

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский
университет имени Н.И. Пирогова»**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации
ФГАОУ ВО РНИМУ им Н.И.Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)**

Институт биомедицины (МБФ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

Прохорчук Егор Борисович

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б.1.О.43 Функционирование геномов и генов
для образовательной программы высшего образования - программы специалитета
по специальности
30.05.01 Медицинская биохимия
направленность (профиль)
Медицинская биохимия
Год начала подготовки - 2021**

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.43 Функционирование геномов и генов (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы специалитета по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия.

Направленность (профиль): Медицинская биохимия.

Форма обучения: очная.

Составители:

№, п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Скамров Андрей Викторович	Кандидат биологических наук	Ведущий научный сотрудник	ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России
2	Титов Борис Васильевич	Кандидат медицинских наук	Научный сотрудник	ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№ п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Чудаков Дмитрий Михайлович	Доктор медицинских наук, Профессор, членкорреспондент РАН	И.о. директора НИИ трансляционной медицины, зав. отделом молекулярных технологий	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

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

Зав. кафедрой

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

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена ученым советом

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

Директор Института

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

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

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

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

1. Общие положения

1.1. Цель и задачи освоения дисциплины

1.1.1. Цель: ознакомление студентов с современными представлениями о молекулярных механизмах, лежащих в основе функционирования генов и генома; нарушениях в их работе ведущих к патологическим процессам, а также способах коррекции нарушений.

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины:

- Обучение студентов важнейшим методам молекулярной биологии и генной инженерии, позволяющим проводить основные этапы молекулярной диагностики.
- Приобретение студентами знаний в области геномных исследований и технологий.
- Приобретение студентами знаний в области фундаментальной и прикладной молекулярной биологии.
- Формирование навыков изучения и анализа научной и практической медицинской и медико-биологической литературы.
- Формирование у студентов представлений о патологических состояниях как результате нарушения молекулярных механизмов внутриклеточных процессов.

1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Функционирование геномов и генов» изучается в 9 семестре(ах) и относится к обязательной части Блока Б.1 «Дисциплины». Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся в рамках образовательной программы должны освоить следующие дисциплины и практики: Органическая химия; Медицинская биохимия; Иностранный язык; Общая и неорганическая химия; Биология; Микробиология, вирусология; Теория вероятности и математическая статистика; Практика по биохимии.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Анализ геномов; Клиническая лабораторная диагностика; Омиксные технологии в медицине.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Преддипломная, НИР.

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

9 семестр

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

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

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

Формы работы обучающихся / Виды учебных занятий / Формы промежуточной аттестации		Всего часов	Распределение часов по семестрам
			9
Учебные занятия			
Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:		104	104
Семинарское занятие (СЗ)		28	28
Лекционное занятие (ЛЗ)		32	32
Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)		36	36
Коллоквиум (К)		8	8
Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:		76	76
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		40	40
Иные виды самостоятельной работы (в т.ч. выполнение практических заданий проектного, творческого и др. типов)		36	36
Промежуточная аттестация:			
Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:		9	9
Экзамен (Э)**		9	9
Самостоятельная работа обучающихся при подготовке к промежуточной аттестации (СРПА)**		27	27
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА	216	216
	в зачетных единицах: ОТД (в часах): 36	6,00	6,00

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

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

9 семестр

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома			
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3	Тема 1. Молекулярные механизмы передачи сигнала	Внутриклеточный сигнальный путь, активированный внеклеточными сигнальными молекулами. Формы внеклеточной передачи сигнала. Передача сигнала через щелевые контакты (gap junctions). Механизм действия ядерных рецепторов. Рецепторы на поверхности клеток. Внутриклеточные сигнальные молекулы. Молекулярные переключатели. Регуляция активности GTPаз. Формирование внутриклеточных сигнальных комплексов. Передача сигнала через рецепторы, сопряженные с G-белком. Передача сигнала через рецепторы, сопряженные с ферментами. Основные классы рецепторов, сопряженных с ферментами. Тирозинкиназные рецепторы. Рецепторы, ассоциированные с тирозинкиназами. Рецепторные серин/треониновые протеинкиназы. Сигнальные пути, основанные на регулируемом протеолизе латентных белков-регуляторов генов.
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 2. Цитоскелет эукариотических клеток	Три типа филаментов участвующих в организации цитоскелета: актиновые филаменты, микротрубочки и промежуточные филаменты. Строение и свойства G-актина. Формирование актиновых филаментов, участие АТФ. Актин-связывающие белки. Миозины. Формирование сайтов адгезии. Амебоидное движение и подвижность немышечных клеток. Строение и свойства тубулина. Структура микротрубочки. Самосборка микротрубочек; роль GTP. Микротрубочко-ассоциированные белки. Моторные белки, ассоциированные с микротрубочками. Роль микротрубочек в поведении клетки. Промежуточные филаменты. Роль промежуточных филаментов в клетке. Структура субъединиц белков промежуточных филаментов и сборка цитоплазматических филаментов. Шесть классов белков промежуточных филаментов. Тканеспецифический характер экспрессии белков этих классов. Примеры функционирования промежуточных филаментов различных типов.
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 3. Принципы межклеточного взаимодействия. Экстрацеллюлярный матрикс. Молекулы адгезии.	Разнообразие экстрацеллюлярного матрикса (ЭЦМ). Основные компоненты ЭЦМ: структурные белки, адгезивные белки, протеогликаны (ПГ) и гиалуроновая кислота. Фибриллярные и нефибриллярные коллагены. Структура и сборка фибрилл. Эластин. Строение и сборка эластических волокон. Ламинин и фибронектин – основные адгезивные белки ЭЦМ. Структура и функции. Гликозаминогликаны (ГАГ) и гиалуроновая кислота. ПГ и ГАГ. Строение. Синтез. Функции. Информационная роль матрикса. Типы адгезии. Суперсемейства молекул адгезии: иммуноглобулиноподобные молекулы адгезии, кадгерины, селектины, интегрины. Участие в различных типах адгезии. Краткая характеристика каждого суперсемейства.
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 4. Механизмы апоптоза. Апоптоз и патологические состояния.	Программируемая клеточная смерть у про- и эукариот. Понятие «апоптоз», его отличие от некроза. Каспазы. Активация каспаз. Белки семейства Bcl. Два основных пути апоптоза: с помощью рецепторов клеточной гибели и митохондриальный. Механизмы апоптоза и регуляция апоптоза. Удаление апоптотических клеток. Связь апоптоза с различными заболеваниями: апоптоз при онкологических, сердечно-сосудистых, аутоиммунных, нейродегенеративных и других заболеваниях.
5	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 5. Исследование микробиома с использованием NGS	Секвенирование – методологические основы. Поколения методов секвенирования – принципы методов. Стратегии полногеномного секвенирования различных организмов. Определение полной последовательности нуклеотидов геномов организмов. Хранение и анализ информации о геномах: базы данных, программы. Первичные структуры рРНК как молекулярные часы. Стратегии анализа микробиома. Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии массового параллельного секвенирования второго поколения.
Раздел 2. Функционирование генов и геномов. Геномика.			

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 1. Понятие об эпигенетике	Примеры однойяцевых близнецов, клонированных организмов. Ландшафты Ваддингтона (Waddington). Ошибочные теории на заре генетики: деминуция хроматина и количественный контроль экспрессии. Основные механизмы контроля генетической информации на уровне первичной структуры ДНК и на уровне эпигенетики. Основные эпигенетические механизмы: гистоновый код, метилирование ДНК, некодирующие РНК.
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 2. 3D геномика	Гистоновый код, метилирование ДНК. Энхансеры, суперэнхансеры, топологически изолированные домены, инсуляторы, транскрипционные фабрики. Методы картирования топологически изолированных доменов, HiC. Хромосомные территории.
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 3. Репрограммирование транскрипционных программ	Дифференцировка, дедифференцировка. Соматическое репрограммирование. X инактивация. Геномный импринтинг. Факторы Яманаки. Транскрипционные программы индуцированных плюрипотентных клеток. Бивалентные марки хроматина. Клонирование организмов.
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 4. Живые тексты: анатомия и разнообразие геномов	Геномные базы данных. Разброс размеров геномов. Парадокс и загадка С-значения. Геномы архей, бактерий и эукариот: принципиальные сходства и различия. Геномы вирионов как пример простейшего репликатора. Разнообразие вирусных геномов и корреляция между размером генома и количеством генов. Общие закономерности анатомии бактериальных геномов. Дополнительные хромосомные элементы: плазмиды, мегаплазмиды, хромиды. Геномные критерии вида у прокариот. Геномы динофлагеллят.
5	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 5. Геномная революция	Применение NGS секвенирования в науке: - де novo сборка геномов - SNP calling - ChIP Seq анализ хроматин иммунопреципитации - одноклеточная геномика - ATAC-Seq анализ открытых структур хроматина - RNA Seq Применение NGS секвенирования в диагностике: - Определение соматических мутаций при онкологических заболеваниях - Анализ свободноциркулирующей ДНК при онкологических заболеваниях - Неинвазивная пренатальная диагностика - RNA Seq панели при назначении химиотерапии онкологических заболеваний - Экзомное секвенирование и прекоцепционный скрининг - Наследственные формы многофакторных заболеваний - Определение репертуара Т клеточных рецепторов - Микробиота
6	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 6. Стволовые и прогениторные клетки	Стволовые и прогениторные клетки, история их открытия. Определение стволовых клеток. Основные типы стволовых клеток человека. Эмбриональные стволовые клетки. Понятие фетальные клетки. Стволовые и прогениторные клетки взрослого организма. Процессы регенерации. Свойства стволовых клеток различного происхождения. Основные характеристики стволовых и прогениторных клеток. Молекулярные маркеры стволовых и прогениторных клеток. Понятие ниши. Клетки, участвующие в структуре ниши. Регуляция деления стволовой клетки. Ландшафт Уоддингтона. Принцип качелей Корочкина. Факторы, влияющие на дифференцировку прогениторных клеток. Эпителиально-мезенхимальный переход. Индуцированные плюрипотентные клетки. Опухолевые стволовые клетки. Теории происхождения опухолей.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
7	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 7. Основы клеточной инженерии и генной терапии	История клеточной терапии. Молекулярные характеристики клеток для терапии. Технология получения и культивирования клеток животных и растений. Понятия линий, пересаживаемых и первичных культур клеток. Среды. Принцип строения банков клеток. Перспектива создания технологий клонирования тканей и органов. Методы паспортизации клеток. Понятие контаминации. Международные требования к безопасности клеток. Методы управления дифференцировкой клеток в культурах. Необходимые условия стадии дифференцировки прогениторных клеток для клеточной терапии. Типы стволовых/прогениторных клеток, используемых для терапии. Поведение клеток после введения их в организм животного. Понятия аутологичности. Аллотрансплантаты и ксенотрансплантаты. Химерные животные. Технологии получения кондиционных сред. Технологии выделения факторов из клеток млекопитающих. Стандарты GLP («Good Laboratory Practice», Надлежащая лабораторная практика) для лабораторных исследований и GMP («Good Manufacturing Practice») для производства клеточных препаратов. Закон РФ для применения клеточных препаратов. Возможность использования индуцированных плюрипотентных клеток.
8	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 8. Понятие о синтетической биологии	Синтетическая биология как научное направление – история появления. Минимальный геном: экспериментальный и биоинформатический подход. Создание организмов с искусственным геномом. Принципы инженерии в биологии. Стандартизация частей ДНК, комбинаторный синтез генетической сети.
9	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 9. Геномы вирусов	Вирусы, отличия от клеточных форм жизни. Принципы классификации и систематики вирусов, происхождение и распространение вирусов в природе. Механизмы взаимодействия вирусов с клеткой-хозяином. Принципы трансляции вирусных мРНК в эукариотических клетках. Локализация синтеза вирусных мРНК и белков в зараженной клетке. Разнообразие вирусных геномов. Классификация вирусов по Балтимору. Основные группы, семейства вирусов человека. Жизненный цикл и функционирование генома на примере вирусов HIV и SARS-Cov2. Прионы. Прионные заболевания человека
10	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2	Тема 10. Практическая геномика	Применение NGS секвенирования в диагностике: - Определение соматических мутаций при онкологических заболеваниях - Анализ свободноциркулирующей ДНК при онкологических заболеваниях - Неинвазивная пренатальная диагностика - RNA Seq панели при назначении химиотерапии онкологических заболеваний - Экзомное секвенирование и прекоцепционный скрининг - Наследственные формы многофакторных заболеваний - Определение репертуара Т клеточных рецепторов - Микробиота
11	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 11. Геномика патологических состояний	Онкологические и нейродегенеративные болезни. Математические основы проведения ассоциативных исследований (GWAS). Логистическая регрессия. Пассажирующие и драйверные SNP. Соотношение рисков. Соотношение роли генетических и средовых факторов при развитии заболевания.
12	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 12. Популяционная геномика. Этническая геномика. Геномика и эпигеномика древней ДНК	Понятие Fst. Дрейф генов, бутылочное горлышко, эффект основателя. Полногеномные этнические исследования. Этногенетические карты PCA. Понятие о F2, F3, F4 статистике. ABBA-BABA тест. Принципы лабораторной работы с древней ДНК. Принципы анализа данных секвенирования древней ДНК. Эволюция человека с точки зрения современной генетики. Эпигенетика древней ДНК.
13	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 13. Анализ и интерпретация результатов NGS	Формат fastq, оценка качества секвенирования. Анализ качества данных, фильтрация и очистка данных. Стратегии анализа микробиома. Идентификация бактерий по результатам выравнивания последовательностей рРНК. Подходы к интерпретации результатов анализа микробиома по результатам параллельного высокопроизводительного секвенирования.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
14	ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД1, ОПК-3.ИД3, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3	Тема 14. Современные подходы к диагностике генетических патологий человека	Организация генома человека. Гены. Семейства генов. Основные типы повторяющихся последовательностей ДНК. Псевдогены. Регуляторные элементы генома. Мобильные генетические элементы. Диагностика полиморфизмов ДНК, определяющих риск развития социально значимых заболеваний. Методы выделения нуклеиновых кислот из различного материала. Методы прямой и косвенной ДНК-диагностики. ПЦР как метод диагностики и научных исследований. Секвенирование в ДНК-диагностике. Патогенетическая роль повторяющихся последовательностей генома человека. Анализ экспансии тринуклеотидных повторов. Диагностика болезней экспансии полиаланиновых трактов. Лабораторная диагностика болезней экспансии некодирующих микросателлитных повторов. Экспансии некодирующих повторов, ассоциированные с экспрессией уровней метилирования ДНК. Основные принципы ген-специфического анализа метилирования. Преимущества и недостатки методов анализа метилирования. Характерные мутации при распространенных наследственных заболеваниях. ДНК-диагностика синдрома Мартина-Белл (синдром ломкой X-хромосомы). ДНК-диагностика в онкологии. Двухударная теория канцерогенеза Кнудсона. ДНК-диагностика моногенных и дигенных наследственных онкологических заболеваний, маркеров неблагоприятного прогноза, микрометастазов. ПЦР, микрочипы и технологические платформы. Таргетная терапия в онкологии. Номенклатура таргетных препаратов. Таргетная терапия и стандартная химиотерапия. Ингибиторы и модификаторы различных систем репарации ДНК. Применение ингибиторов систем репарации в терапии онкологических заболеваний

3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися

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

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

№ п/п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***		
					КП	ОУ	ОК
1	2	3	4	5	6	7	8
9 семестр							
Раздел 1. Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома							
Тема 1. Молекулярные механизмы передачи сигнала							
1	ЛЗ	Молекулярные механизмы передачи сигнала	2	Д	1	1	
Тема 2. Цитоскелет эукариотических клеток							
2	ЛЗ	Цитоскелет эукариотических клеток	2	Д	1	1	
Тема 3. Принципы межклеточного взаимодействия. Экстрацеллюлярный матрикс. Молекулы адгезии.							
3	ЛЗ	Принципы межклеточного взаимодействия. Экстрацеллюлярный матрикс. Молекулы адгезии.	2	Д	1	1	
Тема 4. Механизмы апоптоза. Апоптоз и патологические состояния.							
4	ЛЗ	Механизмы апоптоза. Апоптоз и патологические состояния.	2	Д	1	1	
Тема 5. Исследование микробиома с использованием NGS							
5	СЗ	Стратегии полногеномного секвенирования различных организмов. Поколения методов секвенирования – принципы методов	4	Д	1	1	
6	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 1.	4	Д	1	1	
7	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 2.	4	Д	1	1	
8	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 3.	4	Д	1	1	
9	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 4.	4	Д	1	1	
10	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 5.	4	Д	1	1	
11	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 6.	4	Д	1	1	
12	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 7.	4	Д	1	1	
13	ЛПЗ	Подготовка ДНК-библиотеки для анализа микробиома с использованием технологии NGS. 8.	4	Д	1	1	
14	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 1	4	Р	1	1	1
Раздел 2. Функционирование генов и геномов. Геномика.							
Тема 1. Понятие об эпигенетике							
15	ЛЗ	Понятие об эпигенетике	2	Д	1	1	1
Тема 2. 3D геномика							
16	ЛЗ	3D геномика	2	Д	1	1	1
Тема 3. Репрограммирование транскрипционных программ							
17	ЛЗ	Репрограммирование транскрипционных программ	2	Д	1	1	1
Тема 4. Живые тексты: анатомия и разнообразие геномов							
18	ЛЗ	Живые тексты: анатомия и разнообразие геномов	2	Д	1	1	1
Тема 5. Геномная революция							
19	ЛЗ	Геномная революция	2	Д	1	1	1
Тема 6. Стволовые и прогениторные клетки							
20	ЛЗ	Стволовые и прогениторные клетки	2	Д	1	1	1
21	СЗ	Трансгенные клеточные препараты	4	Д	1	1	1
Тема 7. Основы клеточной инженерии и генной терапии							
22	ЛЗ	Основы клеточной инженерии и генной терапии	2	Д	1	1	1
23	СЗ	Генная терапия	4	Д	1	1	1

№ п /п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***		
					КП	ОУ	ОК
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 8. Понятие о синтетической биологии							
24	ЛЗ	Понятие о синтетической биологии	2	Д	1	1	1
Тема 9. Геномы вирусов							
25	ЛЗ	Геномы вирусов	2	Д	1	1	1
Тема 10. Практическая геномика							
26	ЛЗ	Практическая геномика	2	Д	1	1	1
Тема 11. Геномика патологических состояний							
27	ЛЗ	Геномика патологических состояний	2	Д	1	1	1
Тема 12. Популяционная геномика. Этническая геномика. Геномика и эпигеномика древней ДНК							
28	ЛЗ	Популяционная геномика. Этническая геномика. Геномика и эпигеномика древней ДНК	2	Д	1	1	1
Тема 13. Анализ и интерпретация результатов NGS							
29	ЛПЗ	Анализ и интерпретация результатов NGS. 1.	4	Д	1	1	1
30	СЗ	Анализ и интерпретация результатов NGS. 2.	4	Д	1	1	1
Тема 14. Современные подходы к диагностике генетических патологий человека							
31	СЗ	Геном человека	4	Д	1	1	1
32	СЗ	Молекулярная диагностика генетических патологий человека	4	Д	1	1	1
33	СЗ	Общие подходы к молекулярно-генетической диагностике в онкологии	4	Д	1	1	1
34	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 2	4	Р	1	1	1
35	Э	Экзамен по дисциплине	9	ПА		1	
		Всего в семестре	113		34	34	21
		Всего по дисциплине	113		34	34	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 рубежный контроль	Рубежный	Р	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме (разделу, модулю) дисциплины

Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся ***

№	Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся (ФПТКУ)	Техническое и сокращённое наименование		Возможность проведения текущего контроля успеваемости по видам контроля		
				Д	Т	Р
1	Контроль присутствия	Присутствие	КП	+		
2	Опрос устный	Опрос устный	ОУ			
3	Опрос 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
9 семестр	Экзамен	Опрос устный

Условные обозначения ****

Формы промежуточной аттестации	Сокращённое наименование
Экзамен	Экзамен Э

6. Структура рейтинга по дисциплине

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

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

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

9 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 устный	ОУ	0	0	В	Т	0	0	0
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	2	1000	В	Р	500	334	167
Сумма баллов по дисциплине за семестр					1000					

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)

9 семестр

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

7. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

9 семестр

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Актиновые филаменты. Строение, принципы сборки и функционирования. Роль в жизни клетки. Механизмы регуляции актиновых филаментов актин-связывающими белками.
2. Микротрубочки. Строение, принципы сборки и функционирования. Роль в жизни клетки. Механизмы регуляции микротрубочек микротрубочечно-связывающими белками.
3. Промежуточные филаменты. Строение, принципы сборки и функционирования. Шесть типов промежуточных филаментов. Роль в жизни клетки. Примеры.
4. Строение и механизм функционирования рецепторов, сопряженных с G-белками.
5. Строение и механизм функционирования рецепторов, сопряженных с ферментами (рецепторные тирозинкиназы, рецепторы, ассоциированные с тирозинкиназами, серин-треониновые рецепторы).
6. Сигнальные пути, основанные на регулируемом протеолизе латентных белков-регуляторов генов.
7. Основные компоненты экстрацеллюлярного матрикса; их структура и функции.
8. Типы адгезии. Разнообразие семейств молекул адгезии. Роль в поддержании гомеостаза тканей.
9. Апоптоз с участием рецепторов клеточной гибели. Механизм и регуляция апоптоза с участием рецепторов клеточной гибели
10. Митохондриальный путь апоптоза. Механизм и регуляция митохондриального пути апоптоза.
11. Динамика метилирования в гаметах и при эмбриональном развитии. Тайминг X инактивации. Молекулярная биология белков семейства Поликомб
12. Современные инструменты/базы данных для изучения соматических мутаций в опухолях, ресурсы cBioPortal и kmplot. Анализ чувствительности опухолевых клеток в проекте DepMap.
13. Строение хроматина. Гистоновые марки. Основные белки и белковые комплексы, принимающие участие в установлении гистоновых профилей. Молекулярная биология белков семейства Поликомб.
14. Геномика и эпигеномика соматического репрограммирования. Факторы Яманаки и Томсона. Репрограммирование транскрипционных программ: как из дифференцированной клетки получить плюрипотентную?
15. Инактивация X хромосомы у человека. Механизм X инактивации. Молекулярная биология белков семейства Поликомб

16. Классификация вирусов по Балтимору. Гипотезы происхождения вирусов.
17. Субгеномные РНК коронавируса.
18. Минимальный геном: экспериментальный и биоинформатический подход.
19. Принципы инженерии в биологии.
20. Поколения методов секвенирования – принципы методов.
21. Современные инструменты генетического редактирования. Методы ZFNs, TALEN и CRISPR/Cas для геномной инженерии – принципы, сходства и различия. Использование системы CRISPR/dCas9.
22. Структура генома вирионов, способы репликации и вероятный сценарий возникновения в ходе эволюции.
23. Подходы к определению критериев вида у прокариот.
24. Структурные особенности генома динофлагеллят.
25. Стволовые и прогениторные клетки. Основные характеристики стволовых и прогениторных клеток. Молекулярные маркеры стволовых и прогениторных клеток. Понятие ниши.
26. Эпителиально-мезенхимальный и мезенхимально-эпителиальный переходы в онтогенезе и при патологических процессах.
27. Индуцированные плюрипотентные клетки.
28. Использование стволовых/прогениторных клеток в терапии.
29. Многофакторные болезни. Полногеномные ассоциативные исследования. Использование регрессионных моделей для предсказания возникновения заболевания при известном генотипе. Роль факторов внешней среды.
30. Основные геномные методы при планировании и ведении беременности-преконцепционная, предимплантационная и неинвазивная пренатальная диагностика.
31. Использование свободноциркулирующей ДНК (сДНК) в крови пациента в диагностике патологий. Фетальная и раковая сДНК.
32. Особенности секвенирования генома раковых клеток пациента в клинической практике при профилактике, диагностике и мониторинге динамики ремиссии. Подбор терапии на основании знаний об особенностях генома раковых клеток.
33. Популяционная геномика. Закон Харди Вайнберга. Метод основных компонент в широкогеномных популяционных исследованиях. Индекс фиксации. Понятие об F₂, F₃, F₄ статистике.
34. Геномные технологии на основе NGS в науке и медицине. Секвенирование de novo и ресеквенирование геномов RNA-Seq, ChIP-Seq. «Одноклеточное» секвенирование.
35. Метагеномика. Проведение метагеномного исследования. Секвенирование ампликона 16S рибосомального гена, секвенирование генома по методу «дробовика»: преимущества и недостатки каждого метода.
36. Методы выделения ДНК и РНК из различного биологического материала.
37. Фрагментный анализ ПЦР-продуктов: принцип метода, общая схема и принцип работы капиллярных секвенаторов, применение в медицинской генетической диагностике.
38. Секвенирование по Сэнгеру: принцип метода, развитие метода от радиоактивных меток до современных капиллярных секвенаторов. Задачи, которые решают с помощью секвенирования ПЦР-продуктов по Сэнгеру в медицине.

39. Основные направления молекулярной диагностики в онкологии.
40. Методы выявления соматических мутаций. Таргетная терапия в онкологии.
41. Методы определения концентрации и качества полученных препаратов нуклеиновых кислот.
42. Способы репарации ДНК: прямое восстановление, эксцизионная репарация, репарация неспаренных нуклеотидов, негомologичное соединение концов. Ингибиторы и модификаторы различных систем репарации ДНК, их применение в онкологии.
43. Методы анализа метилирования ДНК: метилчувствительная и метилспецифическая ПЦР (принцип, преимущества и недостатки), другие известные вам подходы к анализу метилирования.

Образец билета для проведения экзамена

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

Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии МБФ

Билет № _____

для проведения экзамена по дисциплине «Функционирование геномов и генов» по
программе специалитета по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия
направленность (профиль) Медицинская биохимия

1. Типы адгезии. Разнообразие семейств молекул адгезии. Роль в поддержании гомеостаза тканей.
2. Геномный импринтинг. Факторы, влияющие на геномный импринтинг. Примеры болезней человека, при которых нарушается геномный импринтинг.

Кафедра молекулярной биологии и медицинской
биотехнологии МБФ

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

8. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа

- внимательно 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 на полях 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 занятиям лабораторно-практического типа

- внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
- тщательно изучить и законспектировать методики проведения экспериментов;
- проработать тестовые задания и ситуационные задачи, которые были рекомендованы для самостоятельного решения.

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	ПЦР в реальном времени, Ребриков Д. В., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома Функционирование генов и геномов. Геномика.	0	https://rsmu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=94bn.pdf&show=dcatalogues/1/5061/94bn.pdf&view=true
2	Молекулярная биология клетки: руководство для врачей, Фаллер Д. М., Шилдс Д., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома Функционирование генов и геномов. Геномика.	25	
3	Молекулярная биология: рибосомы и биосинтез белка, Спирин А. С., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома Функционирование генов и геномов. Геномика.	55	
4	Молекулярная биология клетки: с задачами Д. Уилсона и Т. Ханта, Альбертс Б., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома Функционирование генов и геномов. Геномика.	1	
5	NGS. Высокопроизводительное секвенирование, Ребриков Д. В., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Анализ микробиома Функционирование генов и геномов. Геномика.	0	https://rsmu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=86bn.pdf&show=dcatalogues/1/5053/86bn.pdf&view=true

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

1. PubMed
2. Российская государственная библиотека <https://www.rsl.ru/>
3. OMIM
4. eLibrary
5. UniProt
6. Web of Science <https://clarivate.com/>
7. Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com/>
8. <http://www.biblioclub.ru> (электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» РНИМУ им. Пирогова).
9. Платформа Springer Link <https://link.springer.com/>

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

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

11. МТС Линк платформа для проведения вебинаров – лицензия до 04.07.2027 г.
12. Антивирус Kaspersky endpoint Security – лицензия до 19.09.2027 г.
13. Архиватор 7-Zip – свободно распространяемое ПО
14. Платформа «Kinescore» - лицензия до 11.03.2027 г.
15. Система управления обучением (LMS) – лицензия бессрочная
16. Ubuntu – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
17. Debian – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
18. Adobe Reader, [get/adobe.com/ru/reader/otherversions](http://get.adobe.com/ru/reader/otherversions), (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
19. Google Chrome, www.google.ru/intl/ru/chrom/browser/privacy/eula_text.html, (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
20. Adobe Acrobat
21. MS Office (Excel)
22. MS Office (Power Point)
23. Office Standard/ Professional Plus 2010 with SP1, дог. № 65164326 от 08
24. Автоматизированная образовательная среда университета
25. Mozilla Firefox, Mozilla Public License, [www. Mozilla.org/MPL/2.0](http://www.Mozilla.org/MPL/2.0), (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
26. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно

9.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

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

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

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

№ п /п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Стулья , Столы , Ноутбук , Проектор мультимедийный , Экран для проектора , Доска меловая
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	Холодильник на 4 0С , Шейкер-вортес , Весы лабораторные , Держатели для пробирок , Стулья , Столы , Оборудование для электрофореза , Спектрофотометр , Трансиллюминатор , Центрифуга , Магнитные мешалки , Плитки с магнитной мешалкой , Амплификатор ПЦР , Дозаторы пипеточные на 2, 10, 200, 1000 мкл , Морозильник на минус 0 0С
3	Аудитория, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Трансиллюминатор , Центрифуга , Магнитные мешалки , Плитки с магнитной мешалкой , Амплификатор ПЦР , Дозаторы пипеточные на 2, 10, 200, 1000 мкл , Морозильник на минус 0 0С , Холодильник на 4 0С , Шейкер-вортес , Весы лабораторные , Держатели для пробирок , Стулья , Столы , Оборудование для электрофореза , Спектрофотометр
4	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
5	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.