

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

протокол от 25.08.2025 г. № 25.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Биотехнология и генная инженерия

название дисциплины

для студентов направления подготовки

06.04.01 Биология

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – сформировать фундаментальные знания и практические навыки в области молекулярной биотехнологии и генной инженерии, необходимые для критического анализа современных генно-инженерных стратегий, конструирования рекомбинантных организмов с заданными свойствами, проектирования биотехнологических процессов на основе принципов синтетической биологии, решения исследовательских и производственных задач в сфере биофармацевтики, промышленной биотехнологии и агробиотехнологии.

Задачи дисциплины:

- Изучить современную методологию генетической инженерии: технологии редактирования геномов, дизайн векторов, синтез генов *de novo*.
- Углубить представления о молекулярных механизмах экспрессии генов, эпигенетической регуляции и передаче сигналов в клетке в контексте создания промышленно-значимых продуцентов.
- Сформировать понимание принципов биоинформатического анализа геномов и протеомов для поиска молекулярных мишеней.
- Научить разрабатывать стратегию клонирования целевых генов и сборки сложных генно-инженерных конструкций.
- Освоить планирование экспериментов по трансформации и селекции прокариотических и эукариотических клеток-хозяев.
- Освоить валидацию генно-инженерных манипуляций методами ПЦР-диагностики, секвенирования и протеомного анализа.
- Овладеть подходами метаболической инженерии для оптимизации путей биосинтеза.
- Обучить разрабатывать биотехнологические схемы «от пробирки до биореактора» с учетом требований GMP/GLP.
- Приобрести навык критического анализа научной литературы для оценки патентоспособности и биобезопасности генно-инженерных разработок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части, и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин бакалавриата: «Введение в биотехнологию», «Биомедицина», «Промышленная микробиология с основами биотехнологий», «Молекулярная биология».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Введение в биотехнологию»

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами У-УК-2 Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла В-УК-2 Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта
ОПК-1	Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности	З-ОПК-1 Знать: современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биологических и смежных наук; У-ОПК-1 Уметь: анализировать тенденции развития научных исследований и практических разработок в избранной сфере профессиональной деятельности, способен формулировать инновационные предложения для решения нестандартных задач, используя углубленную общенаучную и методическую специальную подготовку В-ОПК-1 Владеть: навыком деловых коммуникаций в междисциплинарной аудитории, представления и обсуждения предлагаемых решений
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	З-ОПК-7 Знать: основные источники и методы получения профессиональной информации, направления научных исследований, соответствующих направленности программы магистратуры У-ОПК-7 Уметь: выявлять перспективные проблемы и формулировать принципы решения актуальных научно-исследовательских задач на основе использования комплексной информации, в том числе на стыке областей знания; разрабатывать методики решения и координировать выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследователей, с учетом требований техники безопасности

		В-ОПК-7 Владеть: методами анализа достоверности и оценки перспективности результатов проведенных экспериментов и наблюдений; -опытом обобщения и анализа научной и научно-технической информации; опытом представления полученных результатов в виде докладов и публикаций.
--	--	---

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения
	Очная
	Семестр
	№ 1
	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (<i>всего</i>)	35
В том числе:	
лекции (лекции в интерактивной форме)	7
практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)	28
лабораторные занятия	-
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
зачет	-
экзамен	36
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся (<i>всего</i>)	37
В том числе:	
Проработка учебного материала из списка рекомендованной литературы	23
Подготовка к практическим занятиям	14
Всего (часы):	108
Всего (зачетные единицы):	3

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах			
		Очная форма обучения			
		Лек	Пр	Лаб	СРО
1	Молекулярные основы биотехнологии	1	4	-	5
1.1	Введение в биотехнологию	0,5	2	-	2
1.2	Механизмы и регуляция	0,5	2	-	3
2	Инструментарий генной инженерии	2	8	-	10
2.1	Ферменты и вектора	0,5	2	-	3
2.2	Технологии редактирования геномов	1	3	-	4
2.3	Синтез и сборка	1	3	-	3
3	Объекты биотехнологии и методы введения генетического материала	2	8	-	10
3.1	Прокариотические системы экспрессии	0,5	3	-	4
3.2	Эукариотические системы экспрессии	0,5	3	-	4
3.3	Методы трансформации, селекции и валидации	1	2	-	2
4	Промышленное производство и нормативные требования	2,5	7	-	10
4.1	От пробирки до биореактора	1	3	-	6
4.2	Промышленное получение целевого вещества	1	3	-	2
4.3	Стандарты GMP/GLP	0,5	1	-	2
5	Этика и биобезопасность	0,5	1	-	2
5.1	Этика и биобезопасность	0,5	1	-	2
	Итого за 1 семестр:	7	28	-	37
	Всего:	7	28	-	37

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся

5.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Молекулярные основы биотехнологии	
1.1	Введение в биотехнологию	Введение в биотехнологию и генную инженерию: история, современное состояние, тренды.
1.2	Механизмы и регуляция	Молекулярные механизмы экспрессии генов, эпигенетическая регуляция и передача сигналов в клетке.

2	Инструментарий генной инженерии	
2.1	Ферменты и вектора	Ферменты генетической инженерии: рестриктазы, лигазы, полимеразы. Дизайн векторов.
2.2	Технологии редактирования геномов	Технологии редактирования геномов: CRISPR/Cas, prime editing и др.
2.3	Синтез и сборка	Синтез генов de novo, сборка сложных генетических конструкций.
3	Объекты биотехнологии и методы введения генетического материала	
3.1	Прокариотические системы экспрессии	Прокариотические системы экспрессии: <i>E. coli</i> , <i>Bacillus</i> и др.
3.2	Эукариотические системы экспрессии	Эукариотические системы: дрожжи, клетки насекомых, млекопитающих, растения.
3.3	Методы трансформации, селекции и валидации	Стратегии клонирования целевых генов. Методы трансформации, селекции и валидации (ПЦР, секвенирование, протеомный анализ).
4	Промышленное производство и нормативные требования	
4.1	От пробирки до биореактора	Разработка биотехнологических схем, подбор условий культивирования и ферментации.
4.2	Промышленное получение целевого вещества	Промышленное получение рекомбинантных белков, ферментов, антибиотиков и других биологически активных веществ.
4.3	Стандарты GMP/GLP	Стандарты GMP/GLP применительно к генно-инженерным продуктам. Обеспечение качества.
5	Этика и биобезопасность	
5.1	Этика и биобезопасность	Биобезопасность генно-инженерных организмов и продуктов. Этические и правовые аспекты.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Дисциплина построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Лекционный материал посвящён рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов. Для самостоятельной работы, подготовки к семинарским занятиям, сдачи коллоквиума, проектного задания и/или индивидуального домашнего задания, подготовке к экзамену рекомендуется использовать следующие материалы:

1. Афонин А.А., Комарова Л.Н. Полимеразная цепная реакция: учебно-методическое пособие. Ч. 1 Теоретические основы ПЦР. В двух частях [Электронный ресурс]. Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2025 40 с.

2. Афонин А.А., Комарова Л.Н. Полимеразная цепная реакция: учебно-методическое пособие. Ч. 2 Практические основы ПЦР. В двух частях [Электронный ресурс]. Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2025 44 с.

3. Сучкова Е.П. Основы биотехнологии: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 101 с.

4. Четвертакова, Е.В. Введение в биотехнологию [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.В. Четвертакова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2023. – 194 с.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации в том числе, указанной в п. 8.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1	Молекулярные основы биотехнологии	ОПК-1 ОПК-7	Устный опрос на практическом занятии Контрольная точка
2	Инструментарий геной инженерии	ОПК-1 ОПК-7	Устный опрос на практическом занятии Контрольная точка
3	Объекты биотехнологии и методы введения генетического материала	УК-2 ОПК-1 ОПК-7	Устный опрос на практическом занятии Проектная работа Контрольная точка
4	Промышленное производство и нормативные требования	УК-2 ОПК-1 ОПК-7	Устный опрос на практическом занятии Контрольная точка
5	Этика и биобезопасность	ОПК-1 ОПК-7	Устный опрос на практическом занятии Контрольная точка
Промежуточный контроль			
1	Биотехнология и геной инженерии	УК-2 ОПК-1 ОПК-7	Экзамен

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.2.1. Экзамен

Допуск к экзамену по дисциплине в соответствии с принятой в ИАТЭ НИЯУ МИФИ балльно-рейтинговой системой оценки знаний студентов осуществляется при количестве набранных студентом более 36 баллов за семестр при условии выполнения всех предусмотренных учебной программой видов учебной деятельности.

За семестр студент может набрать от 36 до 60 баллов.

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам.

Процедура проведения экзамена:

1. Студент вытягивает экзаменационный билет и получает бланк для письменных записей.

2. В течение установленного времени (рекомендуется 30–40 минут) обучающийся письменно готовит развёрнутые ответы на вопросы билета в бланке, фиксируя ключевые определения, схемы, формулы, этапы решения задач.

3. По истечении времени подготовки или при готовности ранее студент проходит устное собеседование с экзаменатором (экзаменационной комиссией), в ходе которого:

- излагает содержание вопросов билета;
- отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы по содержанию дисциплины;
- при необходимости поясняет записи и схемы, сделанные в бланке ответа.

4. Письменные записи, выполненные в процессе подготовки, сдаются экзаменатору, могут учитываться при оценивании, но не заменяют устного ответа.

Экзаменационный билет состоит из трёх вопросов разных разделов.

А) Типовые вопросы:

Раздел 1. Общие вопросы биотехнологии

1. Предмет, объекты и методы биотехнологии. Основные этапы её развития.

2. Современное состояние и перспективы биотехнологии. Основные направления: промышленная, медицинская, сельскохозяйственная, экологическая.

3. Продуценты биотехнологических процессов: микроорганизмы, клетки растений и животных. Способы увеличения продуктивности штаммов.

4. Способы культивирования микроорганизмов в лабораторных и производственных условиях. Основные типы ферментационных процессов.

5. Криосохранение генетического материала (гаметы, эмбрионы, соматические клетки). Значение криобанков и коллекций клеточных культур. Безопасность банков генов.

6. Биотехнология кормовых белков, аминокислот, витаминов и ферментов. Микробиологический синтез и его роль в сельском хозяйстве.

Раздел 2. Молекулярные основы генетической и геномной инженерии

1. Генетическая и геномная инженерия: соотношение понятий, цели и задачи. История и основные этапы развития генетической инженерии.

2. Молекулярные основы генетической инженерии. Рекомбинантная молекула ДНК и технология её получения.

3. Последовательность геномной инженерии. Общая стратегия геномной инженерии.

4. Методы получения генов: рестрикционный, химический синтез, ферментативный метод, химико-ферментативный синтез.

5. Ферменты, используемые в генетической инженерии: рестриктазы, лигазы, полимеразы, обратная транскриптаза и др.

6. Векторы переноса генов: типы, требования, конструирование рекомбинантных ДНК.
7. Методы введения ДНК в клетки прокариот и эукариот. Трансформация, трансфекция, электропорация, микроинъекция.
8. Клонирование генов: принцип, этапы, значение. Понятие о геномных и кДНК-библиотеках.
9. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): принцип, компоненты, этапы, область применения. Виды ПЦР (ОТ-ПЦР, количественная ПЦР и др.).
10. Современные технологии редактирования геномов: CRISPR/Cas, prime editing, их сравнение и применение.

Раздел 3. Генетическая инженерия животных

1. Теоретические основы генетической инженерии в животноводстве. Основные направления и достижения.
2. Понятие о трансгенных животных. Этапы получения трансгенных животных (общая схема).
3. Методы определения интеграции чужеродного гена в геноме животного. Генетические, фенотипические и биохимические маркеры.
4. Трансгенные животные — продуценты биологически активных веществ (белков, гормонов, антител). Понятие о «биореакторах».
5. Современные направления и перспективы коммерческого использования трансгенных сельскохозяйственных животных.
6. Понятие о химерах, их биологическое и хозяйственное значение. Методы получения химерных животных: агрегационный и инъекционный.
7. Клонирование животных. Феномен овечки Долли. Технология пересадки ядер соматических клеток в энуклеированную яйцеклетку.
8. Культивирование клонированных яйцеклеток и пересадка эмбрионов реципиенту. Проблемы и перспективы клонирования.
9. Партеногенетическое развитие животных. Технология получения монозиготных близнецов.

Раздел 4. Трансплантация эмбрионов и репродуктивные биотехнологии

1. Биологические предпосылки метода трансплантации эмбрионов. Трансплантация эмбрионов как метод ускоренного селекционного процесса.
2. Отбор доноров для получения эмбрионов. Требования, предъявляемые к донорам, и их подготовка.
3. Основные процессы, протекающие при созревании и оплодотворении ооцитов *in vitro*.
4. Культивирование и изолирование фолликулярных ооцитов в культуральных средах.
5. Экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) ооцитов. Получение эмбрионов из оплодотворённых *in vitro* ооцитов.

Раздел 5. Клеточная инженерия растений

1. История развития клеточной и тканевой инженерии растений. Роль клеточной инженерии в современной биотехнологии.
2. Роль клетки как основы жизни. Дедифференциация и её значение для культур клеток и тканей.
3. Каллусные и суспензионные культуры растений. Процессы морфогенеза *in vitro*.

4. Клональное микроразмножение растений: принцип, этапы, практическое применение.
5. Основные методы клеточной инженерии для ускорения селекционного процесса (соматональная изменчивость, мутагенез *in vitro*).
6. Изолированные протопласты: получение, культивирование, соматическая гибридизация. Значение в биотехнологии.
7. Гаплоиды, дигаплоиды, тетраплоиды и триплоиды в селекции растений. Андрогенез и гиногенез *in vitro*.
8. Особенности генетической инженерии растений. Этапы создания трансгенных растений. Основные достижения.

Раздел 6. Промышленная биотехнология и производство метаболитов

1. Методы получения первичных метаболитов в промышленной биотехнологии (аминокислоты, органические кислоты, спирты).
2. Методы получения вторичных метаболитов (антибиотики, алкалоиды, терпеноиды). Особенности биосинтеза и регуляции.
3. Белковые продукты биотехнологии: рекомбинантные белки, интерфероны, гормоны. Их функции и значение.
4. Гибридная технология. Получение и применение моноклональных антител.
5. Роль ферментов в биотехнологии. Имобилизованные ферменты: способы иммобилизации, преимущества, применение.
6. Витамины: микробиологический синтез и его промышленное значение.

Раздел 7. Экологическая биотехнология, биогеотехнология и нанобиотехнология

1. Экологическая биотехнология: очистка сточных вод, биодegradация ксенобиотиков, биоремедиация почв.
2. Основные направления биогеотехнологии: бактериальное выщелачивание металлов, биоэнергетика (биогаз, биоэтанол).
3. Современные представления о нанобиотехнологиях. Применение наноматериалов в биотехнологии и медицине.

Раздел 8. Генодиагностика, генотерапия и генетические маркеры

1. Генодиагностика: принципы, методы, применение в медицине и сельском хозяйстве.
2. Генотерапия человека: подходы *in vivo* и *ex vivo*, векторы, достижения и проблемы.
3. Генетические маркеры: определение, типы (генетические, фенотипические, биохимические, молекулярные). Их роль в селекции и диагностике.
4. Генетические маркеры в животноводстве: маркер-ориентированная селекция (MAS).

Раздел 9. Биобезопасность, этические и законодательные аспекты

1. Генетически модифицированные организмы (ГМО): определение, методы создания, распространённость. Контроль за распространением ГМО.
2. Трансгенетика: аргументы «за» и «против». Оценка рисков применения ГМО.
3. Законодательные аспекты биобезопасности в Российской Федерации. Нормативное регулирование генно-инженерной деятельности.

4. Этические проблемы генной инженерии, клонирования животных и генотерапии.

Раздел 10. Современные методы и биотехнология сельскохозяйственных животных

1. Биотехнологические методы ускорения селекционного процесса в животноводстве (ТЭ, ЭКО, клонирование, маркерная селекция).

2. Современные биотехнологические подходы к повышению продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных животных.

3. Перспективы коммерциализации биотехнологических продуктов в животноводстве: от науки к производству.

Б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Ответ оценивается по следующим критериям:

- Правильность, полнота, логичность построения ответа;
- Умение оперировать специальными терминами;
- Использование в ответе дополнительного материала;
- Умение иллюстрировать теоретические положения.

В) Описание шкалы оценивания:

Минимальный балл за ответ на экзамене – 24, максимальный – 40.

На экзамене ставится оценка в зависимости от соответствия ответа следующим критериям:

Отлично 36 – 40 баллов	Ответ оценивается на «Отлично» при: • правильном, полном и логично построенном ответе на все вопросы билета; • умении оперирования специальными терминами; • использовании в ответе дополнительного материала; • умении иллюстрировать теоретические положения практическим материалом; • правильном, полном и логично построенном ответе на уточняющие вопросы экзаменатора;
Хорошо 30 – 35 баллов	Ответ оценивается на «Хорошо» при: • правильном, полном и логично построенном ответе, но имеются негрубые ошибки и неточности; • умении оперирования специальными терминами, но возможны затруднения в использовании практического материала; • умении иллюстрировать теоретические положения практическим материалом, но при этом делаются не вполне законченные выводы или обобщения;
Удовлетворительно 24 – 29 баллов	Ответ оценивается на «Удовлетворительно» при: • схематичном, неполном ответе; • неумении оперировать специальными терминами или их незнании; • с одной грубой ошибкой • неумении приводить примеры практического использования научных знаний, с грубыми ошибками в решенной экзаменационной задаче.
Неудовлетворительно Менее 24 баллов	Ответ оценивается как «Неудовлетворительно» при: • ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками; • неумении оперировать специальной терминологией; • неумении приводить примеры практического использования научных знаний;

7.2.2. Устные опросы на практических занятиях

Устный опрос проводится на практических занятиях, являющихся итоговыми по разделу, и затрагивает тематику пройденного раздела. Ответы на опрос оцениваются в баллах от 0 до 5 и засчитываются при получении оценки не ниже 3 баллов.

7.2.3. Контрольная точка

В течение семестра проводятся две контрольные точки, охватывающие материал пройденных разделов дисциплины. Первая контрольная точка предназначена для проверки освоения разделов 1-3, вторая – разделов 4-5.

Содержание заданий каждой контрольной точки формируется на основе материала, изученного в ходе лекционных и семинарских (практических) занятий. Задания могут включать теоретические вопросы, требующие развёрнутого ответа, тестовые задания, а также мини-кейсы по дизайну эксперимента или интерпретации данных. Конкретный перечень и формат заданий объявляются преподавателем не позднее, чем за одну неделю до даты проведения контрольной точки.

Поскольку задания базируются на пройденном материале и могут варьироваться в зависимости от акцентов, сделанных преподавателем в текущем семестре, обучающимся рекомендуется систематически прорабатывать конспекты лекций, выполнять задания семинарских занятий и своевременно устранять пробелы в понимании тем.

Результаты контрольных точек учитываются в текущем контроле успеваемости и могут служить допуском к промежуточной аттестации. Порядок пересчёта баллов или оценки за контрольные точки определяется рабочей программой дисциплины и доводится до сведения обучающихся на первом занятии.

А) Типовые вопросы:

Тестовые задания

1. Какая из перечисленных стадий не относится к типовой последовательности генно-инженерного процесса?
 - а) Получение целевого гена
 - б) Введение рекомбинантной ДНК в клетку-хозяина
 - в) Промышленная ферментация готового продукта
 - г) Отбор клонов, несущих рекомбинантную ДНК
2. Какой фермент используется для соединения фрагментов ДНК при создании рекомбинантных молекул?
 - а) Рестриктаза
 - б) Обратная транскриптаза
 - в) ДНК-лигаза
 - г) ДНК-полимераза I

3. Какой метод позволяет амплифицировать определённый участок ДНК *in vitro*?
- а) Саузерн-блоттинг
 - б) Полимеразная цепная реакция (ПЦР)
 - в) Электрофорез в агарозном геле
 - г) Секвенирование по Сэнгеру
4. Какой вектор наиболее часто используется для клонирования крупных фрагментов ДНК (до 1 млн п.н.)?
- а) Плазмида pBR322
 - б) Бактериофаг лямбда
 - в) Искусственная бактериальная хромосома (ВАС)
 - г) Космида
5. Какой метод введения ДНК в животные клетки основан на кратковременном воздействии электрического поля?
- а) Микроинъекция
 - б) Липофекция
 - в) Электропорация
 - г) Баллистическая трансфекция
6. Что такое каллусная культура растений?
- а) Культура изолированных протопластов
 - б) Культура неорганизованно делящихся клеток на твёрдой среде
 - в) Суспензия одиночных клеток в жидкой среде
 - г) Культура изолированных меристем
7. Какой метод получения гибридных клеток основан на слиянии изолированных протопластов?
- а) Соматическая гибридизация
 - б) Андрогенез
 - в) Трансформация
 - г) Клональное микроразмножение
8. Какой организм-продуцент традиционно используется для промышленного получения лизина?
- а) *Saccharomyces cerevisiae*
 - б) *Corynebacterium glutamicum*
 - в) *Aspergillus niger*
 - г) *Escherichia coli*
9. Что понимают под downstream processing в биотехнологии?
- а) Подготовку и стерилизацию питательных сред
 - б) Стадию ферментации в биореакторе
 - в) Выделение, очистку и финишную обработку целевого продукта
 - г) Генно-инженерное конструирование штамма
10. Какой документ регламентирует требования к производству лекарственных средств в Российской Федерации?
- а) ГОСТ ISO 9001
 - б) Правила GMP (Good Manufacturing Practice)
 - в) Стандарт GLP (Good Laboratory Practice)
 - г) Только внутренние регламенты предприятия

Задания с развёрнутым ответом

1. Охарактеризуйте основные методы получения генов. В чём преимущества химико-ферментативного синтеза перед рестрикционным методом?
2. Опишите принцип и основные компоненты системы CRISPR/Cas9. Какие преимущества и ограничения имеет этот метод по сравнению с классической генной инженерией?
3. Объясните, каким образом трансгенные животные могут служить «биореакторами» для получения биологически активных веществ. Приведите конкретный пример.
4. Какие генетические, фенотипические и молекулярные маркеры применяются для подтверждения интеграции чужеродного гена в геном животного? Охарактеризуйте их достоинства и недостатки.
5. Общие принципы конструирования рекомбинантных ДНК. Из каких обязательных элементов состоит типичный экспрессионный вектор для прокариотического хозяина?
6. Опишите основные методы клеточной инженерии растений, применяемые для ускорения селекционного процесса. Приведите примеры.
7. Что такое иммобилизованные ферменты? Какие способы иммобилизации существуют и в чём заключаются преимущества иммобилизованных ферментов перед растворимыми?
8. Изложите общую логику масштабирования биотехнологического процесса от лабораторного биореактора до промышленного производства. Какие ключевые параметры необходимо контролировать при масштабировании?
9. Охарактеризуйте подходы метаболической инженерии, направленные на повышение выхода целевого продукта. Приведите конкретный пример модификации метаболического пути.
10. Какие основные элементы включает система обеспечения качества на биотехнологическом производстве, соответствующем требованиям GMP?

Б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

За каждый правильный ответ на тестовый вопрос начисляется 1 балл. Частично правильный ответ или ответ с исправлениями не засчитывается. Каждый развёрнутый ответ оценивается по шкале от 0 до 2 баллов с шагом 1 балл.

Балл	Критерий оценивания заданий с развёрнутым ответом
2	Ответ полный, логически выстроенный, содержит все необходимые определения, схемы, формулы. Материал изложен системно, продемонстрировано свободное владение терминологией. Приведены корректные примеры, указаны причинно-следственные связи.
1	Ответ в целом верный, но содержит незначительные пробелы или неточности в деталях, не искажающие общее понимание. Терминология используется грамотно, но отсутствуют примеры или допущена одна негрубая ошибка.
0	Ответ отсутствует или содержит грубые ошибки, демонстрирующие непонимание сути вопроса. Обучающийся не владеет ключевыми понятиями темы.

В) Описание шкалы оценивания:

Минимальный балл за контрольную точку – 9 (первая контрольная точка) или 6 (вторая контрольная точка), максимальный – 15 (первая контрольная точка) или 10 (вторая контрольная точка).

Оценка ставится в зависимости от соответствия ответа следующим критериям:

Сумма баллов	Оценка	Характеристика
13-15 (КТ1) 10 (КТ2)	Отлично	Высокий уровень освоения материала разделов. Обучающийся демонстрирует системные знания, свободно оперирует понятиями, успешно решает тестовые и практико-ориентированные задания.
11-12 (КТ1) 8-9 (КТ2)	Хорошо	Продвинутый уровень. Основные знания и умения сформированы, допускаются незначительные неточности, не влияющие на общее понимание.
9-10 (КТ1) 6-7 (КТ2)	Удовлетворительно	Пороговый уровень. Обучающийся воспроизводит базовые понятия, но испытывает затруднения при ответах на вопросы, требующие анализа и синтеза, допускает ошибки в тестовых заданиях.
0-8 (КТ1) 0-5 (КТ2)	Неудовлетворительно	Недостаточный уровень. Компетенции не сформированы. Обучающийся не ориентируется в базовых понятиях разделов, не способен дать развёрнутый ответ.

7.2.3. Проектная работа

Проектная работа посвящена теме «Разработка биотехнологической схемы получения целевого продукта: от продуцента до биореактора»

Цель проектной работы – приобретение магистрантами практических навыков проектирования полного цикла промышленного биотехнологического производства, включая генно-инженерное конструирование организма-продуцента, подбор условий культивирования и ферментации, масштабирование процесса и оформление технологической схемы в соответствии с современными требованиями.

Задачи, решаемые обучающимися в ходе выполнения проекта:

- обоснование выбора целевого продукта (рекомбинантный белок, фермент, антибиотик, витамин, аминокислота, вторичный метаболит и др.) и организма-продуцента;
- проектирование генно-инженерной стратегии получения штамма-сверхпродуцента (дизайн экспрессионной кассеты, выбор вектора, промотора, сигнальных последовательностей, методов трансформации и селекции);
- разработка лабораторного регламента культивирования: подбор состава питательной среды, оптимальных физико-химических параметров (температура, pH, аэрация), режима индукции экспрессии;
- проектирование схемы масштабирования процесса ферментации от лабораторного биореактора до промышленного;
- описание этапов выделения и очистки целевого продукта (downstream processing);
- составление принципиальной технологической схемы производства в графическом виде (блок-схема или аппаратно-технологическая схема);
- оценка соответствия предлагаемой технологии требованиям GMP/GLP;
- анализ потенциальных рисков и перспектив коммерциализации проекта.

А) Формат представления и защиты:

Проект выполняется индивидуально или в малых группах (2-3 человека). Защита проводится в форме устного доклада с мультимедийной презентацией, после чего следуют ответы на вопросы преподавателя и аудитории.

Б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Ответ оценивается по следующим критериям:

- Обоснование выбора продуцента и генно-инженерной стратегии;
- Подбор условий культивирования и параметров ферментации;
- Логичность и реалистичность схемы масштабирования и очистки;
- Качество оформления расчётно-пояснительной записки и графической части;
- Полнота учёта требований GMP/GLP и биобезопасности;
- Устная защита и ответы на вопросы.

В) Описание шкалы оценивания:

Максимальный балл за проектную работу – 15.

Оценка ставится в зависимости от соответствия ответа следующим критериям:

Обоснование выбора продуцента и генно-инженерной стратегии	3 балла – выбор продуцента и генно-инженерного подхода всесторонне аргументирован; представлен детальный дизайн экспрессионной кассеты (вектор, промотор, сигнальные последовательности, маркеры), учтены особенности синтеза и фолдинга целевого продукта; приведено сравнение с альтернативными системами. 2 балла – выбор обоснован в целом верно, но аргументация недостаточно полна; дизайн конструкции содержит незначительные недочёты. 1 балл – выбор сделан формально, без серьёзного обоснования; дизайн конструкции содержит ошибки или представлен фрагментарно. 0 баллов – раздел отсутствует или содержит грубые ошибки.
Подбор условий культивирования и параметров ферментации	3 балла – корректно определены состав питательной среды, физико-химические параметры (температура, pH, аэрация), режим индукции; представлены прогнозные кинетические кривые роста и биосинтеза, рассчитаны ожидаемые выходы продукта; выбор условий обоснован литературными или расчётными данными. 2 балла – условия подобраны в целом верно, но отсутствуют некоторые детали (например, не обоснован выбор источника углерода или не указаны параметры масштабирования). 1 балл – условия описаны поверхностно, имеются ошибки в расчётах или несоответствия между типом продуцента и предложенными параметрами. 0 баллов – раздел отсутствует или полностью ошибочен.
Логичность и реалистичность схемы масштабирования и очистки	3 балла – представлена подробная поэтапная схема масштабирования от лабораторного биореактора до промышленного; обоснован выбор оборудования; описаны все стадии выделения и очистки продукта с указанием конкретных методов (центрифугирование, хроматография, фильтрация и т.д.), ожидаемой степени чистоты и выхода; учтены экономические и технологические ограничения. 2 балла – схема в целом выстроена правильно, но слабо обоснован выбор методов очистки или отсутствуют количественные показатели выхода. 1 балл – схема содержит логические разрывы или нереализуемые на практике операции. 0 баллов – раздел отсутствует или принципиально неверен.
Качество оформления расчётно-	2 балла – пояснительная записка структурирована согласно требованиям, содержит все обязательные разделы; текст написан грамотно, с корректным использованием терминологии; графическая часть (технологическая схема)

пояснительной записки и графической части	выполнена аккуратно, наглядно, с соблюдением стандартов. 1 балл – имеются незначительные нарушения в оформлении, отсутствие некоторых подразделов или неряшливое выполнение схемы. 0 баллов – оформление не соответствует требованиям, схема отсутствует.
Полнота учёта требований GMP/GLP и биобезопасности	2 балла – чётко выделены критические моменты, сформулированы конкретные меры по обеспечению качества и безопасности на всех этапах; учтены нормативные требования, указаны стандарты, которым должен соответствовать конечный продукт; проанализированы потенциальные риски (контаминация, нецелевые эффекты). 1 балл – требования GMP/GLP упомянуты, но не конкретизированы применительно к разрабатываемому процессу. 0 баллов – вопросы качества и безопасности не рассмотрены.
Устная защита и ответы на вопросы	2 балла – доклад чётко выстроен, отражает все ключевые аспекты проекта; студент уверенно использует профессиональную лексику, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание всех деталей. 1 балл – доклад содержит недочёты в логике изложения, студент испытывает затруднения при ответе на часть вопросов. 0 баллов – студент не может представить суть проекта и ответить на вопросы по существу.

Далее полученные баллы переводятся в 10-бальную шкалу, для внесения в рейтинговую систему. Таким образом минимальный балл за проектную работу составляет 6 баллов, а максимальный – 10 баллов.

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

– Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

– Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

– Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

– Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

○ контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

○ контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Исключение: текущая аттестация в 8 семестре обучения по образовательным программам бакалавриата, в котором единственная контрольная точка № 1 (КТ №

1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 6 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 6 неделю учебного семестра.

– Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
<i>Оценочное средство № 1.1</i>	2	60% от M1	M1
<i>Оценочное средство № 1.2</i>	4	60% от M2	M2
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
<i>Оценочное средство № 2.1</i>	9	60% от T1	T1
<i>Оценочное средство № 2.2</i>	14	60% от T2	T2
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Зачет	-		
ИТОГО по дисциплине		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Устный опрос проводится на практических занятиях, являющихся итоговыми по разделу, и затрагивает тематику пройденного раздела. Применяется оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

7.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70--74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ / «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1. Перечень основной литературы:

1. Субботина, Т. Н. Молекулярная биология и геновая инженерия. Электронный ресурс: Практикум / Т. Н. Субботина, П. А. Николаева, А. Е. Харсекина. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. – 60 с.

2. Пак, И.В. Введение в биотехнологию: учебное пособие: [16+] / И.В. Пак, О.В. Трофимов, О.А. Величко; Тюменский государственный университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2018. – 160 с.

3. Вирусология. Практикум: учебное пособие / И. В. Третьякова, М. С. Калмыкова, Е. И. Ярыгина, В. М. Калмыков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 132 с.

8.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Жукова, А.Г. Молекулярная биология: учебник с упражнениями и задачами / А.Г. Жукова, Н.В. Кизиченко, Л.Г. Горохова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 269 с.
2. Шлейкин А.Г., Жилинская Н.Т. Введение в биотехнологию: Учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 95с.
3. Краткий словарь микробиологических, вирусологических, иммунологических и эпизоотологических терминов : словарь / Р. Г. Госманов, Н. М. Колычев, А. А. Новицкий, Р. Х. Равилов. – СПб.: Лань, 2021. – 304 с.
4. Спирин, А. С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка : учебное пособие / А. С. Спирин. – Москва : Лаборатория знаний, 2019. – 594 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. <http://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека «eLIBRARY.ru»
2. <http://libcatalog.mephi.ru/> – ЭБС НИЯУ МИФИ
3. <https://e.lanbook.com/> – ЭБС «Лань»
4. <https://cyberleninka.ru/> – Научная электронная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»
5. <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/> – NCBI BLAST (National Center for Biotechnology Information Basic Local Alignment Search Tool) – онлайн-инструмент для поиска гомологичных последовательностей в геномных и протеомных базах данных.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебного занятия	Организация деятельности студента
Лекция	Студент должен иметь лекционную тетрадь, где оформляет конспект лекций. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Конспект лекций необходимо проработать перед следующей лекцией, поставив вопросы там, где встречаются непонятные места. Ответы на эти вопросы следует найти в рекомендованной литературе или выяснить на консультации у преподавателя. Конспект лекций необходимо дополнять вставками, особенно по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение.
Практические занятия	Семинарские занятия призваны научить студента самостоятельно и критически подходить к изучаемому материалу, разбираться в проблемных вопросах, способствовать обретению навыков анализа текстов источников информации, решению типовых задач. При подготовке к практическим занятиям студент должен ознакомиться с темой занятия, проработать соответствующий лекционный материал и материал в учебной литературе. Сформулировать проблемные для восприятия вопросы с целью их обсуждения в формате семинарского занятия. Занятия проводятся в форме активной работы студенческой группы под контролем и руководством преподавателя.
Самостоятельная работа	Каждый студент должен индивидуально готовиться по темам дисциплины, читая конспекты лекций и рекомендуемую литературу. Самостоятельная работа позволяет студенту в спокойной обстановке подумать, разобраться с информацией по теме, при необходимости обратиться к справочной литературе. Внимательное чтение и повторение прочитанного помогает в полном объеме усвоить содержание темы, структурировать знания. Чтобы содержательная информация по дисциплине запоминалась надолго, целесообразно изучать ее поэтапно - по темам и в строгой последовательности, поскольку

	последующие темы, как правило, опираются на предыдущие. Именно поэтому большая часть самостоятельной работы предполагает подготовку к семинарским занятиям, проектной работе, а также подготовку к экзамену. Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса. Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы. При самостоятельной работе рекомендуется конспектировать изучаемый (прорабатываемый) материал. Конспект может быть опорным, содержать лишь основные ключевые позиции, но при этом достаточным для полного ответа по вопросу. Конспект может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.
Устный опрос	Студент должен заблаговременно ознакомиться с планом семинарского (практического) занятия. На основе конспектов лекций и рекомендованной литературы кратко, схематично зафиксировать в рабочей тетради ключевые тезисы, определения, схемы и формулы по каждому вопросу, выделяя логические связи и причинно-следственные зависимости. Проверять незнакомые термины и понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников, выписывая толкования в тетрадь. Заранее формулировать вопросы по непонятным или спорным моментам для уточнения на консультации или в ходе обсуждения. При ответе в аудитории излагать материал последовательно, аргументированно, с опорой на изученные источники, грамотно используя профессиональную терминологию. Внимательно слушать ответы других обучающихся, дополнять их, задавать уточняющие вопросы. После занятия проанализировать допущенные ошибки и неточности, восполнить пробелы, при необходимости доработать конспект.
Проектная работа	Студент должен самостоятельно или в малой группе выбрать тему проекта из предложенного перечня или предложить собственную, согласовав её с преподавателем. Лучшим вариантом является предложение своей темы, основываясь на месте трудоустройства студента. Составить краткий календарный план-график выполнения работы, выделив ключевые промежуточные этапы. Изучить рекомендованную литературу, научные статьи, патенты, специализированные базы данных; делать выписки основных сведений о продукте, продуcente, альтернативных технологиях. Обосновать выбор генно-инженерной стратегии, выполнить виртуальное конструирование экспрессионной кассеты в специализированном программном обеспечении, полученную схему сохранить и вставить в пояснительную записку. Подобрать и обосновать условия культивирования и параметры ферментации, опираясь на проверенные литературные источники; составить прогнозные кинетические кривые. Разработать логичную, реализуемую схему масштабирования и очистки продукта, учесть требования GMP/GLP и биобезопасности. Проверять незнакомые термины, понятия, нормативные требования с помощью отраслевых словарей, справочников, официальных документов, делая краткие выписки с толкованиями. Все непонятные вопросы, противоречия в источниках фиксировать и выносить на консультации преподавателя. Оформить расчётно-пояснительную записку в соответствии с заданной структурой, соблюдая правила цитирования и оформления списка литературы. Графическую часть выполнить аккуратно и наглядно. На основе записки подготовить доклад и мультимедийную презентацию; продумать ответы на вероятные вопросы. Своевременно представить готовый проект к защите, при необходимости доработав по замечаниям, полученным на промежуточных обсуждениях.
Контрольная точка	Студент должен заблаговременно ознакомиться с перечнем разделов и тем, выносимых на каждую контрольную точку, а также с форматом заданий, объявленным преподавателем (тестовые вопросы, задания с развёрнутым ответом, расчётные задачи, мини-кейсы). Систематически прорабатывать конспекты лекций и записи с семинарских занятий по соответствующим разделам; кратко, схематично фиксировать ключевые определения, принципы методов, формулы, алгоритмы планирования эксперимента, схемы постановки ПЦР, секвенирования, редактирования геномов и анализа белков. Проверять незнакомые термины и понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников, выписывая толкования в рабочую тетрадь. Особое внимание уделять пониманию логики методов, возможных источников ошибок и способов их устранения.

	При подготовке к тестовой части тренироваться отвечать на типовые тестовые задания, обращая внимание на точность формулировок. Для заданий с развёрнутым ответом составлять планы ответов, отражающие последовательность этапов метода, аргументацию выбора контролей, интерпретацию возможных результатов. Все непонятные вопросы, расхождения в источниках фиксировать и выносить на консультации преподавателя до даты проведения контрольной точки. В ходе выполнения контрольной точки внимательно читать формулировки заданий, рационально распределять время. После получения результатов проанализировать допущенные ошибки, при необходимости восполнить пробелы, доработать конспекты. Результаты контрольных точек учитываются в текущем контроле успеваемости и могут служить условием допуска к промежуточной аттестации.
Подготовка к экзамену	Студент должен заблаговременно ознакомиться с перечнем экзаменационных вопросов и списком рекомендованной литературы. Систематизировать накопленный в течение семестра материал: конспекты лекций, рабочие записи с семинарских занятий, результаты проектной работы. При подготовке к каждому вопросу кратко, схематично, последовательно фиксировать основные определения, термины, схемы, формулы, выводы, обобщения; выделять ключевые слова и понятия. Проверять незнакомые и сложные термины с помощью энциклопедий, словарей, справочников, при необходимости выписывать толкования в тетрадь. Составлять развёрнутые планы ответов, отражая в них логическую структуру изложения. Особое внимание уделить вопросам, которые ранее вызывали затруднения на устных опросах или при выполнении практических заданий, восполнить пробелы с помощью дополнительной литературы и консультаций преподавателя. Тренироваться воспроизводить ответы устно, соблюдая логику, последовательность и временной регламент. При обнаружении расхождений или противоречий в источниках фиксировать спорные моменты и прояснять их на консультации. Непосредственно перед экзаменом повторить ключевые положения, схемы и наиболее важные термины, сохранять спокойствие и уверенность.

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

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

11.1. Перечень программного обеспечения

- Adobe Acrobat Reader D;
- Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint);
- BLAST+

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, оснащённая оборудованием и техническими средствами обучения: комплект учебной мебели, комплект мебели для преподавателя, доска магнитно-маркерная, демонстрационное оборудование (проектор, экран и/или др.), компьютер с необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения, подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду института.

13. Иные сведения и (или) материалы

13.1. Краткий терминологический словарь

Амплификация – процесс многократного удвоения специфического участка ДНК (ампликона) во время ПЦР.

Амплификон (ампликон) – амплифицированный (умноженный) участок ДНК, получаемый в результате ПЦР.

Гаситель – молекула, подавляющая флуоресценцию флуорофора до момента разделения (например, при расщеплении зонда).

Гибридизация – процесс комплементарного соединения двух цепей нуклеиновых кислот (например, праймера с матрицей).

Детергенты – вещества, разрушающие клеточные мембраны (например, SDS, Triton X-100), применяемые для лизиса.

Димеры праймеров – неспецифические продукты, образующиеся при комплементарном связывании праймеров друг с другом.

ДНК-полимераза – фермент, катализирующий синтез ДНК. В ПЦР используются термостабильные формы.

Интеркалирующие красители – вещества, неспецифически связывающиеся с двуцепочечной ДНК и флуоресцирующие при связывании.

Контаминация – загрязнение реакций чужеродной нуклеиновой кислотой. Требуется строгое соблюдение зональности и стерильности.

Контрольный образец – образец, используемый для проверки корректности реакции.

Кривая плавления – график изменения флуоресценции при нагревании, используемый для оценки специфичности продукта ПЦР.

Матрица – нуклеиновая кислота, которая служит исходной последовательностью для синтеза комплементарной цепи в ПЦР.

Молекулярные маяки – особый тип зондов, принимающих шпильчатую структуру с флуорофором и гасителем, которые расходятся при гибридизации с матрицей.

Перекры́стная контаминация – попадание амплифицированного продукта в другие образцы, приводящее к ложноположительным результатам.

Плато – стадия ПЦР, на которой прекращается экспоненциальное увеличение ампликона.

Пороговый цикл (Ct, Cycle threshold) – номер цикла, при котором флуоресцентный сигнал в ПЦР в реальном времени пересекает порог и становится детектируемым.

Праймер – короткий одноцепочечный олигонуклеотид, комплементарный фланкирующему участку матрицы, необходимый для начала синтеза новой цепи

Референсный ген – стабильный в экспрессии ген, используемый для нормализации данных в количественной ПЦР.

Самокомплементарность – наличие участков в праймерах, способных образовывать внутримолекулярные связи, что может вызывать шпильки и снижать эффективность ПЦР.

Спейсер – участок между флуорофором и гасителем в зонде, обеспечивающий его правильную пространственную конфигурацию.

Таутометрия – явление изменения положения водорода в азотистых основаниях, потенциально приводящее к ошибкам спаривания оснований.

Флуорофор – молекула, испускающая флуоресценцию, используемая для визуализации амплификации.

Флуорохромы – обобщённое название для флуоресцентных молекул, применяемых в биологических исследованиях.

Фланкирующая последовательность – любая нуклеотидная последовательность, расположенная рядом («по соседству», «на фланге») с другой последовательностью

Эффективность амплификации – показатель того, насколько близко амплификация к идеальному удвоению (100 %) в каждом цикле. Нормой считается диапазон 90-110 %

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной

реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межкультурного взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное

практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.