

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

**Образовательно-научный институт**  
**физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Директор института:**

\_\_\_\_\_/Ж.В. Мацулевич/  
подпись ФИО

“16” мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.7.2 Молекулярная биотехнология**  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)  
**для подготовки бакалавров/специалистов/магистров**

Направление подготовки: 19.04.01 «Биотехнология»

\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Промышленная биотехнология и биоинженерия»

\_\_\_\_\_  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 180/5

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

\_\_\_\_\_  
экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Плескова Светлана Николаевна, д.б.н., профессор

\_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 19.04.01 «Биотехнология», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 августа 2021 г. № 737 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 18.05.2023 г. № 21.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 11.05.2023 г. № 7.

Зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 16.05.2023 № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный №

Начальник МО

\_\_\_\_\_/Н.Р. Булгакова/  
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_/Н.И. Кабанина/  
(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Цель и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	14
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	19
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	32
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	33
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	34
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	35
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	36
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	39

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целями освоения дисциплины** «Молекулярная биотехнология» является формирование у студентов углубленных знаний о технологиях получения и экспрессии рекомбинантных белков генно-инженерными методами, получение основных знаний об основных ферментах, с помощью которых осуществляется получение рекомбинантных ДНК. Знакомство с основными векторами для трансформации бактериальных клеток и об основных системах экспрессии на основе эукариотических клеток.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- освоение и углубление знаний о принципах структурной организации генов и геномов прокариот и эукариот;
- рассмотрение основных классов рестриктирующих эндонуклеаз, определение роли эндонуклеаз 2 класса для генетической инженерии;
- изучение основных векторных систем, используемых в генетической инженерии;
- получение знаний о трансформации бактериальных клеток и отборе гибридных клонов бактериальных клеток;
- анализ методов создания геномных библиотек;
- изучение методов сверхпродукции белков бактериальными штаммами;
- освоение методов создания векторов для клонирования крупных фрагментов ДНК;
- изучение механизма развития программированной клеточной гибели.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**2.1. Учебная дисциплина** «Молекулярная биотехнология» включена в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 19.04.01 «Биотехнология», направленности (профиля) «Промышленная биотехнология и биоинженерия». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП по данному направлению подготовки.

В ходе освоения данной дисциплины необходимы базовые знания, которые студенты получили в ходе обучения по программе бакалавриата по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология», где освоены такие дисциплины как «Основы биохимии и молекулярной биологии», «Химия биологически активных веществ», «Органическая химия», «Основы биотехнологии», «Методы получения промышленных штаммов микроорганизмов», либо схожие по содержанию дисциплины.

Для успешного усвоения дисциплины студент должен владеть знаниями в области геномики, протеомики, липидомики, метаболомики; основными методами и подходами исследования в современной биотехнологии, биохимии, биофизике (двумерным электрофорезом, хроматографией, масс-спектрометрией, ПЦР-диагностикой); способами подготовки питательных сред для выращивания трансформированных штаммов бактерий.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Молекулярная биотехнология» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственных практик, а также при подготовке, выполнении и защите курсовых и выпускной квалификационной работ, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Связь данной дисциплины со специализацией обучающегося реализуется при формировании у студентов знаний и умений в сфере потенциала, методологии и

компетенций современной биотехнологии, способности анализировать, обобщать и использовать фундаментальные и прикладные знания в области молекулярной биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области. Курс предполагает знакомство с существующими и разрабатываемыми технологии трансформации, трансдукции и конъюгации бактериальных штаммов, с целью получения генноинженерных белков, широко используемых в биотехнологии, медицине, фармацевтике и различных областях легкой промышленности. В ходе освоения материала курса студенты знакомятся с методами идентификации полученных белков, а также с методами очистки целевого продукта.

К активным методам обучения относится выполнение контрольной работы по темам дисциплины. При проведении лекционных и практических занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, анализ ситуаций и имитационных моделей, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная биотехнология» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Молекулярная биотехнология» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки (специальности) 19.04.01 «Биотехнология»:

а) специальных профессиональных (СПК): СПК – 1, 2, 3, 4, 5.

**Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами**

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<b>СПК-1</b>				
Современные проблемы биохимии и биотехнологии (Б1.В.ОД.7.1)	✓			
<b>Молекулярная биотехнология (Б1.В.ОД.7.2)</b>		✓		
Преддипломная практика (Б2.П.4)				✓
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3.Д.1)				✓
<b>СПК-2</b>				
Методологические основы исследований в биотехнологии (Б1.Б.4)		✓		

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<b>Молекулярная биотехнология (Б1.В.ОД.7.2)</b>		✓		
Преддипломная практика (Б2.П.4)				✓
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3.Д.1)				✓
<b>СПК-3</b>				
Иммунологические препараты (Б1.В.ОД.1)			✓	
Комплексная переработка биомассы (Б1.В.ОД.2)		✓		
Научные основы и технологии функционального питания (Б1.В.ОД.3)			✓	
Разработка лекарственных препаратов (Б1.В.ОД.6)	✓			
<b>Молекулярная биотехнология (Б1.В.ОД.7.2)</b>		✓		
Ферментативное производство водорода (Б1.В.ДВ.1.1)			✓	
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)	✓	✓	✓	
Научно-исследовательская работа (Б2.П.2)				✓
Технологическая практика (Б2.П.3)				✓
Преддипломная практика (Б2.П.4)				✓
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3.Д.1)				✓
<b>СПК-4</b>				
Современные проблемы биохимии и биотехнологии (Б1.В.ОД.7.1)	✓			
<b>Молекулярная биотехнология (Б1.В.ОД.7.2)</b>		✓		
Экологическая биотехнология (Б1.В.ОД.7.3)			✓	
Ферментативное производство водорода (Б1.В.ДВ.1.1)			✓	
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)	✓	✓	✓	
Научно-исследовательская работа (Б2.П.2)				✓
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3.Д.1)				✓
<b>СПК-5</b>				

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Методологические основы исследований в биотехнологии (Б1.Б.4)		✓		
Иммунологические препараты (Б1.В.ОД.1)			✓	
Комплексная переработка биомассы (Б1.В.ОД.2)		✓		
Научные основы и технологии функционального питания (Б1.В.ОД.3)			✓	
Разработка лекарственных препаратов (Б1.В.ОД.6)	✓			
Современные проблемы биохимии и биотехнологии (Б1.В.ОД.7.1)	✓			
<b>Молекулярная биотехнология (Б1.В.ОД.7.2)</b>		✓		
Экологическая биотехнология (Б1.В.ОД.7.3)			✓	
Ферментативное производство водорода (Б1.В.ДВ.1.1)			✓	
Биокоррозия (Б1.В.ДВ.1.2)			✓	
Биотехнологические методы ликвидации техногенных отходов (ФТД.1)			✓	
Педагогическая практика (Б2.У.1)		✓		
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)	✓	✓	✓	
Научно-исследовательская работа (Б2.П.2)				✓
Технологическая практика (Б2.П.3)				✓
Преддипломная практика (Б2.П.4)				✓
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3.Д.1)				✓

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С  
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

*Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения*

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>	
			<b>Текущего контроля</b>	<b>Промежуточной аттестации</b>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
СПК-1. Способен понимать, излагать, критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях, применять её в практической деятельности и делать выводы, основываясь на полученной информации		<b>ЗНАТЬ:</b> - современное состояние методов «редактирования» геномов микроорганизмов; - методы секвенирования и методы обработки данных секвенирования; - основы метода анализа дифференциальной экспрессии генов; теорию выравнивания последовательностей; - методологическую основу метаболической инженерии; - базовые принципы, критерии и параметры устойчивого развития; - позицию биоэкономики и ее роль в промышленных биотехнологиях; - основные принципы и компоненты биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	<b>УМЕТЬ:</b> - разрабатывать стратегии современного конструирования штамма-продуцента; - проводить филогенетический анализ последовательностей; - анализировать данные секвенирования нового поколения, читать и анализировать FASTQ файлы; - делать выводы о роли биоэкономики в обеспечении устойчивого развития; - описывать важность базовых принципов ESG; - аргументировать свою позицию по вопросу преимуществ и недостатков использования биотехнологий для решения проблем экологии; - анализировать экономические, правовые и экологические аспекты биотехнологического производства фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов	<b>ВЛАДЕТЬ НАВЫКАМИ:</b> - интеграции полученных знаний в проектную задачу построения множественных выравниваний; работы с биологическими базами данных; - анализа рынка, оценки мировых трендов и позиционирования отечественных возможностей в развитии по данному направлению; - определения путей развития биоэкономики с учетом проанализированных рисков. <b>ДЕМОНСТРИРУЕТ ГОТОВНОСТЬ:</b> - критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях и делать выводы, основываясь на полученной информации; - интеграции полученных знаний в решение практических задач; - разрабатывать стратегии развития с учётом возможностей и современных требований	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	Вопросы для проведения устного зачета с оценкой

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
СПК-2. Владение методами базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов, способность применять их в практической деятельности		<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы метода и общую стратегию конструирования промышленных штаммов-продуцентов;</li> <li>- предмет, цели и задачи технологии микробного синтеза клеточных метаболитов с использованием генетически измененных микроорганизмов и ферментационных аппаратов;</li> <li>- основы и теорию методов базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов.</li> </ul>	<p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с базами данных генетических последовательностей;</li> <li>- анализировать эффективность трансфекции выращенных колоний;</li> <li>- выполнять анализ уровней экспрессии белка;</li> <li>- проводить ПЦР-анализ для подтверждения структуры вставки генетической последовательности</li> </ul>	<p><b>ВЛАДЕТЬ НАВЫКАМИ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работы в области генетической модификации промышленных микроорганизмов;</li> <li>- работы с программами просмотра, анализа и редактирования плазмид, банками генетических последовательностей;</li> <li>- отбора рекомбинантного штамма по ферментативной активности.</li> </ul> <p><b>ДЕМОНСТРИРУЕТ ГОТОВНОСТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов в практической деятельности;</li> <li>- анализировать эффективность и результативность проведенных лабораторных исследований</li> </ul>	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
СПК-3. Готов применять профессионально профилированные знания и практические навыки для прогнозирования и определения потенциала использования биотехнологий		<b>ЗНАТЬ:</b> - понятие метаболизма с точки зрения источника соединений с высоким рыночным потенциалом; - мировые тренды развития биоэкономики; - особенности биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; - потенциал переработки отечественного углеводородного сырья; - основы технологий, увеличивающих потенциал внутрипластовой энергии; - о потенциальных источниках загрязнения подземных вод и агентах по удалению биогенных элементов.	<b>УМЕТЬ:</b> - определять потенциал развития биоэкономики и её преимущества; - определять роль и перспективы развития биотехнологий в биоэкономике; - масштабировать разрабатываемые лабораторные технологии	<b>ВЛАДЕТЬ НАВЫКАМИ:</b> - оценки эффективности процесса. <b>ДЕМОНСТРИРУЕТ ГОТОВНОСТЬ:</b> - прогнозировать и определять потенциал использования биотехнологий; - масштабировать лабораторные процессы с учетом потенциала и перспектив развития	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
СПК-4. Способен критически мыслить, сопоставлять процессы в области генетических технологий и определять их особенности использования в промышленных биотехнологиях для генерации новых решений в своей профессиональной деятельности		<b>ЗНАТЬ:</b> - требования лабораторной, клинической и производственной практики в биотехнологическом фармацевтическом производстве и принципы систем GLP, GCP и GMP; - понятия лабораторного и промышленного регламента; - стадии модификаций геномов микроорганизмов-продуцентов; - сходство и принципиальное различие традиционных рандомизированного мутагенеза с последующей генетической селекцией и современной адаптивной лабораторной эволюцией; - особенности транскрипции и ее регуляцию на различных уровнях.	<b>УМЕТЬ:</b> - определять особенности лабораторного и промышленного регламента; - анализировать сходства и различия метаболизма различных организмов и принципиальные возможности метаболических прививок; - объяснить роль построения различных метаболических моделей организмов в современной биоинженерии и синтетической биологии; - охарактеризовать различные типы реакторов; - выделять важнейшие факторы, влияющие на микробную активность и протекание биогеохимических процессов.	<b>ДЕМОНСТРИРУЕТ ГОТОВНОСТЬ:</b> - к генерации новых решений в своей профессиональной деятельности в соответствии с особенностями использования процессов генетических технологий в промышленных биотехнологиях; - сопоставлять, анализировать, определять особенности технологий и процессов для наиболее эффективной реализации своей профессиональной деятельности	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
СПК-5. Способен понимать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий и использовать фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения задач		<b>ЗНАТЬ:</b> - процесс биотехнологических производств; - направления и примеры использования биотехнологий в различных отраслях; - направления развития отраслей биоэкономики; - критерии и индикаторы устойчивого развития; - процесс совершенствования химических процессов в соответствии с сокращением негативного влияния на окружающую среду; - основные микробиологические процессы и микробные консорциумы, используемых в биогеотехнологиях и технологиях защиты окружающей среды; - роль биотехнологий в влиянии на актуальные проблемы экологии; - перспективы развития новых направлений в биогидрометаллургии и внедрения новых биогидрометаллургических технологий; - роль биотехнологии для решения природоохранных проблем в горно-металлургическом комплексе; новые тренды в анаэробном сбраживании	<b>УМЕТЬ:</b> - анализировать перспективы развития и внедрения новых биогеотехнологий; - определять возможности использования природных и генно модифицированных штаммов микроорганизмов в биотехнологических процессах получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; - определять возможности использования мутантных и генно модифицированных штаммов для биоремедиации; - определять возможности направленной модификации микробных сообществ очистных сооружений, понятие биоаугментации	<b>ВЛАДЕТЬ НАВЫКАМИ:</b> - адаптации процесса в соответствии с принципами ESG; - анализа двойного применения биотехнологий; - формулирования путей решения рисков, возникающих в процессе развития биоэкономики; - сопоставления полученных результатов практической части с теоретическими знаниями, полученными в ходе лекционной части; - оценивания преимуществ и недостатков использования биотехнологий. <b>ДЕМОНСТРИРУЕТ ГОТОВНОСТЬ:</b> - применять фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения практических задач; - решать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

*Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам*

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего часов	в т.ч. по семестрам
		2 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>85</b>	<b>85</b>
занятия лекционного типа (Л)	<b>34</b>	<b>34</b>
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	<b>51</b>	<b>51</b>
лабораторные работы (ЛР)		
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	<b>5</b>	<b>5</b>
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа	<b>10</b>	<b>10</b>
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	<b>80</b>	<b>80</b>
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>		

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
2 СЕМЕСТР									
СПК-1 СПК-2 СПК-3 СПК-4 СПК-5	Раздел 1 Название Технологии рекомбинантных ДНК								
	Тема 1.1 Значение рестриктирующих эндонуклеаз для генной инженерии	4			6	подготовка к занятию [1.1] (с. 5-8); [1.3] (с. 5-13); [2.1] (с. 228- 253)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 1.2 Методы конструирования рекомбинантных ДНК	4			6	подготовка к занятию [1.1] (с. 8-14); [1.3] (с. 95-113)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 1.1 Применение векторов в генетической инженерии			5	6	подготовка к занятию [1.1] (с. 17-21); [1.2] (с. 31 - 34).	обучение на основе опыта		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Практическое занятие 1.2</b> Картирование рестрикционных сайтов с использованием результатов электрофоретического разделения фрагментов ДНК			5	6	подготовка к занятию [1.1] (с. 11-13); [2.1] (с. 333-335).	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по разделу 1</b>	<b>8</b>		<b>10</b>	<b>24</b>				
СПК-1 СПК-2 СПК-3 СПК-4 СПК-5	<b>Раздел 2 Название Технология получения целевого белка</b>								
	<b>Тема 2.1</b> Технология трансформации бактериальных клеток	5			4	подготовка к занятию [1.1] (с. 21-23); [1.2] (с. 32-36)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	<b>Тема 2.2</b> Отбор гибридных клонов бактериальных клеток	4			4	подготовка к занятию [1.1] (с. 23-30); [1.2] (с. 34-36)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	<b>Практическое занятие 2.1</b> Создание геномных библиотек (генотек)			5	4	подготовка к занятию [1.1] (с. 30-37); [2.1] (с. 326-343).	обучение на основе опыта		
	<b>Практическое занятие 2.2</b> Адаптация гена и синтез чужеродного белка в <i>Escherichia coli</i>			6	4	подготовка к занятию [1.1] (с. 37-41); [1.2] (с. 80-84)	обучение на основе опыта		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная рабога студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Практическое занятие 2.3</b> Достижение сверхпродукции белков бактериальными штаммами			6	4	подготовка к занятию [1.1] (с. 41-45); [1.2] (с. 139-157)	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по разделу 2</b>	<b>9</b>		<b>17</b>	<b>20</b>				
СПК-1 СПК-2 СПК-3 СПК-4 СПК-5	<b>Раздел 3 Название Векторы для клонирования крупных фрагментов ДНК</b>								
	<b>Тема 3.1</b> Молекулярные векторы на основе бактериофагов	4			3	подготовка к занятию [1.1] (с. 45-47); [1.2] (с. 196-200)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	<b>Тема 3.2</b> Космиды	5			3	подготовка к занятию [1.1] (с. 47-48); [1.2] (с. 105-108)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	<b>Практическое занятие 3.1</b> Искусственные бактериальные хромосомы			6	3	подготовка к занятию [1.1] (с. 48-50); [1.2] (с. 107-109)	обучение на основе опыта		
	<b>Практическое занятие 3.2</b> Бифункциональные (челночные) векторы			6	3	подготовка к занятию [1.1] (с. 52-53)	обучение на основе опыта		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Практическое занятие 3.3</b> Искусственные хромосомы дрожжей			6	3	подготовка к занятию [1.1] (с. 53-54); [1.2] (с. 305-308)	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по разделу 3</b>	<b>9</b>		<b>18</b>	<b>15</b>				
СПК-1 СПК-2 СПК-3 СПК-4 СПК-5	<b>Раздел 4 Название Получение рекомбинантных белков с помощью эукариотических систем</b>								
	<b>Тема 4.1</b> Системы экспрессии дрожжей	4			7	подготовка к занятию [1.1] (с. 54-60); [1.2] (с. 286-326)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	<b>Тема 4.2</b> Системы экспрессии на основе клеток млекопитающих	4			7	подготовка к занятию [1.1] (с. 66-72); [1.2] (с. 332-349)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	<b>Практическое занятие 4.1</b> Культивирование трансформированных бактерий и получение целевого продукта			6	7	подготовка к занятию [1.1] (с. 72-79)	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по разделу 4</b>	<b>8</b>		<b>6</b>	<b>21</b>				
	<b>Подготовка к контрольной работе</b>				10				
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>34</b>		<b>51</b>	<b>90</b>				

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, домашние контрольные работы.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Вопросы и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям и по самостоятельной работе, приведенных в п. 6.3.

### **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

При промежуточном контроле (зачет с оценкой) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>СПК-1.</b> Способен понимать, излагать, критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях, применять её в практической деятельности и делать выводы, основываясь на полученной информации		Не знает современное состояние методов «редактирования» геномов микроорганизмов; методы секвенирования и методы обработки данных секвенирования; основы метода анализа дифференциальной экспрессии генов; теорию выравнивания последовательностей; методологическую основу метаболической инженерии; базовые принципы, критерии и параметры устойчивого развития; позицию биоэкономики и ее роль в промышленных биотехнологиях; основные принципы и компоненты биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	Частично знает современное состояние методов «редактирования» геномов микроорганизмов; методы секвенирования и методы обработки данных секвенирования; основы метода анализа дифференциальной экспрессии генов; теорию выравнивания последовательностей; методологическую основу метаболической инженерии; базовые принципы, критерии и параметры устойчивого развития; позицию биоэкономики и ее роль в промышленных биотехнологиях; основные принципы и компоненты биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	Хорошо знает современное состояние методов «редактирования» геномов микроорганизмов; методы секвенирования и методы обработки данных секвенирования; основы метода анализа дифференциальной экспрессии генов; теорию выравнивания последовательностей; методологическую основу метаболической инженерии; базовые принципы, критерии и параметры устойчивого развития; позицию биоэкономики и ее роль в промышленных биотехнологиях; основные принципы и компоненты биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	В совершенстве знает современное состояние методов «редактирования» геномов микроорганизмов; методы секвенирования и методы обработки данных секвенирования; основы метода анализа дифференциальной экспрессии генов; теорию выравнивания последовательностей; методологическую основу метаболической инженерии; базовые принципы, критерии и параметры устойчивого развития; позицию биоэкономики и ее роль в промышленных биотехнологиях; основные принципы и компоненты биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
		Не умеет разрабатывать стратегии современного конструирования штамма-продуцента; проводить филогенетический анализ последовательностей; анализировать данные секвенирования нового поколения, читать и анализировать FASTQ файлы; делать выводы о роли биоэкономики в обеспечении устойчивого развития; описывать важность базовых принципов ESG; аргументировать свою позицию по вопросу преимуществ и недостатков использования биотехнологий для решения проблем экологии; анализировать экономические, правовые и экологические аспекты биотехнологического производства фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	Частично, допуская ошибки, умеет разрабатывать стратегии современного конструирования штамма-продуцента; проводить филогенетический анализ последовательностей; анализировать данные секвенирования нового поколения, читать и анализировать FASTQ файлы; делать выводы о роли биоэкономики в обеспечении устойчивого развития; описывать важность базовых принципов ESG; аргументировать свою позицию по вопросу преимуществ и недостатков использования биотехнологий для решения проблем экологии; анализировать экономические, правовые и экологические аспекты биотехнологического производства фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	Хорошо умеет разрабатывать стратегии современного конструирования штамма-продуцента; проводить филогенетический анализ последовательностей; анализировать данные секвенирования нового поколения, читать и анализировать FASTQ файлы; делать выводы о роли биоэкономики в обеспечении устойчивого развития; описывать важность базовых принципов ESG; аргументировать свою позицию по вопросу преимуществ и недостатков использования биотехнологий для решения проблем экологии; анализировать экономические, правовые и экологические аспекты биотехнологического производства фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.	Отлично умеет разрабатывать стратегии современного конструирования штамма-продуцента; проводить филогенетический анализ последовательностей; анализировать данные секвенирования нового поколения, читать и анализировать FASTQ файлы; делать выводы о роли биоэкономики в обеспечении устойчивого развития; описывать важность базовых принципов ESG; аргументировать свою позицию по вопросу преимуществ и недостатков использования биотехнологий для решения проблем экологии; анализировать экономические, правовые и экологические аспекты биотехнологического производства фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
		Не владеет навыками интеграции полученных знаний в проектную задачу построения множественных выравниваний; работы с биологическими базами данных; анализа рынка, оценки мировых трендов и позиционирования отечественных возможностей в развитии по данному направлению; определения путей развития биоэкономики с учетом проанализированных рисков. Не способен демонстрировать готовность критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях и делать выводы, основываясь на полученной информации; интеграции полученных знаний в решение практических задач; разрабатывать стратегии развития с учётом возможностей и современных требований.	Слабо владеет навыками интеграции полученных знаний в проектную задачу построения множественных выравниваний; работы с биологическими базами данных; анализа рынка, оценки мировых трендов и позиционирования отечественных возможностей в развитии по данному направлению; определения путей развития биоэкономики с учетом проанализированных рисков. Слабо способен демонстрировать готовность критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях и делать выводы, основываясь на полученной информации; интеграции полученных знаний в решение практических задач; разрабатывать стратегии развития с учётом возможностей и современных требований.	Хорошо владеет интеграции полученных знаний в проектную задачу построения множественных выравниваний; работы с биологическими базами данных; анализа рынка, оценки мировых трендов и позиционирования отечественных возможностей в развитии по данному направлению; определения путей развития биоэкономики с учетом проанализированных рисков. Хорошо способен демонстрировать готовность критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях и делать выводы, основываясь на полученной информации; интеграции полученных знаний в решение практических задач; разрабатывать стратегии развития с учётом возможностей и современных требований.	Отлично владеет навыками интеграции полученных знаний в проектную задачу построения множественных выравниваний; работы с биологическими базами данных; анализа рынка, оценки мировых трендов и позиционирования отечественных возможностей в развитии по данному направлению; определения путей развития биоэкономики с учетом проанализированных рисков. Успешно способен демонстрировать готовность критически анализировать информацию в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях и делать выводы, основываясь на полученной информации; интеграции полученных знаний в решение практических задач; разрабатывать стратегии развития с учётом возможностей и современных требований.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
СПК-2. Владение методами базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов, способность применять их в практической деятельности		<p>Не знает основы метода и общую стратегию конструирования промышленных штаммов-продуцентов; предмет, цели и задачи технологии микробного синтеза клеточных метаболитов с использованием генетически измененных микроорганизмов и ферментационных аппаратов; основы и теорию методов базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов.</p> <p>Не умеет работать с базами данных генетических последовательностей; анализировать эффективность трансфекции выращенных колоний; выполнять анализ уровней экспрессии белка; проводить ПЦР-анализ для подтверждения структуры вставки генетической последовательности</p>	<p>Частично знает основы метода и общую стратегию конструирования промышленных штаммов-продуцентов; предмет, цели и задачи технологии микробного синтеза клеточных метаболитов с использованием генетически измененных микроорганизмов и ферментационных аппаратов; основы и теорию методов базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов.</p> <p>Частично, допуская ошибки, умеет работать с базами данных генетических последовательностей; анализировать эффективность трансфекции выращенных колоний; выполнять анализ уровней экспрессии белка; проводить ПЦР-анализ для подтверждения структуры вставки генетической последовательности</p>	<p>Хорошо знает основы метода и общую стратегию конструирования промышленных штаммов-продуцентов; предмет, цели и задачи технологии микробного синтеза клеточных метаболитов с использованием генетически измененных микроорганизмов и ферментационных аппаратов; основы и теорию методов базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов.</p> <p>Хорошо умеет работать с базами данных генетических последовательностей; анализировать эффективность трансфекции выращенных колоний; выполнять анализ уровней экспрессии белка; проводить ПЦР-анализ для подтверждения структуры вставки генетической последовательности</p>	<p>В совершенстве знает основы метода и общую стратегию конструирования промышленных штаммов-продуцентов; предмет, цели и задачи технологии микробного синтеза клеточных метаболитов с использованием генетически измененных микроорганизмов и ферментационных аппаратов; основы и теорию методов базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов. Отлично умеет работать с базами данных генетических последовательностей; анализировать эффективность трансфекции выращенных колоний; выполнять анализ уровней экспрессии белка; проводить ПЦР-анализ для подтверждения структуры вставки генетической последовательности</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
		Не владеет навыками работы в области генетической модификации промышленных микроорганизмов; работы с программами просмотра, анализа и редактирования плазмид, банками генетических последовательностей; отбора рекомбинантного штамма по ферментативной активности. Не способен демонстрировать готовность применять методы базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов в практической деятельности; анализировать эффективность и результативность проведенных лабораторных исследований.	Слабо владеет навыками работы в области генетической модификации промышленных микроорганизмов; работы с программами просмотра, анализа и редактирования плазмид, банками генетических последовательностей; отбора рекомбинантного штамма по ферментативной активности. Слабо способен демонстрировать готовность применять методы базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов в практической деятельности; анализировать эффективность и результативность проведенных лабораторных исследований.	Хорошо владеет навыками работы в области генетической модификации промышленных микроорганизмов; работы с программами просмотра, анализа и редактирования плазмид, банками генетических последовательностей; отбора рекомбинантного штамма по ферментативной активности. Хорошо способен демонстрировать готовность применять методы базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов в практической деятельности; анализировать эффективность и результативность проведенных лабораторных исследований.	Отлично владеет навыками работы в области генетической модификации промышленных микроорганизмов; работы с программами просмотра, анализа и редактирования плазмид, банками генетических последовательностей; отбора рекомбинантного штамма по ферментативной активности. Успешно способен демонстрировать готовность применять методы базовых лабораторных исследований в области генетической модификации промышленных микроорганизмов в практической деятельности; анализировать эффективность и результативность проведенных лабораторных исследований.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>СПК-3.</b> Готов применять профессионально профилированные знания и практические навыки для прогнозирования и определения потенциала использования биотехнологий		Не знает понятие метаболизма с точки зрения источника соединений с высоким рыночным потенциалом; мировые тренды развития биоэкономики; особенности биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; потенциал переработки отечественного углеводородного сырья; основы технологий, увеличивающих потенциал внутрипластовой энергии; о потенциальных источниках загрязнения подземных вод и агентах по удалению биогенных элементов. Не умеет определять потенциал развития биоэкономики и её преимущества; определять роль и перспективы развития биотехнологий в биоэкономике; масштабировать разрабатываемые лабораторные технологии	Частично знает понятие метаболизма с точки зрения источника соединений с высоким рыночным потенциалом; мировые тренды развития биоэкономики; особенности биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; потенциал переработки отечественного углеводородного сырья; основы технологий, увеличивающих потенциал внутрипластовой энергии; о потенциальных источниках загрязнения подземных вод и агентах по удалению биогенных элементов. Частично, допуская ошибки, умеет определять потенциал развития биоэкономики и её преимущества; определять роль и перспективы развития биотехнологий в биоэкономике; масштабировать разрабатываемые лабораторные технологии	Хорошо знает понятие метаболизма с точки зрения источника соединений с высоким рыночным потенциалом; мировые тренды развития биоэкономики; особенности биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; потенциал переработки отечественного углеводородного сырья; основы технологий, увеличивающих потенциал внутрипластовой энергии; о потенциальных источниках загрязнения подземных вод и агентах по удалению биогенных элементов. Хорошо умеет определять потенциал развития биоэкономики и её преимущества; определять роль и перспективы развития биотехнологий в биоэкономике; масштабировать разрабатываемые лабораторные технологии	В совершенстве знает понятие метаболизма с точки зрения источника соединений с высоким рыночным потенциалом; мировые тренды развития биоэкономики; особенности биотехнологических процессов получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; потенциал переработки отечественного углеводородного сырья; основы технологий, увеличивающих потенциал внутрипластовой энергии; о потенциальных источниках загрязнения подземных вод и агентах по удалению биогенных элементов. Отлично умеет определять потенциал развития биоэкономики и её преимущества; определять роль и перспективы развития биотехнологий в биоэкономике; масштабировать разрабатываемые лабораторные технологии

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
		Не владеет навыками оценки эффективности процесса. Не способен демонстрировать готовность прогнозировать и определять потенциал использования биотехнологий; масштабировать лабораторные процессы с учетом потенциала и перспектив развития	Слабо владеет навыками оценки эффективности процесса. Слабо способен демонстрировать готовность прогнозировать и определять потенциал использования биотехнологий; масштабировать лабораторные процессы с учетом потенциала и перспектив развития	Хорошо владеет навыками оценки эффективности процесса. Хорошо способен демонстрировать готовность прогнозировать и определять потенциал использования биотехнологий; масштабировать лабораторные процессы с учетом потенциала и перспектив развития	Отлично владеет навыками оценки эффективности процесса. Успешно способен демонстрировать готовность прогнозировать и определять потенциал использования биотехнологий; масштабировать лабораторные процессы с учетом потенциала и перспектив развития

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
СПК-4. Способен критически мыслить, сопоставлять процессы в области генетических технологий и определять их особенности использования в промышленных биотехнологиях для генерации новых решений в своей профессиональной деятельности		<p>Не знает зависимость применения биогидрометаллургических процессов от особенностей целевых компонентов; различные гидрометаллургические методы (жидкостная экстракция, цементация, осаждение сульфидом).</p> <p>Не умеет определять особенности лабораторного и промышленного регламента; анализировать сходства и различия метаболизма различных организмов и принципиальные возможности метаболических прививок; объяснить роль построения различных метаболических моделей организмов в современной биоинженерии и синтетической биологии; охарактеризовать различные типы реакторов; выделять важнейшие факторы, влияющие на микробную активность и протекание биогеохимических процессов.</p>	<p>Частично знает зависимость применения биогидрометаллургических процессов от особенностей целевых компонентов; различные гидрометаллургические методы (жидкостная экстракция, цементация, осаждение сульфидом).</p> <p>Частично, допуская ошибки, умеет определять особенности лабораторного и промышленного регламента; анализировать сходства и различия метаболизма различных организмов и принципиальные возможности метаболических прививок; объяснить роль построения различных метаболических моделей организмов в современной биоинженерии и синтетической биологии; охарактеризовать различные типы реакторов; выделять важнейшие факторы, влияющие на микробную активность и протекание биогеохимических процессов</p>	<p>Хорошо знает зависимость применения биогидрометаллургических процессов от особенностей целевых компонентов; различные гидрометаллургические методы (жидкостная экстракция, цементация, осаждение сульфидом).</p> <p>Хорошо умеет определять особенности лабораторного и промышленного регламента; анализировать сходства и различия метаболизма различных организмов и принципиальные возможности метаболических прививок; объяснить роль построения различных метаболических моделей организмов в современной биоинженерии и синтетической биологии; охарактеризовать различные типы реакторов; выделять важнейшие факторы, влияющие на микробную активность и протекание биогеохимических процессов</p>	<p>В совершенстве знает зависимость применения биогидрометаллургических процессов от особенностей целевых компонентов; различные гидрометаллургические методы (жидкостная экстракция, цементация, осаждение сульфидом).</p> <p>Отлично умеет определять особенности лабораторного и промышленного регламента; анализировать сходства и различия метаболизма различных организмов и принципиальные возможности метаболических прививок; объяснить роль построения различных метаболических моделей организмов в современной биоинженерии и синтетической биологии; охарактеризовать различные типы реакторов; выделять важнейшие факторы, влияющие на микробную активность и протекание биогеохимических процессов</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
		Не способен демонстрировать готовность к генерации новых решений в свой профессиональной деятельности в соответствии с особенностями использования процессов генетических технологий в промышленных биотехнологиях; сопоставлять, анализировать, определять особенности технологий и процессов для наиболее эффективной реализации своей профессиональной деятельности	Слабо способен демонстрировать готовность к генерации новых решений в свой профессиональной деятельности в соответствии с особенностями использования процессов генетических технологий в промышленных биотехнологиях; сопоставлять, анализировать, определять особенности технологий и процессов для наиболее эффективной реализации своей профессиональной деятельности	Хорошо способен демонстрировать готовность к генерации новых решений в свой профессиональной деятельности в соответствии с особенностями использования процессов генетических технологий в промышленных биотехнологиях; сопоставлять, анализировать, определять особенности технологий и процессов для наиболее эффективной реализации своей профессиональной деятельности	Успешно способен демонстрировать готовность к генерации новых решений в свой профессиональной деятельности в соответствии с особенностями использования процессов генетических технологий в промышленных биотехнологиях; сопоставлять, анализировать, определять особенности технологий и процессов для наиболее эффективной реализации своей профессиональной деятельности

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>СПК-5.</b> Способен понимать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий и использовать фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения задач		Не знает процесс биотехнологических производств; направления и примеры использования биотехнологий в различных отраслях; направления развития отраслей биоэкономики; критерии и индикаторы устойчивого развития; процесс совершенствования химических процессов в соответствии с сокращением негативного влияния на окружающую среду; основные микробиологические процессы и микробные консорциумы, используемых в биогеотехнологиях и технологиях защиты окружающей среды; роль биотехнологий в влиянии на актуальные проблемы экологии; перспективы развития новых направлений в биогидрометаллургии и внедрения новых биогидрометаллургических технологий; роль биотехнологии для решения природоохранных проблем в горно-металлургическом комплексе; новые тренды в анаэробном сбраживании.	Частично знает процесс биотехнологических производств; направления и примеры использования биотехнологий в различных отраслях; направления развития отраслей биоэкономики; критерии и индикаторы устойчивого развития; процесс совершенствования химических процессов в соответствии с сокращением негативного влияния на окружающую среду; основные микробиологические процессы и микробные консорциумы, используемых в биогеотехнологиях и технологиях защиты окружающей среды; роль биотехнологий в влиянии на актуальные проблемы экологии; перспективы развития новых направлений в биогидрометаллургии и внедрения новых биогидрометаллургических технологий; роль биотехнологии для решения природоохранных проблем в горно-металлургическом комплексе; новые тренды в анаэробном сбраживании.	Хорошо знает процесс биотехнологических производств; направления и примеры использования биотехнологий в различных отраслях; направления развития отраслей биоэкономики; критерии и индикаторы устойчивого развития; процесс совершенствования химических процессов в соответствии с сокращением негативного влияния на окружающую среду; основные микробиологические процессы и микробные консорциумы, используемых в биогеотехнологиях и технологиях защиты окружающей среды; роль биотехнологий в влиянии на актуальные проблемы экологии; перспективы развития новых направлений в биогидрометаллургии и внедрения новых биогидрометаллургических технологий; роль биотехнологии для решения природоохранных проблем в горно-металлургическом комплексе; новые тренды в анаэробном сбраживании.	В совершенстве знает процесс биотехнологических производств; направления и примеры использования биотехнологий в различных отраслях; направления развития отраслей биоэкономики; критерии и индикаторы устойчивого развития; процесс совершенствования химических процессов в соответствии с сокращением негативного влияния на окружающую среду; основные микробиологические процессы и микробные консорциумы, используемых в биогеотехнологиях и технологиях защиты окружающей среды; роль биотехнологий в влиянии на актуальные проблемы экологии; перспективы развития новых направлений в биогидрометаллургии и внедрения новых биогидрометаллургических технологий; роль биотехнологии для решения природоохранных проблем в горно-металлургическом комплексе; новые тренды в анаэробном сбраживании.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
		Не умеет анализировать перспективы развития и внедрения новых биотехнологий; определять возможности использования природных и генно модифицированных штаммов микроорганизмов в биотехнологических процессах получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; определять возможности использования мутантных и генно модифицированных штаммов для биоремедиации; определять возможности направленной модификации микробных сообществ очистных сооружений, понятие биоаугментации.	Частично, допуская ошибки, умеет анализировать перспективы развития и внедрения новых биотехнологий; определять возможности использования природных и генно модифицированных штаммов микроорганизмов в биотехнологических процессах получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; определять возможности использования мутантных и генно модифицированных штаммов для биоремедиации; определять возможности направленной модификации микробных сообществ очистных сооружений, понятие биоаугментации.	Хорошо умеет анализировать перспективы развития и внедрения новых биотехнологий; определять возможности использования природных и генно модифицированных штаммов микроорганизмов в биотехнологических процессах получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; определять возможности использования мутантных и генно модифицированных штаммов для биоремедиации; определять возможности направленной модификации микробных сообществ очистных сооружений, понятие биоаугментации.	Отлично умеет анализировать перспективы развития и внедрения новых биотехнологий; определять возможности использования природных и генно модифицированных штаммов микроорганизмов в биотехнологических процессах получения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов; определять возможности использования мутантных и генно модифицированных штаммов для биоремедиации; определять возможности направленной модификации микробных сообществ очистных сооружений, понятие биоаугментации.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
		Не владеет навыками адаптации процесса в соответствии с принципами ESG; анализа двойного применения биотехнологий; формулирования путей решения рисков, возникающих в процессе развития биоэкономики; сопоставления полученных результатов практической части с теоретическими знаниями, полученными в ходе лекционной части; оценивания преимуществ и недостатков использования биотехнологий. Не способен демонстрировать готовность применять фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения практических задач; решать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий.	Слабо владеет навыками адаптации процесса в соответствии с принципами ESG; анализа двойного применения биотехнологий; формулирования путей решения рисков, возникающих в процессе развития биоэкономики; сопоставления полученных результатов практической части с теоретическими знаниями, полученными в ходе лекционной части; оценивания преимуществ и недостатков использования биотехнологий. Слабо способен демонстрировать готовность применять фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения практических задач; решать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий.	Хорошо владеет навыками адаптации процесса в соответствии с принципами ESG; анализа двойного применения биотехнологий; формулирования путей решения рисков, возникающих в процессе развития биоэкономики; сопоставления полученных результатов практической части с теоретическими знаниями, полученными в ходе лекционной части; оценивания преимуществ и недостатков использования биотехнологий. Хорошо способен демонстрировать готовность применять фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения практических задач; решать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий.	Отлично владеет навыками адаптации процесса в соответствии с принципами ESG; анализа двойного применения биотехнологий; формулирования путей решения рисков, возникающих в процессе развития биоэкономики; сопоставления полученных результатов практической части с теоретическими знаниями, полученными в ходе лекционной части; оценивания преимуществ и недостатков использования биотехнологий. Успешно способен демонстрировать готовность применять фундаментальные теоретические знания и практические навыки для постановки и решения практических задач; решать современные проблемы в сфере промышленных биотехнологий.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Библиотечный фонд имеет электронный доступ или укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1. Плескова, С.Н. Основные принципы генной инженерии: учебное пособие / С.Н. Плескова – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 80 с.: ил.

1.2. Щелкунов, С.Н. Генетическая инженерия / С.Н. Щелкунов. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004 – 496 с.

1.3. Кларк, Д. Молекулярная биология / Дэвид Кларк, Лонни Рассел – М.: ЗАО «Компания КОНД», 2004. - 472 с.: ил.

### **6.2. Справочно-библиографическая литература**

2.1. Молекулярная биология клетки: В 3-х т. 2-е изд., перераб. и доп. Пер с англ. – М.: Мир, 1994. – 517 с., ил.

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению лабораторных учебных занятий и самостоятельной работы по данной дисциплине:

#### ***6.3.1 Методические указания, разработанные преподавателями:***

3.1. Плескова, С.Н. Основные принципы генной инженерии: учебное пособие / С.Н. Плескова – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 80 с.

#### ***6.3.2 Методические указания, разработанные НГТУ***

3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).

Дата обращения 23.09.2015.

3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samost\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20).

3.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elibrary.ru/defaultx.asp) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgash.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл. с экрана.
6. *Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД)* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. *Университетская информационная система Россия* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

**Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем**

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
Microsoft Office 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

**Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Электронная база избранных статей по философии	<a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>
3	Единый архив экономических и социологических данных	<a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

<b>№</b>	<b>Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ</b>	<b>Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования</b>
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающе-го документа</b>
1	<b>1221</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2023)
2	<b>1342</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Рабочее место преподавателя, 2. Рабочее место студента на 22 чел. 3. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2023)

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Обучение по дисциплине «Молекулярная биотехнология» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим занятиям, доклады с презентациями, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10- 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в электронной библиотечной системе (по 1 часу).
4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1-2 задачи.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (зачет с оценкой).

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях.**

Практические занятия позволяют студентам приобрести умения проводить технические и технологические расчеты, а также первичный научный анализ результатов. В практические занятия введены элементы, повышающие интерес студентов к ним и их познавательную активность. Для повышения познавательной активности студентов и приобретения ими первичных навыков научного исследования, в эти классические практические занятия введены элементы научного исследования, как-то:

- а) самостоятельно выбрать метод расчета (решения);
- б) объяснить другие возможные методы расчета (решения) и выбрать самый рациональный;
- в) предсказать практическое значение выполненного расчета, его области применения, провести анализ полученного результата и т.д.

К активным методам обучения относится сдача письменной самостоятельной работы с последующим ее анализом в форме обсуждения, поскольку такая работа предполагает выполнение творческих заданий (задач). Учащийся вступает в диалог с преподавателем в ходе обсуждения результатов и их интерпретации.

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с изучения или повторения теоретического материала по теме, ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы.

Выполнение каждого задания практических занятий и обсуждение каждого контрольного вопроса студент сопровождает кратким конспектом, в котором приводятся решения задач и основные теоретические положения, обсуждаемые на занятиях.

При оценивании практических занятий учитывается следующее:

- рациональность выбора метода расчета;
- качество выполнения решения;
- способность обосновать другие возможные методы расчета (решения);
- качество устных ответов на контрольные вопросы занятия;
- активность при обсуждении решений (расчетов) и контрольных вопросов.

### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

Темы, предназначенные для самостоятельного изучения, и контрольные вопросы к ним представлены в методических указаниях подраздела 6.3.1

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях библиотеки вуза. В аудиториях

имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

***Примеры типовых заданий:***

### **11.1.1. Типовые вопросы для группового/индивидуального обсуждения на практических занятиях**

#### **1. Вставьте пропущенную сентенцию в предложение.**

1. Рестриктазы II типа разрезают ДНК по \_\_\_\_\_ последовательностям.
2. Разрезание молекулы ДНК прямо на равные фрагменты называется разрезанием по «\_\_\_\_\_ концам».
3. Разрезание молекулы ДНК наискосок с формированием фрагментов неравной длины называется разрезанием по «\_\_\_\_\_ концам».
4. В названии рестриктаз первая буква означает \_\_\_\_\_ наименование бактерии, две последующие \_\_\_\_\_ наименование бактерии.
5. Вариант фенотипической селекции трансформированных штаммов с использованием *X-gal* и антибиотика является скринингом \_\_\_\_\_.
6. В двух-шаговом скрининге трансформированных штаммов используется два \_\_\_\_\_ и метод \_\_\_\_\_.
7. Метод увеличения компетентности бактериальных клеток с использованием электрического тока называется методом \_\_\_\_\_.
8. Специальные носители, доставляющие целевой фрагмент ДНК в клетку-мишень называются \_\_\_\_\_.
9. Внесение рекомбинантной ДНК в клетку-хозяина с помощью бактериофагов называется \_\_\_\_\_.
10. Манделем и Хигом был разработан метод увеличения компетентности бактериальных клеток с использованием \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

### **11.1.2. Типовые вопросы для группового/индивидуального обсуждения на лекциях**

1. Дайте определение рекомбинантной ДНК.
2. Назовите основные этапы получения целевого белка методом генной инженерии.
3. Сформулируйте значение рестриктирующих эндонуклеаз II типа для генной инженерии.
4. В чем различие между рестриктазами I и II типа.
5. Почему для большинства методов создания рекомбинантной ДНК выгодна рестрикция молекулы с формированием «липких концов».
6. Объясните последовательность действий при использовании для конструирования рекомбинантной ДНК коннекторного метода (метода Поля Берга). Почему помимо рестриктазы и лигазы в нем необходимо использовать терминальную трансферазу.

7. Объясните последовательность действий при использовании для конструирования рекомбинантной ДНК рестриктазно-лигазного метода. Почему выгодно использовать линкерные молекулы для модификации метода.

8. Перечислите свойства «идеального» вектора.

9. Дайте определение плазмиды. Высококопийные и низкокопийные плазмиды. Преимущества использования плазмид в качестве вектора.

10. Приведите пример генетической карты плазмидного вектора.

11. Дайте определение трансформации, трансдукции, конъюгации.

12. Объясните фазовый переход липидов внешней мембраны, индуцированный ионами кальция и термическим шоком.

13. Опишите методы повышения компетентности клеток-мишеней в процессе трансформации векторной плазмиды.

14. Опишите операцию тройного скрещивания при конъюгации плазмид.

15. Расскажите, как реализуется фенотипическая селекция трансформированных клонов с использованием генов устойчивости к антибиотикам.

16. Расскажите, как реализуется фенотипическая селекция трансформированных клонов с использованием гена устойчивости к антибиотикам и *lacZ*.

17. Расскажите, как реализуется селекция трансформированных клонов методом гибридизации нуклеиновых кислот *in situ*.

18. Расскажите, как реализуется селекция трансформированных клонов методом функциональной комплементации.

19. Метод детекции синтеза целевого белка с помощью радиоиммунного анализа.

20. Дайте определение генотеки. Общие принципы создания геномных библиотек.

### 11.1.3. Типовые тестовые задания

1. Организмы, несущие чужеродные гены, называются:

- а. гаплоиды;
- б. трансгенные;
- в. полиплоиды;
- г. соматические гибриды.

2. Внехромосомные генетические элементы прокариот кольцевой формы – это:

- а. плазмиды;
- б. Alu-повторы;
- в. нуклеоиды;
- г. транспозоны.

3. Ферменты, способные расщеплять молекулу ДНК на фрагменты:

- а. рестриктазы;
- б. метилазы;
- в. ДНК-полимеразы;
- г. ревертазы.

4. Что такое емкость вектора для клонирования:

- а. размер вектора;

- б. минимальный размер фрагмента ДНК, который можно клонировать в данном векторе;
- в. максимальный размер фрагмента ДНК, который можно клонировать в данном векторе;
- г. размер отдельных компонентов вектора (*ori*-сайта, полилинкера и т.д.)

5. В векторах для клонирования используют ген устойчивости к антибиотику для:

- а. фенотипической селекции;
- б. селекции с использованием ферментативной активности и окрашивания;
- в. селекции методом функциональной комплементации;
- г. селекции с помощью радиоиммунного анализа.

6. Основная цель генетической инженерии:

- а. получение целевого белка;
- б. изучение активности транспозонов и Alu-повторов;
- в. изучение влияния продуктов жизнедеятельности микроорганизмов на жизнедеятельность человека;
- г. изучение влияния продуктов жизнедеятельности микроорганизмов на жизнедеятельность сельскохозяйственных животных.

7. Повышение компетентности бактериальной клетки для трансформации вектором не может быть достигнуто:

- а. методом электропорации;
- б. воздействием ионами кальция и тепловым шоком;
- в. двукратным «замораживанием-оттаиванием» клеток;
- г. методом «генной пушки».

8. При методе гибридизации нуклеиновых кислот *in situ* используется:

- а. метод засева сплошным газоном;
- б. перепечатка колоний на нитроцеллюлозный фильтр;
- в. добавление в среду *X-gal*;
- г. перенос вектора из бактериальной в дрожжевую клетку.

9. Первым методом создания рекомбинантных ДНК был:

- а. коннекторный;
- б. рестриктазно-лигазный;
- в. с использованием линкерных молекул;
- г. трансдукционный.

10. Для создания кДНК в геномных библиотеках необходим фермент:

- а. лигаза,
- б. ДНК-зависимая РНК-полимераза,
- в. РНК-зависимая ДНК-полимераза;
- г. топоизомераза.

#### **11.1.4. Типовые вопросы/задания для контрольной работы**

1. Построить рестрикционную карту фрагмента ДНК на основе данных о генетической емкости фрагментов после рестрикции одной эндонуклеазой, второй эндонуклеазой и обеими эндонуклеазами и разделения фрагментов рестрикции в полиакриламидном геле.

2. Объяснить преимущества и недостатки разных методов конструирования рекомбинантной ДНК.

3. Объяснить преимущества и недостатки трансформации, трансдукции и конъюгации при введении вектора в бактериальную клетку. Какие дополнительные манипуляции нужны для успешной реализации каждого из этих методов.

4. Опишите последовательность получения кДНК, если есть возможность экстракции из клетки мРНК.

5. Какие фрагменты частичного гидролиза ДНК должны встраиваться в вектор. Почему для создания генотеки используется только частичный гидролиз.

6. Картируйте искомый ген методом «прогулки по хромосоме».

7. Каким образом адаптировать ген и синтезировать чужеродный белок в *E.coli*. Нарисуйте схему получения человеческого соматостатина в *E.coli*.

8. Как осуществляется экскреция целевого белка из бактериальной клетки.

9. Варианты достижения сверхпродукции белка бактериальными штаммами: опишите мультикопийные векторы, использование сильных промоторов, сохранение стабильности мРНК и стабильности целевого белка.

10. Значение емкости вектора для клонирования генов, кодирующих целевой белок и создания генотек. Преимущества космид.

#### 11.1.5. Типовые задания для решения на практических занятиях

1. Молекула ДНК величиной 170 п.н. была разрезана на фрагменты двумя рестриктазами. При разрезании рестриктазой *Hind* III ДНК разрезается на фрагменты с молекулярным весом 80, 60 и 30 п.н., при разрезании рестриктазой *Sau* 3AI – на фрагменты 100 и 70 п.н. После воздействия совместно рестриктазами *Hind* III и *Sau* 3AI молекула ДНК разрезается на фрагменты 80 п.н., 60 п.н., 20 п.н. и 10 п.н. по результатам электрофореза. Постройте рестрикционную карту ДНК.

2. Имеется последовательность из 39 нуклеотидных пар двухцепочечной ДНК следующего состава:

5'-ЦЦТТАГГЦЦТГААТТААГГЦААТАГТГТГААТТЦАЦАТГ-3'

3'-ГГААТЦЦГГАЦТТААТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТААГТГТАЦ-5'

Каким способом и на сколько частей можно разрезать эту ДНК? Для ответа используйте таблицу 1 (стр. 10-11 источника 1.1).

3. Кольцевая плазмида pSC101 несет только один участок расщепления рестриктазой *Eco*R1. Какой из приведённых ниже фрагментов ДНК можно встроить в данную плазмиду?

5'-ЦЦГААТТЦАГАТГТААГГЦААТАГТГТГААТТЦАЦА-3'

3'-ГГЦТТААГТЦТАЦАТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТААГТГТ-5' или

5'-ЦЦТТАГГЦЦТГААТТААГГЦААТАГТГТГААТЦАЦАТГ-3'

3'-ГГААТЦЦГГАЦТТААТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТАГТГТАЦ-5'? Для ответа

используйте таблицу 1 (стр. 10-11 источника 1.1).

4. Молекула ДНК величиной 5000 п.н. была разрезана на фрагменты двумя рестриктазами. При разрезании рестриктазой *Eco* RI ДНК разрезается на фрагменты с молекулярным весом 2100, 1400, 1000 и 500 п.н., при разрезании рестриктазой *Pst* I – на фрагменты 2500 п.н., 1300 п.н. и 1200 п.н. После воздействия совместно рестриктазами *Eco*

RI и *Pst* I молекула ДНК разрезается на фрагменты 1900 п.н., 1000 п.н., 800 п.н., 600 п.н., 500 п.н. и 200 п.н. по результатам электрофореза. Постройте рестрикционную карту ДНК.

5. При помощи рестриктазы *Pst* I получен фрагмент двухцепочечной ДНК с липкими концами. Можно ли встроить данный фрагмент в плазмиду pBR 322? Как подтвердить, что фрагмент чужеродной ДНК встроен в плазмиду pBR 322? Для ответа используйте рис. 1.8 (стр. 20 источника 1.1).

## **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Зачет с оценкой проводится в устной или письменной форме по всему материалу изучаемого курса «Молекулярная биотехнология»

### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету с оценкой (СПК-1; СПК-2; СПК-3; СПК-4; СПК-5):**

1. Технология рекомбинантных ДНК. Значение рестриктирующих эндонуклеаз. Типы рестриктаз. Основы наименования и механизмы работы рестриктаз.
2. «Тупые» и «липкие» концы. Принципы создания рестрикционных карт.
3. Решение задачи на картирование рестрикционных сайтов.
4. Методы конструирования рекомбинантных ДНК. Коннекторный метод. Рестриктазно-лигазный метод.
5. Применение векторов в генетической инженерии. Требования, предъявляемые к векторам. Классификация векторов.
6. Трансформация бактериальных клеток. Методы индукции компетентности бактериальных клеток. Методы переноса ДНК.
7. Отбор гибридных клонов бактериальных клеток на основе резистентности к антибиотикам.
8. Отбор гибридных клонов бактериальных клеток на основе *lac Z*.
9. Гибридизация нуклеиновых кислот *in situ*. Этапы метода гибридизации нуклеиновых кислот.
10. Метод функциональной комплементации. Метод радиоиммунного анализа.
11. Создание геномных библиотек. Общий принцип создания генотек. Принцип использования частичной рестрикции.
12. Селекция по активности белка. Необходимость получения кДНК. Схема получения кДНК (основные этапы).
13. Адаптация гена и синтез чужеродного белка в *E.coli*. Основные проблемы, методы их преодоления. Варианты локализации чужеродного белка в бактериальной клетке.
14. Варианты достижения сверхпродукции белков бактериальными штаммами.
15. Особенности создания молекулярных векторов на основе бактериофага  $\lambda$ . Искусственные бактериальные хромосомы.
16. Космиды.