

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет биологический

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
заместитель
_____ Хагуров Т.А.
« 30 » _____ мая 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.ДВ.01.01 МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И
БИОИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ**

Направление подготовки/специальность 06.04.01 Биология

Направленность (профиль) / Микробиология и биологические технологии

Форма обучения очная

Квалификация магистр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 06.04.01 Биология

Программу составил(и):

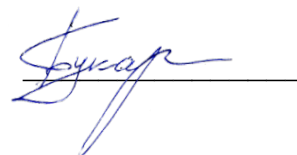
А.А. Самков, доцент, канд.биол.наук.



Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры генетики, микробиологии и биохимии
протокол № 9 «24» апреля 2025 г.
Заведующий кафедрой Худокормов А.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии биологического факультета
протокол № 8 «25» апреля 2025 г.
Председатель УМК факультета Букарева О.В.



Рецензенты:

Кремнёва О.Ю. Заведующая лабораторией фитосанитарного мониторинга агроэкосистем ФГБНУ ФНЦ БЗР, кандидат биологических наук

Решетников С.И. доцент кафедры зоологии ФГБОУ ВО КубГУ кандидат биологических наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» является формирование у студентов профессиональной компетенции в производственной, учебной и исследовательской деятельности, а также анализ фундаментальных знаний, направленных на расширение представлений о разнообразии молекулярно-генетических методов исследования в микробиологии, их роли в классификации, идентификации прокариот, использовании в биотехнологических и медицинских исследованиях. Большое значение имеет получение знаний о строении и функционировании бактериального генома, методах полимеразной цепной реакции, секвенирования нуклеиновых кислот и биоинформатической обработки получаемых данных.

Изучение дисциплины «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» обеспечивает формирование у студентов-биологов глубоких базовых теоретических и практических знаний, умений, навыков поиска, исследования и анализа геномов и генов с использованием современных лабораторных молекулярно-генетических методов.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи дисциплины: сформировать у студентов: базовое мышление, обеспечивающее связь с существующими методическими приемами и подходами выявления, изучения и использования молекулярно-генетических и физиолого-биохимических свойств микроорганизмов; способность творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания молекулярно-биологических методов исследования; способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные молекулярно-генетические исследования; развивать у студентов умения использовать современную аппаратуру и оборудование для выполнения работ с ДНК и геномными данными; развивать у студентов навыки работы с учебной и научной литературой.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» относится к «Дисциплинам по выбору ДВ.1» части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Курс «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» важен для студентов-микробиологов, специализирующихся в области общей и медицинской микробиологии, а также биологических технологий. Для усвоения курса студенту необходимо ориентироваться в проблемах общей микробиологии, биохимии, физиологии микроорганизмов, молекулярной генетики. Иметь навыки самостоятельной работы с литературой, включая периодическую научную литературу по молекулярной биологии и биотехнологии, а также навыки работы с электронными средствами информации. Изучению дисциплины «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» предшествуют такие дисциплины бакалавриата, как «Биохимия с основами молекулярной биологии», «Генетика и селекция», «Микробиология с основами вирусологии и биотехнологии», которые изучаются, в том числе, в рамках направления 06.03.01 «Биология», а также «Микробная биогеохимия», «Цитология микроорганизмов», которые изучаются, в том числе, в рамках направления 06.04.01 «Биология». Материалы дисциплины используются студентами в научной работе при подготовке выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации) и крайне важны в осуществлении практической деятельности магистра биологии (микробиологии).

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен осуществлять биологическое и экологическое проектирование, лабораторный контроль и диагностику, контроль за состоянием окружающей среды.	
ИПК-3.1. Свободно владеет фундаментальными и теоретическими понятиями биологии и экологии и использует эти знания для осуществления экологического проектирования.	знает фундаментальные и теоретические основы функционирования прокариотных и эукариотных геномов и систем на их основе как элементов экологического проектирования.
	умеет применять для экологического проектирования методы полимеразной цепной реакции.
	владеет приемами моделирования процессов переноса генов и оценки микробного биоразнообразия
ИПК-3.2. Использует знания закономерностей экологических процессов и явлений для подготовки научных проектов и научно-технических отчетов.	знает экологические закономерности распространения генов в микробных популяциях для подготовки научных проектов и научно-технических отчетов.
	умеет применять результаты секвенирования при подготовке научных проектов.
	владеет методические навыки исследования генома прокариот для составления научно-технических отчетов.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		2 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа, в том числе:	24,3	24,3			
Аудиторные занятия (всего):					
занятия лекционного типа	12	12			
лабораторные занятия	12	12			
практические занятия					
семинарские занятия					
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:	48	48			
Реферат/эссе (подготовка)	10	10			
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям, коллоквиумам и т.д.)	12	12			
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	10	10			
Подготовка к текущему контролю	16	16			

Виды работ		Всего часов	Форма обучения			
			очная		очно-заочная	заочная
			2 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контроль:						
Подготовка к экзамену		35,7	35,7			
Общая трудоемкость	час.	108	108			
	в том числе контактная работа	24,3	24,3			
	зач. ед	3	3			

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 2 семестре (1 курсе) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Строение геномов и геномов прокариот и эукариот.	12	2		2	8
2.	Молекулярные инструменты генетики.	12	2		2	8
3.	Основы полимеразной цепной реакции.	12	2		2	8
4.	Принципы количественных химических анализов в микробиологии.	12	2		2	8
5.	Молекулярно-генетические методы микробиологических исследований – выделение ДНК и основные направления.	12	2		2	8
6.	Методические подходы к исследованию генома прокариот.	12	2		2	8
	ИТОГО по разделам дисциплины	72	12		12	48
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к экзамену	35,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Строение геномов и геномов прокариот и эукариот.	Строение ДНК, репликация и транскрипция на примере бактерий. Строение генома и посттрансляционная модификация у эукариот. Ферменты репликации, строение репликационной вилки. Строение бактериальной хромосомы. Внехромосомные элементы наследственности у бактерий. Строение бактериального гена, полицистронные гены. Распределение генов между участками хромосомы и внехромосомными элементами. Способы естественной генетической трансформации у бактерий. Горизонтальный перенос генов в микробных популяциях.	У
2.	Молекулярные инструменты генетики.	ДНК-зависимые ДНК-полимеразы, обратные транскриптазы. Эндонуклеазы рестрикции. Самозащита бактериального генома на уровне систем рестрикции-модификации и адаптивного иммунитета на базе CRISPR. Массовое использование в биотехнологии эндонуклеаз	У

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
		рестрикции и CRISPR/Cas9.	
3.	Основы полимеразной цепной реакции.	Принцип классической ПЦР. Обязательные ингредиенты любой ПЦР-смеси. Принципы настройки параметров циклирования. Дизайн праймеров. Использование алгоритмов машинного поиска сходных нуклеотидных последовательностей в базах геномных данных (BLAST) для создания праймеров к требующимся генам. Электрофоретический контроль результатов классической ПЦР и другие методы контроля по конечной точке (FLASH-ПЦР и др.). ПЦР в реальном времени (рвПЦР), дизайн зондов. Методы учета результатов рвПЦР, оценка числа ДНК-матриц методами Ct и Cr. Цифровая ПЦР. Частные методы применения ПЦР, SSR-маркеры и паспортизация сортов, ПЦР-ПДРФ анализ, определение аллельности генов диплоидных организмов, использование ПЦР при риботипировании микробных штаммов.	У
4.	Объекты секвенирования. Секвенирование первого поколения.	Геном, метагеном, транскриптом. Методы Максама-Гилберта и Сэнгера. Секвенирование генов 16s рРНК для идентификации бактерий, отличие от риботипирования. Использование машинного поиска сходных нуклеотидных последовательностей в базах геномных данных на примере инструмента NCBI nucleotide BLAST.	У
5.	Секвенирование второго и третьего поколений.	Мостиковая и эмульсионная ПЦР для наработки пространственно разделенных групп объектов секвенирования NGS. Секвенирование второго поколения. Секвенирование лигированием (Polonator (Dover/Harvard) и SOLiD (Life Technologies Thermo Fisher Scientific)), пиросеквенирование (технология 454 Life Sciences), обратимые терминирующие нуклеотиды или секвенирование синтезом, (регистрация каждого присоединенного нуклеотида по отщепляемой метке (Illumina, Pacific Bioscience)), полупроводниковое секвенирование (технология Ion Torrent). Секвенирование третьего поколения (TGS). Секвенирование при помощи электронного микроскопа, технология регистрации единичных обратимых терминирующих нуклеотидов (технологии PacBio и HeliScope), использование нанопор (Oxford Nanopore Technologies).	У
6.	Основные принципы биоинформатической обработки генетических данных.	Понятия ридов, контигов, скаффолдов. Консенсусная последовательность. Глубина и ширина покрытия. Локальное и глобальное выравнивание. Сборка генома на базе референсной последовательности и сборки de novo.	У

Устный опрос (У)

2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Строение геномов и геномов прокариот и эукариот.	Выделение бактериальной ДНК из биомассы простейшим методом. Описание строения ДНК, процессов репликации и транскрипции на примере бактерий. Описание строения генома и посттрансляционной модификации у эукариот. Разнообразие ферментов репликации, строение репликационной вилки на примере бактерий. Строение бактериальной хромосомы. Многообразие внехромосомных элементов наследственности у бактерий. Полицистронные гены бактерий как приспособление к большой интенсивности метаболизма. Распределение генов между участками хромосомы и внехромосомными элементами бактерий как элемент пластичности генома и приспособление к	У, Р

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
		горизонтальному переносу генов. Способы естественной генетической трансформации у бактерий в микробных популяциях.	
2.	Молекулярные инструменты генетики.	Знакомство с молекулярно-генетической лабораторией. ДНК-зависимые ДНК-полимеразы, обратные транскриптазы. Эндонуклеазы рестрикции. Описание самозащиты бактериального генома на уровне систем рестрикции-модификации и адаптивного иммунитета на базе CRISPR. Массовое использование в биотехнологии эндонуклеаз рестрикции и CRISPR/Cas9.	У, Р
3.	Основы полимеразной цепной реакции.	Знакомство с аппаратурой для проведения классической ПЦР с электрофоретическим окончанием. Принцип классической ПЦР. Дизайн праймеров. Использование алгоритмов машинного поиска сходных нуклеотидных последовательностей в базах геномных данных (BLAST) для создания праймеров к требующимся генам. Электрофоретический контроль результатов классической ПЦР и другие методы контроля по конечной точке (FLASH-ПЦР и др.). ПЦР в реальном времени (рвПЦР), дизайн зондов. Методы учета результатов рвПЦР, оценка числа ДНК-матриц методами Ct и Cr. Цифровая ПЦР. Частные методы применения ПЦР, SSR-маркеры и паспортизация сортов, ПЦР-ПДРФ анализ, определение аллельности генов диплоидных организмов, использование ПЦР при риботипировании микробных штаммов.	У, Р
4.	Объекты секвенирования. Секвенирования первого поколения.	Демонстрация и практическое осуществление машинного поиска сходных нуклеотидных последовательностей в открытых базах геномных данных на примере инструмента NCBI nucleotide BLAST. Геном, метагеном, транскриптом. Методы Максама-Гилберта и Сэнгера. Секвенирование генов 16s рРНК для идентификации бактерий, отличие от риботипирования.	У, Р
5.	Секвенирования второго и третьего поколений.	Оценка эффективности мостиковой и эмульсионной ПЦР для наработки пространственно разделенных групп объектов секвенирования NGS. Секвенирование второго поколения. Секвенирование лигированием (Polonator (Dover/Harvard) и SOLiD (Life Technologies Thermo Fisher Scientific)), пиросеквенирование (технология 454 Life Sciences), обратимые терминирующие нуклеотиды или секвенирование синтезом, (регистрация каждого присоединенного нуклеотида по отщепляемой метке (Illumina, Pacific Bioscience)), полупроводниковое секвенирование (технология Ion Torrent). Секвенирование третьего поколения (TGS). Секвенирование при помощи электронного микроскопа, технология регистрации единичных обратимых терминирующих нуклеотидов (технологии PacBio и HeliScope), использование нанопор (Oxford Nanopore Technologies).	У, Р
6.	Основные принципы биоинформатической обработки генетических данных.	Реализация биоинформатических подходов для получения консенсусных последовательностей. Понятия ридов, контигов, скаффолдов. Консенсусная последовательность. Глубина и ширина покрытия. Локальное и глобальное выравнивание. Сборка генома на базе референсной последовательности и сборка de novo.	У, Р

Устный опрос (У), написание реферата (Р).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Написание рефератов	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов кафедры генетики, микробиологии и биохимии, утвержденные кафедрой протокол № 07 от 18.02.2021 г
2	Подготовка мультимедийных презентаций	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов кафедры генетики, микробиологии и биохимии, утвержденные кафедрой протокол № 07 от 18.02.2021 г
3	Самоподготовка	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов кафедры генетики, микробиологии и биохимии, утвержденные кафедрой протокол № 07 от 18.02.2021 г

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

При реализации учебной работы по освоению курса «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Семестр	Вид занятия (Л, ЛР, ПЗ)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Кол-во часов
3	ЛР	Работа в малых группах с целью обсуждения ответов на предложенные для самостоятельной работы вопросы по тематике занятия. Контролируемые преподавателем дискуссии по темам: - Подходы к выделению ДНК из чистых культур и природных образцов. Устранение ингибирующих ПЦР соединений. Выделение хромосомной и плазмидной ДНК. Очистка ДНК.	8
Итого:			8

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Молекулярно-генетические и биоинформационные методы».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме защиты практической работы, устного опроса, реферата, доклада-презентации по проблемным вопросам, и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора	Результаты обучения	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-3.1. Свободно владеет фундаментальными и теоретическими понятиями биологии и экологии и использует эти знания для осуществления экологического проектирования.	знает фундаментальные и теоретические основы функционирования прокариотных и эукариотных геномов и систем на их основе как элементов экологического проектирования, умеет применять для экологического проектирования методы полимеразной цепной реакции, владеет приемами моделирования процессов переноса генов и оценки микробного биоразнообразия	Лабораторная работа №№1-3; реферат; доклад-презентация	Вопросы на экзамене 1-16
2	ИПК-3.2. Использует знания закономерностей экологических процессов и явлений для подготовки научных проектов и научно-технических отчетов.	знает экологические закономерности распространения генов в микробных популяциях для подготовки научных проектов и научно-технических отчетов, умеет применять результаты секвенирования при подготовке научных проектов, владеет методические навыки исследования генома прокариот для составления научно-технических отчетов.	Лабораторная работа №№4-6; реферат; доклад-презентация	Вопросы на экзамене 17-32

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
Темы рефератов и докладов-презентаций:

Общая характеристика организации бактериального генома. Особенности расположения генов на бактериальной хромосоме. Структура бактериального оперона. Регуляторные и структурные гены. Регуляция транскрипции у бактерий.

Мобильные генетические элементы прокариот. IS – элементы и транспозоны: определение, структурная организация, использование в генетическом конструировании. Плазмиды: определение, особенности организации плазмидной ДНК. Распределение плазмид по функциям. Использование в генетическом конструировании. Интегроны как сложные ансамбли мобильных элементов и генов.

Классическая ПЦР. Состав ПЦР-смеси. Виды используемых ДНК-полимераз, оптимальная температура элонгации, основы дизайна праймеров, влияние температуры отжига на процесс, зависимость от содержания ГЦ-пар. Продолжительность циклов.

Используемое оборудование, его настройки и особенности. Электрофорез – концентрация агарозы, оптимальные сила тока и напряжение. Молекулярные маркеры длины.

Система CRISPR/CAS. Принцип работы. Перспективы использования в геномной инженерии. Направленное редактирование геномов.

Использование классической ПЦР – наработка материала для секвенирования, ПДРФ-анализ, использование других методов фингерпринтинга штаммов (праймеры ERIC, GTG(5)). Специфические разновидности классической ПЦР – гнездовая ПЦР и т.д.

Методики выделения ДНК микроорганизмов из разных источников: патогенный биоматериал, природные образцы, микробная биомасса, агарозный гель, пробы с гуматами. Выделение геномной и плазмидной ДНК из биомассы. Используемые методики и коммерческие наборы, принципы их действия.

ПЦР в реальном времени. Виды используемого оборудования, наиболее распространенные методы визуализации амплификации. SYBR Green I и другие интеркалирующие красители. Праймеры и пробы. Принципы детекции Ct и Cr. Положительные и отрицательные контроли.

Последовательные поколения секвенирования геномов – первое, NGS, TGS (Nanopore). Понятие постгеномного периода развития микробиологии и биотехнологии.

Генетические базы данных прокариот на примере NCBI. Использование биоинформационных методов для идентификации выделенных штаммов, поиска новых микроорганизмов и биотехнологически важных генов.

Коллекции микроорганизмов в России и в мире. Роль ЕССО в консолидации биоресурсных центров мира. Алгоритм получения микроорганизмов из российских коллекций. Разрешенные варианты использования, стоимость, сроки предоставления.

Методы выделения некультивируемых микроорганизмов в культуры. Причины невозможности выделения любых видов на питательных средах. Использование метагеномных методов для изучения истинного биоразнообразия прокариот. Понятие Metagenome-assembled genomes, фантомных видов.

Цифровая ПЦР. Пузырьковая и мостиковая ПЦР, молекулярные колонии. Их роль как самостоятельных методик и как этапа пробоподготовки в NGS.

Принципы сборки полных бактериальных геномов некультивируемых видов на основании информации, полученной при полногеномном секвенировании тотальной геномной ДНК из природных образцов. Примеры исследований, геномов, статей.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации

Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен):

1. Строение ДНК, репликация и транскрипция на примере бактерий. Строение генома и посттрансляционная модификация у эукариот.
2. Ферменты репликации, строение репликационной вилки.
3. Строение бактериальной хромосомы. Внехромосомные элементы наследственности у бактерий.
4. Строение бактериального гена, полицистронные гены. Распределение генов между участками хромосомы и внехромосомными элементами.
5. Способы естественной генетической трансформации у бактерий. Горизонтальный перенос генов в микробных популяциях.
6. Молекулярные инструменты генетики. ДНК-зависимые ДНК-полимеразы, обратные транскриптазы. Эндонуклеазы рестрикции.
7. Эндонуклеазы рестрикции. Самозащита бактериального генома на уровне систем рестрикции-модификации и адаптивного иммунитета на базе CRISPR.

8. Массовое использование в биотехнологии эндонуклеаз рестрикции и CRISPR/Cas9.
9. Принцип классической ПЦР. Обязательные ингредиенты любой ПЦР-смеси.
10. Принцип классической ПЦР. Принципы настройки параметров циклирования.
11. Дизайн праймеров. Использование алгоритмов машинного поиска сходных нуклеотидных последовательностей в базах геномных данных (BLAST) для создания праймеров к требующимся генам.
12. Электрофоретический контроль результатов классической ПЦР и другие методы контроля по конечной точке (FLASH-ПЦР и др.).
13. ПЦР в реальном времени (рвПЦР), дизайн зондов.
14. Методы учета результатов рвПЦР, оценка числа ДНК-матриц методами Ct и Cp.
15. Цифровая ПЦР принцип проведения и преимущества по сравнению с классическими методами.
16. SSR-маркеры и паспортизация сортов.
17. ПЦР-ПДРФ анализ.
18. Определение аллельности генов диплоидных организмов при помощи рвПЦР.
19. ПЦР при риботипировании микробных штаммов.
20. Понятия геном, метагеном, транскриптом.
21. Метод Максама-Гилберта.
22. Метод Сэнгера.
23. Секвенирование генов 16s рРНК для идентификации бактерий, отличие от риботипирования.
24. Мостиковая и эмульсионная ПЦР для наработки пространственно разделенных групп объектов секвенирования NGS. Секвенирование лигированием (Polonator (Dover/Harvard) и SOLiD (Life Technologies Thermo Fisher Scientific)), Пиросеквенирование (технология 454 Life Sciences).
25. Обратимые терминирующие нуклеотиды или секвенирование синтезом, (Illumina, Pacific Bioscience).
26. Полупроводниковое секвенирование (технология Ion Torrent).
27. Секвенирование третьего поколения (TGS). Секвенирование при помощи электронного микроскопа и другие.
28. TGS Технология регистрации единичных обратимых терминирующих нуклеотидов (технологии PacBio и HeliScope).
29. TGS. Использование нанопор (Oxford Nanopore Technologies).
30. Понятия ридов, контигов, скаффолдов. Консенсусная последовательность. Глубина и ширина покрытия.
31. Локальное и глобальное выравнивание.
32. Сборка генома на базе референсной последовательности и сборка de novo.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом

	баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Ившина, И. Б. Большой практикум "Микробиология": учебное пособие для студентов вузов / И. Б. Ившина. - Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2014. - 108 с. : ил. - Библиогр. в конце задач. - Библиогр.: с. 92-94. - ISBN 9785903090976 : 521.50.
2. Щелкунов, С.Н. Генетическая инженерия / С.Н. Щелкунов. - Изд. 4-ое, стереот. 3-му. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2010. - 514 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-379-01064-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57527>.
3. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия: [учебное пособие] / Р. Шмид ; пер. с нем. А. А. Виноградовой, А. А. Синюшина ; под ред. Т. П. Мосоловой, А. А. Синюшина. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 324 с. ISBN: 978-5-9963-2407-1.
4. Современная микробиология. Прокариоты : [учебное пособие] : в 2 т. Т. 1 / под ред. Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля ; пер. с англ. И. А. Берга и др. под ред. А. И. Нетрусова и

Т. С. Ильиной ; [С. Адхья и др.]. - М. : Мир, 2005. - 654 с., [8] л. ил. - (Лучший зарубежный учебник). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 503003707. - ISBN 5030037063. - ISBN 3131084111.

5. Современная микробиология. Прокариоты : [учебное пособие] : в 2 т. Т. 2 / под ред. Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля ; пер. с англ. И. В. Алферовой, А. В. Лебединского и К. Л. Тарасова под ред. А. И. Нетрусова ; [А. Бут и др.]. - М. : Мир, 2005. - 493 с., [12] л. ил. - (Лучший зарубежный учебник). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 50300370X. - ISBN 5030037063. - ISBN 3131084111.

6. Нетрусов, А. И. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 315 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03805-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468999>.

7. Нетрусов, А. И. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 332 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03806-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470688>.

8. Кузнецов, А. Е. Научные основы экобиотехнологии [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова. - М. : Мир, 2006. - 503 с. : ил. - Библиогр. : с. 488-489. - ISBN 5030037659.

9. Биотехнология : учебник и практикум для вузов / под редакцией Н. В. Загоскиной, Л. В. Назаренко. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 384 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16026-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/543823>.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2. Периодическая литература

Название издания	Периодичность выхода (в год)	Место хранения	За какие годы хранится
Биология.Реферативный журнал.ВИНИТИ	12	РЖ	1970-2020 №1-2
Биоорганическая химия	6	ЧЗ	1975-2008, 2009 № 1-3, 5-6, 2010 - 2018 (1 полуг.)
Биохимия	12	ЧЗ	1944-45, 1947 – 2018 (1полуг.)
Генетика	12	ЧЗ	1965- 2016, 2017 № 1-6
Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии	6	ЧЗ	2010-2018 № 1-3, 2019 № 1-3, № 5-6 , 2020-
Журнал общей биологии	6	ЧЗ	2009-2017 № 1-3, 2018 (1 полуг.)
Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе		ЧЗ	2008 №7-12, 2009- 2012, 2013 № 7-12, 2014-2015 , 2017 № 1-3
Известия ВУЗов Северо-Кавказского региона. Серия: Естественные науки	4	ЧЗ	2010- 2012, 2013№ 1-2, 4-6, 2014-
Известия РАН (до 1993 г. Известия АН СССР). Серия: Биологическая	6	ЧЗ	2009-2018 (1 полуг.)
Использование и охрана природных ресурсов в России	12	ЧЗ	2008-2017 № 1-2
Микробиология	6	ЧЗ	2009-2018 №1-3
Молекулярная биология	6	ЧЗ	2008- 2016, 2017 № 1-3
Прикладная биохимия и микробиология	6	ЧЗ	2008- 2013, 2014 № 1-5, 2015- 2016, 2017 № 1-3
Успехи современной биологии	6	ЧЗ	2008-2017

Экология	6	ЧЗ	2009-2018(1 полугод.)
Экология и жизнь	12	ЧЗ	2003-2012
Экология и промышленность России	12	ЧЗ	2008-2017

1. Базы данных компании «ИВИС» <https://eivis.ru/>

2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. Образовательная платформа «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru/>

3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

4. ЭБС «ZNANIUM» <https://znanium.ru/>

5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных

1. Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://ldiss.rsl.ru/>

2. Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>

3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

4. Полнотекстовая коллекция журналов на платформе РЦНИ (Электронные версии научных журналов РАН) <https://journals.rcsi.science/>

5. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>

6. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС Россия) <http://uisrussia.msu.ru>

7. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>

8. Полнотекстовая коллекция книг eBook Collections издательства SAGE Publications <https://sk.sagepub.com/books/discipline>

9. Полнотекстовая коллекция книг EBSCO eBook (глубина архива: 2011-2023 гг.) <https://books.kubsu.ru/>

10. Ресурсы Springer Nature <https://link.springer.com/>, <https://www.nature.com/>

11. Questel. База данных Orbit Premium edition <https://www.orbit.com>

12. China National Knowledge Infrastructure. БД Academic Reference <https://ar.oversea.cnki.net/>

13. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>

Информационные справочные системы

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа

1. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;

2. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>

3. Лекториум ТВ - видеолекции ведущих лекторов России <http://www.lektorium.tv/>

4. Freedom Collection – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Elsevier <https://www.sciencedirect.com/>

5. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;

6. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

7. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;

8. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;

9. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;

10. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>.

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ
<http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>

2. Электронная библиотека трудов ученых КубГУ
<http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>

3. Открытая среда модульного динамического обучения КубГУ <https://openedu.kubsu.ru/>

4. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций
<http://infoneeds.kubsu.ru/>

5. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекция:

Работа на лекции является очень важным видом студенческой деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов. Лектор ориентирует студентов в учебном материале. Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал.

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. или подчеркивать красной ручкой. Целесообразно разработать собственную символику, сокращения слов, что позволит сконцентрировать внимание на важных сведениях. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.). Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе периодические издания соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на общении в контактные часы. Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы. План подготовки к лекции:

- ознакомиться с темой лекции
- ознакомиться с предложенными вопросами
- изучить соответствующий материал
- ознакомиться с литературой по теме

Лабораторные работы

В процессе подготовки к лабораторной работе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, темами и планами лабораторных занятий, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины, провести анализ основной учебной литературы, после чего работать с рекомендованной дополнительной литературой. При устном выступлении по контрольным вопросам лабораторного занятия нужно излагать (не читать) материал выступления свободно. Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект профессиональных компетенций. По окончании лабораторного занятия следует повторить выводы, сконструированные в ходе устного

опроса, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого в течение опроса других учащихся следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации. Схема подготовки к лабораторным работам:

- ознакомиться с темой, целью и задачами работы
- рассмотреть предложенные вопросы
- изучить лекционный материал, основную и дополнительную литературу
- ознакомиться с заданиями и ходом их выполнения
- ознакомиться с оборудованием занятия
- выполнить задания в соответствии с ходом работы
- письменно оформить выполненную работу
- подвести итог и сделать структурированные выводы

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов дисциплине осуществляется с целью углубления, расширения, систематизации и закрепления полученных теоретических знаний, формирования умений использовать документацию и специальную литературу, развития познавательных способностей и активности, а также формирования самостоятельного мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации, развития исследовательских умений. Перед выполнением самостоятельной работы необходимо четко понимать цели и задачи работы, сроки выполнения, ориентировочный объем, основные требования к результатам работы, критерии оценки. Во время выполнения самостоятельной работы преподаватель может проводить консультации. Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в письменной, устной или смешанной форме, с представлением продукта творческой деятельности студента. В качестве форм и методов контроля самостоятельной работы студентов могут быть использованы семинарские занятия, коллоквиумы, зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы и др. Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются: уровень освоения студентом учебного материала; умения студента использовать теоретические знания при выполнении индивидуальных заданий; обоснованность и четкость изложения ответа; оформление материала в соответствии с требованиями.

План подготовки:

- изучить соответствующий лекционный материал
- изучить основную литературу по теме
- изучить дополнительную литературу по теме
- оформить выполненную работу письменно или в виде презентации в зависимости от задания
- сделать структурированные выводы

Подготовка к экзамену

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рабочую программу дисциплины, нормативную, учебную и рекомендуемую литературу. Основное в подготовке к сдаче экзамена — это повторение всего материала дисциплины, по которому необходимо сдавать экзамен. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы нужно распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнение намеченной работы. В период подготовки к экзамену студент вновь обращается к уже изученному (пройденному) учебному материалу. Подготовка включает в себя три этапа: самостоятельная работа в течение семестра; непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса; подготовка к ответу на задания, содержащиеся в билетах. Экзамен проводится по билетам, охватывающим весь пройденный материал дисциплины, включая вопросы, отведенные

для самостоятельного изучения. Для успешной сдачи указанные в рабочей программе формируемые компетенции в результате освоения дисциплины должны быть продемонстрированы.

Для успешной сдачи экзамена студенты должны помнить следующее:

- к основным понятиям и категориям нужно знать определения, которые необходимо понимать и уметь пояснять; при подготовке к экзамену требуется помимо лекционного материала, прочитать еще несколько учебников по дисциплине, дополнительные источники, предложенные для изучения в списке литературы; семинарские занятия способствуют получению более высокого уровня знаний и, как следствие, получение экзамена;
- готовиться к экзамену нужно начинать с первой лекции и семинара, а не выбирать так называемый «штурмовой метод», при котором материал закрепляется в памяти за несколько последних часов и дней перед зачетом. При оценивании знаний студентов преподаватель руководствуется, прежде всего, следующими критериями: правильность ответов на вопросы; полнота и лаконичность ответа; способность правильно квалифицировать факты и обстоятельства, анализировать статистические данные; ориентирование в литературе; знание основных проблем учебной дисциплины; понимание значимости учебной дисциплины в системе; логика и аргументированность изложения; культура ответа. Таким образом, при проведении экзамена преподаватель уделяет внимание не только содержанию ответа, но и форме его изложения.

Подготовка презентаций:

- знакомиться с темой, целью и задачами
- составить план презентации согласно освоенному теоретическому материалу
- произвести поиск в лекционном материале, основной и дополнительной литературе фактического материала по теме
- произвести поиск иллюстративного материала в сети "интернет"
- составить презентацию при помощи специализированного ПО
- составить доклад по иллюстративному материалу презентации
- отрепетировать презентацию перед сдачей

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 412, 414	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: лабораторное микробиологическое оборудование	Microsoft Windows Microsoft Office

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Windows Microsoft Office