Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теплоэнергетики и экологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Биологические методы обработки органических отходов

05.04.06 «Экология и природопользование»
(направленность (профиль): «Ресурсосбережение и утилизация отходов»)

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 2 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: b74f1896a8e5f6d1b42349567b351e7a7b0d4c48
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 8 июля 2025 г. по 1 октября 2026 г.
Дата и время: 25-02-2026 09:30:48 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– освоение обучающимися современных методов и средств обезвреживания и утилизации органических отходов с участием микроорганизмов на биотехнологической основе.

Задачами учебной дисциплины являются:

– рассмотрение теоретических основ биотехнологии микроорганизмов, направленных на переработку органических отходов;

– проведение рационального выбора оборудования и технологических процессов, используемых для переработки органических отходов;

– изучение вопросов биотрансформации при их обезвреживании и утилизации.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 05.04.06 «Экология и природопользование».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Ресурсо- и энергосбережение в современном производстве;

– Современные проблемы экологии и природопользования.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Компостирование биологических отходов;

– Технологическая практика.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемые результаты обучения
	ПК-2: Способен оценивать результаты деятельности и совершенствовать систему	ПК-2.2 Оценивает выполнение организацией требований нормативных правовых актов,	– знать: требования нормативных правовых актов, стандартов организации, договорных

	экологического менеджмента в организации	стандартов организации, договорных обязательств в области охраны окружающей среды	обязательств в области охраны окружающей среды при биологической обработке органических отходов. – уметь: отслеживать выполнение организацией требований нормативных правовых актов при биологической обработке органических отходов.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***3 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***108***	*108*
	зачетных единиц	***3***	*3*
Лекции, *академ. час.*		***8***	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***30***	*30*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***54***	*54*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Развитие биотехнологии микроорганизмов (Особенности возникновения, природа и многообразие биотехнологических процессов, основанных на применении микроорганизмов. Возможности биотехнологии. Перспективы использования достижений биотехнологии в промышленности, медицине, сельском хозяйстве, энергетике, экологии);

Раздел 2 Аппаратура и критерии оценки биотехнологических процессов (Технологические основы биотехнологических производств. Характеристика основных стадий биотехнологических процессов. Типы ферментационных аппаратов, применяемых в аэробных и анаэробных процессах ферментации (поверхностное культивирование, глубинное, гомогенное проточное и периодическое). Аппаратура для конечной стадии биотехнологических производств и получения готового продукта. Совокупность методов для контроля и управления биотехнологическими процессами. Критерии оценки эффективности биотехнологических процессов: скорость роста продуцента, выход продукта, экономический коэффициент, обезвреживание отходов);

Раздел 3 Биотехнология производства микробных метаболитов (Классификация продуктов биотехнологических производств. Механизмы интенсификации процессов получения продуктов клеточного метаболизма. Методология селекции мутантов с дефектами экспрессии генов и регуляции обмена веществ. Биотехнология получения первичных метаболитов: производство аминокислот, органических кислот, витаминов. Биотехнология получения первичных метаболитов: получение антибиотиков, стероидов);

Раздел 4 Биотехнология производства ферментных препаратов (Применение ферментов и их источники. Технология культивирования микроорганизмов – продуцентов ферментов. Технология выделения и очистки ферментных препаратов. Иммобилизованные ферменты. Носители для иммобилизации ферментов. Методы иммобилизации ферментов. Применение иммобилизованных ферментов в пищевой промышленности, тонком органическом синтезе, медицине. Биосенсоры на основе иммобилизованных ферментов);

Раздел 5 Биотехнология получения микробной биомассы (Производство кормового белка с использованием дрожжей, бактерий, водорослей, микроскопических грибов. Производство вакцинных препаратов. Лечебно-профилактические препараты бактериофагов. Бактериальные препараты, нормализирующие микрофлору (пробиотики));

Раздел 6 Биоэнергетика и биоконверсия органических отходов (Биоконверсия биомассы в биогаз. Биометаногенез. Технология производства биогаза. Характеристика биогазовых установок.

Биологическое получение водорода. Получение спирта. Перспективы получения углеводородов);

Раздел 7 Биотехнология металлов (Микробное выщелачивание металлов. Химизм процесса микробного взаимодействия с минералами и горными породами. Бактериальное выщелачивание. Методы извлечения металлов. Биосорбция металлов из растворов. Обогащение руд);

Раздел 8 Экологическая биотехнология (Биодеградация и детоксикация отходов. Биологические методы очистки сточных вод. Биофильтры. Аэротенки. Анаэробные методы очистки стоков. Переработка твердых отходов. Применение биотехнологических методов для очистки газово-воздушных выбросов. Биотрансформация ксенобиотиков и загрязняющих окружающую среду веществ. Микробиологические методы рекультивации почв);

Раздел 9 Современные методы биотехнологии микроорганизмов (Генетическая инженерия, принципы, возможности. Биотехнология рекомбинантных ДНК и их конструирование. Экспрессия чужеродных генов. Получение трансгенных растений. Трансформация растений с помощью бактерий. Получение трансгенных растений, устойчивых к насекомым; грибной, бактериальной и вирусной инфекции. Генетические основы биотехнологии в симбиотической азотфиксации);

Раздел 10 Биотехнология микроорганизмов и сельское хозяйство (Микробиопрепараты для борьбы с вредителями и возбудителями болезней культивируемых видов растений. Технология получения и применения, принципы действия биологических препаратов (бактериальных, грибных, вирусных). Биологические удобрения);

Раздел 11 Биотехнология микроорганизмов и биобезопасность (Состояние проблемы. Понятие о биобезопасности. Генетические риски и биобезопасность в биоинженерии. Критерии, показатели и методы оценки генетически модифицированных организмов (ГМО) и получаемых из них продуктов на безопасность. Стандартизация в биотехнологии и биоинженерии).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лекций**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Развитие биотехнологии микроорганизмов	1	
Раздел 4.	Биотехнология производства ферментных препаратов	1	
Раздел 5.	Биотехнология получения микробной биомассы	1	
Раздел 6.	Биоэнергетика и	1	

	биоконверсия органических отходов		
Раздел 7.	Биотехнология металлов	1	
Раздел 8.	Экологическая биотехнология	2	
Раздел 9.	Современные методы биотехнологии микроорганизмов	1	
Итого:		**8**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы практических занятий (семинаров)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 2.	Микробиологическая переработка органических отходов	4	
Раздел 4.	Биоконверсия растительного сырья, сельскохозяйственных и бытовых отходов в топливо (получение биогаза, биоэтанола, биодизеля)	4	
Раздел 5.	Переработка ила сточных вод	4	
Раздел 8.	Экологическая биотехнология	2	
Раздел 10.	Проблема утилизации твёрдых бытовых отходов	2	
Итого:		**16**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лабораторных работ**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы курсовых работ (проектов)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	2	
Раздел 2.	1. Подготовка к практическому занятию; 2. Прохождение тестирования.	2	
Раздел 3.	1. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 7.	1. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 8.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 9.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 10.	1. Подготовка к практическому занятию; 2. Прохождение тестирования.	3	
Раздел 11.	1. Прохождение тестирования.	2	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	54	
Итого:		**84**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-2	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ПК-2	1. Тестовые задания
Раздел 4.	ПК-2	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 5.	ПК-2	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 6.	ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 7.	ПК-2	1. Тестовые задания
Раздел 8.	ПК-2	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 9.	ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 10.	ПК-2	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 11.	ПК-2	1. Тестовые задания
Экзамен.	ПК-2	1. Вопросы к экзамену;

		2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в

формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание;	1,25

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
проявляет активность при выполнении практической работы.	
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию ответов на вопросы в процессе собеседования при защите отчета о практической работе

Подготовку к защите отчета о практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы. Вопросы для подготовки к защите отчета о практической работе представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Критерии оценки устных ответов на вопросы при защите отчета о практической работе:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Критерии оценки устных ответов обучающихся на вопросы при защите отчета о практической работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Излагает материал последовательно и правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания.	2,5
Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные.	1,25
Рационально использует время, отведенное на ответ; устный ответ не затянут во времени.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка

Оценка	Требования к знаниям
	«неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Акинин, Н.И. Промышленная экология: принципы, подходы, технические решения : учебное пособие для вузов / Н.И. Акинин. – 2-е изд., испр. и доп. – Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 312 с. : ил.;

2 Ларионов, Н. М. Промышленная экология : учебник и практикум для вузов / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 441 с. – ISBN 978-5-534-15302-6. – URL: https://www.urait.ru/bcode/488228 (дата обращения: 18.02.2026);

3 Технология очистки сточных вод : учебное пособие / сост. А. П. Карманов, И. Н. Полина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 213 с. : ил. – ISBN 978-5-9729-0238-5. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493888 (дата обращения: 18.02.2026);

4 Ветошкин, А. Г. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – Ч. 1. Системное обращение с отходами. – 441 с. : ил. – ISBN 978-5-9729-0233-0. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493897 (дата обращения: 18.02.2026);

5 Липаев, А. А. Обращение с отходами производства и потребления : учебное пособие / А. А. Липаев, С. А. Липаев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 408 с. : ил., табл., схем. – ISBN 978-5-9729-0616-1. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618249 (дата обращения: 18.02.2026).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для

авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– ProjectLibre;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 05.04.06 «Экология и природопользование».

Составитель(и):

профессор Водолеев Анатолий Сергеевич (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:
Заместитель директора по охране труда промышленной безопасности и экологии – Начальник управления по экологическим проектам ООО «Распадская угольная компания»  Н.Ю. Любогощева

Приложение

1 Вопросы для входного контроля знаний обучающихся

Дайте письменный ответ на предложенные вопросы.

1. Понятие биотехнологии как технологического приема. Перспективы использования биологических технологий.

2. Основные области применения современной биотехнологии и основные ее аспекты (типы : биологических производств).

3. Биологическая обработка органических отходов. Характеристика отходов. Принципы биологической обработки отходов.

4.Биологическая обработка органических отходов. Аэробная очистка сточных вод. Простые методы очистки.

5 .Биологическая обработка органических отходов. Активированный ил. Процессы с использованием активированного ила и централизованная очистка сточных вод.

6. Биологическая обработка органических отходов. Анаэробная обработка концентрированных стоков. Интенсивная анаэробная очистка сточных вод. Морфология и физиология микроорганизмов метаногенного сообщества

7. Биогеотехнология металлов. История биогеотехнологии металлов. Физико-химические основы выщелачивания металлов из руд.

8. Биогеотехнология металлов. Кучное выщелачивание меди.

9. Получение из влажных органических отходов биогаза.

10. Биохимические процессы, протекающие внутри клеток микроорганизмов.

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 2. Аппаратура и критерии оценки биотехнологических процессов

1 Опрос

Перечень вопросов для опроса:

1. Биоконверсия органических отходов.
2. Технология производства биогаза.
3. Биогазовые установки и их технико-экономические показатели.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

1. Изучите этапы переработки растительного сырья и углеводсодержащих отходов в белок одноклеточных организмов;

2. Составьте технологическую схему силосования кормов.

Раздел 4. Биотехнология производства ферментных препаратов

1 Опрос

Перечень вопросов для опроса:

1. Охарактеризуйте глубинный метод производства ферментов.
2. Производство ферментов при поверхностном культивировании продуцентов.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

1. Изучите схему процессов деструкции органических субстратов (рисунок 4), лежащих в основе получения биогаза (метана). Охарактеризуйте основные процессы.
2. Изучите схему переработки мусора с помощью биотехнологий (рисунок 5). Охарактеризуйте основные процессы переработки мусора (сортировку, сжигание и биодеградацию) с экологической точки зрения.

Раздел 5. Биотехнология получения микробной биомассы

1 Опрос

Перечень вопросов для опроса:

1. Приведите пример промышленного производства биомассы.
2. Пути использования биомассы молочнокислых бактерий.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

1. Этапы аэробной переработки отходов.

- адсорбция субстрата на клеточной поверхности;

- расщепление адсорбированного субстрата внеклеточными ферментами;

- поглощение растворенных веществ клетками;

- рост и эндогенное дыхание;

- высвобождение экскретируемых продуктов;

- "выедание" первичной популяции организмов вторичными потребителями.

2. Микробиологическое изучение активного ила включает:

- идентификацию микроорганизмов и определение их численности;

- оценку микробиологической активности как популяции в целом, так и отдельных видов;

- оценка соотношения между (а) и (б), с одной стороны, и количеством вводимых питательных веществ и продуктов переработки – с другой.

Раздел 8. Экологическая биотехнология

1 Опрос

Перечень вопросов для опроса:

1. Утилизация и переработка отходов растительного сырья.
2. Основные биохимические пути микробиологической трансформации органических отходов.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

1. Биологическая очистка стоков. Микроорганизмы сточных вод.
2. Биокомпостирование твёрдых отходов. Получение органических удобрений.

Раздел 10. Биотехнология микроорганизмов и сельское хозяйство

1 Опрос

Перечень вопросов для опроса:

1. Технология получения биологическихудобрений.
2. Технология получения биопестицидов на основе энтомопатогенных бактерий.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

1. Спектр химических веществ материала свалок, градиенты концентраций различных субстратов для микроорганизмов, участвующих в разложении органических отходов.

2. Получение и переработка метана из органических отходов

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1.К важнейшим биогеохимическим функциям живых организмов относят:

А) аккумуляция химических элементов из внешней среды

Б) биохимическое превращение живого вещества и образование газов

В) накопление ксенобиотиков

Выбрать один правильный ответ

2. Самоочищение экосистемы это:

А) абиотические процессы

Б) комплекс процессов, в результате которых восстанавливается гомеостаз системы

В) биотические процессы

Выбрать два правильных ответа

3. К очистным сооружениям сточных вод относят:

А) аэротенки

Б) биофильтры

В) резервуары

Г) аквафильтры

Выбрать один правильный ответ

4. Выберите, какой биоценоз используется в биофильтрах:

А) биопленка

Б) активный ил

В) природные донные отложения

Выбрать один правильный ответ

5. Активный ил это:

А) донные отложения водоемов

Б) гранулы, состоящие из пластмассы

В) хлопья, состоящие из частично активных (70%) и частично отмирающих (30%) организмов и частиц неорганической природы

Выбрать один правильный ответ

6. Сооружения биологической очистки сточных вод предназначены для:

А) снижения загрязнения промышленных и коммунальных сточных вод

Б) очищения водоемов

В) аэрации сточных вод

Выбрать один правильный ответ

7. В биоценозе аэротенков преобладают:

А) бактерии,

Б) водоросли,

В) высшие растения

Выбрать один правильный ответ

8. Биоценоз биопленок представлен:

А) комплексом бактерий, грибов, вирусов, простейших, водорослей, членистоногих

Б) только микроорганизмами

В) рачками, червями, клещами

Выбрать два правильных ответа

9. К биологическим факторам загрязнения среды относят:

А) вакцины

Б) лекарственные препараты

В) тяжелые металлы

Выбрать один правильный ответ

10. В биологический круговорот не вовлекаются:

А) вещества, доступные для трансформации

Б) биогенные вещества

В) консервативные вещества

Выбрать два правильных ответа

11. При многократной переработке отходов полистирола его свойства изменяются следующим образом:

А) заметно снижается прочность при растяжении

Б) снижается относительное удлинение

В) растет молекулярная масса

12. Активный ил, применяемый при очистке стоков биотехнологических производств это:

А) сорбент

Б) смесь сорбентов

В) смесь микроорганизмов, полученных генно-инженерными методами;

Г) природный комплекс микроорганизмов.

13. Постоянное присутствие штаммов-деструкторов в аэротенках малоэффективно; периодическое внесение их коммерческих препаратов вызвано:

А) слабой скоростью их размножения

Б) их вытеснением представителями микрофлоры активного ила

В) потерей плазмид, где локализованы гены окислительных ферментов

Г) проблемами техники безопасности

14. Инженерная энзимология:

А) метод, основанный на выделении и культивировании тканей и клеток высших организмов

Б) изменение первичной структуры ДНК в конкретном ее участке, что, в конечном счете, приводит к изменению фенотипа биологического объекта, используемого в биотехнологических процессах

В) метод создания рекомбинантных или гибридных ДНК

Г) биотехнологические процессы с использованием каталитического действия ферментов, выделенных из состава биологических систем или находящихся внутри клеток, искусственно лишенных способности расти

15. Физический метод иммобилизации ферментов:

А) с помощью ковалентного связывания

Б) металлохелатный метод

В) включение в гель

Г) микрокапсулирование д) адсорбция на нерастворимом носителе

16. В осадках сточных вод объемная концентрация политвердой фазы составляет

А) 0,5-10%

Б) 0-10%

В) 1-5%

Г) 5-10%

Д) 0,1-0,5%

17. Уплотнение осадков сточных вод бывает (выбрать неверное)

А) Фильтрационное

Б) Гравитационное

В)Флотационное

Г)Центробежное

Д) Вибрационное

18. Первичной стадией утилизации осадков сточных является

А) Уплотнение

Б) Обезвоживание

В) Стабилизация

Г) Кондицирование

Д) Фильтрование

19. Стабилизация осадков сточных вод используется для

А)Разрушения биологически разлагаемой части органического вещества

Б) Предотвращения загнивания осадков

В)Предотвращения рассыпания продуктов

Г)Предотвращения слипаемости осадков

Д) Разрушения коллоидной структуры осадков

20. Кондицирование осадков сточных вод используется для

А) Разрушения коллоидной структуры осадков

Б) Разрушения биологически разлагаемой части органического вещества

В) Предотвращения загнивания осадков

Г) Предотвращения рассыпания продуктов

Д) Предотвращения слипаемости осадков

21. Оптимальными условиями строительства завода по переработке ТБО в компост являются (выбрать неверное)

А) Наличие свободного участка с основанием на водоупорных грунтах

Б) Наличие потребителей продукции

В) Размещение завода на расстоянии до 15 км от города

Г) Численность населения более 350 человек

Д) Наличие органических отходов в ТБО

22. При полевом компостировании ТБО должны обеспечиваться (выбрать неверное)

А) Прессование отходов

Б) Предварительная обработка отходов

В) Биотермическое обезвреживание отходов

Г) Окончательная обработка отходов

23. Биотехнология – это…

А) изучение биологической активности лекарственного растительного сырья

Б) использование культур клеток, бактерий, животных, растений, обеспечивающих синтез специфических веществ

В) разработка новых лекарственных форм препаратов с помощью живых

Г) изучение зависимости «структура-эффект» в действии лекарственных средств

Д) синтез новых лекарственных препаратов и изучение их свойств

24. Последовательность стадий биотехнологического процесса:

А) обработка целевого продукта, обработка сырья, ферментация и биотрансформация

Б) биотрансформация, ферментация, обработка сырья и целевого продукта

В) исходная обработка сырья, ферментация, биотрансформация, конечная обработка целевого продукта

25. Основной аппаратурный элемент биотехнологического процесса:

А) биореактор-ферментер

Б) головной фильтр очистки технологического воздуха

В) гомогенизаторы

Г) барботеры

Д) стерилизующие воздушные фильтры

26. Способность некоторых химических соединений и веществ биологической природы оказывать вредное воздействие на обитателей водной среды называется_____.

27. Какой класс (записывающийся римскими цифрами) опасности отходов соответствует наименованию «чрезвычайно опасные»? _____

28. Какой класс (записывающийся римскими цифрами) опасности отходов соответствует наименованию «высокоопасные»? _____

29. Какой класс (записывающийся римскими цифрами) опасности отходов соответствует наименованию «умеренно опасные»? _____

30. Какой класс (записывающийся римскими цифрами) опасности отходов соответствует наименованию «малоопасные»? _____

31. Какой класс (записывающийся римскими цифрами) опасности отходов соответствует наименованию «практически неопасные»? _____

4 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Экологическая доктрина Российской Федерации.
2. Классификация отходов. Твердые промышленные отходы и источники их образования. Многотоннажные промышленные отходы: состав, направления утилизации
3. Переработка отходов горнодобывающей промышленности (отходы углеобогащения, вскрышные и попутноизвлекаемые породы), черной металлургии и тепловых электростанций.
4. Пути ликвидации и предотвращения образования отвалов многотоннажных твердых промышленных отходов (рекультивация, закладка выработанных пространств, геотехнология).
5. Многотоннажные отходы неорганических производств химической промышленности: виды отходов и их утилизация (отходы производства серной кислоты, фосфорных и калийных удобрений).
6. Отходы нефтепереработки, нефтехимии и процессов газификации топлив: виды отходов и их переработка.
7. Переработка отходов производств материалов на основе резины
8. Переработка отходов производств пластических масс и изделий на их основе.
9. Переработка отходов производств пластических масс и изделий на их основе.
10. Утилизация и переработка отходов растительного сырья.
11. Определение класса опасности отходов: классификация по классам опасности, принципы расчетного метода определения класса опасности.
12. Экологически безопасное размещение неутилизируемых промышленных отходов: площадки временного хранения, накопление промышленных отходов, транспортировка, размещение полигонов.
13. Назначение и устройство полигонов для неутилизируемых промышленных отходов. Захоронение и обезвреживание отходов на полигонах. Эксплуатация полигонов.
14. Накопление, состав и свойства твердых бытовых отходов. Технология сбора и эвакуации.

15. Полигоны для складирования твердых бытовых отходов: выбор участка, устройство, эксплуатация полигонов и рекультивация закрытых полигонов.

16. Термические методы переработки твердых бытовых отходов. Состав и очистка отходящих газов мусоросжигательных заводов.

17. Биологические методы обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов.

18. Классификация вод по целевому назначению. Оборотное водоснабжение.

19. Классификация и состав сточных вод, виды загрязнений. Пути снижения количества загрязненных сточных вод.

20. Механические методы очистки сточных вод решетки, отстойники, песколовки, нефтеловушки, фильтры.

21. Физико-химические методы очистки сточных вод.

22. Химические методы очистки сточных вод

23. Городские сточные воды: состав и контролируемые показатели. Правила спуска сточных вод в водоемы. Предельно-допустимый сброс.

24. Биохимические методы очистки сточных вод. Активный ил и биопленка; процессы, протекающие при аэробной очистке сточных вод. Анаэробная очистка в метантенках.

25. Аэробная очистка сточных вод в естественных и искусственных условиях; биофильтры и аэротенки: устройство: устройство, способы аэрации.

26. Утилизация осадков сточных вод

27. Системы и схемы канализации. Нормы водоотведения. Определение расчетных расходов бытовых и производственных сточных вод

28. Особенности устройства канализационных сетей промышленных предприятий

29. Биологические методы переработки и обеззараживания сельскохозяйственных отходов.

30. Аэробные и анаэробные методы обеззараживания сельскохозяйственных отходов в природных условиях

31. Биотехнология для переработки сельскохозяйственных отходов

32. Совместная переработка отходов промышленности и сельского хозяйства

4 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

Задача № 1.

При инокулировании клетками *E. coli* 25 мл пептонной среды исходная численность популяции составила $3{,}8 \cdot 10^6$ клеток; инкубация происходила при 37 °С. Стационарная фаза ($3 \cdot 10^9$ кл/мл) была достигнута через 284 мин; лаг-фазы не было. Каково среднее время генерации на пептонной среде?

Задача №2.

Клетки *E. coli* росли на среде, содержащей фруктозу в количестве 0,5 г/л (единственный источник углерода); сахар был полностью исчерпан за 528 минут. Концентрация клеток при инокулировании $5 \cdot 10^4$ кл/мл.

Соотношение между стационарной популяцией бактерий и концентрацией фруктозы линейно до концентрации сахара 0,8 г/л (при этой концентрации численность популяции бактерий составляет $3{,}2 \cdot 10^8$ кл/мл).

Определите среднее время генерации организма в этой среде. Какова продолжительность периода времени до начала снижения роста в условиях избытка фруктозы (при том же количестве инокулянта).

Можно принять, что нарушение линейности между суммарным ростом и концентрацией фруктозы происходит очень резко.

Задача №3.

Для бактериологического анализа через мембранные фильтры профильтровано 10 мл воды до хлорирования и 1 л хлорированной воды.

Определить коли – индекс и эффективность процесса обеззараживания, если при выращивании на среде Эндо в первом случае на фильтре обнаружено 40 специфических колоний, а во втором – 3.

Оценить пригодность такой воды для питьевых целей.

Задача №4.

Среда, содержащая глюкозу в концентрации 0,25 г/л и неизвестное количество галактозы, была инокулирована *E. coli* ($5{,}2 \cdot 10^5$ кл/мл среды). Лаг-фаза отсутствовала. Среднее время генерации было равно 40 минут (при утилизации глюкозы); после исчерпания глюкозы клетки адаптировались к галактозе, а затем продолжали расти со средним

временем генерации 45 минут. Численность популяции достигла стационарного состояния ($3,1 \cdot 10^6$ кл/мл) через 6,5 ч после инокуляции.

Определите продолжительность фазы адаптации между двумя циклами роста, а также концентрацию галактозы в среде. Известно, что соотношение между стационарной популяцией микробов и концентрацией сахаров линейно до концентрации 0,9 г/л (для каждого сахара), когда численность популяции достигает $3,7 \cdot 10^6$ кл/мл.

Задача №5.

Клетки *Aerobacter aerogenes* росли в начале в анаэробных условиях, затем их инокулировали в глюкозо-аммонийно-сульфатную среду, в которой они росли в условиях слабого аэрирования при 37 °С. Сразу после внесения инокулянта концентрация бактерий составила $2 \cdot 10^6$ кл/мл. Далее проводили определение числа клеток во времени; были получены следующие данные:

Время, мин	150	200	250	280	310	340	370	400
Популяция бактерий, млн/мл	14,1	38,9	104,7	190,6	346,7	616,5	794,2	812,7

Определите графически среднее время генерации организма в данных условиях; имеется ли лаг-период и, если имеется, какова его продолжительность?

Задача №6.

Aerobacter sp. Выращивали в условиях непрерывного процесса на небольшой опытной установке, имеющей сосуд ёмкостью 20 л. Источником углерода в аммонийной солевой среде является глицерин (концентрация 5 г/л). Какова концентрация бактериальной суспензии при условии, что скорость поступления среды равна 5,0; 10,0; 20,0 л/ч, и какова при этом будет величина «выхода» клеток для системы?

В ряде экспериментов в условиях однообразной культуры было установлено, что при достижении предельного роста на казанной выше среде можно получить 1,325 г сухой бактерии в 1л среды; максимальная удельная скорость роста составляет 0,85 $ч^{-1}$моль/л.