

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной (135)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 18 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ»

Направление: 19.03.01 Биотехнология

Промышленная биотехнология

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Тигунцева Надежда Павловна
Дата подписания: 19.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 24.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Лозовая Татьяна
Сергеевна
Дата подписания: 21.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Экологические аспекты биотехнологии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ДК-1 Способность осуществлять деятельность, находящуюся за пределами основной профессиональной сферы	ДК-1.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ДК-1.3	Владеет информацией о значении биотехнологии в решении экологических проблем	Знать технологические схемы переработки и очистки отходов с применением биопрепаратов, принципы выбора биологических объектов (микроорганизмов, ферментов и т.д.) и связь между схемой очистки и технологией получения биопрепарата. Уметь разрабатывать схемы переработки и очистки отходов, обосновывать выбор биообъектов и методов, аргументировать целесообразность применения биотехнологических решений при выполнении различных экологических задач, анализировать результаты исследований. Владеть навыками микробиологических и биотехнологических методов исследования, способностью анализировать полученные результаты

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Экологические аспекты биотехнологии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Общая микробиология», «Культивирование продуцентов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Выделение и очистка целевых продуктов», «Промышленная биотехнология»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45
--------------------	--

	минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	16	16
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение. Концепции и нормативная база	1	1					2, 6	7	
2	Микробиологичес кие основы очистки окружающей среды	2	2	6	4			1, 5	2	Отчет по лаборатор ной работе
3	Биотехнология очистки сточных вод	3	1	1, 3	8			1, 5	2	Отчет по лаборатор ной работе
4	Биоремедиация и рекультивация почв	4	1					3	5	Контрольн ая работа
5	Биодеградация ксенобиотиков и особо опасных отходов	5	2	2	6			1, 4, 5	12	Отчет по лаборатор ной работе
6	Биологическая переработка твердых бытовых отходов	6	2	7	4			1, 5	2	Отчет по лаборатор ной работе
7	Биологическая очистка загрязненных газов (выбросов)	7	2					3	5	Контрольн ая работа
8	Отходы биотехнологическ их производств и их переработка	8	2	8	4			2, 3	6	Контрольн ая работа
9	Экологический	9	2	4, 5	6			1, 4,	12	Отчет по

	мониторинг и биоиндикация							5		лабораторной работе
10	Современные вызовы и биоэтика	10	1					2, 6	7	
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		32				60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Концепции и нормативная база	Цели и задачи экологической биотехнологии. Правовые основы и стандарты (ПДК, лимиты на отходы). Классификация отходов (твердые, жидкие, газообразные). Принципы безотходных и малоотходных биотехнологий. Общая роль биологических объектов в защите окружающей среды (микроорганизмы, растения, животные, ферменты, биопрепараты — краткий обзор).
2	Микробиологические основы очистки окружающей среды	Метаболический потенциал микроорганизмов (аэробная и анаэробная деструкция: бактерии, грибы, дрожжи, археи). Микрофлора почв, водоемов и воздуха (самоочищение экосистем: бактерии, грибы, водоросли, простейшие). Консорциумы микроорганизмов и биопленки. (бактерии, грибы). Ферменты микроорганизмов, участвующие в деструкции загрязнителей (гидролазы, оксидазы, лигнинпероксидаза, лакказа — ферменты). Биопрепараты на основе микроорганизмов (общее понятие), биопрепараты-деструкторы.
3	Биотехнология очистки сточных вод	Аэробная очистка (активный ил, аэротенки, биофильтры). (бактерии, простейшие, грибы, коловратки). Анаэробная обработка осадков (метантенки). (археи метаногенные, бактерии). Удаление биогенных элементов (азота и фосфора: бактерии-нитрификаторы, денитрификаторы, полифосфатаккумулирующие бактерии). Фиторемедиация водоемов (очистка с помощью растений: ряска, водный гиацинт, элодея, рогоз — растения). Зооремедиация вод (очистка с помощью животных). (моллюски-фильтраторы (мидии, беззубки), дафнии как биоиндикаторы — животные). Биопрепараты для септиков и локальных очистных сооружений (биопрепараты).
4	Биоремедиация и рекультивация почв	Биостимуляция и биоаугментация, Фиторемедиация почв: Фитоэкстракция тяжелых металлов. (горчица, ива, тополь, Arabidopsis — растения). Фитостабилизация и фитоволатилизация. (тополь, мятлик, люпин —

		растения). Ризофилтрация и ризодеградация. (люцерна, райграсс, клевер — растения). Микробная деградация нефти и нефтепродуктов. (бактерии <i>Pseudomonas</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Bacillus</i> ; грибы). Вермиремедиация (использование червей). (красный калифорнийский червь, дождевые черви — животные). Ферменты в биоремедиации почв (иммобилизованные ферменты). (липазы, протеазы, пероксидазы). Биопрепараты-деструкторы («Путидойл», «Байкал-ЭМ», «Дестройл»). (биопрепараты)
5	Биодеградация ксенобиотиков и особо опасных отходов	Деструкция синтетических полимеров (биопластики). (бактерии, грибы — микроорганизмы). Деградация пестицидов и гербицидов. (бактерии <i>Pseudomonas</i> , грибы белой гнили — микроорганизмы). Биометаллургия (выщелачивание тяжелых металлов из отходов). (бактерии <i>Acidithiobacillus</i> — микроорганизмы). Ферменты в деградации ксенобиотиков (лигнинпероксидаза, лакказы, монооксигеназы, диоксигеназы — ферменты). Имобилизованные ферменты для очистки промышленных стоков. (ферменты на носителях). Биопрепараты для переработки опасных отходов. (биопрепараты). Фиторемедиация ксенобиотиков (введение). (тополь, ива, ряска — растения)
6	Биологическая переработка твердых бытовых отходов	Компостирование (аэробная переработка): Микробиологические основы. (термофильные бактерии, актиномицеты, грибы — микроорганизмы). Технологические режимы и типы установок. Вермикомпостирование (красный калифорнийский червь, <i>Eisenia fetida</i> — животные). Анаэробное сбраживание органической фракции ТБО (производство биогаза): четыре стадии процесса (гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез) (бактерии, археи — микроорганизмы). Ферментативный гидролиз лигноцеллюлозы (целлюлазы, лигниназы — ферменты). Полигоны ТБО как биореакторы (бактерии, археи — микроорганизмы). Биопрепараты-ускорители компостирования и биогаза (биопрепараты).
7	Биологическая очистка загрязненных газов (выбросов)	Биофилтрация: принцип работы, типы носителей. Удаление ЛОС, меркаптанов, сероводорода. Биоскрubberы (двухстадийная система). Биодесульфуризация газов (удаление H_2S). Зеленые барьеры (защита атмосферного воздуха с помощью растений). Биопрепараты для биофилтрации и десульфуризации Микробная

		секвестрация CO ₂ (связывание парниковых газов) водоросли <i>Chlorella</i> , <i>Spirulina</i> , цианобактерии — микроорганизмы).
8	Отходы биотехнологических производств и их переработка	8.1. Основные виды отходов биотехнологических производств • Жидкие отходы: культуральные жидкости после ферментации, промывные воды реакторов, водные экстракты, стоки с высоким содержанием органических веществ (белки, углеводы, липиды). • Твердые отходы: биомасса микроорганизмов после выделения целевого продукта (мицелий грибов, осажденные бактерии), отходы носителей (целлюлоза, альгинатные гели, синтетические сорбенты), осадки очистных сооружений. • Газообразные выбросы: CO₂, H₂S, аммиак, летучие органические соединения, образующиеся при аэробной и анаэробной ферментации. 8.2. Переработка жидких отходов биотехнологии • Очистка культуральных жидкостей от остаточных субстратов и токсинов (мембранные биореакторы, иммобилизованные ферменты) • Выделение ценных компонентов из отходов (белки, ферменты, нуклеиновые кислоты, биологически активные вещества) (разрушение клеток микроорганизмов — автолиз, гомогенизация, экстракция) • Анаэробная переработка жидких органических стоков с получением биогаза (археи, бактерии — микроорганизмы) • Микробные консорциумы для очистки сложных многокомпонентных стоков (биопрепараты) 8.3. Переработка твердых отходов биотехнологических производств • Утилизация биомассы микроорганизмов: - о Производство кормовых добавок и удобрений (инактивированная биомасса) - о Анаэробное сбраживание для получения биогаза (археи, бактерии) - о Компостирование мицелиальных отходов (грибное производство) (термофильные бактерии, актиномицеты — микроорганизмы) • Переработка органических носителей (целлюлоза, хитин, альгинат): - о Ферментативный гидролиз до мономеров (целлюлазы, хитиназы, альгинатлиазы — ферменты) - о Использование гидролизатов в качестве субстратов для новых ферментаций (биопрепараты)

		• Обезвреживание и утилизация отходов сорбентов, содержащих тяжелые металлы или токсины (бактерии-деструкторы, фиторемедиация) 8.4. Утилизация газообразных выбросов биотехнологических производств • Биофильтрация выбросов от ферментеров (удаление аммиака, H_2S, ЛОС) (бактерии, грибы) • Микробная фиксация CO_2 из отходящих газов биотехнологических предприятий (водоросли, цианобактерии) 8.5. Принципы организации безотходных биотехнологических производств • Замкнутые водооборотные системы • Каскадное использование субстратов (отходы одного процесса — сырье для другого) (микроорганизмы-деструкторы, ферменты) • Примеры действующих безотходных биотехнологических схем (пищевая промышленность, производство антибиотиков, аминокислот, ферментов)
9	Экологический мониторинг и биоиндикация	• Физико-химические методы анализа. • Санитарно-бактериологические методы (бактерии группы кишечной палочки — микроорганизмы). • Биотестирование с использованием микроорганизмов (люминесцентные бактерии (<i>Photobacterium phosphoreum</i>) — микроорганизмы). • Биотестирование с использованием растений (водоросли (<i>Scenedesmus</i>), ряска, семена кресс-салата — растения). • Биотестирование с использованием животных (дафнии (<i>Daphnia magna</i>), моллюски, рыбы (гуппи, золотая рыбка) — животные). • Паспортизация отходов и экологический надзор.
10	Современные вызовы и биоэтика	• Генно-инженерные штаммы (ГМО): риски применения в открытых экосистемах. (ГМ-бактерии, ГМ-грибы — микроорганизмы). • Генно-модифицированные растения для фиторемедиации (преимущества и риски). (ГМ-тополь, ГМ-горчица — растения). • Биоэтика: нравственные аспекты вмешательства в природные циклы. (все биологические объекты) • Биобезопасность при использовании биопрепаратов (биопрепараты). • Секвестрация углерода (микробные технологии связывания CO_2 как фактор борьбы с климатом) (водоросли, цианобактерии — микроорганизмы).

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Выделение активного ила и оценка его качества (бактерии, простейшие, колонии — микроорганизмы)	4
2	Постановка опытов по биодegradации нефтепродуктов (бактерии <i>Pseudomonas</i> , биопрепараты)	6
3	Определение БПК и ХПК сточной воды	4
4	Биотестирование воды с использованием дафний (дафнии — животные)	4
5	Биотестирование воды с использованием люминесцентных бактерий (<i>Photobacterium phosphoreum</i> — микроорганизмы)	2
6	Работа с модельным биофильтром для очистки воздуха (бактерии, грибы — микроорганизмы)	4
7	Анализ проб компоста (микробиологический и фитотоксикологический) (бактерии, грибы, растения-тестеры)	4
8	Расчетные задания: расчет очистных сооружений, баланс загрязнений, экономическая оценка биоремедиации.	4

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	5
2	Подготовка к зачёту	5
3	Подготовка к контрольным работам	15
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	20
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	5
6	Проработка разделов теоретического материала	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: интерактивные лекции

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы направлены на обучение бакалавров практическому применению теоретического материала и развитие у них навыков лабораторного экспериментирования. Ход работы (при выполнении лабораторной работы)

1. Познакомиться с теоретическими основами, лежащими в каждой лабораторной работе, а также понять принцип выполнения работ и устройства необходимых приборов.
2. Выполнить расчеты, указанные в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.
3. Оформить отчет в установленный преподавателем срок, в соответствии с требованиями к оформлению отчета. Отчеты в назначенный срок сдаются на проверку. Если предусмотрена устная защита лабораторной работы, то до обучающихся доводится перечень вопросов, выносимых на защиту; во время защиты, обучающиеся должны объяснить полученные результаты, отмеченные преподавателем и ответить на его вопросы. Рекомендации по выполнению:

На лабораторных занятиях студенты обсуждают практические вопросы, затронутые в лекционном курсе, углубляют и систематизируют знания, полученные при прослушивании лекций и ознакомлении с материалами учебной литературы, получают дополнительную теоретическую информацию. В соответствии с этим, подготовка к лабораторным занятиям складывается из изучения материалов лекций и учебной и справочной литературы, подготовки лабораторных материалов и защита выполненных работ.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления и углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие элементы:

Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам

Цель: Закрепить полученные умения и навыки.

Задание: Подготовить отчет по лабораторной работе.

Требования к отчетным материалам: Титульный лист отчета выполняется в соответствии с СТО ИРНИТУ 05-04. Отчет по лабораторной работе должен содержать следующее: название работы; дата ее постановки и окончания; цели и объекты исследования; условия проведения опыта, включая методы анализов; полученные результаты, наблюдения и выводы. Полученные цифровые данные оформляются в виде таблиц, графиков, диаграмм.

Подготовка к сдаче и защите отчетов

Цель: Закрепить полученные умения и навыки.

Задание: Подготовиться к защите подготовленных отчетов.

Защита отчетных материалов: Лабораторную работу студент защищает по отчету и по приведённым в лабораторном практикуме контрольным вопросам. При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и точность проведения работы, знание теоретического материала, необходимого для выполнения исследования.

Проработка отдельных разделов теоретического курса

Цель работы: Освоение некоторых теоретических разделов дисциплины.

Задание: Самостоятельное освоение некоторых теоретических разделов дисциплины.

Требования: Материал осваивается с использованием основной и дополнительной литературы. Темы разделов для самостоятельной проработки даются преподавателем на лекционных занятиях. Освоение указанных разделов подтверждается наличием конспекта, который должен быть готов в указанные преподавателем сроки. Степень освоения разде-

лов должна быть достаточной для сдачи студентом текущей и промежуточной аттестации.

Разделы дисциплины для самостоятельной проработки:

1. Введение. Концепции и нормативная база
2. Биоремедиация и рекультивация почв
3. Биологическая очистка загрязненных газов (выбросов)
4. Современные вызовы и биоэтика

Подготовка к контрольным работам

Контрольная работа (КР) проводится после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: - изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; - повторение учебного материала, полученного при подготовке к лабораторным занятиям и во время их проведения; - изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; - составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы. Во время выполнения КР пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций не разрешено. Преподаватель на лабораторном или лекционном занятии, предшествующем занятию проведения КР, доводит до обучающихся: тему КР, количество заданий в КР, время выполнения КР.

Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)

Цель: Успешное выполнение лабораторной работы.

Обучающийся должен:

1. При подготовке к выполнению лабораторных работ изучить конспект лекций, ознакомиться с объемом и учебной целью лабораторной работы.
2. При выполнении лабораторной работы изучить объем, последовательность выполнения работы и продумать порядок своих действий; изучить технические условия для выполнения каждой работы; ознакомиться с комплектом инструментов, приборов, приспособлений и оборудования для каждой лабораторной работы и порядком их использования при выполнении работ.
3. Изучить требования по технике безопасности, которые необходимо выполнять на каждой лабораторной работе.
4. При выполнении лабораторной работы следовать указаниям преподавателя и (или) лаборанта, вести соответствующие записи.
5. После выполнения лабораторной работы оформить отчет и подготовиться к защите лабораторной работы.

Подготовка к зачёту

Цель работы: подготовиться к сдаче зачета.

Зачет проводится в форме устного опроса. Подготовка к зачету выполняется студентами самостоятельно, используя материал лекционного курса, лабораторных работ и дополнительный материал. В рамках подготовки требуется разработать технологическую схему переработки или очистки конкретного отхода с обоснованием выбора биологических объектов и биологических методов.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Контрольные работы проводятся в виде устных или письменных заданий, содержащих несколько контрольных вопросов.

Тема (раздел): Биоремедиация и рекультивация почв

1. Чем отличаются биостимуляция и биоаугментация? Какие микроорганизмы для них используют?
2. Как работает фитоэкстракция тяжёлых металлов? Почему подходят горчица, ива и тополь?
3. В чём разница между фитостабилизацией и фитоволатилизацией? Какие растения применяют?
4. Как действуют ризофилтрация и ризодеградация? Почему эффективны люцерна, райграсс и клевер?
5. Какие микроорганизмы разлагают нефтепродукты? От чего зависит их эффективность?
6. Какую роль играют черви в вермиремедиации? Как они восстанавливают почву?
7. Зачем в биоремедиации применяют иммобилизованные ферменты? В чём их преимущество?
8. Каков принцип действия и область применения препаратов «Путидойл», «Байкал ЭМ», «Дестройл»?

Тема (раздел): Биологическая очистка загрязнённых газов (выбросов)

1. В чём суть биофилтрации? Какие носители используют?
2. Какие загрязнители удаляют с помощью биофилтрации?
3. Как устроены биоскрубберы? Какова роль микроорганизмов в них?
4. Что такое биодесульфуризация газов? Какие бактерии для неё применяют?
5. Как растения создают «зелёные барьеры»? Какие виды для этого используют?
6. Для чего применяют биопрепараты в очистке газов?
7. Что значит микробная секвестрация CO₂? Какие микроорганизмы её обеспечивают?
8. Какие микроорганизмы (бактерии, грибы и др.) чаще всего используют для биологической очистки газов?

Тема (раздел): Отходы биотехнологических производств и их переработка

1. Дайте характеристику отходов промышленности и сельского хозяйства.
2. Каковы мировые тенденции в обращении с твердыми, жидкими и особо опасными отходами?
3. Какие способы утилизации и переработки твердых отходов существуют? Что такое процесс компостирования?
4. Как получают питательные среды из углерод- и азотсодержащих отходов?

Критерии оценивания.

Студент демонстрирует глубокое понимание современных биотехнологических методов и их практического применения в решении экологических проблем, включая способность анализировать эффективность различных биотехнологических решений, оценивать их экономические и социальные аспекты, а также прогнозировать перспективы развития биотехнологических подходов к защите окружающей среды.

6.1.2 семестр 7 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Для контроля текущей успеваемости проводятся следующие контрольные мероприятия:

- 1) Защита отчета по лабораторной работе
- 2) Контрольная работа

Отчет должен быть выполнен в установленный преподавателем в срок, в соответствии с требованиями к оформлению отчета. Предусмотрена устная защита лабораторной работы, до обучающегося доводится перечень вопросов, выносимых на защиту; во время защиты, обучающиеся должны объяснить полученные результаты, отмеченные преподавателем и ответить на контрольные вопросы к лабораторной работе или вопросы преподавателя. Описание процедуры: Подготовка отчетов выполняется студентами самостоятельно. Отчет по выполнению лабораторной работы состоит из теоретического введения по теме анализа, ходе выполнения лабораторной работы, результатов проведенного исследования по теме. При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического материала необходимого для выполнения исследования. Пример задания: Отчет считается сданным, если предложенные задания выполнены правильно, студент отвечает на все вопросы преподавателя, демонстрирует знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ.

Критерии оценивания.

Отчет считается сданным, если предложенные задания выполнены правильно, демонстрируется знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ДК-1.3	Способен экологические проблемы решать на основе информации о применении методов биотехнологии	Устный опрос или тестирование

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачёт по дисциплине проводится в форме устного опроса, направленного на проверку освоения теоретического материала программы. Процедура включает:

1. Теоретическую часть. Студенту задаются не более трёх чётко сформулированных вопросов из различных разделов программы. Объём ответа рассчитан до 15 минут. Преподаватель вправе задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы, а также давать задания и примеры по программе данной учебной дисциплины из числа заданий пройденных лабораторных работ (в случае выполнения лабораторных работ не в полном объеме).
2. Практическую часть. В рамках подготовки к зачету студент разрабатывает технологическую схему переработки или очистки конкретного вида отхода с обоснованием выбора задействованных биологических объектов (микроорганизмов,

растений, ферментов и т.д.) и применяемых биологических методов (биodeградации, фиторемедиации, компостирования и т.д.). На зачете студент представляет эту схему и отвечает на уточняющие вопросы.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Перечислите основные цели и задачи экологической биотехнологии.
 2. Приведите классификацию отходов.
 3. Принципы безотходных и малоотходных биотехнологий.
 4. Какую роль играют микроорганизмы в защите окружающей среды?
 5. Какие правовые основы и стандарты, включая ПДК и лимиты на отходы, обязательны для биотехнологических предприятий?
 6. Чем отличаются аэробная и анаэробная деструкция загрязнителей?
 7. Какие микроорганизмы участвуют в самоочищении водоёмов?
 8. Что такое биоплёнка и как она помогает в очистке среды?
 9. Какие ферменты микроорганизмов участвуют в разрушении загрязнителей?
- Приведите 2–3 примера.
10. Что представляют собой биопрепараты-деструкторы?
 11. Как работает активный ил в аэротенках?
 12. Какие организмы входят в состав активного ила?
 13. Для чего нужны метантенки? Какие микроорганизмы в них работают?
 14. Какие бактерии удаляют азот и фосфор из сточных вод?
 15. Какие растения используют для фиторемедиации водоёмов? Приведите примеры.
 16. Как моллюски-фильтраторы помогают очищать воду?
 17. В чём разница между биостимуляцией и биоаугментацией?
 18. Какие растения подходят для фитоэкстракции тяжёлых металлов?
 19. Что такое ризофильтрация? Приведите пример растения для неё.
 20. Какие микроорганизмы разлагают нефть в почве?
 21. Как дождевые черви участвуют в очистке почвы?
 22. Какие ферменты используют для иммобилизации в биоремедиации?
 23. Какие микроорганизмы разрушают биопластики?
 24. Как бактерии *Pseudomonas* помогают в деградации пестицидов?
 25. Что такое биометаллургия? Приведите пример бактерии для неё.
 26. Какие ферменты разрушают ксенобиотики? Назовите 2 фермента.
 27. Какие растения применяют для фиторемедиации ксенобиотиков?
 28. Какие микроорганизмы участвуют в компостировании?
 29. В чём отличие вермикомпостирования от обычного компостирования?
 30. Перечислите 4 стадии анаэробного сбраживания ТБО.
 31. Какие ферменты нужны для гидролиза лигноцеллюлозы?
 32. Как полигоны ТБО могут работать как биореакторы?
 33. Как происходит биофильтрация? Как устроен биофильтр? Какие микроорганизмы в нём работают?
 34. Что такое биоскрubber? В чём его особенность?
 35. Какие бактерии удаляют сероводород из газов?
 36. Как зелёные барьеры помогают очищать воздух? Приведите 2 примера деревьев.
 37. Какие микроорганизмы связывают CO₂?
 38. Назовите три вида отходов биотехнологических производств.
 39. Как можно использовать биомассу микроорганизмов после ферментации?
 40. Какие методы применяют для очистки культуральных жидкостей от остаточных субстратов и токсинов?
 41. Какие ценные компоненты можно выделить из жидких отходов биотехнологических производств? Назовите методы разрушения клеток микроорганизмов для выделения ценных веществ.

42. Какие микроорганизмы участвуют в анаэробной переработке жидких органических стоков с получением биогаза?
43. Что такое микробные консорциумы и как их используют для очистки сложных мно-гокомпонентных стоков?
44. Какие способы утилизации биомассы микроорганизмов существуют? Как используют инактивированную биомассу микроорганизмов? Какие микроорганизмы задействованы в анаэробном сбраживании для получения биогаза?
45. Какие ферменты применяют для гидролиза целлюлозы, хитина и альгината? Что получают в результате ферментативного гидролиза органических носителей? Как используют гидролизаты после переработки органических носителей?
46. Какие методы применяют для обезвреживания отходов сорбентов, содержащих тяжёлые металлы или токсины? Какую роль в обезвреживании токсичных отходов играют бактерии деструкторы и фиторемедиация?
47. Что такое биофильтрация и для очистки каких выбросов её применяют?
48. Как происходит микробная фиксация CO_2 из отходящих газов биотехнологических предприятий? Какие организмы применяют для фиксации CO_2 ? Приведите 2 примера.
49. Что представляют собой замкнутые водооборотные системы? В чём суть каскадного использования субстратов в биотехнологиях? Какие биологические агенты помогают реализовать каскадное использование субстратов?
50. Приведите пример безотходной биотехнологической схемы в пищевой промышленности.
51. Опишите пример безотходного производства антибиотиков или аминокислот.
52. Какие преимущества даёт внедрение безотходных схем в биотехнологическом производстве?
53. Какие физико химические и санитарно бактериологические методы применяются в экологическом мониторинге, и какие микроорганизмы) служат индикаторами загрязнения воды?
54. Что такое биотестирование, в чём его ключевые преимущества перед физико-химическими методами анализа загрязнений, и почему для него используют разные группы организмов?
55. Приведите по два примера из групп микроорганизмов, растений и животных, используемых в биотестировании, и кратко поясните, какую роль каждый из них играет в оценке качества среды.
56. В чём заключается роль дафний (*Daphnia magna*) и водорослей *Scenedesmus* в экологическом мониторинге: как именно их используют для оценки токсичности водных объектов и какие параметры при этом измеряют?
57. Что представляет собой биоиндикация, чем она отличается от прямого химического анализа загрязнений, и какие природные объекты чаще всего выступают в роли биоиндикаторов в наземных и водных экосистемах?
58. Для чего проводится паспортизация отходов, какие основные данные включаются в паспорт отхода, и как эта процедура помогает в системе экологического надзора?
59. Какова роль экологического надзора в контроле загрязнения окружающей среды, и каким образом результаты биотестирования и биоиндикации помогают органам надзора принимать управленческие решения (например, по ограничению выбросов, рекультивации территорий и т.п.)?
60. Какие основные риски связаны с применением ГМО микроорганизмов в открытых экосистемах?
61. В чём преимущества и риски использования ГМ растений (например, ГМ тополя или ГМ горчицы) для фиторемедиации?
62. Какие нравственные проблемы возникают при вмешательстве в природные циклы с помощью биотехнологий?

63. Какие меры обеспечивают биобезопасность при применении биопрепаратов?
64. Как микробные технологии помогают в секвестрации CO₂ и борьбе с изменением климата?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Студент способен разрабатывать технологическую схему переработки или очистки отхода с обоснованием выбора биологических объектов и методов, показывать понимание связи между схемой очистки и технологиями получения биопрепаратов. Способен обосновывать целесообразность применения выбранных методов при выполнении различных экологических задач, использовать полученные навыки микробиологических и биотехнологических исследований, а также анализировать полученные результаты.	Студент не способен разрабатывать технологическую схему переработки или очистки отхода с обоснованием выбора биологических объектов и методов, не понимает связи между схемой очистки и технологиями получения биопрепаратов, не может обосновать целесообразность применения выбранных методов при выполнении экологических задач, не применяет навыки микробиологических и биотехнологических исследований и не умеет анализировать полученные результаты.

7 Основная учебная литература

1. Биотехнология растений : учебник и практикум для вузов / Л. В. Назаренко, Ю. И. Долгих, Н. В. Загоскина, Г. Н. Ралдугина, 2021. - 161.
2. Тимофеева С. С. Экологическая биотехнология : учебное пособие для технических и экономических вузов / С. С. Тимофеева, 1999. - 209.
- [Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-41247.pdf>
3. Терентьев В. И. Биотехнология очистки воды / В. И. Терентьев, Н. М. Павловец, 2024. - 272.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Белокурова Е. С. Биотехнология продуктов растительного происхождения : учебное пособие / Е. С. Белокурова, О. Б. Иванченко, 2019. - 230.
2. Сазыкин Ю. О. Биотехнология : учеб. пособие по специальности 060108 (040500) "Фармация" / Ю. О. Сазыкин, С. Н. Орехов, И. И. Чакалева, 2008. - 253.
3. Орехов С. Н. Биотехнология : учебник по направлению подготовки "Фармация" по дисциплине "Биотехнология" / С. Н. Орехов, И. И. Чакалева, 2014. - 281.
4. Волова Т. Г. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для ун-тов / Т. Г. Волова, 1997. - 141.
5. Тимофеева С. С. Экологическая биотехнология в лесопромышленном и нефтегазовом комплексе Приангарья : монография / С. С. Тимофеева, С. С. Тимофеев, Е. Ю. Панасенкова, 2014. - 227.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2673.pdf>

6. Келль Л. С. Экологическая биотехнология : учебное пособие для вузов / Л. С. Келль, 2022. - 232.

7. Исмаилов Н. М. Биотехнология нефтедобычи. Принципы и применение : монография / Н. М. Исмаилов, 2020. - 167.

8. Биотехнология плодово-ягодного сырья [Электронный ресурс] : программа, лабораторные работы, расчет задач, методические указания для студентов заочного обучения специальности 260204 "Технология бродильных производств и виноделие" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 75.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4732.pdf>

9. Цоглин Л. Н. Биотехнология микроводорослей : монография / Л. Н. Цоглин, Н. А. Пронина, 2012. - 182.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://elib.istu.edu/>
2. <https://нэб.рф/>
3. <http://e.lanbook.com>
4. <https://elibrary.ru/>
5. <http://www.iprbookshop.ru/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Dr.Web
2. Microsoft Office Professional Plus 2013
3. Microsoft Windows Professional 10 Russian

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. стерилизатор паров."ТЗМОЙ"
2. 316647 Микроскоп Микмед-1
3. Сушильный шкаф СШ-3
4. Микроскоп Микмед-6
5. Весы аналитические OHAUS PA214C

6. 316646 Микроскоп Микмед-1
7. 316644 Микроскоп Микмед-1
8. 316643 Микроскоп Микмед-1
9. 316645 Микроскоп Микмед-1
10. 316648 Микроскоп Микмед-1
11. микроскоп МБС-10
12. 316922 Микроскоп С-11
13. 316921 Микроскоп С-11
14. 316923 Микроскоп С-11
15. 316919 Микроскоп С-11
16. 316920 Микроскоп С-11
17. Микроскоп МБС-10
18. 318133 Холодильник Бирюса 10
19. Весы HL-400 +блок питания
20. 317487 Термостат ТС-80
21. Шкаф стальной АІКО
22. Сушильный шкаф ШСУ
23. облучатель ОКН-11
24. вентилятор KV 200
25. стол химический пристенный
26. Настенный экран DaLite 175*234
27. шкаф с полками
28. шкаф с полками
29. осветитель ОИ-32
30. Термостат-инкубатор Binder BD 53
31. шкаф для реактивов
32. Ферментер BIOSTAT A plus MO, 2 л 230 VAC с ноутбуком
33. Компьютер ICore 2Duo E4600/2Gb/160/GF 256Mb/FDD/DVD-RW/Samsung LCD 19

34. Шейкер инкубационный "CERTOMAT BS-1 УНК"
35. Стерилизатор проточный "УФ УДВ-1/1 тип 3"
36. Ламинарный бокс "ЛО-1"
37. рН-метр (иономер) Эксперт-001-3.0.1(портативный. с термодатчиком и комб. электродом
38. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01
39. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
40. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.