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 нейронаук и нейротехнологий

УТВЕРЖДЕНО

Директор

Белоусов Всеволод Вадимович

Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.О.03 Молекулярная биология
для образовательной программы высшего образования - программы магистратуры
по направлению подготовки
06.04.01 Биология
направленность (профиль)
Медицинские нейротехнологии
Год набора - 2025

Подписан: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА" МИНИСТЕРСТВА
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Москва, 2025

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.03 Молекулярная биология (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы магистратуры по направлению подготовки 06.04.01 Биология.

Направленность (профиль): Медицинские нейротехнологии.

Форма обучения: очная.

Составители:

№, п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Серебряная Дарья Владимировна	кандидат биологических наук	доцент	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№ п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Костюк Александр Игоревич	кандидат биологических наук	научный сотрудник	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
«Кафедра медицинских нейротехнологий ИНН»
протокол от 15.04.2025 № 25-9

Зав. кафедрой
Синкин Михаил Владимирович
Доктор медицинских наук,
доцент

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена ученым советом
«Института нейронаук и нейротехнологий »
протокол от 22.04.2025 № 1

Директор
Белоусов Всеволод Вадимович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – магистратура по специальности 06.04.01 Биология, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «11» августа 2020 г. № 934 рук (Далее – ФГОС ВО).
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: Формирование целостных теоретических знаний основ молекулярной биологии с возможностью их использования в научной и клинической практике, а также ознакомление студентов с практическими достижениями современной молекулярной биологии и генетической инженерии

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины:

- Обучение студентов прикладным методам современной молекулярной биологии и генной инженерии, использующимися как в научной деятельности, так и в молекулярной диагностике;
- Ознакомление студентов с молекулярными и клеточными механизмами патофизиологических состояний;
- Формирование навыков поиска, изучения и анализа научной информации в области молекулярной биологии с использованием современных баз данных (pubmed, uniprot, ncbi, pdb, ensmbl, gwips и др.) и алгоритмов анализа последовательностей белков и нуклеиновых кислот;
- Формирование системных теоретических, научных и прикладных знаний в области современной молекулярной биологии

1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Молекулярная биология» изучается в 1, 2 семестре(ах) и относится к обязательной части Блока Б.1 «Дисциплины». Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся должны освоить освоить в рамках среднего полного общего образования, следующие дисциплины и практики: Химия; Биология; Иностранный язык в профессиональной деятельности.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Генная инженерия; Персонализированная медицина; Нейроиммунология.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Практика по профилю профессиональной деятельности (лаборантская практика); Практика по направлению профессиональной деятельности (Современные методы медицинских нейротехнологий).

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

1 семестр

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	**Планируемые результаты освоения дисциплины**
ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности	
ОПК-1.ИД2 Использует современные методы для решения профессиональных задач.	**Знать:** Основные методы статистической обработки данных и методы динамического моделирования.
	Уметь: Применять основные методы статистической обработки данных и динамического моделирования с использованием языков программирования R, Python, Matlab.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Применения основных методов статистической обработки данных и динамического моделирования с использованием языков программирования R, Python, Matlab.
ОПК-2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность профессиональной деятельности	
ОПК-2.ИД1 Использует в профессиональной деятельности дисциплины, входящие в программу магистратуры.	**Знать:** Методологию системного подхода, критического анализа проблемных ситуаций; Основные принципы критического анализа.
	Уметь: Получать новые знания на основе анализа, синтеза и др.; Собирать данные по сложным научным проблемам, относящимся к профессиональной области; Осуществлять поиск информации и решений на основе действий, эксперимента и опыта; Анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними; Грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Исследования проблемы профессиональной деятельности с применением анализа, синтеза и других методов интеллектуальной деятельности; Выявления научных проблем и использованием адекватных методов для их решения; Демонстрирования оценочных суждений в решении проблемных профессиональных ситуаций.
ОПК-3 Способен использовать философские концепции естествознания и понимание современных биосферных процессов для системной оценки и прогноза развития сферы профессиональной деятельности	
ОПК-3.ИД1 Использует философские концепции естествознания для системной оценки и прогноза развития сферы профессиональной деятельности.	**Знать:** Синтаксис и основные функции языков R, Python, Matlab. Основные статистические методы и критерии, и их реализацию в R; динамические модели и их реализацию в Python и Matlab.
	Уметь: Интерпретировать результаты обработки экспериментальных и клинических данных с использованием R, Python и Matlab.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Написания программ в R, Python и Matlab.
ОПК-7 Способен в сфере своей профессиональной деятельности самостоятельно определять стратегию и проблематику исследований, принимать решения, в том числе инновационные, выбирать и модифицировать методы, отвечать за качество работ и внедрение их результатов, обеспечивать меры производственной безопасности при решении конкретной задачи.	
ОПК-7.ИД1 Определяет стратегию и проблематику исследований при работе над проектами в сфере профессиональной деятельности.	**Знать:** Основные принципы графического представления результатов обработки данных в R, Python и Matlab и ImageJ.
	Уметь: Использовать основные пакеты R, Python, Matlab и ImageJ для графического представления результатов обработки экспериментальных данных.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Использования основных пакетов R, Python, Matlab и ImageJ для графического представления результатов обработки экспериментальных данных.

2 семестр

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	**Планируемые результаты освоения дисциплины**
ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности	
ОПК-1.ИД2 Использует современные методы для решения профессиональных задач.	**Знать:** Основные методы статистической обработки данных и методы динамического моделирования.
	Уметь: Применять основные методы статистической обработки данных и динамического моделирования с использованием языков программирования R, Python, Matlab.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Применения основных методов статистической обработки данных и динамического моделирования с использованием языков программирования R, Python, Matlab.
ОПК-2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность профессиональной деятельности	
ОПК-2.ИД1 Использует в профессиональной деятельности дисциплины, входящие в программу магистратуры.	**Знать:** Методологию системного подхода, критического анализа проблемных ситуаций; Основные принципы критического анализа.
	Уметь: Получать новые знания на основе анализа, синтеза и др.; Собирать данные по сложным научным проблемам, относящимся к профессиональной области; Осуществлять поиск информации и решений на основе действий, эксперимента и опыта; Анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними; Грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Исследования проблемы профессиональной деятельности с применением анализа, синтеза и других методов интеллектуальной деятельности; Выявления научных проблем и использованием адекватных методов для их решения; Демонстрирования оценочных суждений в решении проблемных профессиональных ситуаций.
ОПК-3 Способен использовать философские концепции естествознания и понимание современных биосферных процессов для системной оценки и прогноза развития сферы профессиональной деятельности	
ОПК-3.ИД1 Использует философские концепции естествознания для системной оценки и прогноза развития сферы профессиональной деятельности.	**Знать:** Синтаксис и основные функции языков R, Python, Matlab. Основные статистические методы и критерии, и их реализацию в R; динамические модели и их реализацию в Python и Matlab.
	Уметь: Интерпретировать результаты обработки экспериментальных и клинических данных с использованием R, Python и Matlab.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Написания программ в R, Python и Matlab.
ОПК-7 Способен в сфере своей профессиональной деятельности самостоятельно определять стратегию и проблематику исследований, принимать решения, в том числе инновационные, выбирать и модифицировать методы, отвечать за качество работ и внедрение их результатов, обеспечивать меры производственной безопасности при решении конкретной задачи.	
ОПК-7.ИД1 Определяет стратегию и проблематику исследований при работе над проектами в сфере профессиональной деятельности.	**Знать:** Основные принципы графического представления результатов обработки данных в R, Python и Matlab и ImageJ.
	Уметь: Использовать основные пакеты R, Python, Matlab и ImageJ для графического представления результатов обработки экспериментальных данных.
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Использования основных пакетов R, Python, Matlab и ImageJ для графического представления результатов обработки экспериментальных данных.

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	
			1	2
Учебные занятия				
Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:		90	44	46
Семинарское занятие (СЗ)		18	9	9
Лекционное занятие (ЛЗ)		40	20	20
Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)		22	11	11
Коллоквиум (К)		10	4	6
Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:		100	50	50
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		100	50	50
Промежуточная аттестация:				
Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:		10	2	8
Зачет (З)*		2	2	0
Экзамен (Э)**		8	0	8
Самостоятельная работа обучающихся при подготовке к промежуточной аттестации (СРПА)**		24	0	24
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА	224	96	128
	в зачетных единицах: ОТД (в часах): 32	7.00	3.00	4.00

* Время для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта выделяется в рамках контактной работы (ДВЗ) Проведение промежуточной аттестации в форме зачёта организуется в соответствии с расписанием занятий.

** 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

1 семестр

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Общие понятия молекулярной биологии. Нуклеиновые кислоты			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Введение в молекулярную биологию.	Характеристика молекулярной биологии как науки, ее связь с генетикой. Объекты, задачи, основные направления и перспективы развития молекулярной биологии. Молекулярная биология как наука о механизмах наследования, передачи и реализации генетической информации, объектами которой являются нуклеиновые кислоты и белки. Задачи молекулярнои биологии: познание основных закономерностеи жизнедеятельности. Фундаментальное и прикладное значение молекулярнои биологии в биологии и медицине. Молекулярнои биология как самостоятельный раздел биологии; основные ключевые открытия за последние 80 лет. Крупномасштабные проекты, такие как «Геном человека». Белки и нуклеиновые кислоты. Общее понятие об их структурах и функциях. ДНК как генетическии материал. Природа генетическои информации. Центральная догма молекулярнои биологии.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Структура нуклеиновых кислот.	Первичная структура нуклеиновых кислот из нуклеотидов. Структура нуклеотидов: пентозы и азотистые основания. Пуриновые и пиримидиновые азотистые основания; понятие о кето-енольной таутомерия. Пентозный компонент нуклеотида; С'2-эндо- и С'3-эндо- конформации фуранозного кольца. Нуклеозиды: N-гликозидная связь, син- и анти-конформации нуклеозидов. Нуклеотиды как фосфорные эфиры нуклеозидов. Различные типы нуклеотидов: нуклеозид-5' (или 3')-монофосфаты; дифосфаты; трифосфаты. Макроэргические связи в молекулах нуклеотидов. Комплексы фосфатных групп нуклеотидов с ионами металлов. 5'-3'- фосфодиэфирная связь, обеспечивающая формирование полимерной цепочки нуклеотидов. Ассиметричной полимерной цепочки нуклеиновых кислот: понятие 5’ и 3’-конца нуклеиновый кислоты. Энзиматическая деградация нуклеиновых кислот с помощью экзонуклеаз и эндонуклеаз. ДНКазы и РНКазы. Открытия, предшествующие установлению структуры ДНК. Регулярность структуры. Правила Чаргаффа. Макромолекулярная структура ДНК: двоиная спираль Уотсона – Крика. Принцип комплементарности. Формирование вторичной структуры ДНК за счет водородных связеи и стэкинг-взаимодеиствии. Сахарофосфатный остов. Спирализация ДНК. Большая и малая бороздка ДНК, роль экспонирования разных атомов в большую и малую бороздку ДНК. Правоспиральные B- и A- форм ДНК и левоспиральная Z-форма ДНК. Условия перехода ДНК из одной формы в другой. Жесткость молекулы ДНК. Хугистиновские пары. Особые структуры в ДНК: обращенные петли, теломерная петля, G-квадруплексы. Одноцепочечность РНК. Типы вторичных структур РНК: спирализация в РНК, шпильки с торцевыми петлями, выпетливания, псевдоузлы, дефекты шпилек.. Внутрицепочечные взаимодействия как фактор формирования вторичой структуры РНК. 3'-эндо-конформация рибозы. А-форма спирали РНК. Неканоническое спаривания азотистых основании. Предсказание вторичной структуры РНК (рсчет вероятности образования шпилек) по расчету минимальнои свободнои энергии. Третичная структура одноцепочечных РНК. Образование черешков и доменов. Спаривание торцевых петель с дальними однотяжевывми участками («дальние псевдоузлы»). Коаксиальный стэкинг двойных спиралей. Образование «составных спиралей». Магний-ионные мостики между фосфатами. Рибозные застежки. А-минорные взаимодействия. Тройственные взаимодействия оснований, формирование элементов тройных спиралей.
Раздел 2. Геномы			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Структура генома	Ключевые элементы генома. Особенности организации геномов различных организмов: прокариот (оперонная структура), археи, эукариот (мобильные элементы, интроны и экзоны, большое количество повторов). Принципы организации вирусных геномов (ДНК и РНК-содержащие

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			вирусы, ретровирусы). Ядерныи геном и геном органелл (митохондриальный и хлоропластный геном). Организация генома у человека. Гены и межгенные участки. Псевдогены. Тандемные и перемежающиеся повторы. Тандемные повторы: минисателлиты, микросателлиты и сателлитная ДНК. Перемежающиеся повторы: ДНК-транспозоны и ретротранспозоны. Сравнение геномов и эволюция геномов. Подходы к аннотированию геномов: базы данных, программы. Мобильные генетические элементы у прокариот и эукариот. Перемещение подвижных генетических элементов, содержащих гены транспозазы, в ДНК-мишени. Структурная организация некоторых подвижных элементов: IS-элементы, ДНК-транспозоны, ретротранспозоны. IS-последовательности как компонент F-фактора бактерий, определяющего способность передачи генетического материала при конъюгации. Транспозоны бактерий (Tn3, Tn5, Tn9, Tn10). Механизмы транспозиции. Резольваза, функции резольвазы. Роль сверхспирализации при транспозиции. Регуляция транспозиции Tn10. Транспозоны эукариот. Двухкомпонентная система транспозонов. Полный (активный) и дефектный транспозоны. Влияние транспозонов на активность генов у растений на примере кукурузы. Представление о горизонтальном переносе транспозонов. Ретротранспозоны: ретротранспозоны, содержащие длинные концевые повторы (LTR) и не-LTR транспозоны. SINE, LINE, Alu. Распространение мобильных элементов среди всех систематических групп живого мира. Роль мобильных элементов в инактивации и изменении активности генов, в «горизонтальном» переносе генов, в хромосомных перестроиках. Основные механизмы транспозиции: репликативная транспозиция ДНК-транспозонов (copy and paste) и перемещение ретротранспозонов (cut and paste). Использование интегразы sleeping beauty в генетической инженерии для интеграции кассет в геном млекопитающих.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Метагеномика	Метагеномика для определения видового разнообразия организмов определенного биотопа. Роль метагеномики в экологических исследованиях. Метагеномика сточных вод. Метагеномика микробиоты. Роль метагеномики в изучении метаболической взаимосвязи организмов.
Раздел 3. Принципы амплификации ДНК и способы работы с ней			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Репликация ДНК.	Эксперименты, обеспечившие доказательство генетической роли ДНК: эксперимент Фредерика Гриффита; эксперимент Освальда Эвери, Колина Маклауда и Маклина Маккарти; эксперимент Альфреда Херши и Марты Чейз. Модели репликации ДНК. Эксперимент Мезельсона и Сталя, доказавший полуконсервативный механизм репликации ДНК. Понятие репликона как единицы репликации. Ориджины репликации. ДНК-полимеразы. Общие принципы работы ДНК-полимераз. Роль праймеров. Понятие точности и процессивности. Принципы репликации ДНК. Репликативная вилка и двунаправленный синтез ДНК. Понятие лидирующей цепи и отстающей. Прерывистый синтез ДНК и фрагменты Оказаки. Механизм репликации ДНК у прокариот. Основные компоненты репликативной вилки прокариот. ДНК-полимеразы прокариот: ДНК-полимеразы I (ДНК-полимераза Корнберга), II и III. Фрагмент Кленова. Корректирующая 3'-5' экзонуклеазная активность ДНК-полимераз. Праимазы. Хеликазы. Топоизомеразы и гиразы. ДНК-лигазы. Роль скользящего зажима. Ориджин Ori C E.coli. Инициация репликации у E.coli и роль метилирования в этом процессе. Репликация кольцевых двунитевых ДНК по типу «катящегося кольца» (для фаговой ДНК) и «D-петли» (для митохондриальной ДНК). Репликация у эукариот. Репликоны эукариот. ДНК-полимеразы эукариот: основные репликативные ДНК-полимеразы и ДНК-полимеразы, участвующие в репарации. Ядерные ДНК-полимеразы Высокоточные репликативные ДНК-полимеразы (репликазы): ядерные ДНК-полимеразы α, δ, ε и митохондриальная ДНК-полимераза γ. Высокоточные и низкоточные репаративные ДНК-полимеразы. Полимеразная и праймазные активности ДНК-полимеразы α. Основные компоненты репликативной вилки эукариот и механизм репликации. Роль скользящего зажима (PCNA). Контроль репликации у эукариот. Роль циклинов и циклин-зависимых киназ в формировании и активации ориджинов у человека. ARS элементы дрожжей.

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			Проблемы репликации и способы их решения в ходе репликации. Проблема репликации концов линейной ДНК. Структурна теломерной ДНК (теломерные повторы, t-петля, G-квадруплексы). Шелтериновый комплекс. Теломераза как РНК-белковый комплекс.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Методы амплификации ДНК.	Полимеразная цепная реакция (ПЦР) как метод амплификации ДНК. ПЦР с детекцией в конечной точке и ПЦР в реальном времени. Праймеры для ПЦР. Плавление ДНК. Температура плавления. Температура гибридизации зонда или праймера. Способы детекции сигнала при ПЦР в реальном времени: С использованием интеркалирующих флуорофоров, TaqMan пробы, scorpion (molecular beacon) пробы. Приложения ПЦР. ПЦР в реальном времени и обратная транскрипция. ПЦР в реальном времени для анализа дифференциальной экспрессии генов, ПЦР для диагностики инфекционных и наследственных заболеваний, мутаций, возникающих при онкологических заболеваниях и т.п. Изотермические методы амплификации сигнала на примере (рекомбиназной полимеразной амплификации (RPA) и петлевой изотермической амплификация (LAMP).
3	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 3. Методы секвенирования нуклеиновых кислот.	Секвенирование первого поколения. Секвенирование ДНК по Максаму и Гилберту: метод химической деградации. Энзиматическое секвенирование ДНК по Сенгеру. Секвенирование нового поколения (NGS). Принципы амплификации и детекции сигнала в NGS. Различные технологии NGS: пиросеквенирование, секвенирование на платформах Illumina и BGI, pH-индуцированное секвенирование (ion torrent). Секвенирование третьего поколения (long read sequencing): нанопоровое секвенирование и секвенирование на платформе PacBio Приложения NGS. Целесообразность применения NGS при установлении наследственного заболевания и выбора тактики лечения опухолевых заболеваний.
4	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 4. Основы генной инженерии.	Основные понятия генной инженерии: клонирование, вектор, плазмиды, трансформация. Ключевые элементы векторов, используемых в генной инженерии. Структуры коммерческих векторов: ориджин репликации, селективные маркеры, ген устойчивости к антибиотикам, промотр, полилинкер. Способы встраивания чужеродной ДНК в вектор, получение рекомбинатной ДНК. Система модификации-рестрикции бактерий. Рестриктазы второго типа (II) и рестриктазы IIS. Изошизомеры, неошизомеры и изокаудомеры. Праймеры для введения сайтов рестрикции. ДНК-лигазы. ДНК-полимеразы. Полинуклеотидкиназа фага Т4 и фосфатазы. Безлигазное клонирование. Трансформация бактерий. Компетентные клетки. Анализ клонов. Типы векторов в зависимости от задач: вектора для экспрессии белков в клетках бактерий и для экспрессии белков в клетках млекопитающих. Методы работы ДНК и РНК. Анализ нуклеиновых кислот с помощью электрофореза в агарозном и полиакриламидном геле. Разрешающая способность геля. Методы визуализации нуклеиновых кислот в геле. Денатурирующий электрофорез. Капиллярный электрофорез. Пульс-электрофорез. Понятие библиотеки ДНК. Основные принципы работы с коммерческими библиотеками ДНК. Геномные библиотеки. Исторические принципы получения геномных библиотек и их скрининга. Саузерн- и Нозерн-блоттинг. Получение ДНК- и РНК- зондов для гибридизации с использованием радиоактивных изотопов или флуоресцентных красителей. Библиотеки для NGS. Основные принципы их получения. Рекомбинантные белки. Тэгах для облегчения очистки или детекции. Сайты протеолиза. Вектора для экспрессии рекомбинантных белков и выбор системы экспрессии. Экспрессия рекомбинантных белков в клетках бактерий, в клетках дрожжей, в клетках насекомых и в клетках млекопитающих. Достоинства и недостатки каждой из систем. Производство рекомбинантных белков для научной деятельности, для молекулярной диагностики и для применения в клинической практике.
5	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 5. Рекомбинация ДНК.	Рекомбинация ДНК как способ обеспечение генетическои изменчивости. Гомологичные молекулы ДНК. Гомологичная, или общая рекомбинация (кроссинговер). Эктопическая рекомбинация между гомологичными участками одного генома как частныи случаи гомологичнои рекомбинации. Возникновение делеции, инверсии и дупликации в результате

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			гомологичной рекомбинации. Общая модель кроссинговера (модель Холидея). Резолвазы и белки, обеспечивающие миграцию ветвления. Модель рекомбинации, предполагающая двунитевой разрыв с последующей репарацией разрыва. Структуры Холлидея в модели рекомбинации. Миграция ветви, гетеродуплексы, разрешение структур Холлидея с помощью резолваз. Роль рекомбинации в пострепликативной репарации. Гомологичная рекомбинация у E.coli. Функция белка Rec A (recA филамента). RecBCD-комплекс. Механизм гомологичной рекомбиннаци. Меиотическая рекомбинация в профазе первого деления у эукариот. Гомологи RecA у эукариот – Rad51 и Dmt1. Синаптонемныи комплекс. Биологическое значение гомологичнои рекомбинации. Рекомбинационная репарация у прокариот и эукариот. Эукариотические механизмы DSBR, SDSA (синтез-зависимый отжиг цепей), механизм репликации, индуцированной разрывами (BIR). Механизм ренатурации одиночных цепей (SSA) Вклад рекомбинации в генетическую изменчивость. Генная конверсия. Перестроики хромосом (в первую очередь дупликации) за счет эктопическои рекомбинации. Возникновение новых генов за счет дивергенции. Мультигенные семеиства. Саит-специфическая рекомбинация. Сайт специфические рекомбиназы как топоизомеразы типа I. Семейство интеграз (тирозиновых рекомбиназ). Схема интеграции фага лямбда в хромосому E.coli. AttP и AttB сайты. Система cre-lox фага P1.
6	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1	Тема 6. Горизонтальный перенос генов	Трансформация. Трансдукция. Конъюгация. F'-плазмида бактерий. Использование AttP и AttB сайтов и интеграз в генной инженерии для интеграции целевого генетического материала в геном. Использования рекомбиназы Cre и сайтов Lox для получения генетически-редактированных клеток и животных. Методы доставки генетического материала. Трансфекция плазмид и вирусная трансдукция. Типы трансфекции. Рекомбинантные вирусы. Аденовирусы, аденоассоциированными вирусы, ретровирусы и лентивирусы, вирус везикулярного стоматита. Использование вирусных векторов в научной деятельности, для генной терапии и для вакцинации. Безопасность и иммуногенность.
7	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 7. Репарация ДНК	Типы повреждений ДНК и причины их появлений. Типы прямой репарации повреждений ДНК. Прямая репарация тиминовых димеров и прямая репарация метилированных оснований. Эксцизионная репарации путем вырезания нуклеотидов и путем вырезания эксцизия оснований. Представления об ошибках репликации, обусловленных проскальзыванием ДНК-полимеразы. Исправление ошибок репликации с помощью пруфридинговой активности полимераз и исправление ошибок репликации с помощью механизма mismatch repair. Репарация двунитевых разрывов ДНК по механизму гомологичной рекомбинации (HR) и по механизму негомологичного соединения концов (NHEJ). SOS-ответ у E.coli. Роль белков LexA, RecA, Umu.
8	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1	Тема 8. Созревание Т и В клеток	Созревание Т и В клеток. Организация локуса генов антител и Т-клеточных рецепторов. VDJ-рекомбинация. Правило 12/23. Механизм формирования новых Т- и В-клеточных рецепторов. Смена изотипов (class switch) при созревании В-клеток. Соматический гипермутагенез для улучшения аффинности антител.
9	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 9. Методы редактирования генома	Методы редактирования генома: нуклеазы с цинковыми пальцами (Zn-finger), нуклеазы TALEN, использование системы CRISPR-Cas. Преимущества и недостатки каждой из систем. Принцип редактирования генома на основе внесения двуцепочечного разрыва в определенное место ДНК. Нуклеаза Cas9 и Cas12a. Гидовые РНК. Подбор гидовых РНК с помощью онлайн-сервисов. Доставка гидовых РНК с помощью плазмид и с помощью РНК-трансфекции. Различные приложения CRISPR/Cas для нокаута, нокина и изменения экспрессии генов. CRISPR/Cas скрининг. Применение геномного редактирования в научной деятельности и перспективной клинической практике. In vivo редактирование клеточной культуры и ex vivo редактирование клеток для терапии.
Раздел 4. Транскрипция и созревание РНК			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1.	Тема 1. Транскрипция	Транскрипция у эукариот. Промоторы, энхансеры, сайленсеры у эукариот. РНК-полимеразы эукариот: ядерные РНК

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
	ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1		полимеразы I, II и III. Общие и специфические субъединицы. Промоторы и базальные транскрипционные факторы для РНК-полимераз I, II и III. Роль фактора TBP в инициации транскрипции. Базальные факторы транскрипции для РНК-полимеразы II. Детальный механизм инициации транскрипции на эукариотических промотров для РНК-полимеразы II. Пауза и арест элонгации. Роль факторов NELF, DSIF и p-TEFb. Роль фосфорилирования аминокислот в повторах гептамер в С-концевом домене наибольшей субъединицы РНК-полимеразы II (Rpb1) в инициации, элонгации и терминации транскрипции. Транскрипционная активность гена есть результат взаимодействия активаторов и ингибиторов транскрипции. Роль энхансеров и кофакторов в активации транскрипции. Участки связывания для специфических факторы транскрипции. Гены «домашнего хозяйства» и регуляция активности специфических генов. Способы активации транскрипционных факторов. Примеры наиболее известных транскрипционных факторов, обеспечивающих регуляцию экспрессии генов на стадии инициации (Jun/fos, STAT, CREB, p53, рецепторы стероидных гормонов, рецептор ретиноевой кислоты, myc, elk, ATF4, NFkB, E2F1, HIF1/2, GCN4). ДНК-связывающие домены транскрипционных факторов. Дрожжевая дигибридная система на основе фактора транскрипции GAL4. Примеры нарушения регуляции транскрипции генов в многоклеточных организмах. Изучение регуляции транскрипции на клеточном уровне. Транскриптомика на уровне одиночных клеток. In vitro транскрипция с использованием Т7 РНК-полимеразы.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Созревание РНК у эукариот.	Созревание РНК и транспорт РНК из ядра в цитоплазму. Процессинг мРНК эукариот из гетерогенной ядерной РНК (гяРНК). Кэпирование 5-конца. Полиаденилирование. ПолиА-полимераза. Роль сигнала полиаденилирования в терминации транскрипции. Наличие нескольких сигналов полиаденилирования. Роль полиаденилирования в защите мРНК от деградации, в экспорте мРНК в цитоплазму и в регуляции трансляции. Сплайсинг пр-мРНК. Интроны 1 и 2 типа. Сплайс-сайты. Консенсусные последовательности 5’- и 3’-сплайс-сайтов. Реакции трансэтерификации при сплайсинге. Сплайсома. Формирование мяРНП с помощью мяРНК и вспомогательных белков. Механизм сплайсинга с образованием структур типа лассо. Правила сплайсинга. Примеры болезней, связанных с нарушением сплайсинга: фенилкетонурия, бета-таллесемия. Энхансеры и сайленсеры сплайсинга. SR-белки, белки семейства hnRNP, полпиримидин-связывающие белки как регуляторы сплайсинга. Альтернативный сплайсинг как способ регуляции экспрессии генов и как способ образования тканеспецифичных форм белка. Роль РНК-связывающих белков в альтернативном сплайсинге. Примеры альтернативного сплайсинга (в т.ч. для белков нервной системы). Транс-сплайсинг (на примере трипаносом и нематод). Роль U7 мяРНК в процессинге 3’-конца гистоновой пре-мРНК. Сопряжение кэпирования, сплайсинга и полиаденилирвоания с транскрипцией. Роль фосфорилирования аминокислот в повторах гептамер в С-концевом домене наибольшей суъединицы РНК-полимеразы II (Rpb1) в кэпировании, полиаденилировании и сплайсинге. Высокая скорость распада пре-мРНК в ядре; роль РНК-связывающих белков и мяРНП в поддержании стабильности мРНК.. Белки комплекса соединения экзонов (EJC). Нонсенс-опосредованная деградация мРНК (NMD). P-bodies. Посттранскрипционное редактирование мРНК: редактирование мРНК (интронов, экзонов, 3’нетранслируемых областей) редактирование регуляторных РНК, тРНК, рРНК. Дезаминазы ADAR и APOBEC. Примеры других модификаций в мРНК: метилирование, псевдоуридинилирование. Процессинг рРНК эукариот. Самосплайсирущиеся интроны. Созревание тРНК эукариот. Редактирование митохондриальных и хлоропластных транскриптов растении. Экспорт зрелой мРНК из ядра в цитоплазму. Структура зрелой мРНК у эукариот: кэп, 5'-нетранслируемая лидерная область (5’НТО), открытая рамка считывания (кодирующая белок), 3'-нетранслируемая область (3’НТО), полиА-хвост. Роль 5’НТО в регуляции трансляции и роль 3’НТО в регуляции стабильности РНК и в регуляции трансляции. Связывание РНК-связываюших белков с 5'НТО и

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			3'НТО. Связывание miRNA с 3'НТО. Роль 3'НТО в определение времени жизни мРНК и ее внутриклеточной локализации. Современные подходы к изучению созревания мРНК. Методы CLIP, бисульфитное секвенирование, РНК-иммунопреципитация с использованием антител к модификации РНК.

2 семестр

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Принципы амплификации ДНК и способы работы с ней			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Репликация ДНК.	Эксперименты, обеспечившие доказательство генетической роли ДНК: эксперимент Фредерика Гриффита; эксперимент Освальда Эвери, Колина Маклауда и Маклина Маккарти; эксперимент Альфреда Херши и Марты Чейз. Модели репликации ДНК. Эксперимент Мезельсона и Сталя, доказавший полуконсервативный механизм репликации ДНК. Понятие репликона как единицы репликации. Ориджины репликации. ДНК-полимеразы. Общие принципы работы ДНК-полимераз. Роль праймеров. Понятие точности и процессивности. Принципы репликации ДНК. Репликативная вилка и двунаправленный синтез ДНК. Понятие лидирующей цепи и отстающей. Прерывистый синтез ДНК и фрагменты Оказаки. Механизм репликации ДНК у прокариот. Основные компоненты репликативной вилки прокариот. ДНК-полимеразы прокариот: ДНК-полимеразы I (ДНК-полимераза Корнберга), II и III. Фрагмент Кленова. Корректирующая 3'-5' экзонуклеазная активность ДНК-полимераз. Праимазы. Хеликазы. Топоизомеразы и гиразы. ДНК-лигазы. Роль скользящего зажима. Ориджин Ori C E.coli. Инициация репликации у E.coli и роль метилирования в этом процессе. Репликация кольцевых двунитевых ДНК по типу «катящегося кольца» (для фаговой ДНК) и «D-петли» (для митохондриальной ДНК). Репликация у эукариот. Репликоны эукариот. ДНК-полимеразы эукариот: основные репликативные ДНК-полимеразы и ДНК-полимеразы, участвующие в репарации. Ядерные ДНК-полимеразы Высокоточные репликативные ДНК-полимеразы (репликазы): ядерные ДНК-полимеразы α, δ, ε и митохондриальная ДНК-полимераза γ. Высокоточные и низкоточные репаративные ДНК-полимеразы. Полимеразная и праймазные активности ДНК-полимеразы α. Основные компоненты репликативной вилки эукариот и механизм репликации. Роль скользящего зажима (PCNA). Контроль репликации у эукариот. Роль циклинов и циклин-зависимых киназ в формировании и активации ориджинов у человека. ARS элементы дрожжей. Проблемы репликации и способы их решения в ходе репликации. Проблема репликации концов линейной ДНК. Структурна теломерной ДНК (теломерные повторы, t-петля, G-квадруплексы). Шелтериновый комплекс. Теломераза как РНК-белковый комплекс.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Методы амплификации ДНК.	Полимеразная цепная реакция (ПЦР) как метод амплификации ДНК. ПЦР с детекцией в конечной точке и ПЦР в реальном времени. Праймеры для ПЦР. Плавление ДНК. Температура плавления. Температура гибридизации зонда или праймера. Способы детекции сигнала при ПЦР в реальном времени: С использованием интеркалирующих флуорофоров, TaqMan пробы, scorpion (molecular beacon) пробы. Приложения ПЦР. ПЦР в реальном времени и обратная транскрипция. ПЦР в реальном времени для анализа дифференциальной экспрессии генов, ПЦР для диагностики инфекционных и наследственных заболеваний, мутаций, возникающих при онкологических заболеваниях и т.п. Изотермические методы амплификации сигнала на примере (рекомбиназной полимеразной амплификации (RPA) и петлевой изотермической амплификация (LAMP).
3	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 3. Методы секвенирования нуклеиновых кислот.	Секвенирование первого поколения. Секвенирование ДНК по Максаму и Гилберту: метод химической деградации. Энзиматическое секвенирование ДНК по Сенгеру. Секвенирование нового поколения (NGS). Принципы амплификации и детекции сигнала в NGS. Различные технологии NGS: пиросеквенирование, секвенирование на платформах Illumina и BGI, pH-индуцированное

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			секвенирование (ion torrent). Секвенирование третьего поколения (long read sequencing): нанопоровое секвенирование и секвенирование на платформе PacBio Приложения NGS. Целесообразность применения NGS при установлении наследственного заболевания и выбора тактики лечения опухолевых заболеваний.
4	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 4. Основы генной инженерии.	Основные понятия генной инженерии: клонирование, вектор, плазмиды, трансформация. Ключевые элементы векторов, используемых в генной инженерии. Структуры коммерческих векторов: ориджин репликации, селективные маркеры, ген устойчивости к антибиотикам, промотр, полилинкер. Способы встраивания чужеродной ДНК в вектор, получение рекомбинатной ДНК. Система модификации-рестрикции бактерий. Рестриктазы второго типа (II) и рестриктазы IIS. Изошизомеры, неошизомеры и изокаудомеры. Праймеры для введения сайтов рестрикции. ДНК-лигазы. ДНК-полимеразы. Полинуклеотидкиназа фага Т4 и фосфатазы. Безлигазное клонирование. Трансформация бактерий. Компетентные клетки. Анализ клонов. Типы векторов в зависимости от задач: вектора для экспрессии белков в клетках бактерий и для экспрессии белков в клетках млекопитающих. Методы работы ДНК и РНК. Анализ нуклеиновых кислот с помощью электрофореза в агарозном и полиакриламидном геле. Разрешающая способность геля. Методы визуализации нуклеиновых кислот в геле. Денатурирующий электрофорез. Капиллярный электрофорез. Пульс-электрофорез. Понятие библиотеки ДНК. Основные принципы работы с коммерческими библиотеками ДНК. Геномные библиотеки. Исторические принципы получения геномных библиотек и их скрининга. Саузерн- и Нозерн-блоттинг. Получение ДНК- и РНК- зондов для гибридизации с использованием радиоактивных изотопов или флуоресцентных красителей. Библиотеки для NGS. Основные принципы их получения. Рекомбинантные белки. Тэгах для облегчения очистки или детекции. Сайты протеолиза. Вектора для экспрессии рекомбинантных белков и выбор системы экспрессии. Экспрессия рекомбинантных белков в клетках бактерий, в клетках дрожжей, в клетках насекомых и в клетках млекопитающих. Достоинства и недостатки каждой из систем. Производство рекомбинантных белков для научной деятельности, для молекулярной диагностики и для применения в клинической практике.
5	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 5. Рекомбинация ДНК.	Рекомбинация ДНК как способ обеспечение генетическои изменчивости. Гомологичные молекулы ДНК. Гомологичная, или общая рекомбинация (кроссинговер). Эктопическая рекомбинация между гомологичными участками одного генома как частныи случаи гомологичнои рекомбинации. Возникновение делеции, инверсии и дупликации в результате гомологичной рекомбинации. Общая модель кроссинговера (модель Холидея). Резолвазы и белки, обеспечивающие миграцию ветвления. Модель рекомбинации, предполагающая двунитевой разрыв с последующей репарацией разрыва. Структуры Холлидея в модели рекомбинации. Миграция ветви, гетеродуплексы, разрешение структур Холлидея с помощью резолваз. Роль рекомбинации в пострепликативной репарации. Гомологичная рекомбинация у E.coli. Функция белка Rec A (recA филамента). RecBCD-комплекс. Механизм гомологичной рекомбиннаци. Меиотическая рекомбинация в профазе первого деления у эукариот. Гомологи RecA у эукариот – Rad51 и Dmt1. Синаптонемныи комплекс. Биологическое значение гомологичнои рекомбинации. Рекомбинационная репарация у прокариот и эукариот. Эукариотические механизмы DSBR, SDSA (синтез-зависимый отжиг цепей), механизм репликации, индуцированной разрывами (BIR). Механизм ренатурации одиночных цепей (SSA) Вклад рекомбинации в генетическую изменчивость. Генная конверсия. Перестроики хромосом (в первую очередь дупликации) за счет эктопическои рекомбинации. Возникновение новых генов за счет дивергенции. Мультигенные семеиства. Саит-специфическая рекомбинация. Сайт специфические рекомбиназы как топоизомеразы типа I. Семейство интеграз (тирозиновых рекомбиназ). Схема интеграции фага лямбда в хромосому E.coli. AttP и AttB сайты. Система cre-lox фага P1.
6	ОПК-1.ИД2,	Тема 6. Горизонтальный перенос	Трансформация. Трансдукция. Конъюгация. F'-плазмида

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
	ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1	генов	бактерий. Использование AttP и AttB сайтов и интеграз в генной инженерии для интеграции целевого генетического материала в геном. Использования рекомбиназы Cre и сайтов Lox для получения генетически-редактированных клеток и животных. Методы доставки генетического материала. Трансфекция плазмид и вирусная трансдукция. Типы трансфекции. Рекомбинантные вирусы. Аденовирусы, аденоассоциированными вирусы, ретровирусы и лентивирусы, вирус везикулярного стоматита. Использование вирусных векторов в научной деятельности, для генной терапии и для вакцинации. Безопасность и иммуногенность.
7	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 7. Репарация ДНК	Типы повреждений ДНК и причины их появлений. Типы прямой репарации повреждений ДНК. Прямая репарация тиминовых димеров и прямая репарация метилированных оснований. Эксцизионная репарации путем вырезания нуклеотидов и путем вырезания эксцизия оснований. Представления об ошибках репликации, обусловленных проскальзыванием ДНК-полимеразы. Исправление ошибок репликации с помощью пруфридинговой активности полимераз и исправление ошибок репликации с помощью механизма mismatch repair. Репарация двунитевых разрывов ДНК по механизму гомологичной рекомбинации (HR) и по механизму негомологичного соединения концов (NHEJ). SOS-ответ у E.coli. Роль белков LexA, RecA, Umu.
8	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1	Тема 8. Созревание Т и В клеток	Созревание Т и В клеток. Организация локуса генов антител и Т-клеточных рецепторов. VDJ-рекомбинация. Правило 12/23. Механизм формирования новых Т- и В-клеточных рецепторов. Смена изотипов (class switch) при созревании В-клеток. Соматический гипермутагенез для улучшения аффинности антител.
9	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 9. Методы редактирования генома	Методы редактирования генома: нуклеазы с цинковыми пальцами (Zn-finger), нуклеазы TALEN, использование системы CRISPR-Cas. Преимущества и недостатки каждой из систем. Принцип редактирования генома на основе внесения двуцепочечного разрыва в определенное место ДНК. Нуклеаза Cas9 и Cas12a. Гидовые РНК. Подбор гидовых РНК с помощью онлайн-сервисов. Доставка гидовых РНК с помощью плазмид и с помощью РНК-трансфекции. Различные приложения CRISPR/Cas для нокаута, нокина и изменения экспрессии генов. CRISPR/Cas скрининг. Применение геномного редактирования в научной деятельности и перспективной клинической практике. In vivo редактирование клеточной культуры и ex vivo редактирование клеток для терапии.
Раздел 2. Транскрипция и созревание РНК			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Транскрипция	Транскрипция у эукариот. Промоторы, энхансеры, сайленсеры у эукариот. РНК-полимеразы эукариот: ядерные РНК полимеразы I, II и III. Общие и специфические субъединицы. Промоторы и базальные транскрипционные факторы для РНК-полимераз I, II и III. Роль фактора TBP в инициации транскрипции. Базальные факторы транскрипции для РНК-полимеразы II. Детальный механизм инициации транскрипции на эукариотических промотров для РНК-полимеразы II. Пауза и арест элонгации. Роль факторов NELF, DSIF и p-TEFb. Роль фосфорилирования аминокислот в повторах гептамер в С-концевом домене наибольшей субъединицы РНК-полимеразы II (Rpb1) в инициации, элонгации и терминации транскрипции. Транскрипционная активность гена есть результат взаимодействия активаторов и ингибиторов транскрипции. Роль энхансеров и кофакторов в активации транскрипции. Участки связывания для специфических факторы транскрипции. Гены «домашнего хозяйства» и регуляция активности специфических генов. Способы активации транскрипционных факторов. Примеры наиболее известных транскрипционных факторов, обеспечивающих регуляцию экспрессии генов на стадии инициации (Jun/fos, STAT, CREB, p53, рецепторы стероидных гормонов, рецептор ретиноевой кислоты, myc, elk, ATF4, NFkB, E2F1, HIF1/2, GCN4). ДНК-связывающие домены транскрипционных факторов. Дрожжевая дигибридная система на основе фактора транскрипции GAL4. Примеры нарушения регуляции транскрипции генов в многоклеточных организмах. Изучение

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			регуляции транскрипции на клеточном уровне. Транскриптомика на уровне одиночных клеток. In vitro транскрипция с использованием Т7 РНК-полимеразы.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Созревание РНК у эукариот.	Созревание РНК и транспорт РНК из ядра в цитоплазму. Процессинг мРНК эукариот из гетерогенной ядерной РНК (гяРНК). Кэпирование 5-конца. Полиаденилирование. ПолиА-полимераза. Роль сигнала полиаденилирования в терминации транскрипции. Наличие нескольких сигналов полиаденилирования. Роль полиаденилирования в защите мРНК от деградации, в экспорте мРНК в цитоплазму и в регуляции трансляции. Сплайсинг пр-мРНК. Интроны 1 и 2 типа. Сплайс-сайты. Консенсусные последовательности 5’- и 3’-сплайс-сайтов. Реакции трансэтерификации при сплайсинге. Сплайсома. Формирование мяРНП с помощью мяРНК и вспомогательных белков. Механизм сплайсинга с образованием структур типа лассо. Правила сплайсинга. Примеры болезней, связанных с нарушением сплайсинга: фенилкетонурия, бета-таллесемия. Энхансеры и сайленсеры сплайсинга. SR-белки, белки семейства hnRNP, полпиримидин-связывающие белки как регуляторы сплайсинга. Альтернативный сплайсинг как способ регуляции экспрессии генов и как способ образования тканеспецифичных форм белка. Роль РНК-связывающих белков в альтернативном сплайсинге. Примеры альтернативного сплайсинга (в т.ч. для белков нервной системы). Транс-сплайсинг (на примере трипаносом и нематод). Роль U7 мяРНК в процессинге 3’-конца гистоновой пре-мРНК. Сопряжение кэпирования, сплайсинга и полиаденилирвоания с транскрипцией. Роль фосфорилирования аминокислот в повторах гептамер в С-концевом домене наибольшей суъединицы РНК-полимеразы II (Rpb1) в кэпировании, полиаденилировании и сплайсинге. Высокая скорость распада пре-мРНК в ядре; роль РНК-связывающих белков и мяРНП в поддержании стабильности мРНК.. Белки комплекса соединения экзонов (EJC). Нонсенс-опосредованная деградация мРНК (NMD). P-bodies. Посттранскрипционное редактирование мРНК: редактирование мРНК (интронов, экзонов, 3’нетранслируемых областей) редактирование регуляторных РНК, тРНК, рРНК. Дезаминазы ADAR и APOBEC. Примеры других модификаций в мРНК: метилирование, псевдоуридинилирование. Процессинг рРНК эукариот. Самосплайсирущиеся интроны. Созревание тРНК эукариот. Редактирование митохондриальных и хлоропластных транскриптов растении. Экспорт зрелой мРНК из ядра в цитоплазму. Структура зрелой мРНК у эукариот: кэп, 5'-нетранслируемая лидерная область (5’НТО), открытая рамка считывания (кодирующая белок), 3'-нетранслируемая область (3’НТО), полиА-хвост. Роль 5’НТО в регуляции трансляции и роль 3’НТО в регуляции стабильности РНК и в регуляции трансляции. Связывание РНК-связывающих белков с 5'НТО и 3'НТО. Связывание miRNA с 3'НТО. Роль 3’НТО в определение времени жизни мРНК и ее внутриклеточной локализации. Современные подходы к изучению созревания мРНК. Методы CLIP, бисульфитное секвенирование, РНК-иммунопреципитация с использованием антител к модификации РНК.
Раздел 3. Эпигенетическая регуляция экспрессии генов.			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Метилирование ДНК у эукариот.	Метилирование ДНК у эукариот. Метилирование CpG-островков. Система метилирования и деметилирования цитозинов. Дезаминирование метилированного цитозина. Связь метилирования ДНК и метилирования гистонов. Механизм репрессии транскрипции, обусловленный метилированием. Функции метилирования ДНК. Наследование профиля метилирования ДНК. Метилирование и деметилирование в процессе гаметогенеза. Деметилирование ДНК: глобальное деметилирование при развитии зародыша млекопитающих и при старение. Специфическое метилирование, обеспечивающее импринтинг (на примере гена IGF2). Мутациии ДНК-метилтрансфераз и метилсвязывающих белков. Метилирование ДНК при опухолевых заболеваниях.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1,	Тема 2. Гистоны и гистоновый код	Доменно-петлевая структура хроматина. ТАДы – топологически ассоциированные домены. Понятие инсулятора. Архитектурные белки. Хромосомные территории.

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
	ОПК-7.ИД1		Эу- и гетерохроматин (открытый и закрытое состояние хроматина). Транскрипционная активность эухроматина и гетерохроматина (конститутивный и факультативный гетерохроматин). Уровни организации хроматина. Нуклеосомный уровень организации хроматина. Коровые гистоны и линкерный гистон. Особенности структуры гистонов, гистоновый фолд. Варианты гистоны. Гистоны и гистоновый код: ферменты «читатели», «писатели» и «стиратели» гистоновых меток. Метилирование, ацетилирование, фосфорилирование, сумоилирование гистонов. Распространение гистоновых меток внутри ТАДа. Связь посттрансляционной модификации гистона с транскрипционной активностью хроматина. Активирующие и репрессорные гистоновые метки. Метки промотров и энхансеров активных генов. Поликомб-комплексы PRC1 и PRC2. Открытое и закрытое состояние хроматина. Переход из закрытого состояния в открытое с помощью комплексов ремоделирования хроматина с помощью комплексов семейства SWI за счет регулирования степени компактизации ДНК. Механизм работы комплексов ремоделирования хроматина на примере комплексов семейства SWI. Представители этого семейства: комплексы cBAF, PBAF, ncBAF. Тканеспецифичная экспрессия комплекса ncBAF в нейрональных клетках. Роль других комплексов ремоделирования хроматина в сборке нуклеосом и в изменении гистонового состава нуклеосом (замена вариант гистона). 3-d геномика. Методы анализа метилирования ДНК и распределения гистоновых меток в геноме. Hi-C для выявления пространственно сближенных участков хроматина. Chip-seq для анализа ДНК-белковых взаимодействий. Эпигенетические базы данных.
3	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 3. Роль некодирующих РНК в регуляции экспрессии генов	Длинные некодирующие РНК. Основные функции и примеры. MALAT1 и NEAT1. 7SK РНК. Транскрибируемые энхансеры. eRNA. Антисмысловая транскрипция РНК РНК-интерференция. Эпигенетическая регуляция экспрессии генов с помощью малых некодироющих РНК (siRNA) и микроРНК (miRNA). Роль белков семейства аргонавт (AGO). Комплекс RISC. Сходство и различия в механизмах регуляции с помощью siRNA и miRNA. Роль miRNA в регуляции стабильности мРНК и в регуляции трансляции. Использование siRNA и shRNA в научной детальности для нокдаунов генов. Терапия с помощью антисенс олигонуклеотиды (ASO) на примере нусинерсена (спинразы) для лечения СМА. Эпигенетическая регуляция экспрессии генов с помощью piRNA. Пинг-понг механизм. Роль белков семейства аргонавт. Роль piRNA в защите клетки от ретротранспозонов. Экспрессия piRNA в герминальных клетках.
Раздел 4. Биосинтез белка			
1	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 1. Биосинтез белка рибосомами	Участники биосинтеза белка: мРНК, аминоацил-тРНК и рибосома. Рибосомы прокариот и эукариот: рРНК и рибосомные белки. Малая и большая субчастица рибосомы. Декодирующий и пептидил-трасферазный центр. рРНК как основа структуры рибосомы. Значение рибосомнои РНК. Виды рибосомных РНК. Рибосомные белки. А, Р, Е сайты рибосомы. Формирование мРНК-связывающего канала. Современная номенклатура рибосомных белков. Рибосомы хлоропластов и митохондрий. Расшифровка генетического кодона. Генетическии код. Кодона. Основные свойства генетического кода: триплетность, специфичность, вырожденность, неперекрываемость, отсутствие пропусков, универсальность. Кодовые семейства, старт и стоп кодоны. Примеры некоторых отклонений от универсальности генетического кода. тРНК. Созревание тРНК у эукариот. Вторичная и третичная структура тРНК (L-форма). Антикодоновая петля тРНК. Модификации азотистых оснований в тРНК. Особенности митохондриальных тРНК. Адаптерная гипотеза Крика и ее доказательства. Аминоацил-тРНК и аминоацил-тРНК-синтетазы. Реакции аминоацилирования, катализируемые аминоацил-тРНК-синтетазами. Типы аминоацил-тРНК-синтетаз и их специфичность к аминокислоте и к тРНК. Структуры комплексов тРНК и аминоацил-тРНК синтетаз. Кодон-антикодоновое взаимодействие. Предпосылки к гипотезе вихляния Ф. Крика. Правило нестрогого соответствия. Трансляция мРНК с участием рибосом. Стадии трансляции:

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			инициация, элонгация и терминация. Рабочии (элонгационныи) цикл рибосомы у прокариот. Роль ГТФ-связывающих факторов элонгации; Роль элонгационных факторов при связывании аминоацил-тРНК. Образование пептидной связи в пептидил-трансферазный. Фактор элонгации EF-Tu, его структура и взаимодействия. Фактор EF-Ts. Роль фактора EF-G. Рабочии (элонгационныи) цикл рибосомы у эукариот, роль факторов eEF1A, eEF1B eEF2. Полисомы. Центрифугирование клеточного экстракта в сахарозном градиенте. Полисомный и рибосомный профайлинг. Антибиотики, ингибирующие прокариотическую и эукариотическую рибосому.
2	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 2. Инициация трансляции	Внутренняя инициация трансляции у прокариот. Последовательность анти-Шайн-Дальгарно и Шайн-Дальгарно. Альтернативные стартовые кодоны. Роль факторов IF1, IF2, IF3. Особенности инициаторной формил-метионил-тРНК. Основные принципы регуляция трансляции у прокариот Регуляция трансляции у прокариот. Регуляция инициации трансляции предшествующими открытыми рамками считывания (аттенюация трансляции). Аттенюация трансляции на примере cat и erm мРНК. Адаптивная регуляция инициации трансляции белками-репрессорами (трансляционная репрессия) на примере авторегулируемого синтеза треонил-тРНК-синтетазы и регуляция трансляции РНК фага MS2 и авторегуляции синтеза рибосомных белков у прокариот. Регуляция трансляции аптамерными модулями мРНК («рибопереключения»/riboswitches) на примере тиаминового и аденилового рибопереключателей. Отличие эукариотической мРНК от прокариотической. 5’концевая инициация трансляции у эукариот. Отличие 18S рРНК малой субчастицы рибосомы эукариот пот 16S рРНК малой субчастицы рибосомы прокариот. Детальный механизм инициации трансляции у эукариот с участием инициаторных факторов. Консенсусная последовательность Козак и контекст инициаторного стартового кодона. Альтернативные стартовые кодоны. Роль факторов eIF1 и eIF5 в узнавании старового кодона. Роль фактора eIF4F в посадке рибосомы на 5’-конец. Сканирование 5’нетранслируемой области до стартового кодона. Сборка 48S и 80S инициаторного комплексов. Регуляция трансляции эукариот с помощью 4E-BP при ингибировании mTOR и с помощью фосфорилирования eIF2. . Два механизма трансляционной репрессии: ингибирование связывания инициаторного комплекса и ингибирование сканирования.Роль 5’НТО в регуляции трансляции. Трансляционная репрессия у эукариот.Специфические структуры в 5’НТО, связывание РНК-связывающих белков, наличие альтернативных стартовых кодонов и открытых рамок считывания (uAUG и uORF). Регуляция трансляции с помощью РНК-связывающих белков. Пример регуляции синтеза ферритина. Регуляция трансляции основной рамки с помощью коротких uORF. 3’-концевые усилители инициации трансляции у эукариот и возможный механизм их действия. CITE – 5’-конец-зависимая, но кэп-независимая инициация трансляции мРНК эукариот. Специфические механизмы регуляции трансляции в нейтрональных клетках: регуляция с помощью РНК-связывающих белков, регуляция экспрессии в разных компартментах нейрона: в теле и в аксоне. Специфические механизмы инициации трансляции вирусных РНК. Геном вируса гриппа, механизм кэпирования его мРНК. Нейротропные вирусы. Вирус энцефаломиокардита, полиовирус, энтеровирусы, герпесвирусы, вирус кори. Устройство геномов и специфические механизмы трансляции. IRES-зависимая трансляция. Типы IRES элементов на примере полиовируса, вируса энцефаломиокардита, энтеровируса, вируса гепатита С, вирус паралича сверчка и вируса черного маточника. Использование IRES элементов при создании плазмид. T2A пептид как альтернатива использования IRES элементов для «бицистронной экспрессии».Использование рекомбинантных нейтротропных вирусов в изучении нервной системы и в перспективной клинической практике. Подходы к проектированию мРНК-вакцин.
3	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 3. Терминация трансляции	Механизм терминации трансляции. Роль факторов терминации класса 1 и класса 2. Терминация трансляции у прокариот и рециклинг рибосом. Роль фактора EF-G в рециклинге рибосом у прокариот. Терминация трансляции у эукариот. Роль RF1 и RF3. Терминация трансляции у

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
			прокариот и рециклинг рибосом у эукариот. Роль фактора ABCE1 и eIF2D. Текучесть стоп-кодонов. тРНК, ответственные за текучесть, их антикодоны. Механизм кодирования селеноцистеина. Роль специфических факторов и нуклеотидного контекста. Механизм синтеза селеноцистеинил-тРНК.
4	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 4. Хранение и инактивация мРНК	Маскирование мРНК в зародышевых клетках. Маскирование и демаскирование мРНК в эмбриональном развитии и при клеточной дифференцировке. мРНП и стресс-гранулы. Компонентные стресс-гранул. Общие представления о роли стресс-гранул в клетке и их изучении
5	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 5. Синтез секретируемых белков	Синтез секретируемых белков у прокариот. Экспрессия белков в периплазме. Синтез секретируемых белков у эукариот. Трансляция и транлокация секретируемых белков через мембрану. Сигнальная последовательность и SRP-частица. Котрансляционный фолдинг и фолдинг с помощью шапернов. Посттрансляционные модификации секретируемых и мембранных белков.
6	ОПК-1.ИД2, ОПК-2.ИД1, ОПК-3.ИД1, ОПК-7.ИД1	Тема 6. Посттрансляционные модификации белков.	Ограниченный протеолиз, отщепление N-концевой аминокислоты. Образование дисульфидных связей, N и O-гликозилирование. Роль гликозилирования в фолдинге белка и активности ферментов. Фосфорилирование как основная регуляторная модификация для изменения активности ферментов. Метилирование и ацетилирование (на примере гистонов). Моно- и поли-убиквитинилирование. Деградация белка в протеосоме. Сумоилирование. Липидирование. Везикулярный транспорт белков в различные компартменты эукариотическои клетки. Методические подходы для изучения транспорта белков в различные компартменты клетки. Роль транспорта белков в жизнедеятельности нейрона.

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	ОК
1	2	3	4	5	6	7
1 семестр						
Раздел 1. Общие понятия молекулярной биологии. Нуклеиновые кислоты						
Тема 1. Введение в молекулярную биологию.						
1	СЗ	Основные понятия молекулярной биологии. Объекты и задачи.	1	Д	1	
2	ЛПЗ	Работа с биологическими базами данных: ncbi (pubmed, gene, nucleotide, protein) uniprot, pdb	2	Т	1	1
3	ЛЗ	Введение в молекулярную биологию.	2	Д	1	
Тема 2. Структура нуклеиновых кислот.						
4	СЗ	Структура ДНК и РНК	1	Д	1	
5	ЛПЗ	Выделение нуклеиновых кислот из буккального эпителия	2	Т	1	1
6	ЛЗ	Структура нуклеиновых кислот.	2	Д	1	
7	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 1	2	Р	1	1
Раздел 2. Геномы						
Тема 1. Структура генома						
8	СЗ	Структура геномов различных организмов.	1	Д	1	
9	ЛПЗ	Амплификация Alu-повтор и электрофорез в ПААГ.	2	Т	1	1
10	ЛЗ	Структура генома	2	Д	1	
Тема 2. Метагеномика						
11	СЗ	Метагеномика	1	Д	1	
12	ЛЗ	Метагеномика	2	Д	1	
13	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 2	2	Р	1	1
Раздел 3. Принципы амплификации ДНК и способы работы с ней						
Тема 1. Репликация ДНК.						
14	СЗ	Репликация ДНК у прокариот	1	Д	1	
15	СЗ	Репликация ДНК у эукариот	1	Д	1	
16	ЛЗ	Репликация ДНК.	2	Д	1	
Тема 2. Методы амплификации ДНК.						
17	СЗ	Методы амплификации ДНК (ПЦР и LAMP)	1	Д	1	
18	ЛПЗ	ПЦР в реальном времени для оценки эффективности нокдауна с помощью siRNA	1	Т	1	1
19	ЛЗ	Методы амплификации ДНК.	2	Д	1	
20	ЛЗ	Методы амплификации ДНК.	2	Д	1	
Тема 3. Методы секвенирования нуклеиновых кислот.						
21	СЗ	Методы секвенирования нуклеиновых кислот	1	Д	1	
Тема 4. Основы генной инженерии.						
22	СЗ	Основы генной инженерии	1	Д	1	
23	ЛПЗ	ПЦР, рестрикция. Работа с программой SnapGene.	1	Т	1	1
24	ЛПЗ	лигирование, трансформация, ПЦР-скрининг	1	Т	1	1
25	ЛПЗ	Выделение плазмидной ДНК	2	Т	1	1
26	ЛЗ	Основы генной инженерии.	2	Д	1	
Тема 5. Репарация ДНК						
27	ЛЗ	Репарация ДНК	2	Д	1	
Раздел 4. Транскрипция и созревание РНК						
Тема 1. Транскрипция						
28	ЛЗ	Транскрипция	2	Д	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	ОК
1	2	3	4	5	6	7
		Всего в семестре	44		28	9
29	З	Промежуточная аттестация	2	ПА	1	
2 семестр						
Раздел 1. Принципы амплификации ДНК и способы работы с ней						
Тема 1. Рекомбинация ДНК.						
30	ЛЗ	Общая рекомбинация ДНК	2	Д	1	
31	ЛЗ	Сайт-специфическая рекомбинация ДНК.	2	Д	1	
32	ЛЗ	Трансформация. Трансдукция. Конъюгация	2	Д	1	
Тема 2. Горизонтальный перенос генов						
33	ЛПЗ	Методы доставки генетического материала	1	Т	1	1
34	ЛПЗ	Продукция рекомбинантных аденоассоциированных вирусов	1	Т	1	1
Тема 3. Репарация ДНК						
35	ЛЗ	Прямая и эксцизионная репарация. Репарация неправильно спаренных нуклеотидов.	2	Д	1	
36	ЛЗ	Репарация двунитевых разрывов. SOS-ответ у E.coli	2	Д	1	
Тема 4. Созревание Т и В клеток						
37	ЛЗ	Созревание Т и В-клеток. VDJ рекомбинация	2	Д	1	
Тема 5. Методы редактирования генома						
38	ЛЗ	Методы редактирования генома	2	Д	1	
39	ЛПЗ	Подбор гидовых РНК и планирование клонирования гидовых последовательностей в вектор	2	Т	1	1
40	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 3	2	Р	1	1
Раздел 2. Транскрипция и созревание РНК						
Тема 1. Транскрипция						
41	ЛЗ	Транскрипция у прокариот и эукариот	2	Д	1	
42	ЛПЗ	Регуляция транскрипции у прокариот и эукариот	2	Т	1	1
43	ЛПЗ	Трансфекция репортерных плазмидных ДНК в клетки	1	Т	1	1
44	ЛПЗ	In vitro транскрипция РНК	2	Т	1	1
Тема 2. Созревание РНК у эукариот.						
45	ЛЗ	Созревание РНК у эукариот.	2	Д	1	
46	СЗ	NGS методы анализа регуляции экспрессии генов	2	Д	1	
47	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 4	2	Р	1	1
Раздел 3. Эпигенетическая регуляция экспрессии генов.						
Тема 1. Метилирование ДНК у эукариот.						
48	ЛЗ	Метилирование ДНК у эукариот	2	Д	1	
Тема 2. Гистоны и гистоновый код						
49	СЗ	Гистоны и гистоновый код	1	Д	1	
Тема 3. Роль некодирующих РНК в регуляции экспрессии генов						
50	СЗ	Роль некодирующих РНК в регуляции экспрессии генов	1	Д	1	
51	ЛПЗ	Верификация siRNA-нокдауна с помощью вестерн-блоттинга	1	Т	1	1
52	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 5	1	Р	1	1
Раздел 4. Биосинтез белка						
Тема 1. Биосинтез белка рибосомами						
53	СЗ	Биосинтез белка рибосомами.	1	Д	1	
Тема 2. Инициация трансляции						
54	СЗ	Инициация трансляции у прокариот и эукариот	1	Д	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	ОК
1	2	3	4	5	6	7
Тема 3. Терминация трансляции						
55	СЗ	Терминация трансляции	1	Д	1	
Тема 4. Хранение и инактивация мРНК						
56	СЗ	Хранение и инактивация мРНК	1	Д	1	
Тема 5. Синтез секретируемых белков						
57	СЗ	Синтез секретируемых белков	1	Д	1	
Тема 6. Посттрансляционные модификации белков.						
58	ЛПЗ	Регуляция трансляции у эукариот. Транфекция репортерных мРНК в клетки млекопитающих	1	Т	1	1
59	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 6	1	Р	1	1
		Всего в семестре	46		30	12
60	Э	Экзамен	8	ПА		1
		Всего по дисциплине	90		58	21

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

Условные обозначения

Виды учебных занятий*

Виды учебных занятий	Сокращённое наименование	
Лекционное занятие	Лекция	ЛЗ
Лабораторно-практическое занятие	Лабораторно-практическое	ЛПЗ
Семинарское занятие	Семинар	СЗ
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
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 комбинированный	Опрос комбинированный	ОК		+	+

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
1 семестр	Зачет	Контроль присутствия, Опрос устный
2 семестр	Экзамен	Опрос комбинированный

Условные обозначения ****

Формы промежуточной аттестации	Сокращённое наименование	
Экзамен	Экзамен	Э
Зачет	Зачет	З

5.2 Критерии выставления оценок

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета

1 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценок
«зачтено»	Соблюдение хотя бы одного из условий: 1) Тестовый контроль должен быть написан не менее чем на 70 %; 2) При устном ответе студент демонстрирует освоение материала не ниже следующих требований: - частично выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует усвоение программного материала (в ходе ответа в основных чертах раскрывает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), но испытывает затруднения при его самостоятельном воспроизведении, требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; - дает не полный, недостаточно аргументированный ответ; - делает правильные обобщения и выводы по отдельным вопросам; - допускает ошибки при воспроизведении знаний; - на дополнительные ответы по программному материалу отвечает с трудом; - умеет применять полученные знания при решении практических (ситуационных) задач, но допускает незначительные ошибки; Допускаются ошибки и неточности в содержании ответа, которые исправляются обучающимся с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«не зачтено»	Соблюдение двух условий: 1) Тестовый контроль написан менее чем на 70 %; 2) Студент: - не выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует разрозненные знания программного материала (в ходе ответа фрагментарно и нелогично излагает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), не использует или слабо использует научную терминологию); - допускает существенные ошибки и не корректирует ответ после дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; - не делает обобщения и выводы; - не отвечает на дополнительные вопросы; - не умеет применять теоретические знания при решении практических (ситуационных) задач; или: - отказывается от ответа; или: - во время подготовки к ответу и самого ответа использует несанкционированные источники информации, технические средства.

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена

2 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценок
«неудовлетворительно»	в том случае, если обучающийся: - частично выполнил или не выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует разрозненные знания программного материала (в ходе ответа фрагментарно и нелогично излагает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), не использует или слабо использует научную терминологию); - допускает существенные ошибки и не корректирует ответ после дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; - не делает обобщения и выводы; - не отвечает на дополнительные вопросы; - не умеет применять теоретические знания при решении практических (ситуационных) задач; - не умеет пользоваться необходимым оборудованием, инструментами, обращаться с препаратами; или: - отказывается от ответа; или: - во время подготовки к ответу и самого ответа использует несанкционированные источники информации, технические средства.
«хорошо»	в том случае, если обучающийся: - выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует усвоение программного материала (в ходе ответа раскрывает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), выделяет в нем главные положения; - грамотно,

Шкала оценивания	Критерии выставления оценок
	используя научную терминологию, излагает программный материал, дает последовательный и исчерпывающий ответ на поставленные вопросы, делает обобщения и выводы; - не допускает серьезных ошибок при воспроизведении знаний; - отвечает без особых затруднений на дополнительные вопросы по программному материалу; - умеет применять полученные знания и умения при решении практических (ситуационных) задач; Допускаются мелкие неточности и не более двух ошибок, которые после уточнения (наводящих вопросов) обучающийся способен исправить.
«удовлетворительно»	в том случае, если обучающийся: - частично выполнил или не выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует разрозненные знания программного материала (в ходе ответа фрагментарно и нелогично излагает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), не использует или слабо использует научную терминологию); - допускает существенные ошибки и не корректирует ответ после дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; - не делает обобщения и выводы; - не отвечает на дополнительные вопросы; - не умеет применять теоретические знания при решении практических (ситуационных) задач; - не умеет пользоваться необходимым оборудованием, инструментами, обращаться с препаратами; или: - отказывается от ответа; или: - во время подготовки к ответу и самого ответа использует несанкционированные источники информации, технические средства.
«отлично»	в том случае, если обучающийся: - выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует усвоение всего объема программного материала (в ходе ответа раскрывает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), выделяет в нем главные положения; - грамотно, используя научную терминологию, логично излагает программный материал, дает последовательный и исчерпывающий ответ на поставленные вопросы, делает обобщения и выводы; - не допускает ошибок при воспроизведении знаний; - легко отвечает на дополнительные вопросы по программному материалу; - осмысленно применяет полученные знания и умения при решении практических (ситуационных) задач;

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.

1 семестр

Виды занятий		Формы проведения текущего контроля успеваемости		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Лабораторно-практическое занятие	ЛПЗ	Опрос комбинированный	ОК	7	147	В	Т	21	14	7
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	2	234	В	Р	117	78	39
Сумма баллов по дисциплине за семестр					381					

2 семестр

Виды занятий		Формы проведения текущего контроля успеваемости		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Лабораторно-практическое занятие	ЛПЗ	Опрос комбинированный	ОК	8	168	В	Т	21	14	7
Коллоквиум	К	Опрос устный	ОУ	0	0	В	Р	117	78	39
		Опрос комбинированный	ОК	4	468	В	Р	117	78	39
		Опрос комбинированный	ОК	0	0	В	Р	117	78	39
Сумма баллов по дисциплине за семестр					636					

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

1 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
«зачтено»	Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 224 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«не зачтено»	Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 224 баллов) и/или Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля

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)

2 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
«отлично»	Рейтинговый балл не менее 90 % (не менее 900 баллов)

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
	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

1 семестр

Перечень практических умений и навыков для подготовки к промежуточной аттестации в форме зачёта

1 семестр
1) Форма промежуточнои аттестации согласно учебному плану – зачет.

2) Форма организации промежуточнои аттестации:
– на основании семестрового реитинга

Образец билета для проведения зачета

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

Кафедра медицинских нейротехнологий ИНН

Билет №____

для проведения зачета по дисциплине «Молекулярная биология» по программе магистратуры по направлению подготовки 06.04.01 Биология
направленность (профиль) Медицинские нейротехнологии

1. Свойства ДНК-полимеразы как фермента(устройство активного центра, субстратная специфичность, активаторы и ингибиторы)

2. Репарация путем негомологичного соединения концов

3. Аденоассоциированные вирусы и их применение в генной терапии.

Заведующий кафедрой___Синкин М.В.

2 семестр

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме экзамена

2 семестр

1) Форма промежуточнои аттестации согласно учебному плану – экзамен.

2) Форма организации промежуточнои аттестации:
– устныи опрос по билетам.

3) Перечень вопросов для подготовки к промежуточнои аттестации.

1. Объекты и задачи молекулярной биологии.
2. Структура генома. Повторяющиеся последовательности. Сателлитная ДНК. Минисателлиты и микросателлиты, их способы возникновения. Сегментные дупликации. Псевдогены.
3. Мобильные элементы генома. ДНК-транспозоны и ретротранспозоны.
4. Метагеномика.
5. Типы повреждений ДНК и причины их появлений. Дезаминирование, апуринизация
6. Структура нуклеиновых кислот.
7. Топологические проблемы двунитевых молекул ДНК. Сверхспирализация ДНК. Топоизомеразы типов I и II.
8. Репликация: основные принципы, этапы и участвующие ферменты.
9. Репликация у прокариот. Основные компоненты репликативной вилки. Роль различных ДНК-полимераз. Влияние метилирования на репликацию.
10. Репликация у эукариот. Основные компоненты репликативной вилки эукариот и механизм репликации. Роль различных ДНК-полимераз. Контроль репликации у дрожжей и у эукариот. Роль циклинов и циклин-зависимых киназ.
11. Проблема репликации концов линейной ДНК. Теломеры и теломераза.
12. Повреждения в ДНК. Стратегии коррекции повреждений ДНК. Виды репарации. Примеры прямой репарации.
13. Сравнение эксцизионной репарации: эксцизия нуклеотидов и эксцизия оснований.

4.

Репарация неспаренных нуклеотидов.

5.

Репарация двунитевых разрывов с помощью гомологичной рекомбинации.

6.

Репарация двунитевых разрывов с помощью негомологичного соединения концов.

7.

Гомологичная рекомбинация у E.coli. RecBCD - основнои путь гомологичнои рекомбинации у E. coli.

8.

Саит-специфическая рекомбинация.

9.

ПЦР в конечной точке и в реальном времени.

0.

Изотермические методы амплификации сигнала (RPA. LAMP).

1.

Генетическая инженерия. ПЦР и праймеры для ПЦР. Рестриктазы и лигазы. Трансформация клеток бактерий.

2.

Эволюция методов генетического редактирования. Zinc-finger нуклеазы. TALEN. CRISPR/Cas система бактерий и ее приложения. Типы редактирования с помощью CRISPR/Cas и сопряженные с ними проблемы. CRISPR/Cas скрининг. CRISPR/Cas для РНК. Приложения CRISPR/Cas

3.

Получение рекомбинатных антител. Гибридомная технология. Фаговый дисплей. Трансгенные мыши.

4.

Транскрипция у прокариот. Устройство РНК-полимеразы бактерий. Холоэнзим РНК-полимеразы. Роль сигма фактора. Устройство прокариотических промотров. Стадии транскрипции: инициация, элонгация и терминация.

5.

Регуляция трансрипции у прокариот. Опероны. Лактозный и триптофановый опероны. Аптамеры и рибопереключатели.

6.

7. Транскрипция у эукариот. Промотры, энхансеры, сайленсеры. РНК-полимеразы эукариот. Типы промотров у эукариот для разных РНК полимераз. Базальные транскрипционные факторы.

8. Регуляция транскрипции у эукраиот. Энхансеры и промотры. Способы активации транскрипционных факторов. Внутриклеточные рецепторы гормонов. Типовое устройство транскрипционного фактора (домены). Дрожжевая дигибридная система. Методы CAGE, EST.

9. Компактизация генома. Нуклеосомы и гистоны. Типы гистонов. Укладка нуклеосомы. Варианты гистонов. CENP-A как вариант гистона в центромерном районе хромосомы. Гистоновые болезни.

10. Модификации гистонов. Гистоновый код. Ферменты “писатели”, “читатели”, “стиратели”. Бромодомен, хромодомен у белков. Активный и неактивный хроматин. Р

11. Роль ацетилирования и метилирования гистонов. Комплексы поликомб. Метод CHIP-Seq.

12. Ремоделинг хроматина. Комплексы ремоделирования хроматина. Общая схема процесса ремоделирования хроматина. Семейство SWI/SNF комплексов ремоделирования: cBAF, ncBAF, PBAF. Локализация SWI комплексов и поликомб комплексов. TAD’ы. Роль CTCF в организации хроматина. Методы 3C, 4C, 5C, Chip-loop, Hi-C. TAD’ы и разные типы клеток.

13. Метилирование ДНК.

14. Некодирующие РНК. Типы и роль. 7SK РНК. Транскрибируемые энхансеры. eRNA. Антисмысловая транскрипция РНК. Длинные некодирующие РНК.

15. РНК-интерференция. siRNA и miRNA, сходства и отличия.

16. Репрограммирование клеток с помощью miRNA. Белки семейства AGO. Система piRNA и piwi. Способы изучения miRNA: различные NGS подходы (HITS-CLIP, iCLIP, iCLAP, CRAC, PAR-CLIP, CLASH, AGO CLIP).
Постранскрипционные модификации РНК: кэпирование, полиаденилирование, сплайсинг. Сплайсома. Малые ядерные РНП эукариот и их роль в сплаисинге

17. Самосплайсирующиеся интроны. Альтернативный сплайсинг. Транс-сплайсинг. Современные подходы к лечению спинальной мышечной атрофии и миодистрофии Дюшена.

7.

Синтез белка рибосомами. Структура прокариотической и эукаиотической рибосомы.

8.

Стадии трансляции. Рабочий цикл транслирующей рибосомы (элонгационный цикл). Рибосомный профайлинг.

9.

Аминоацилирование тРНК и аминоацил-тРНК синтетазы.

0.

Инициация трансляции у прокариот. Регуляция трансляции у прокариот.

1.

Регуляция трансляции у эукариот. Роль miRNA в регуляции трансляции.

2.

IRES-элементы вирусов. Использование IRES элементов вирусов в генной инженерии.

3.

Синтез секретируемых белков в клетке.

4.

Посттрансляционные модификации белков.

5.

Убиквитин-зависимый протеолиз белков.

6.

Методы доставки генетического материала: аденовирусы, аденоассоциированные вирусы, лентивирусы, вирус везикулярного стоматита.

7.

Принципы секвенирования. Основные платформы для секвенирования – сравнение, достоинства и недостатки. NGS.

Образец билета для проведения экзамена

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

Кафедра медицинских нейротехнологий ИНН

Билет №____

для проведения экзамена по дисциплине «Молекулярная биология» по программе магистратуры по направлению подготовки 06.04.01 Биология
направленность (профиль) Медицинские нейротехнологии

1. Сравнение процессов транскрипции у прокариот и эукариот

2. Основные методы рестрикционного клонирования и их применение в генно-инженерных исследований

3. Системы экспрессии рекомбинантных белков и их преимущества и недостатки

Заведующий кафедрой___Синкин М.В.

8. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа

Внимательно прочитать 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 в лекционной тетради;
Записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

Методические указания для подготовки к занятиям семинарского типа

Внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
Подготовиться к выступлению на заданную тему, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
Выполнить письменную работу, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
Подготовить доклад, презентацию или реферат, если данное задание предусмотрено по дисциплине.

Методические указания для подготовки к экзамену

Экзамен проходит в форме собеседования по билету. Билет включает в себя два теоретических вопроса.

При подготовке к собеседованию по билетам следует:
Ознакомиться со списком вопросов, 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 и другой материал, изученный в процессе освоения дисциплины.

Методические указания для самостоятельной работы студентов (СРС)

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью обучения и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний, выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

Другое

Выполнение домашних заданий осуществляется в форме:
Работы с учебной, учебно-методической и научной литературой, электронными образовательными ресурсами (например, просмотр видеолекций или учебных фильмов), конспектами обучающегося: чтение, изучение, анализ, сбор и обобщение информации, её конспектирование и реферирование, перевод текстов, составление профессиональных глоссариев;
Подготовки тематических сообщений и выступлений;
Выполнения письменных контрольных работ.

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	Гены по Льюину, Кребс Дж., Голдштейн Э., 2022	Биосинтез белка	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=109bn.pdf&show=dcatalogues/1/5080/109bn.pdf&view=true
2	Клетки по Льюину, Филиппович И. В., 2022	Общие понятия молекулярной биологии. Нуклеиновые кислоты	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=107bn.pdf&show=dcatalogues/1/5078/107bn.pdf&view=true

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

1. ЭБС «IPR BOOKS https://www.iprbookshop.ru/
2. 3. ЭБС «Консультант студента» www.studmedlib.ru
3. ЭБС «Букап» https://www.books-up.ru/
4. ЭБС «ЮРАЙТ» https://urait.ru/
5. ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com/
6. ЭБС «Консультант студента» www.studmedlib.ru
7. ЭБС «IPR BOOKS» https://www.iprbookshop.ru/
8. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/
9. «Web of Science» https://clarivate.com/
10. Wiley Online Library https://onlinelibrary.wiley.com/
11. Российская государственная библиотека www.rsl.ru
12. https://nlr.ru/ - Российская национальная библиотека

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. МТС Линк платформа для проведения вебинаров – лицензия до 04.07.2027 г.
11. Антивирус Kaspersky endpoint Security – лицензия до 19.09.2027 г.
12. Архиватор 7-Zip – свободно распространяемое ПО
13. Платформа «Kinescope» - лицензия до 11.03.2027 г.
14. Система управления обучением (LMS) – лицензия бессрочная
15. Ubuntu – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
16. Debian – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
17. Электронная информационно-образовательная среда РНИМУ им. Н. И. Пирогова
18. Балльно-рейтинговая система контроля качества освоения образовательной программы в автоматизированной образовательной системе университета.

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	Экран для проектора , Возможность подключения к сети «Интернет» и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду , Проектор мультимедийный , Ноутбук
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	Ноутбук , Экран для проектора , Компьютерная техника с возможностью подключения к сети “Интернет” , Возможность подключения к сети «Интернет» и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду , Проектор мультимедийный
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.