



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

электроэнергетики и электроники

_____ Р.Р. Гибадуллин

«24» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.01 Биохимические методы утилизации техногенных отходов

Направление
подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль)

Экономика замкнутого цикла и технологии
управления техногенными отходами

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2026

Программу разработала:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Инженерная экология и безопасность труда	к.т.н., доцент	Котляр М.Н.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Инженерная экология и безопасность труда	22.01.2026	№ 1	Зав.каф., д.т.н., проф. Николаева Лариса Андреевна
Согласована	Инженерная экология и безопасность труда	22.01.2026	№ 1	Зав.каф., д.т.н., проф. Николаева Лариса Андреевна
Согласована	Учебно-методический совет института	24.02.2026	№ 5	Директор, к.т.н., доц. Гибадуллин Рамил Рифатович
Одобрена	Ученый совет института	24.02.2026	№ 6	Директор, к.т.н., доц. Гибадуллин Рамил Рифатович

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Биохимические методы утилизации техногенных отходов» – является формирование теоретической базы и практических навыков студентов в области биохимии, необходимых для разработки и внедрения эффективных методов переработки и обезвреживания промышленных и бытовых отходов. Это включает изучение механизмов биодegradации органических соединений, использование микроорганизмов и ферментов для очистки окружающей среды, а также освоение современных технологий переработки отходов с целью минимизации негативного воздействия на природу и здоровье населения.

Задачами дисциплины являются:

- освоение принципов функционирования ферментативных процессов и микробиологических сообществ, участвующих в переработке отходов.
- изучение методов анализа состава отходов и оценки их токсичности.
- развитие компетенций в проектировании биотехнологических установок для переработки отходов.
- формирование понимания экологических аспектов управления отходами и законодательных норм в области обращения с ними.

Задачами дисциплины являются:

- изучение иерархической организации процессов в химическом производстве, общих закономерностях химических процессов;
- изучение основ важнейших промышленных химических производств;
- формирование и развитие навыков инженерного и экологического мышления;
- формирование навыков использования полученных знаний для решения прикладных задач профессиональной деятельности.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции и внедрения новых технологий с учётом требований техносферной безопасности и принципов замкнутого цикла с использованием современных цифровых технологий	ПК-1.1. Проводит комплексный экологический анализ проектных решений (модернизация, реконструкция, новое оборудование), включая оценку потенциального образования техногенных отходов, выбросов и сбросов
	ПК-1.2. Исследует возможности минимизации негативного воздействия и вовлечения отходов в оборот на основе принципов экономики замкнутого цикла в рамках экологического анализа проектных решений с использованием современных цифровых технологий

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

Б1.В.02 Информационные системы управления техногенными отходами

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

Б1.В.08 Технологические основы переработки техногенных отходов,

Б1.В.ДЭ.01.01.02 Физико-химические методы утилизации техногенных отходов.

Б2.О.01(У) Учебная практика (ознакомительная)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			1
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	33	33
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,66	24	24
Лекции	0,22	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,44	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,33	84	84
Проработка учебного материала	2,33	84	84
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	-	-	-
Промежуточная аттестация:			Зачет

3.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	30	2		8	20	ТК1	ПК-1.1, ПК-1.2
Раздел 2	52	4		4	44	ТК2	ПК-1.1, ПК-1.2
Раздел 3	26	2		4	20	ТК3	ПК-1.1, ОПК-1.2
Зачет						ОМ 1	ПК-1.1, ПК-1.2
ИТОГО	108	8		16	84		

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Общая теория биотехнологических процессов переработки

ОТХОДОВ.

Тема 1.1. Классификация и характеристики техногенных отходов. Влияние состава отходов на эффективность биотехнологических процессов.

Раздел 2. Анаэробные и аэробные процессы переработки органических отходов.

Тема 2.1. Компостирование как основной аэробный метод переработки отходов.

Тема 2.2. Образование биогаза и метана: процесс и конечные продукты.

Практические примеры использования анаэробных реакторов в России и мире.

Раздел 3 . Инженерные конструкции и биотехнологические установки для переработки отходов

Тема 3.1. Функциональные особенности биотехнологических установок для анаэробного и аэробного сбраживания. Энергоэффективность и экологичность современных комплексов переработки отходов.

3.4 Тематический план практических занятий

Тема 1 Техногенные отходы и их классификация.

Тема 2. Микроорганизмы в биотехнологии переработки отходов.

Тема 3. Влияние состава отходов на эффективность биотехнологических процессов.

Тема 4. Анаэробное сбраживание: лабораторная модель.

Тема 5. Анализ преимуществ и недостатков анаэробных методов.

Тема 6. Аэробное компостирование: этапы и контроль.

Тема 7. . Проектирование биотехнологической установки.

Тема 8. Экологическая оценка и энергоэффективность комплексов переработки отходов.

3.5 Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.6 Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

Шкала оценки результатов прохождения практики:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.1	знать: влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов				
		В полном объеме знает влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов	Хорошо ориентируется во влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов.	Слабо ориентируется во влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов	Не знает влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов	
		уметь: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами				
		Способен, анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, не делает ошибок.	Может: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, допускает некоторые ошибки.	Может: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, допускает значительные ошибки	Не может: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, допускает грубые ошибки.	

		владеть: техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания			
		Полностью владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания	Владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания, допускает некоторые неточности.	Слабо владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания, допускает значительные ошибки.	Не владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания.
ПК-1.2	знать: критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность				
		В полном объеме знает критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность	Уверенно знает Критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность	Слабо знает критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность	Не знает критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность
	уметь: сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи.				
		Способен сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, не делает ошибок.	Может: сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, допускает некоторые ошибки.	Может: сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, допускает значительные ошибки	Не умеет сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, делает много грубых ошибок

владеть: навыками проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности).

Обладает навыками проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности) в полном объеме

Имеет достаточные навыки проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности)., допускает некоторые неточности.

Слабо владеет навыками проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности).

Не имеет навыков проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности).

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Ивантер, Э. В. Экология производства : учебник / Э. В. Ивантер. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 229 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/427994>. - ISBN 978-5-507-49802-4. - Текст : электронный.

2. Управление техногенными отходами : учебное пособие / В. Н. Коротаев, Н. Н. Слюсарь, Я. А. Жилинская [и др.]. – Пермь : ПНИПУ, 2016. – 390 с. – ISBN 978-5-398-01541-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/161217>

3. Ветошкин, А. Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025 – 304 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/480245>. – ISBN 978-5-507-53250-6. – Текст : электронный.

4. Ярунина, Н. Н. Биотехнологии в экологии и энергетике : учебное пособие / Н. Н. Ярунина, Н. А. Еремина, С. Н. Ярунин. – Иваново : ИГЭУ, 2022. – 100 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/369755>.

5.1.2. Дополнительная литература

4. Колесников, С. И. Охрана природы и природоохранное законодательство : учебник / С. И. Колесников. – Москва : КноРус, 2023. – 209 с. – ISBN 978-5-406-11711-8. – URL: <https://book.ru/book/949526>. – Текст : электронный.

5. Широков, Ю. А. Экологическая безопасность на предприятии : учебное пособие для вузов / Ю. А. Широков. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 360 с. – ISBN 978-5-8114-9051-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/183796>.

6. Васильева, Н. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебно-методическое пособие / Н. В. Васильева. – Горки : БГСХА, 2023. – 165 с. – ISBN 978-985-882-356-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/437501>.

7. Ветошкин, А. Г. Основы инженерной экологии : учебное пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025 – 332 с. – ISBN 978-5-507-50793-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/465095>.

8. Биотехнология переработки сырья : учебно-методическое пособие / составители Т. Д. Ямпольская, М. В. Мантрова. — Сургут : СурГУ, 2025. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/494822>.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. <http://www.mnr.gov.ru/> - Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
2. <http://nroed.ru> - Портал "Открытое образование"
3. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>
4. Электронно-библиотечная система «book.ru»: <https://www.book.ru/>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. ГПНТБ России (Экологический раздел) Специализированная база данных «Экология: наука и технологии» http://ecology.gpntb.ru/ecology_db/
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
3. ИСС «Кодекс» / «Техэксперт» <http://app.kgeu.local/Home/Apps>
4. «Гарант» <http://www.garant.ru/>
5. «Консультант плюс» <http://www.consultant.ru/>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. LMS Moodle
2. Windows 10

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
	Компьютерный класс с выходом в Интернет _	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения
		(мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение

Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7 Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой

справочной информации о расписании учебных занятий;

– педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

– действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

– печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

– обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

– предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского

общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ П/П	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.ДЭ.01.01.01 Биохимические методы утилизации техногенных отходов

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль) Экономика замкнутого цикла и технологии
управления техногенными отходами

Квалификация Магистр

1. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

8 Шкала оценки результатов прохождения практики:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.1	знать: влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов				
		В полном объеме знает влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов	Хорошо ориентируется во влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов.	Слабо ориентируется во влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов	Не знает влияние химического и физического состава отходов на эффективность биотехнологических процессов	
		уметь: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами				

			Способен, анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, не делает ошибок.	Может: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, допускает некоторые ошибки.	Может: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, допускает значительные ошибки	Не может: анализировать состав отходов и прогнозировать эффективность их переработки биотехнологическими методами, допускает грубые ошибки.
		владеть: техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания				
			Полностью владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания	Владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания, допускает некоторые неточности.	Слабо владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания, допускает значительные ошибки.	Не владеет техниками мониторинга и контроля параметров процессов компостирования и анаэробного сбраживания.
	ПК-1.2	знать: критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность				
			В полном объеме знает критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность	Уверенно знает Критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность	Слабо знает критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность	Не знает критерии выбора биотехнологических установок: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность, экологичность

уметь: сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи.

	Способен сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, не делает ошибок.	Может сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, допускает некоторые ошибки.	сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, допускает значительные ошибки	Не умеет сравнивать преимущества и недостатки различных методов переработки отходов, аргументированно выбирать оптимальный способ для конкретной задачи, делает много грубых ошибок
--	--	---	---	---

владеть: навыками проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности).

	Обладает навыками проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности) в полном объеме	Имеет достаточные навыки проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности), допускает некоторые неточности.	Слабо владеет навыками проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности).	Не имеет навыков проектирования и расчёта биотехнологических установок (выбор типа реактора, расчёт производительности, оценка безопасности).
--	---	---	---	---

Оценка «**отлично**» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка «**хорошо**» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий;*

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за слабое и неполное выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий.*

1. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Мультимедийная презентация (МП)	Представление содержания учебного материала с использованием мультимедийных технологий	Тематика презентаций
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов	Темы рефератов

2. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Пример задания

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Тест

Вопрос	Варианты ответа
Что такое техногенные	отходы, образующиеся в результате природных процессов

Отходы?	отходы, возникающие в процессе хозяйственной деятельности человека
	только бытовые отходы населения
	только сельскохозяйственные отходы.
Какова основная роль микроорганизмов в биотехнологической переработке отходов?	они увеличивают объём отходов
	они разлагают органические вещества до более простых соединений
	они препятствуют разложению отходов
	они только изменяют цвет отходов.
Какой из перечисленных методов относится к биотехнологическим?	сжигание на мусоросжигательном заводе
	захоронение на полигоне
	компостирование
	механическая сортировка
Что происходит с органическими отходами при биотехнологической переработке?	они превращаются в новые сложные соединения
	они полностью исчезают
	они разлагаются до простых минеральных и органических веществ
	они становятся более токсичными
Какой основной продукт образуется при разложении органических отходов микроорганизмами в аэробных условиях?	метан
	биогаз
	компост (гумус)
	тяжелые металлы

Вопросы к комплексному заданию

Дайте определение техногенных отходов. Приведите примеры и классификацию по происхождению и опасности.

Опишите основные биотехнологические методы переработки отходов и их классификацию.

Какова роль микроорганизмов в разложении различных типов отходов? Приведите примеры основных групп микроорганизмов.

Как химический и физический состав отходов влияет на эффективность биотехнологических процессов? Приведите примеры.

Сравните преимущества и ограничения биотехнологических методов переработки по сравнению с традиционными (сжигание, захоронение).

Какие параметры необходимо контролировать при организации биотехнологической переработки органических отходов?

Объясните, почему влажность и соотношение углерода и азота считаются ключевыми факторами для успешного компостирования.

Приведите примеры современных биотехнологических установок для переработки отходов, используемых в России и за рубежом.

Каковы основные этапы разложения органических отходов в аэробных и анаэробных условиях?

Опишите, как результаты биотехнологической переработки могут быть использованы в народном хозяйстве (например, получение биогаза, компоста).

Темы рефератов

Классификация техногенных отходов: современные подходы и проблемы учёта.

Биотехнологические методы переработки твёрдых бытовых отходов: состояние и перспективы развития.

Роль бактерий и грибов в разложении промышленных и сельскохозяйственных отходов.

Влияние состава органических отходов на эффективность компостирования и

получения биогаза.

Современные биотехнологические установки для переработки отходов: инженерные решения и опыт эксплуатации в России.

Экологические и экономические аспекты внедрения биотехнологий в сфере обращения с отходами.

Аэробные и анаэробные процессы: сравнительный анализ эффективности и областей применения.

Практика компостирования органических отходов в крупных городах России: проблемы и достижения.

Микробиологические основы биотехнологической переработки отходов: новые исследования и технологии.

Перспективы использования продуктов биотехнологической переработки (биогаз, компост) в сельском хозяйстве и энергетике.

Для текущего контроля ТК2

Проверяемая компетенция: ПК-1.1 и ПК-1.2

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Какой основной газ образуется в результате анаэробного сбраживания?	кислород
	азот
	биогаз
	озон
Какой конечный продукт получается после завершения компостирования?	биогаз
	компост (гумус)
	пластик
	метанол
Какие микроорганизмы преобладают в аэробных процессах переработки отходов	анаэробные бактерии,
	аэробные бактерии и грибы
	вирусы
	водоросли
Какой недостаток присущ аэробному компостированию	образование токсичных газов
	необходимость в больших площадях и доступе
	высокая стоимость оборудования
	невозможность переработки пищевых отходов.
Почему анаэробное сбраживание считается эффективным методом переработки органических отходов?	оно полностью уничтожает отходы.
	позволяет получить энергию и уменьшить объём
	не требует участия микроорганизмов
	подходит для всех типов отходов.

Вопросы к комплексному заданию

Опишите принципы анаэробного сбраживания органических отходов. Почему этот метод считается эффективным?

Перечислите основные преимущества и недостатки метода анаэробного сбраживания по сравнению с другими способами переработки отходов.

Как происходит образование биогаза и метана в процессе анаэробного разложения? Назовите конечные продукты этого процесса.

Приведите примеры практического использования анаэробных реакторов в России и за рубежом. Какие отходы перерабатываются этим способом?

Охарактеризуйте аэробные процессы переработки отходов. Какова роль кислорода в этих процессах?

Опишите этапы компостирования: подготовка, созревание, стабилизация. Какие

параметры необходимо контролировать на каждом этапе?

Сравните аэробные и анаэробные методы переработки органических отходов по эффективности, экологичности и области применения.

Какие инженерные решения используются для реализации проектов по компостированию в крупных городах России? Приведите примеры.

Каковы основные требования к организации лабораторной модели анаэробного реактора? Какие параметры измеряются в ходе эксперимента?

Объясните, почему контроль температуры, влажности и рН важен для успешного компостирования органических отходов.

Темы рефератов

Анаэробное сбраживание: физико-химические основы и практическое применение в России и мире.

Биогаз как возобновляемый источник энергии: технологии получения и перспективы использования.

Преимущества и ограничения анаэробных методов переработки органических отходов: сравнительный анализ.

Аэробное компостирование: этапы, контроль параметров, современные технологии.

Реализация проектов по компостированию органических отходов в крупных городах России: опыт и проблемы.

Микробиологические аспекты анаэробного и аэробного разложения органических отходов.

Экологические и экономические эффекты внедрения анаэробных и аэробных технологий переработки отходов.

Инженерные решения для анаэробных реакторов: типы, конструктивные особенности, опыт эксплуатации.

Сравнительный анализ конечных продуктов анаэробного сбраживания (биогаз, дигестат) и аэробного компостирования (компост).

Перспективы развития биотехнологических методов переработки органических отходов в России: анализ современных тенденций.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемые компетенции: ПК-1.1 и ПК-1.2

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Какие основные типы биотехнологических установок используются для переработки отходов	только аэробные
	только анаэробные
	механические
	аэробные и анаэробные
Какой из перечисленных параметров обязательно учитывается при проектировании биотехнологической установки	только стоимость строительства
	безопасность, производительность,
	только внешний вид
	только скорость загрузки отходов
Какой основной экологический эффект достигается при использовании современных биотехнологических комплексов?	увеличение количества отходов
	снижение выбросов парниковых газов и уменьшение объёма захороняемых отходов
	загрязнение почвы
	Повышение шума

Вопросы к комплексному заданию

Перечислите основные типы биотехнологических установок для переработки отходов и охарактеризуйте их функциональные особенности.

Какие критерии (масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность) необходимо учитывать при выборе и проектировании установки для переработки отходов? Объясните значение каждого критерия.

Сравните инженерные особенности анаэробных и аэробных установок: конструкция, условия эксплуатации, конечные продукты.

Как обеспечивается безопасность на современных биотехнологических комплексах по переработке отходов? Приведите примеры инженерных решений.

Опишите этапы проектирования биотехнологической установки для конкретного типа отходов (на выбор: пищевые отходы, навоз, ил).

Каковы основные пути повышения энергоэффективности комплексов переработки отходов? Приведите примеры использования получаемой энергии (биогаз, тепло).

Какие инженерные сооружения входят в состав современного комплекса по переработке органических отходов? Охарактеризуйте их назначение.

Почему экологичность является одним из ключевых требований к современным установкам переработки отходов? Какие показатели используются для оценки экологичности?

Приведите примеры реализованных проектов биотехнологических комплексов в России и за рубежом. Охарактеризуйте их инженерные и технологические особенности.

Каковы перспективы развития инженерных решений в области биотехнологической переработки отходов? Назовите современные тенденции (автоматизация, цифровизация, модульные установки)

Рефераты

Современные инженерные конструкции для анаэробного сбраживания органических отходов: типы реакторов, опыт эксплуатации в России и мире.

Аэробные установки для компостирования: классификация, функциональные особенности, примеры реализации в крупных городах России.

Критерии выбора биотехнологической установки для переработки промышленных и бытовых отходов: масштабность, безопасность, производительность, энергоэффективность.

Энергоэффективность комплексов переработки отходов: технологии получения и использования биогаза, тепловой энергии, опыт внедрения в России.

Экологические аспекты проектирования и эксплуатации биотехнологических установок: минимизация выбросов, контроль запахов, утилизация побочных продуктов.

Проектирование биотехнологических комплексов: этапы, расчёт производительности, выбор оборудования для различных типов отходов.

Инновационные инженерные решения в сфере переработки органических отходов: модульные установки, автоматизация процессов, цифровое управление.

Сравнительный анализ анаэробных и аэробных установок по эффективности, экологичности и области применения (на примере конкретных проектов).

Практика реализации проектов по компостированию и анаэробному сбраживанию в России: инженерные решения, проблемы и достижения.

Перспективы развития биотехнологических установок для переработки отходов: новые материалы, повышение безопасности, интеграция с энергетическими системами.

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах:

1. Знание материала

- содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 6 баллов;

- содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 3 балла;

- не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;

2. Последовательность изложения

- содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 6 баллов;
 - последовательность изложения материала недостаточно продумана – 3 балла;
 - путаница в изложении материала – 0 баллов;
3. Владение речью и терминологией
- материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 6 балла;
 - в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 3 балла;
 - допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;
4. Применение конкретных примеров
- показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 6 баллов;
 - приведение примеров вызывает затруднение – 3 балла;
 - неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;
5. Уровень теоретического анализа
- показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 6 баллов;
 - обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 3 балла;
 - полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;
- Количество баллов: максимум – 30 баллов.

Вопросы для зачета

1. Классификация техногенных отходов: основные группы и примеры.
2. Характеристики техногенных отходов, влияющие на выбор биотехнологического метода переработки.
3. Влияние состава отходов на эффективность биотехнологических процессов.
4. Компостирование как основной аэробный метод переработки отходов: этапы, условия, преимущества и недостатки.
5. Образование биогаза и метана: механизм процесса, конечные продукты, условия протекания.
6. Практические примеры использования анаэробных реакторов в России и мире.
7. Функциональные особенности биотехнологических установок для анаэробного и аэробного сбраживания.
8. Энергоэффективность и экологичность современных комплексов переработки отходов.
9. История развития методов минерализации органических отходов: основные этапы и технологии.
10. Биологическая очистка сточных вод: аэробные и анаэробные методы, их особенности и применение.
11. Биофильтры: устройство, принцип работы, роль микробных ценозов в процессе очистки.
12. Поля фильтрации и поля орошения: назначение, принцип действия, ограничения применения.
13. Биологические пруды: устройство, процессы, роль микроорганизмов и животных.
14. Очистка жидких стоков промышленных предприятий: основные трудности, методы биологической очистки, примеры использования селективных микроорганизмов.
15. Биodeградация нефтяных загрязнений: факторы, влияющие на скорость разложения, основные микроорганизмы-деструкторы.
16. Биodeградация ксенобиотиков: примеры, роль микробных сообществ и генетического обмена.
17. Восстановление плодородия почв с помощью биотехнологических методов: роль органических удобрений, компостов, микроорганизмов-деструкторов.
18. Самоочищение водоемов: механизмы, показатели загрязненности, значение контроля экосистем.
19. Техногенные отходы: классификация, примеры, влияние на окружающую среду.
20. Микроорганизмы в биотехнологии переработки отходов: основные группы, их функции.
21. Влияние состава отходов на эффективность биотехнологических процессов:

лабораторные и промышленные примеры.

22. Анаэробное сбраживание: лабораторная модель, этапы, контроль параметров.
23. Преимущества и недостатки анаэробных методов переработки отходов.
24. Аэробное компостирование: этапы, условия, контроль процесса.
25. Проектирование биотехнологической установки для переработки отходов: основные этапы и критерии выбора.
26. Экологическая оценка и энергоэффективность комплексов переработки отходов: методы анализа, критерии эффективности.
27. Экологическая биотехнология и ее задачи.
28. Каков общий вклад биотехнологии в решение современных экологических проблем?