медицины и молекулярной биологии	
ПК-5.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	Знать: Основные виды научной, научно-практической и аналитической информации в области генетики, молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Уметь: Приобретать новые знания в области молекулярной биологии, используя современные информационные технологии
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Составлять аналитические обзоры на основе данных из различных источников научной, научно-практической и аналитической информации в области молекулярной биологии. Формулировать выводы из массива современных знаний и гипотезы, объясняющие важнейших макромолекул

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины
ПК-5.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	Знать: Основные направления научных исследований в генетике, молекулярной биологии и молекулярной медицине
	Уметь: Формулировать задачи исследований в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками детального и поэтапного планирования исследования, документирования и анализа полученных результатов
ПК-5.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	Знать: Основы системного подхода для изучения молекулярно биологических процессов, проходящих в клетке
	Уметь: Обобщать собственные экспериментальные результаты, формулировать новые идеи и выводы, генерировать гипотезы, объясняющие природу и механизмы молекулярно биологических процессов
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками изучения молекулярно-биологических процессов в клетке, опираясь на комплекс экспериментальных, естественнонаучных и статистических методов
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	
УК-1.ИД1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знать: Основные понятия и законы молекулярной биологии, основные методы и средства анализа в современной молекулярной биологии
	Уметь: Предложить адекватный, в том числе междисциплинарный, подход для поиска взаимосвязи между нарушениями в структуре и функционировании генов (генома) и патологическими процессами
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками выбора подходящих моделей и методов исследования проблемных ситуаций

2.Формы работы обучающихся, виды учебных занятий и их трудоёмкость

Формы работы обучающихся / Виды учебных занятий / Формы промежуточной аттестации		Всего часов	Распределение часов по семестрам
			8
Учебные занятия			
Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:		86	86
Специализированное занятие (СЗ)		3	3
Лекционное занятие (ЛЗ)		32	32
Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)		42	42
Коллоквиум (К)		9	9
Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:		58	58
Подготовка реферата		18	18
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		20	20
Иные виды самостоятельной работы (в т.ч. выполнение практических заданий проектного, творческого и др. типов)		20	20
Промежуточная аттестация:			
Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:		9	9
Экзамен (Э)**		9	9
Самостоятельная работа обучающихся при подготовке к промежуточной аттестации (СРПА)**		27	27
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА	180	180
	в зачетных единицах: ОТД (в часах): 36	5,00	5,00

** Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине в форме экзамена организуется в рамках экзаменационной сессии согласно расписанию экзаменов. Время на подготовку к экзамену и его прохождение устанавливается учебным планом образовательной программы.

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

8 семестр

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки			
1	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 1. История развития генетики и молекулярной биологии. Основные законы генетики. Взаимосвязь генетики и молекулярной биологии	Открытие основных законов генетики: предшественники Менделя, основные заслуги Менделя, его законы. Парадокс Менделя. Вторичное открытие законов Менделя. Начало бурного развития менделизма. Основные типы взаимодействия генов (комплементарность, эпистаз, полимерия, плейотропия, энхансерные и супрессорные гены). Закон Харди-Вайнберга. Хромосомная теория наследственности как фундаментальное объединение до сих пор разрозненных дисциплин: цитологии и генетики. Дрозофила как основной модельный организм для открытия основных законов современной генетики: Морган и его ученики. Сцепленное с полом наследование, группа сцепления, кроссинговер, линейное расположение генов, интерференция, генетические карты, политемные хромосомы. Митотическая и мейотическая рекомбинация. Пенетрантность и экспрессивность. Хромосомные перестройки: инверсии, делеции, транслокации, транспозиции. Прологомены молекулярной биологии – концепция матрицы Кольцова (и Колли). Классификация мутаций. Бактериальная трансформация (Гриффитс). Зеленая тетрадь (1935) и квантование гена – теория мишени, размер гена: Тимофеев-Рессовский, Циммер, Дельбрюк – биология становится молекулярной. От дрозофилы к нейроспоре – зарождение биохимической генетики, один ген – один фермент (Бидл и Татум). Индуцированный химический мутагенез – управление получением искусственных мутаций – основной инструмент экспериментальной молекулярной генетики.
Раздел 2. Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот			
1	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 1. От нуклеотидов к геномам: структура и функции нуклеиновых кислот	Центральная догма молекулярной биологии. Опыты Мишера. Эксперимент Гриффита. Эксперимент Эвери, Маклеода и Маккарти. Эксперимент Херши и Чейз. Правила Чаргаффа и определение структуры двойной спирали ДНК. Нуклеозиды и нуклеотиды. Большая и малая бороздки двойной спирали ДНК, взаимодействия с белками. А-, В-, Z-форма ДНК. Неканоническое спаривание оснований и неканонические структуры в ДНК. Плавление и суперспирализация ДНК. Топоизомеразы. Хатимодзи-ДНК и синтетическая геномика. Структура РНК. РНК-связывающие белки. Модификации РНК. Функции РНК в клетке.
2	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 2. Репликация ДНК	Три возможных сценария репликации. Эксперимент Мезельсона и Сталя. Структура ДНК-полимераз. Основные ДНК-полимеразы кишечной палочки. Структура PolIII. Точность и процессивность ДНК полимераз. Строение прокариотической реплисомы. Инициация репликации у прокариот, регуляция инициации. Прерывистый характер синтеза на отстающей цепи и фрагменты Оказаки. Терминация репликации. Эукариотический ориджин. Активация ориджина и предотвращение повторной активации. Эукариотическая реплисома и процессинг фрагментов Оказаки у эукариот. Репликоны и фокусы репликации. Структура теломер и теломеразы.
3	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 3. Репарация ДНК	Причины повреждений ДНК. Классификация повреждений ДНК. Стратегии коррекции повреждений. Удаление циклобутановых димеров. Удаление метильной группы из позиции О6 гуанина. Эксцизия оснований и эксцизия нуклеотидов. ДНК гликозилазы. Система UvrA/B/C/D кишечной палочки. Исправление ошибок репликации, структура MutS. Обход препятствия в ДНК посредством смены матричных цепей. SOS репарация. Репарация двунитевых разрывов посредством гомологичной рекомбинации и нехомологичного соединения концов ДНК.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
4	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 4. Генетическая рекомбинация	Биологическая роль рекомбинации. Модель Холлидея и понятие кроссинговера. Рекомбинация в клетках кишечной палочки и RecBCD путь. Роль главного рекомбинационного белка Rec A. Генная конверсия. Сайт-специфическая рекомбинация. Интеграция вирусных геномов. Инверсии в геноме. Перемещения мобильных элементов.
5	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 5. Механизмы регуляции поведения клеток. Клеточный цикл	Сигнальные каскады. Принципы передачи сигнала в клетке. Киназы и фосфатазы. Ростовые факторы и их рецепторы. МАРК сигнальный каскад. ГТФ-фаза семейства Ras. Клеточный цикл. Принципы клеточного цикла у прокариот и эукариот. Регуляция клеточного цикла у эукариот. Регуляция входа в клеточный цикл: Циклин D и индукция клеточного цикла в клетке. Циклины и циклин-зависимые киназы. Контрольные точки. Белки-ингибиторы циклин-зависимых киназ. Протеолитическая деградация в клеточном цикле. Регуляция входа в репликацию. Регуляция репликации. Регуляция входа в митоз. Митоз. Нарушения клеточного цикла в болезнях, в т.ч. в онкологических нарушениях. Метод исследования клеточного цикла: проточная цитофлуорометрия.
6	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 6. Методы выделения, очистки и модификации нуклеиновых кислот	Методы выделения и очистки нуклеиновых кислот. Экстракция НК с помощью органических растворителей. Определение количественных и качественных характеристик нуклеиновых кислот. Измерение концентрации ДНК и РНК. Оценка чистоты препарата нуклеиновых кислот. Электрофорез нуклеиновых кислот. Обратная транскрипция. Синтез библиотеки кДНК. Полимеразная цепная реакция (ПЦР). Общие сведения о ПЦР. Области применения. Основные параметры реакции. Компоненты и условия проведения реакции. Оптимизация условий ПЦР. Термостабильные ДНК-полимеразы. Ферменты модификации ДНК (рестриктазы, фосфатаза, лигаза, киназа, фрагмент Клёнова). Система рестрикции модификации у зубактерий. Ее значение для уничтожения чужеродной ДНК. Метилазы и рестриктазы типа II – отдельные ферменты. Узнавание и разрезание рестриктазами типа II коротких специфических (обычно палиндромных) последовательностей с образованием “липких” или “тупых” концов. Бифункциональные ферменты типа III и I; их ассиметричные участки узнавания. Борьба бактериофагов с системами рестрикции хозяина.
Раздел 3. Основы регуляции экспрессии генов			
1	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 1. Транскрипция у прокариот. Транскрипция у эукариот	РНК-полимераза прокариот, ее субъединичная и трехмерная структуры. Разнообразие сигмафакторов. Промотор генов прокариот, его структурные элементы: последовательности –10 (Прибнов-бокс) и –35. Стадии транскрипционного цикла. Инициация, образование “открытого комплекса”, элонгация и терминатия транскрипции. Rho-зависимая и rho-независимая терминатия. Атенуация транскрипции. Понятие оперона. Регуляция экспрессии триптофанового оперона. Лактозный оперон. CAP-белок. Регуляция транскрипции в развитии фага лямбда. Принципы узнавания ДНК регуляторными белками (CAP-белок и репрессор фага лямбда). “Рибопереключатели”. РНК-полимеразы I, II и III эукариот. Участие разных полимераз в транскрипции разных клеточных РНК. Чувствительность полимераз к α-аманитину. Открытая и закрытая конформации РНК-полимеразы и их роль в стабилизации связи фермента с ДНКматрицей. “Модули” промоторов полимеразы II у эукариот. Базальная транскрипция и общие факторы транскрипции. TBP и TAF факторы. Узнавание ДНК фактором TBP. Базальные транскрипционные факторы TFIIA, TNPB, TFIIF, TNPB. Энзиматические активности базального фактора TFIIN. Сборка преинициаторного комплекса на промоторе. Особая роль TAF в преинициаторном комплексе на промоторах, не содержащих TATA-бокс. Ковалентная модификация факторов транскрипции. Фосфорилирование субъединицы РНК-полимеразы II и элонгация транскрипции.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
2	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 2. Регуляция экспрессии генов	Регуляция транскрипции полимеразой II у эукариот. Понятие о цис- и транс-регуляции транскрипции. Белки – активаторы транскрипции, их доменные структуры. Типы доменов, узнающих регуляторные цис-действующие элементы. Комбинаторный принцип в регуляции транскрипции. Коактиваторы и корепрессоры. Медиатор. Энхансеры и энхансосома. Принцип “дальнодействия” в регуляции транскрипции. Тканеспецифичность энхансеров. Внешние сигналы (митогенные факторы, гормоны), регулирующие транскрипцию генов. Стадии процесса экспрессии генов, подверженные регуляции. Механизмы регуляции экспрессии генов в различных сигнальных каскадах. Дифференциальная активность генов в онтогенезе многоклеточных. Генетические каскады, регулирующие развитие. Гомеодомены регуляторных белков и явление гомеозиса. Принципы структурной организации и регуляции активности генов НОХ-кластеров, определяющих план строения тела. Транскрипционные факторы как морфогены в развитии многоклеточных организмов. Белки группы поликомб и триторакс. Ядерные рецепторы гормонов. Гистоновый код. Химические модификации гистонов: ацетилирование, фосфорилирование, метилирование, убиквитинилирование и АДФ-рибозилирование. Понятие о “гистоновом коде”. Активный и неактивный хроматин. Механизмы репрессии генов, обусловленные деацетилированием и метилированием гистонов. Белковые домены, осуществляющие метилирование гистонов и чтение меток. Ремоделирование хроматина. Роль нуклеосомных структур в активации экспрессии гена. Эухроматин и гетерохроматин. Распространение гетерохроматинизации по хромосоме. Эффекты положения генов. Механизмы инактивации генов при метилировании ДНК. Репликативное метилирование ДНК. “Родительский” геномный импринтинг как эпигенетическая регуляция экспрессии генов.
3	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 3. Процессинг первичных транскриптов	Созревание и транспорт мРНК. Кепирование, сплайсинг и полиаденилирование транскриптов, синтезируемых полимеразой II. Процессинг 3'-конца транскрипта: участие цис-регуляторных последовательностей и транс-факторов в этом процессе; эндонуклеазы процессинга и polyA полимеразы. Альтернативные промоторы и сайты полиаденилирования. Формирование рибонуклеопротеиновых частиц. “Контроль качества” пре-мРНК в ядре. Транспорт мРНК через ядерную мембрану. Открытие интронов. Типы интронов. Механизмы сплайсинга. Роль малых ядерных РНК и белковых факторов. Сплайсосома. Альтернативный сплайсинг, примеры. Энхансеры сплайсинга. Биологическая роль альтернативного сплайсинга, примеры. Механизмы узнавания/обозначения экзонов и интронов. Транс сплайсинг, его распространение. “Самосплайсинг”. Процессинг тРНК и рРНК у про- и эукариот. Метилирование рибозы и образование псевдоуридина. Роль малых ядрышковых РНК. Интроны групп 1 и 2. Редактирование РНК. Типы редактирования. Биологические функции и механизм РНК-интерференции. Участники процесса. Короткие интерферирующие РНК. RISC. Особенности РНК-интерференции у разных организмов. МикроРНК. Процессинг. Механизм действия.
4	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 4. Некодирующие РНК	Классификация нкРНК. Длинные нкРНК, их структура и биогенез. Отличия и сходства в процессинге нкРНК и мРНК. нкРНК как структурная основа сборки РНК-белковых комплексов. Роль нкРНК в образовании ядерных телец. Функции нкРНК в установлении и поддержании пространственной организации хроматина. Энхансерные РНК – их биогенез и участие в энхансер-промоторной коммуникации.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
5	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 5. Клонирование кДНК гена в экспрессирующий вектор	Электрофоретическое разделение фрагментов ДНК. Выделение ДНК из геля на колонках. Лигирование кДНК гена в векторную плазмиду. Различные типы клонирующих векторов (плазмидные, фаговые, вирусные). Трансформация бактериальных клеток плазмидами. Свойства компетентных клеток и методы их приготовления. Химическая трансформация и электропорация. Методы селекции рекомбинантных клонов: селекция по чувствительности к антибиотику, сине-белый тест, система токсин-антитоксин, дополнение метаболических процессов. Выделение плазмидной ДНК методом щелочного лизиса. Секвенирование ДНК.
Раздел 4. Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков			
1	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 1. Генетический код. Дорибосомный этап биосинтеза белков.	Генетический код. Гипотезы организации генетического кода (перекрывающийся, неперекрывающийся). Триплетная гипотеза Гамова и ее экспериментальное подтверждение (Крик и Бензер). Экспериментальная расшифровка генетического кода. Эксперименты Ниренберга и Маттеи (гомополимеры), Ниренберга и Ледера (связывание триплетов). Понятие кодона. Свойства генетического кода: триплетность, специфичность, вырожденность или синонимичность, неперекрываемость, отсутствие пробелов, однонаправленность, коллинеарность белку. Старт и стоп кодоны. Универсальность генетического кода и исключения из нее. Различия между универсальными, митохондриальными, и неканоническими кодонами, селеноцистеин, пирролизин. Рамка считывания, открытая рамка считывания, сдвиг рамки считывания. Адапторная гипотеза Крика. Транспортные РНК. Изоакцепторные тРНК. Строение тРНК. Понятие антикодона тРНК. Его расположение во вторичной и третичной структуре тРНК. Кодон-антикодоновые взаимодействия: канонические и неканонические (инозин). Гипотеза нестрогого соответствия Крика (wobble). Стереохимия кодон-антикодонового комплементарного комплекса. Минорные нуклеотиды в тРНК. Понятие трансляции. Сходства и различия между про- и эукариотами. Химические реакции биосинтеза белков. Типы образующихся связей. Энзимология процесса. Энергетический баланс биосинтеза белков. Дорибосомный этап белкового синтеза. Реакции аминоацилирования тРНК: активирование аминокислот с образованием аминоациладенилатов и перенос аминоацильных остатков на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы: специфичность, разнообразие, субъединичная структура. Специфичность аминоацилирования тРНК по отношению к аминокислоте и по отношению к тРНК. «Второй генетический код» – уникальная структура тРНК, обеспечивающая ее акцепторные функции. Элементы, определяющие «индивидуальность» отдельных тРНК. Структурная комплементарность тРНК и аминоацил-тРНК-синтетаз.
2	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 2. Рибосома. Биосинтез белков	Рибосомный этап трансляции. Прокариотический и эукариотический типы рибосом. Три сайта связывания тРНК на рибосоме: А, Р, и Е, их характеристики. Стадии трансляции: инициация, элонгация и терминация. Специальные механизмы контроля точности трансляции. Инициация в бактериях нуждается в субъединицах 30S и факторах инициации (IF-1, IF-2, and IF-3). Структура сайта инициации у бактерий: последовательность Шайн-Дальгарно и AUG. Полицистронные мРНК у бактерий и моновалентные у эукариот. Формилметионин, IF2 и их функции. Роль 40S субъединицы в инициации транскрипции у эукариот. Факторы элонгации EF-Tu и eEF1a. Кирромицин. Пептидилтрансферазная функция большой субъединицы. Пурамицин. Стадия транслокации, EFG и eEF2. Стадия терминации, ochg, amber, и opal кодоны. Факторы терминации (релизинг-факторы 1го и 2го классов), их функции. Роль UTR (нетранслируемых последовательностей) в регуляции трансляции. Сопряженность транскрипции и трансляции у бактерий. Полирибосомы. Локализация рибосом в клетке. Свободные и мембраносвязанные рибосомы. Рибосомы митохондрий и хлоропластов.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
3	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 3. Структурная организация белка в клетке.	Роль белковых молекул в функционировании живых организмов. Первичная структура белков. Аминокислотные остатки – мономеры белковых цепей. Аминокислоты, входящие в состав белков, их строение. Редкие аминокислоты, входящие в состав белков. Пептидная связь. Полипептидная цепь. Структура и кислотно-основные свойства пептидов. Природные пептиды. Уровни организации белковой молекулы. Первичная структура как уровень организации белка. Доказательство индивидуальности белка. Количественное определение аминокислотного состава белков. Определение первичной структуры пептидов. Вторичная структура белка. Структурные особенности пептидной связи, определяющие формирование регулярной вторичной структуры. Стерические ограничения и вторичная структура пептидной связи. Роль водородных связей в формировании регулярной вторичной структуры. Виды регулярной вторичной структуры. Спиральные и бета-структурные участки в глобулярных белках. Соотношение между первичной и вторичной структурами. Экспериментальные методы изучения вторичной структуры белков. Третичная структура белков. Стабильность пространственной структуры белка. Компактность формы. Наличие гидрофобных ядер и полярной оболочки. Присутствие гидрофобных аминокислот в оболочке, их функциональное значение. Природа сил, стабилизирующих трехмерную структуру белка. Методы исследования пространственной структуры белка. Доменная структура белков. Образование третичной структуры белка из элементов вторичной структуры. Топология полипептидных цепей в белках и классификация пространственных структур. Соотношение между пространственной структурой белка и аминокислотной последовательностью. Схематическое представление пространственной структуры белка. Трехмерная структура некоторых белковых модулей (доменов). Особенности структуры мембранных белков. Фибриллярные белковые структуры. Четвертичная структура белка. Геометрия четвертичной структуры белка. Гомомерные и гетеромерные белки. Формирование множественных форм гетеромерных белков. Взаимодействия между субъединицами, стабилизирующие четвертичную структуру. Структурная организация контактов между субъединицами. Способы исследования четвертичной структуры белка. Функциональное значение четвертичной структуры белка.
4	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 4. Посттрансляционные модификации белков	Посттрансляционная модификация белков. Особенности реакций посттрансляционной модификации. Функциональное значение посттрансляционной модификации. Котрансляционные модификации белка. Модификации N- и C-концов белков. Модификация внутренних аминокислотных остатков белков. Гликозилирование белков. N-гликозилирование. O-гликозилирование. Сплайсинг белков. Ограниченный протеолиз. Липопротеины. Обратимые посттрансляционные модификации: примеры, функциональное значение

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
5	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 5. Фолдинг белков в клетке. Шапероны Контроль качества белков в клетке. Механизмы деградации белков в клетке	Пространственное сворачивание или фолдинг белков. Денатурация белков. Разрушение нативной конформации белков. Ренатурация белка <i>in vitro</i> . Роль первичной структуры в пространственной сборке белка. Опыты Кристиана Анфинсена по восстановлению активности рибонуклеазы А. Этапы пространственной сборки белка <i>in vitro</i> . Интермедиат («расплавленная глобула»). Ферменты, облегчающие свертывание полипептидных цепей в компактную структуру (ферменты фолдинга, или фолдазы). Пространственное сворачивание белков <i>in vivo</i> . Участие молекулярных шаперонов в фолдинге белков. Свойства молекулярных шаперонов. Представители шаперонов -белки суперсемейства белков теплового шока (Hsp). Шапероны, взаимодействующие с растущей полипептидной цепью: триггерный фактор, комплекс NAC (Nascent polypeptide Associated Complex), префолдин. Общие свойства белков семейства Hsp70. Свойства белков семейства Hsp60 (Шаперонины). Шапероны семейства Hsp90. Общая схема участия шаперонов в фолдинге белков у прокариот и в цитозоле эукариот. Система контроля качества белков в клетке. Система контроля качества белка в <i>E. Coli</i> . Контроль качества белка в эндоплазматическом ретикулуме. Роль шаперонов в контроле качества белков. Ответ клетки на увеличение количества неправильно собранных белков. Реакция неправильно собранных белков (UPR). Значение протеолитической деградации белков в жизни клетки. Внеклеточные и внутриклеточные механизмы деградации белков. Механизмы деградации белков. Убиквитинзависимая система протеолиза белков. Специальные сигналы, распознаваемые различными ферментами убиквитин-конъюгирующего комплекса. Ферменты убиквитин-конъюгирующего комплекса. Протеасомы. Структура 26S-протеасомы. Болезни, вызываемые неправильно собранными белками.
6	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 6. Транспорт белков в клетке	Транспорт белков в различные компартменты эукариотической клетки. Методические подходы для изучения транспорта белков в различные компартменты клетки. Сигнальная гипотеза транспорта белков в клетке. Способы транспортировки белков между компартментами в клетке: трансмембранный, канальный, везикулярный транспорт. Транспорт белков в эндоплазматический ретикулум (ЭР). Транспорт белков в митохондрии и хлоропласты. Транспорт белков между ядром и цитозолем. Везикулярный транспорт. Секреторный путь синтеза и сортировки белков. Методы изучения секреторного транспорта. Транспорт белков из ЭР в аппарат Гольджи. Везикулярно-тубулярные кластеры (VTC). Модели транспорта через аппарат Гольджи. Возвращение резидентных белков ЭР. Сигналы сортировки, направляющие секреторируемые и мембранные белки в специфические транспортные везикулы. Транспорт гидролаз в лизосомы. Распознавание лизосомных гидролаз и формирование транспортного сигнала. Пути секреции в клетках. Пути сортировки мембранных белков в поляризованных клетках. Молекулярные механизмы везикулярного транспорта.
7	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1	Тема 7. Экспрессия белка в культуре бактериальных клеток	Рекombинантные белки. Распространение в природе. Методы получения рекомбинантных белков. Применение рекомбинантных белков. Экспрессирующие векторы и экспрессионные штаммы. Индукция экспрессии белка с помощью ИПТГ. Методы тестирования структуры и уровня экспрессии гена. Метод RT-PCR. Гибридизация по Саузерну. Нозерн-гибридизация. Вестерн блоттинг. Принципы электрофоретического разделения белков. Виды белкового электрофореза. Электрофорез белков в ПААГ. Окрашивание гелей Кумасси. Методы очистки белков. Методы анализа структуры белков. Методы изучения межбелковых взаимодействий

3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися

Разделы и темы дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися в программе не предусмотрены.

4. Тематический план контактной работы обучающихся с преподавателем при проведении занятий

№ п/п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***					
					КП	ОУ	ОП	ОК	РЗ	ПР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8 семестр										
Раздел 1. Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки										
Тема 1. История развития генетики и молекулярной биологии. Основные законы генетики. Взаимосвязь генетики и молекулярной биологии										
1	ЛЗ	История развития генетики и молекулярной биологии. Основные законы генетики. Взаимосвязь генетики и молекулярной биологии	2	Д	1	1				
Раздел 2. Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот										
Тема 1. От нуклеотидов к геномам: структура и функции нуклеиновых кислот										
2	ЛЗ	От нуклеотидов к геномам: структура и функции нуклеиновых кислот	2	Д	1	1				
Тема 2. Репликация ДНК										
3	ЛЗ	Репликация ДНК	2	Д	1	1				
Тема 3. Репарация ДНК										
4	ЛЗ	Репарация ДНК	2	Д	1	1				
Тема 4. Генетическая рекомбинация										
5	ЛЗ	Генетическая рекомбинация	2	Д	1	1				
Тема 5. Механизмы регуляции поведения клеток. Клеточный цикл										
6	ЛЗ	Механизмы регуляции поведения клеток. Клеточный цикл	2	Д	1	1				
Тема 6. Методы выделения, очистки и модификации нуклеиновых кислот										
7	ЛПЗ	Принципы молекулярного клонирования	3	Д	1	1				
8	ЛПЗ	Выделение тотальной РНК из культуры клеток	3	Т	1	1	1			
9	ЛПЗ	Синтез библиотеки кДНК. Получение кДНК целевого гена при помощи ПЦР	3	Т	1	1	1			
10	ЛПЗ	Принципы электрофоретического разделения фрагментов ДНК	3	Д	1	1	1			
11	ЛПЗ	Рестрикция ДНК. Обработка ДНК модифицирующими ферментами	3	Т	1	1	1			
12	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделам 1–2	3	Р	1	1	1	1		
Раздел 3. Основы регуляции экспрессии генов										
Тема 1. Транскрипция у прокариот. Транскрипция у эукариот										
13	ЛЗ	Транскрипция у прокариот. Транскрипция у эукариот	2	Д	1	1	1	1		
Тема 2. Регуляция экспрессии генов										
14	ЛЗ	Регуляция экспрессии генов	2	Д	1	1	1	1		
Тема 3. Процессинг первичных транскриптов										
15	ЛЗ	Процессинг первичных транскриптов	2	Д	1	1	1	1		
Тема 4. Некодирующие РНК										
16	ЛЗ	Некодирующие РНК	2	Д	1	1	1	1		
Тема 5. Клонирование кДНК гена в экспрессирующий вектор										
17	ЛПЗ	Выделение фрагментов ДНК из агарозного геля на колонках.	3	Т	1	1	1	1		
18	ЛПЗ	Лигирование фрагмента ДНК в целевой вектор	3	Т	1	1	1	1		
19	ЛПЗ	Трансформация бактериальных клеток плазмидами	3	Д	1	1	1	1		
20	ЛПЗ	Отбор клонов, содержащих вектор с целевым геном, методом ПЦР	3	Т	1	1	1	1		
21	ЛПЗ	Выделение плазмидной ДНК методом щелочного лизиса	3	Т	1	1	1	1		

№ п /п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***					
					КП	ОУ	ОП	ОК	РЗ	ПР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 3	3	Р	1	1	1	1		
Раздел 4. Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков										
Тема 1. Генетический код. Дорибосомный этап биосинтеза белков.										
23	ЛЗ	Генетический код. Дорибосомный этап биосинтеза белков.	2	Д	1	1	1	1		
Тема 2. Рибосома. Биосинтез белков										
24	ЛЗ	Рибосома. Биосинтез белков	2	Д	1	1	1	1		
Тема 3. Структурная организация белка в клетке.										
25	ЛЗ	Структурная организация белка в клетке.	2	Д	1	1	1	1		
Тема 4. Посттрансляционные модификации белков										
26	ЛЗ	Посттрансляционные модификации белков	2	Д	1	1	1	1		
Тема 5. Фолдинг белков в клетке. Шапероны Контроль качества белков в клетке. Механизмы деградации белков в клетке										
27	ЛЗ	Фолдинг белков в клетке. Шапероны Контроль качества белков в клетке. Механизмы деградации белков в клетке	2	Д	1	1	1	1		
Тема 6. Транспорт белков в клетке										
28	ЛЗ	Транспорт белков в клетке	2	Д	1	1	1	1		
Тема 7. Экспрессия белка в культуре бактериальных клеток										
29	ЛПЗ	Экспрессирующие векторы и экспрессионные штаммы	3	Т	1	1	1	1		
30	ЛПЗ	Методы анализа ДНК и РНК. Рестрикционный анализ плазмидной ДНК.	3	Т	1	1	1	1		
31	ЛПЗ	Индукция экспрессии белков с помощью ИПТГ. Электрофоретическое разделение белков в ПААГ	3	Д	1	1	1	1		
32	ЛПЗ	Анализ экспрессии белков. Методы изучения межбелковых взаимодействий	3	Д	1	1	1	1		
33	СЗ	Текущий итоговый контроль по разделам 1–4	3	Т	1	1	1	1	1	1
34	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 4	3	Р	1	1	1	1	1	1
35	Э	Промежуточная аттестация	9	ПА	1	1				
		Всего в семестре	95		34	34	27	23	2	2
		Всего по дисциплине	95		34	34	27	23	2	2

(*, **, *** смотри условные обозначения)

Условные обозначения

Виды учебных занятий*

Виды учебных занятий	Сокращённое наименование	
Лекционное занятие	Лекция	ЛЗ
Специализированное занятие	Специализированное	СЗ
Лабораторно-практическое занятие	Лабораторно-практическое	ЛПЗ
Коллоквиум	Коллоквиум	К

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)**

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)	Сокращённое наименование		Содержание
Текущий дисциплинирующий контроль	Дисциплинирующий	Д	Контроль посещаемости занятий обучающимся

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)	Сокращённое наименование		Содержание
Текущий тематический контроль	Тематический	Т	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме занятия
Текущий рубежный контроль	Рубежный	Р	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме (разделу, модулю) дисциплины

Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся ***

№	Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся (ФПТКУ)	Техническое и сокращённое наименование		Возможность проведения текущего контроля успеваемости по видам контроля		
				Д	Т	Р
1	Контроль присутствия	Присутствие	КП	+		
2	Опрос устный	Опрос устный	ОУ			
3	Опрос письменный	Опрос письменный	ОП		+	
4	Опрос комбинированный	Опрос комбинированный	ОК			+
5	Решение практической (ситуационной) задачи	Практическая задача	РЗ		+	
6	Проверка реферата	Реферат	ПР		+	

5. Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине
Оценочные средства промежуточной аттестации

5.1. Формы промежуточной аттестации

Семестр	Форма промежуточной аттестации****	Форма проведения промежуточной аттестации
1	2	3
8 семестр	Экзамен	Контроль присутствия, Опрос устный

Условные обозначения ****

Формы промежуточной аттестации	Сокращённое наименование
Экзамен	Экзамен Э

6. Структура рейтинга по дисциплине

6.1. Обучающийся имеет право пройти промежуточную аттестацию по дисциплине или её части на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине в соответствующем семестре.

6.2. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы (по семестрам и формам промежуточной аттестации)

Рейтинг по дисциплине рассчитывается по результатам текущей успеваемости обучающегося. Тип контроля по всем формам контроля дифференцированный, выставляются оценки по шкале: "неудовлетворительно", "удовлетворительно", "хорошо", "отлично". Исходя из соотношения и количества контролей, рассчитываются рейтинговые баллы, соответствующие системе дифференцированного контроля.

8 семестр

Виды занятий		Формы проведения текущего контроля успеваемости		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Специализированное занятие	СЗ	Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ	1	28	В	Т	28	19	10
		Проверка реферата	ПР	1	28	В	Т	28	19	10
Лабораторно-практическое занятие	ЛПЗ	Опрос письменный	ОП	9	252	В	Т	28	19	10
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	3	702	В	Р	234	156	78
Сумма баллов по дисциплине за семестр					1010					

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части)

8 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
«отлично»	Рейтинговый балл не менее 90 % (не менее 900 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«хорошо»	Рейтинговый балл не менее 75 % (не менее 750 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«удовлетворительно»	Рейтинговый балл не менее 60 % (не менее 600 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«неудовлетворительно»	Рейтинговый балл менее 60 % (менее 600 баллов) и/или Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля

7. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8 семестр

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Открытие основных законов генетики: Мендель, его предшественники и последователи. Развитие Менделизма. Теория мутаций, наследственная и модификационная изменчивость. Основные типы взаимодействия генов. Закон Харди-Вайнберга.
2. Хромосомная теория наследственности. Сцепленное с полом наследование, группа сцепления, кроссинговер, линейное расположение генов, интерференция, генетические карты, политенные хромосомы. Пенетрантность и экспрессивность. Хромосомные перестройки.
3. «Центральная догма» молекулярной биологии. Реализация «центральной догмы» при биосинтезе белков у про- и эукариот. Первичная структура нуклеиновых кислот.
4. Вторичная структура ДНК. Формы ДНК.
5. Характеристика систем рестрикции-модификации. Применение этих систем в молекулярной биологии.
6. Топологические проблемы двунитевых молекул ДНК. Сверхспирализация ДНК; ее роль в формировании особых структур ДНК. Топоизомеразы.
7. Основные принципы репликации ДНК.
8. Репликоны про- и эукариот. Точки начала репликации (ориджины репликации). Согласованность репликации и клеточного деления у эукариот.
9. Общие свойства ДНК-полимераз.
10. Репликация: основные этапы и участвующие молекулы.
11. ДНК-полимеразы *E. coli*. Субъединичный состав и роль отдельных субъединиц ДНК-полимеразы III.
12. Ассиметричный синтез ДНК. Согласованная репликация двух родительских цепей ДНК в репликативной вилке.
13. Эукариотические ДНК-полимеразы.
14. Репликация концов эукариотических хромосом. Теломераза.
15. Двухнаправленный рост двух дочерних цепей ДНК от одной точки *ori* при репликации. Исключения из этого правила.
16. Сигнальные каскады. Принципы передачи сигнала в клетке.
17. Клеточный цикл. Принципы клеточного цикла у прокариот и эукариот.
18. Регуляция клеточного цикла у эукариот. Нарушения клеточного цикла в болезнях.
19. Регуляция входа в репликацию. Регуляция репликации. Регуляция входа в митоз. Митоз.

20. Причины повреждений ДНК. Классификация повреждений ДНК. Стратегии коррекции повреждений.
21. Эксцизионная репарация. Генная конверсия.
22. Индуцируемая репарация.
23. Репарация неспаренных (обычных) нуклеотидов. Репарация дочерней нити, зависящая от метилирования.
24. Репарация повреждений двух цепей ДНК.
25. Гомологичная рекомбинация. Мейотическая и митотическая рекомбинация. Эктопическая рекомбинация. Специализированные системы гомологичной рекомбинации.
26. Модель Холлидея.
27. Белок RecA *E.coli* и его роль в гомологичной рекомбинации. Рекомбинация у *E.coli* in vivo. Гомологичные ферменты рекомбинации у различных организмов.
28. RecBCD - основной путь гомологичной рекомбинации у *E.coli*.
29. Сайт-специфическая рекомбинация. Ферменты, осуществляющие сайт специфическую рекомбинацию: интегразы и инвертазы.
30. Интеграция вирусных геномов. Инверсии в геноме. Перемещения мобильных элементов.
31. РНК-полимеразы бактерий и эукариот.
32. Инициация транскрипции РНК-полимеразой II эукариот на базальном промоторе.
33. Транскрипционный цикл.
34. Промоторы про- и эукариот.
35. Регуляция экспрессии оперонов прокариот. Активаторы и репрессоры транскрипции
36. Схема регуляции лактозного оперона.
37. Аттenuация транскрипции. Rho-зависимая и rho-независимая терминация.
38. Регуляция транскрипции полимеразой II у эукариот. Понятие о цис- и транс регуляции транскрипции. Коактиваторы и корепрессоры. Медиатор. Энхансеры.
39. Гистоновый код. Активный и неактивный хроматин. Роль нуклеосомных структур в активации экспрессии гена
40. Механизмы посттранскрипционного контроля: РНК-переключатели (riboswitches).
41. РНК-редактирование, РНК-интерференция (RNAi).
42. Процессинг 5'- и 3' концов мРНК у эукариот.
43. Формирование рибонуклеопротеиновых частиц. "Контроль качества" пре-мРНК в ядре. Транспорт мРНК через ядерную мембрану.

44. Процессинг мРНК у эукариот: сплайсинг экзонов. Альтернативный сплайсинг и транс-сплайсинг. Малые ядерные РНП эукариот и их роль в сплайсинге.
45. Классификация нк РНК, их структура и биогенез. Отличия и сходства в процессинге нкРНК и мРНК.
46. Роль нкРНК в образовании ядерных телец, регуляции транскрипции и организации пространственной структуры хроматина.
47. Типы РНК. Их участие в биосинтезе белков, в подавлении экспрессии генов и модификации других РНК.
48. Генетический код.
49. Макромолекулярная структура РНК. Вторичная и третичная структура тРНК.
50. тРНК – адаптор белкового синтеза. Гипотеза нестроого соответствия Ф.Крика
51. Дорибосомный этап белкового синтеза. Аминоацил-тРНК-синтетазы: специфичность, разнообразие, субъединичная структура.
52. Строение и функции рибосомы. Рибозимы.
53. Сопряженность транскрипции и трансляции у бактерий. Полирибосомы. Локализация рибосом в клетке. Свободные и мембраносвязанные рибосомы. Рибосомы митохондрий и хлоропластов.
54. Элементарный элонгационный цикл рибосомы. Взаимная подвижность рибосомных субчастиц при элонгации.
55. Инициация и терминация трансляции. Инициаторы трансляции и способ распознавания первого кодона мРНК у прокариот и эукариот. Роль UTR в регуляции трансляции.
56. Структура белков.
57. Определение первичной структуры пептидов. Методы исследования вторичной, третичной и четвертичной структуры белка.
58. Посттрансляционные и котрансляционные модификации белков.
59. Пространственная сборка белков. Роль первичной структуры. Ферменты фолдинга.
60. Участие молекулярных шаперонов в сборке белков. Общая характеристика, функциональное значение.
61. Шапероны, взаимодействующие с растущей полипептидной цепью.
62. Роль шаперонов семейств HSP70, HSP60 и HSP90 в фолдинге белков. Отличия этих семейств друг от друга.
63. Транспорт и сортировка белков в клетке (общая схема).
64. Сигнальная гипотеза транспорта белков в клетке.
65. Секреторный путь синтеза и сортировки белков.
66. Система контроля качества белков в клетке.

67. Значение протеолитической деградации белков в жизни клетки. Внеклеточные и внутриклеточные механизмы деградации белков. Протеасомы. Болезни, вызываемые неправильно собранными белками.

68. Убиквитин-зависимая система протеолиза белков в клетке.

Образец билета для проведения экзамена

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии МБФ

Билет № _____

для проведения экзамена по дисциплине «Основы молекулярной биологии» по программе специалитета по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия направленность (профиль) Медицинская биохимия

1. Открытие основных законов генетики: Мендель, его предшественники и последователи. Развитие Менделизма. Теория мутаций, наследственная и модификационная изменчивость. Основные типы взаимодействия генов. Закон Харди-Вайнберга.

2. Инициация транскрипции РНК-полимеразой II эукариот на базальном промоторе.

Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии МБФ

Заведующий кафедрой
Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

8. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа

- внимательно изучить материал предыдущей лекции;
- ознакомиться с учебным материалом по учебнику, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам с темой прочитанной лекции;
- внести дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради либо в виде комментариев в файле с записью лекции;
- записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

Методические указания для подготовки к занятиям лабораторно-практического типа

- внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
- тщательно изучить и законспектировать методики проведения экспериментов;
- проработать тестовые задания и ситуационные задачи, которые были рекомендованы для самостоятельного решения;
- подготовиться к выступлению на заданную тему, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
- выполнить письменную работу, если данное задание предусмотрено по дисциплине.

Методические указания для подготовки к занятиям специализированного типа

- освоить методы планирования и анализа молекулярно-биологических экспериментов;
- проработать ситуационные задачи, которые решались на занятиях или были рекомендованы для самостоятельного решения;
- подготовить итоговый реферат по выбранной преподавателем теме.

Методические указания для подготовки к коллоквиуму (текущий рубежный контроль)

- изучить учебный материал по темам в составе контролируемого раздела дисциплины;
- освоить практические навыки молекулярного клонирования и оформить протоколы лабораторных работ, входящих в контролируемый раздел дисциплины.

Методические указания для подготовки и защиты реферата

– Требования к оформлению титульного листа: сверху страницы по центру указывается название учебного заведения (ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России), ниже по центру название кафедры (Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии). В середине страницы по центру заглавными буквами пишется название реферата (темы реферата выбирается из предложенного преподавателем списка). Ниже названия справа пишется фамилия и инициалы исполнителя с указанием факультета и номера группы, ниже фамилия и инициалы преподавателя. Внизу страницы по центру – город и год написания.

– Требования к содержанию реферата: реферат включает введение, основную часть и заключительную часть. Во введении приводится краткое обоснование актуальности темы, научное и практическое значение для соответствующей отрасли. Основная часть реферата содержит материал, который отобран студентом для рассмотрения проблемы. В общем смысле основным в реферате должно быть раскрытие темы, достижение того результата, который задан целью. В заключении автор формулирует выводы по разделам реферата или подводит итог по работе в целом.

– Требования к наглядным материалам: наглядными материалами могут служить рисунки, фотографии, графики, диаграммы, таблицы и т.д. Все вышеперечисленное должно иметь сквозную нумерацию и обязательные ссылки в тексте.

– Требования к списку используемой литературы: при подготовке реферата основные использованные литературные источники должны быть не ранее 2015-го года. Источники должны быть перечислены в алфавитной последовательности (по авторам). Список должен включать не менее 10 источников.

Методические указания для подготовки к экзамену

- ознакомиться со списком вопросов и практических заданий, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена;
- проанализировать материал и наметить последовательность его повторения;
- определить наиболее простые и сложные темы и (или) разделы дисциплины;
- повторить материал по наиболее значимым/сложным темам и (или) разделам дисциплины по конспектам лекций и учебной литературе, а также электронным образовательным ресурсам;
- повторить схемы, таблицы, изученные в процессе освоения дисциплины.

Методические указания для самостоятельной работы студентов (СРС)

Выполнение домашних заданий, которое осуществляется в форме:

- работы с учебной, учебно-методической литературой по теме, электронными образовательными ресурсами, с конспектами обучающегося;
- решения ситуационных задач;
- решения тестовых заданий;
- подготовки реферата.

Перечень тем рефератов

8 семестр

1. Выделение ДНК из растений, животных тканей и парафиновых блоков (применение метода в медицине). Выделение РНК.
2. Механизм обратной транскрипции в лабораторных условиях.
3. Основные принципы ПЦР.
4. Принципы электрофоретического разделения фрагментов нуклеиновых кислот.
5. Виды клонирующих векторов и их практическое применение .
6. Эндонуклеазы рестрикции
6. Ферменты модификации ДНК (лигаза, фосфотаза, киназа, фрагмент Клёнова, T4 полимеразы).
7. Получение и использование рекомбинантных белков.
8. Виды трансформации бактериальных клеток. Методы отбора трансформированных бактерий.
9. Транспозиции: перемещение подвижных генетических элементов. Транспозоны и транспозазы. Ретротранспозоны. LINE- и – SINE-элементы. Нерепликативная транспозиция. Репликативная транспозиция. Теломеры дрозофилы. Биологическое значение подвижных генетических элементов.
10. Саузерн блот анализ и Нозерн блот анализ. Секвенирование по Сенгеру
11. Экспрессирующие векторы. Виды экспрессионных штаммов
12. Вестерн блоттинг.
13. Дрожжевая двугибридная система и GST Pull Down. Коиммунопреципитация белков и иммунопреципитация хроматина (ChIP)
14. Обзор методов идентификации белковых молекул (Нативный электрофорез, изоэлектрическое фокусирование, 2D электрофорез, окраска Кумасси и окраска серебром. Определение первичной структуры пептидов и масс-спектрометрия).
15. Сравнение методов анализа структуры белка (ЯМР, рентгеноструктурный анализ, криоэлектронная микроскопия).
16. Дистанционные взаимодействия между регуляторными элементами генома (механизм взаимодействия между энхансерами и промотерами, инсуляторы, сайленсеры).
17. Влияние различных модификаций ДНК и гистонов на регуляцию транскрипции (метилирование, ацетилирование, R-петли, D-петли, квадродуплексы).

18. Современные представления об архитектуре хроматина (эухроматин, виды гетерохроматина, ТАД).
19. Механизм формирования и функционирования PcG и HP1 зависимых репрессивных комплексов.
20. Механизм инактивации X хромосомы млекопитающих.
21. Теломеры насекомых и млекопитающих. Строение. Механизмы удлинения. Биологическое значение.
22. Молекулярные основы синхронизации клеточного цикла и репликации.
23. РНК мир. Рибозимы
24. Внехромосомное наследование. Особенности геномов митохондрий и пластид.
25. Механизмы формирования и функционирования инсуляторных белковых комплексов. Их роль в формировании архитектуры генома.

9. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень литературы по дисциплине:

№ п/п	Наименование, автор, год и место издания	Рекомендуется при изучении разделов дисциплины	Количество экземпляров в библиотеке	Электронный адрес ресурса
1	2	3	4	5
1	Философия и история генетики: поиски и дискуссии, Фролов И. Т., 2024 - 2025	Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки	1	
2	Молекулярная биология клетки: с задачами Д. Уилсона и Т. Ханта, Альбертс Б., 2024 - 2025	Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	1	
3	Молекулярная биология: рибосомы и биосинтез белка, Спирин А. С., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков	55	
4	Молекулярная биология клетки: руководство для врачей, Фаллер Д. М., Шилдс Д., 2024 - 2025	Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	25	
5	Молекулярная биология: Рибосомы и биосинтез белка, Спирин А. С., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков	0	
6	Молекулярная биология и генная инженерия: практикум, Субботина Т. Н., Николаева П. А., Харсекина А. Е., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	0	https://www.iprbookshop.ru/84253.html
7	Молекулярная биология: [учебник для высшего профессионального образования], Коничев А. С., Севастьянова Г. А., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	70	
8	Гены по Льюину, Кребс Дж., Голдштейн Э., 2024 - 2025	Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=109bn.pdf&show=dcatalogues/1/5080/109bn.pdf&view=true
9	Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии: [учебное пособие], Уилсон К., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=92bn.pdf&show=dcatalogues/1/5059/92bn.pdf&view=true
10	Основы молекулярной биологии клетки, Альбертс Б., 2024 - 2025	Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	55	

9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины

1. Российская государственная библиотека <https://www.rsl.ru/>
2. Российская национальная библиотека <https://nlr.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
4. Сайт вопросов и ответов по молекулярной биологии - <http://molbiol.ru/>

5. Биомолекула – научно-популярное интернет-издание - <https://biomolecula.ru/>
6. Электронная библиотечная система РНИМУ <https://library.rsmu.ru/resources/e-lib/els>
7. <https://www.studentlibrary.ru/>
8. <https://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс»
9. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/>
10. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
11. ЭБС «IPR BOOKS» <https://www.iprbookshop.ru/>
12. ЭБС «Букап» <https://www.books-up.ru/>
13. Полнотекстовая коллекция ведущих журналов по биомедицинским исследованиям «Pub Med» <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
14. EMBL (European Molecular Biology Laboratory) - Европейская молекулярно биологическая лаборатория - <http://www.embl.org/>
15. PDB (Protein Data Bank) банк данных трёхмерных структур белков и нуклеиновых 30 кислот - <http://www.rcsb.org>
16. CATH (Class, Architecture, Topology, Homology) - иерархическая классификация структур белковых доменов - <https://www.cathdb.info/>
17. SCOP (Structural Classification of Proteins) - структурная классификация белков - <http://scop.mrc-lmb.cam.ac.uk/scop>
18. Реферативная и аналитическая база научных публикаций и цитирования издательства Elsevier «Scopus» <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic&zone=header&origin=#basic>
19. Аналитическая и цитатная база данных журнальных статей компании Thomson Reuters «Web of Science» <https://clarivate.com/>
20. Реферативная база Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com/>
21. Полнотекстовая база и обучающие материалы журнала The New England Journal of Medicine <https://www.nejm.org/>
22. Платформа Nature <https://www.nature.com/siteindex>
23. Архив научных журналов издательства Annual Reviews <https://www.annualreviews.org/>
24. Архив научных журналов издательства Oxford University Press Oxford Academic <https://academic.oup.com/journals/?login=true>
25. Электронная платформа для поиска и загрузки полнотекстовых статей, опубликованных в зарубежных научных журналах открытого доступа Global eJournals Library <http://www.gejlibrary.com/>
26. Платформа Springer Link <https://link.springer.com/>
27. База рефератов и полных текстов научных статей PNAS Online <https://www.pnas.org/>

9.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при наличии)

1. MS Windows в редакциях: 7 Pro, 10 Pro, 11 Pro (x86, x64) – лицензия бессрочно
2. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
3. MS Visio в редакциях: «Professional» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
4. Astra Linux Special Edition, вариант лицензирования «Орел», РУСБ.10015-10 – лицензия бессрочно
5. Adobe Acrobat Reader – свободно распространяемое ПО
6. Гарант (справочная правовая система) – лицензия до 31.07.2027
7. FastStone Image Viewer – свободно распространяемое ПО
8. Яндекс Браузер для организаций – свободно распространяемое ПО
9. Платформа «1С:Предприятие 8», конфигурации «1С:Документооборот государственного учреждения», «1С:Университет ПРОФ», «1С:Медицина» – лицензия бессрочно
10. Единая цифровая образовательная среда РНИМУ им. Н.И. Пирогова – собственная разработка РНИМУ
11. МТС Линк платформа для проведения вебинаров – лицензия до 04.07.2027 г.
12. Антивирус Kaspersky endpoint Security – лицензия до 19.09.2027 г.
13. Архиватор 7-Zip – свободно распространяемое ПО
14. Платформа «Kinescore» - лицензия до 11.03.2027 г.

15. Система управления обучением (LMS) – лицензия бессрочная
16. Ubuntu – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
17. Debian – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
18. Adobe Reader, [get/adobe.com/ru/reader/otherversions](http://get.adobe.com/ru/reader/otherversions), (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
19. Google Chrom, www.google.ru/intl/ru/chrom/browser/privacy/eula_text.html, (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
20. MS Office (Excel)
21. MS Office (Power Point)
22. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно

9.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), как на территории Университета, так и вне ее.

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

- доступ к учебному плану, рабочей программе дисциплины, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины;

- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

Университет располагает следующими видами помещений и оборудования для материально-технического обеспечения образовательной деятельности для реализации образовательной программы дисциплины:

№ п /п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Ноутбук , Экран для проектора , Стулья , Проектор мультимедийный , Столы , Шторы затемненные (для проектора) , Компьютеры для обучающихся
2	Аудитория для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), лабораторных практикумов, лабораторных работ, демонстрационных экспериментов групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Спектрофотометр , Шпатели , Трансиллюминатор , Вортекс , Проектор мультимедийный , Шейкер-вортекс , Пробирки , Столы , Шейкер-инкубатор BioSan ES-20/60 , Шейкер мини-рокер BioSan MR-1 , Фотометр OD600 DiluPhotometer , Оборудование для электрофореза , Дистиллятор , Скальпель одноразовый стерильный , Пипетки , Лабораторная посуда , Экран для проектора , Электрические розетки и подсетка на каждом столе , Термостат твердотельный Гном , Термостат СКТБ ТС-1/80 СПУ мод.1005 , Стулья , Автоклав , Доска маркерная , Центрифуга настольная для эппендорфов RWD , Держатели для пробирок , Компьютерная техника с возможностью подключения к сети “Интернет” , Перчатки одноразовые , Весы лабораторные , Холодильник , Реактивы ХЧ и ЧДА , Морозильник на минус 80 0С , Дозаторы пипеточные на 2, 10, 200, 1000 мкл , Маркеры по стеклу , Шторы затемненные (для проектора)
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации	Учебная мебель (столы, стулья), компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
4	Учебная аудитория для проведения промежуточной аттестации	Учебная мебель (столы и стулья для обучающихся), стол, стул преподавателя, персональный компьютер; набор демонстрационного оборудования (проектор, экран, колонки)

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (состав определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению при необходимости). Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочей программе дисциплины, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению (при необходимости).

Обучающиеся из числа инвалидов обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.