



КГУ

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

электроэнергетики и электроники

_____ Р.Р. Гибадуллин

«24» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 Управление отходами и экономика замкнутого цикла

Направление подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность
(профиль)

Экономика замкнутого цикла и технологии
управления техногенными отходами

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2026

Программу разработал(и):

| Наименование кафедры | Должность, уч.степень, уч.звание | ФИО разработчика |
|--|----------------------------------|----------------------------|
| Инженерная экология и безопасность труда | Доцент, к.т.н. | Гайнуллина Лейсан Раисовна |

| 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 «Управление отходами и экономика замкнутого цикла» является формирование у обучающихся системных знаний и практических навыков для проведения комплексного экологического анализа проектов (расширения, реконструкции, модернизации производств, внедрения новых технологий и оборудования) с позиции минимизации образования отходов и перехода к экономике замкнутого цикла.

Задачами дисциплины являются:

- изучить нормативно-правовую базу в области регулирования обращения с отходами производства и потребления в условиях развития экономики замкнутого цикла
- научиться проводить анализ жизненного цикла продукции и технологических процессов («от сырья до утилизации») с целью выявления точек максимального образования отходов;
- изучить принципы экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ);
- научиться разрабатывать решения для минимизации образования отходов на стадии проектирования технологий, а также подбирать оптимальное оборудование и методы обработки/утилизации отходов с учётом специфики конкретного производства;
- освоить инструменты эколого-экономического анализа, включая расчёт показателей ресурсоэффективности и оценку затрат и выгод от внедрения технологий замкнутого цикла.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора |
|---|--|
| ПК-1. Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования с учетом состояния окружающей среды | ПК-1.1. Проводит оценку воздействия на окружающую среду при расширении, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования |
| | ПК-1.2. Проводит анализ и выбор наилучших доступных технологий в сфере природоохранной деятельности |

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Управление отходами и экономика замкнутого цикла» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность.

| Код компетенции | Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. | Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. |
|---------------------------|--|---|
| ОПК-5.1; ОПК-5.2; ОПК-5.3 | Правовые основы | |

| | | |
|--|--|---|
| | техносферной безопасности | |
| ОПК-1.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2 | Перспективные научные исследования в техносферной безопасности | |
| ОПК-2.3 | Методы и технические средства контроля безопасности | |
| ПК-2.1; ПК-2.2 | Экономические основы природопользования | |
| ПК-1.1; ПК-1.2 | Информационные системы управления техногенными отходами | |
| ПК-1.1; ПК-1.2 | Биохимические методы утилизации техногенных отходов | |
| ПК-2.1; ПК-2.2 | Экологическая экспертиза | |
| УК-2.1; УК-2.2; УК-4.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2 | | Система экологического менеджмента |
| ПК-3.1; ПК-3.2 | | Проектирование объектов обращения с техногенными отходами |
| ПК-3.1; ПК-3.2 | | Технологические основы переработки техногенных отходов |
| ПК-1.1; ПК-1.2 | | Производственный экологический контроль |
| ПК-1.1; ПК-1.2 | | Устойчивая энергетика и энергоэффективность |
| ПК-1.1; ПК-1.2 | | Физико-химические методы утилизации техногенных отходов |
| ПК-2.1; ПК-2.2 | | Оценка воздействия на окружающую среду |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

| Вид учебной работы | Всего ЗЕ | Всего часов | Семестр |
|--------------------------------------|----------|-------------|------------|
| | | | 2 |
| ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ | 6 | 216 | 216 |
| КОНТАКТНАЯ РАБОТА | - | 85 | 85 |
| АУДИТОРНАЯ РАБОТА | 1,3 | 48 | 48 |
| Лекции | 0,4 | 16 | 16 |
| Практические (семинарские) занятия | 0,9 | 32 | 32 |
| Лабораторные работы | - | - | - |
| САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ | 4,7 | 168 | 168 |
| Проработка учебного материала | 2,7 | 96 | 96 |

| | | | |
|---------------------------------------|---|----|----|
| Курсовой проект | - | - | - |
| Курсовая работа | 1 | 36 | 36 |
| Подготовка к промежуточной аттестации | 1 | 36 | 36 |
| Промежуточная аттестация: | | | Э |
| | | | - |

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 | пр. зан. | сам. раб. | | |
| Раздел 1. Теоретические основы экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) | 18 | 2 | 2 | 14 | ТК1 | ПК-1.1-3, В |
| Раздел 2. Классификация и характеристики техногенных отходов | 20 | 2 | 4 | 14 | ТК1 | ПК-1.1-У |
| Раздел 3. Технологии управления отходами | 22 | 4 | 2 | 16 | ТК2 | ПК-1.2-3, У |
| Раздел 4. Практические аспекты ЭЗЦ | 25 | 3 | 6 | 16 | ТК2 | ПК-1.2-3, У, В |
| Раздел 5. Мониторинг и оценка эффективности систем управления отходами | 36 | 4 | 14 | 18 | ТК3 | ПК-1.1-3, У, В ПК-1.2-3, У, В |
| Раздел 6. Инновации и перспективы развития ЭЗЦ | 23 | 1 | 4 | 18 | ТК-3 | ПК-1.2-3 |
| Курсовая работа | 36 | | | 36 | | ПК-1.1-3, У, В, ПК-1.2-3, У, В |
| Экзамен | 36 | | | 36 | | ПК-1.1-3, У, В, ПК-1.2-3, У, В |
| ИТОГО | 216 | 16 | 32 | 132 | | |

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ).

Тема 1.1. Концепция устойчивого развития и её связь с ЭЗЦ

Тема 1.2. Основные понятия и принципы ЭЗЦ

Тема 1.3. Нормативно-правовая база ЭЗЦ.

Тема 1.4. Международные стандарты в сфере ЭЗЦ: ISO 14000 и EMAS

Раздел 2. Классификация и характеристики техногенных отходов

- Тема 2.1. Классификация отходов
- Тема 2.2. Физико-химические свойства отходов
- Тема 2.3. Баланс образования отходов в экономике РФ
- Раздел 3. Технологии управления отходами
- Тема 3.1. Технологии сбора и транспортировки
- Тема 3.2. Технологии обработки отходов
- Тема 3.3. Технологии утилизации и рециклинга
- Тема 3.4. Технологии обезвреживания и захоронения
- Тема 3.5. Наилучшие доступные технологии (НДТ) в управлении отходами
- Раздел 4. Практические аспекты ЭЗЦ
- Тема 4.1. Бизнес-модели замкнутого цикла
- Тема 4.2. Экономические инструменты стимулирования ЭЗЦ
- Тема 4.3. Финансово-экономические аспекты управления отходами
- Тема 5. Мониторинг и оценка эффективности систем управления отходами
- Тема 5.1. Показатели эффективности ЭЗЦ
- Тема 5.2. Метод оценки жизненного цикла (LCA)
- Тема 5.3. Углеродный след и декарбонизация в ЭЗЦ.
- Тема 5.4. Системы экологического менеджмента
- Тема 5.5. Метод анализа затрат и выгод (CBA)
- Тема 6. Инновации и перспективы развития ЭЗЦ
- Тема 6.1. Цифровые технологии в управлении отходами
- Тема 6.2. Перспективные технологии переработки

3.4. Тематический план практических занятий

| Номер раздела дисциплины | Темы практических занятий | Трудоемкость, час. |
|--------------------------|---|--------------------|
| 1 | Правовое регулирование обращения с отходами производства и потребления в условиях развития экономики замкнутого цикла | 2 |
| 2 | Определение класса опасности отходов | 2 |
| 2 | Расчет количества образующихся отходов | 2 |
| 3 | Расчет платы за размещение отходов | 2 |
| 4 | Расчет себестоимости переработки отходов | 2 |
| 4 | Кейс «Бизнес-модели замкнутого цикла» | 4 |
| 5 | Расчёт показателей ресурсоэффективности | 4 |
| 5 | Расчет углеродного следа этапов жизненного цикла продукции/отходов/производственного процесса | 4 |
| 5 | Расчёт окупаемости экологических инвестиций | 4 |
| 5 | Анализ «Затраты-выгоды» (CBA) | 2 |
| 6 | Коллоквиум | 4 |

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Предусмотрена курсовая работа.

Основные темы курсовой работы:

1. Анализ и оптимизация технологии переработки отходов полиэтиленовой плёнки в гранулят: технико-экономические и экологические аспекты.
2. Исследование методов утилизации смешанных отходов, содержащих полиолефины: выбор и обоснование оптимальной технологии.
3. Переработка пищевых отходов в биогаз и органические удобрения: оценка эффективности замкнутого цикла использования побочных продуктов.
4. Утилизация электронных отходов с выделением ценных компонентов: технологические решения и возможности создания замкнутого производственного цикла.
5. Механические методы утилизации отработанных минеральных масел: сравнительный анализ технологий и оценка экономической целесообразности.
6. Физико-химические методы утилизации отработанных минеральных масел.
7. Переработка текстильных отходов в теплоизоляционные материалы: интеграция принципов циркулярной экономики.
8. Вторичное использование строительных отходов: анализ технологий получения вторичных строительных материалов и оценка их качества.
9. Биогазовая переработка пищевых отходов с замкнутым циклом использования побочных продуктов: технологические и экономические аспекты.
10. Переработка древесных отходов в топливные гранулы: обоснование безотходных технологий и оценка их эффективности.
11. Экономика замкнутого цикла в управлении отходами птицеводства: анализ существующих практик и перспективы внедрения.
12. Анаэробная ферментация навоза крупного рогатого скота как элемент системы замкнутого цикла: технологические решения и экологическая эффективность.
13. Переработка полиэтиленовых отходов в композиционные материалы: оценка возможностей организации замкнутого ресурсного цикла.
14. Анаэробная ферментация осадков от биологической очистки сточных вод: технологические схемы и оценка потенциала получения биогаза.
15. Энергетическая утилизация твёрдых коммунальных отходов: анализ методов, оценка экологической и экономической эффективности.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

| | | | |
|-----|-----|----------|--------------------------|
| Код | Код | Заплани- | Уровень сформированности |
|-----|-----|----------|--------------------------|

| компетенции | индикатора компетенции | рованные результаты обучения по дисциплине | 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: | | | | |
| | | Нормативно-правовую базу проведения оценки воздействия на окружающую среду | Чётко различает сферы применения ключевых нормативных актов | Может найти и применить в нужную норму для типовой ситуации | Испытывает затруднения с разграничением сфер действия различных нормативных актов | Допускает грубые ошибки в трактовке базовых понятий и терминов |
| | | Особенности учёта принципов экономики замкнутого цикла | Исчерпывающе знает принципы ЭЗЦ | Демонстрирует хорошее понимание основных принципов в ЭЗЦ и их отличий от линейной модели | Имеет общее представление о принципах ЭЗЦ, называет базовые понятия, но не всегда понимает их взаимосвязи | Не имеет системного представления о принципах ЭЗЦ или путает их с другими экологическими концепциями |
| | | уметь: | | | | |
| | | Составлять перечень загрязняющих веществ и отходов, образующихся на разных этапах реализации проекта | Корректно идентифицирует загрязняющие вещества для каждого источника выбросов/сбросов. Точно классифицирует | В основном правильно классифицирует отходы по классам опасности и приводит основные характеристики | Составляет общий перечень загрязняющих веществ и отходов, но пропускает существенные компоненты | Не различает источники выбросов и не связывает их с этапами проекта |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|---|
| | | | ирует отходы по классам опасности (I–V) | стики веществ и отходов, но допускает 1–2 неточности | ты или целые этапы проекта | |
| | | Оценивать эффективность планируемых природоохранных мероприятий (газоочистное оборудование, очистные сооружения, системы рециклинга) | Проводит количественную оценку снижения негативного воздействия. Анализирует жизненный цикл оборудования – оценивает затраты и эффективность на всех этапах | Применяет стандартные методики расчёта, но допускает незначительные погрешности в формулах или исходных данных | Приводит общие оценки снижения воздействия, но не подкрепляет их расчётами | Допускает грубые ошибки в расчётах, не понимает связи между параметрами оборудования и итоговым снижением воздействия |
| | | Учитывать принципы ЭЗЦ при выборе технологий | Комплексно учитывает все ключевые принципы ЭЗЦ при выборе технологий | Выбирает технологии и ориентируется на ЭЗЦ, но не всегда приводит количественные обоснования | Выбирает технологии и формально, без глубокого анализа их соответствия принципам ЭЗЦ | Не умеет учитывать принципы ЭЗЦ при выборе технологий |
| | | владеть: | | | | |
| | | Навыками работы с нормативными документами | Корректно интерпретирует положения нормативных документов, понимает их взаимосвязь | Верно трактует большинство положений, но допускает 1–2 незначительные неточности | Имеет общее представление о системе нормативных документов, но слабо ориентир | Не может применить нормы к практической ситуации даже в простых случаях |

| | | | | | | |
|------|--------|--|---|--|--|---|
| | | | ь и контекст применения | и в интерпретации | уется в их иерархии и сфере действия | |
| | | Методами оценки жизненного цикла (LCA) для сравнения экологических характеристик традиционных и циркулярных технологий | Свободно владеет методологией LCA согласно стандарту ISO 14040/14044, чётко выделяет все этапы: определены цели и области применения, инвентаризационный анализ (LCI), оценка воздействия на окружающую среду (LCIA), интерпретация результатов | Сравнивает технологии, приводит количественные данные, но не всегда детализирует по всем этапам жизненного цикла | Имеет общее представление о методологии LCA, но слабо ориентируется в стандартах ISO 14040/14044 | Пропускает ключевые этапы LCA, не понимает их взаимосвязи |
| ПК-1 | ПК-1.2 | знать: | | | | |
| | | Понятие и критерии отнесения технологий к категории наилучших доступных (НДТ) | Понимает взаимосвязь НДТ с принципами и экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) и устойчивого развития. Приводит конкретные примеры НДТ для разных отраслей | Приводит 2–3 корректных примера НДТ из разных отраслей, но не всегда обосновывает их соответствие всем критериям | Поверхностно понимает связь НДТ с ЭЗЦ, допускает ошибки в терминологии | Не может дать определения понятия НДТ или даёт его с грубыми ошибками |
| | | Методики оценки экологической | Исчерпывающе знает основные | Описывает этапы оценки по | Имеет общее представл | Не понимает этапов |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|---|
| | | и экономическо й эффективност и НДТ | методики оценки экологичес кой и экономиче ской эффективн ости НДТ. Грамотно описывает этапы проведения оценки по каждой методике | методика м, но допускает небольш е неточност и | ение о методика х оценки эффектив ности. Путает или объединя ет экологиче ские и экономич еские показател и | проведен ия оценки, не может описать ни одной методик и пошагов о |
| | | уметь: | | | | |
| | | Анализирует технологическ ие процессы предприятия с точки зрения соответствия принципам НДТ и ЭЗЦ | Комплексн о анализируе т технологич еские процессы на всех этапах жизненног о цикла предприяти я. Строит схемы материальн ых и энергетиче ских потоков предприяти я, отмечает «проблемн ые места» с точки зрения НДТ и ЭЗЦ | Верно определяе т основные элементы, соответст вующие НДТ и ЭЗЦ, но не всегда детализир ует их связь с конкретн ыми критерия ми | При анализе технологи ческих процессов охватывае т только базовые этапы. Слабо различает элементы, соответст вующие принципа м НДТ и ЭЗЦ | Не видит связи между технолог ическим и параметр ами и показате лями эффекти вности НДТ/ЭЗ Ц |
| | | Сопоставлять традиционные и циркулярные технологии по объёмам образования отходов, потенциалу вовлечения вторичных | Комплексн о сопоставля ет традицион ные и циркулярн ые технологии по | Проводит количеств енный анализ, но допускает небольш е погрешно сти в расчётах. | Выполняе т упрощённ ые расчёты без учёта всех этапов жизненно го цикла | Путает традицио нные и циркуля рные технолог ии, не видит между ними |

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|--------------------------------------|
| | | ресурсов и т.д. | широкому спектру критериев, использует для сравнения количественные показатели | Строит схемы потоков, но может не детализировать некоторые связи или источник и образования отходов | или с существенными погрешностями | различий |
| | | Использовать информационно-технические справочники (ИТС) для идентификации НДТ в конкретной отрасли | Использует данные ИТС для сравнения технологий и выбора оптимальной НДТ с учётом специфики предприятия | Извлекает ключевые данные из ИТС (технологические и экологические показатели), но иногда упускает экономические параметры или условия применения | Имеет общее представление о системе ИТС, но слабо ориентируется в их номенклатуре и структуре | Не владеет навыками и работами с ИТС |
| | | владеть: | | | | |
| | | Методом оценки жизненного цикла (LCA,) для сравнения экологических характеристик технологий | Свободно владеет LCA согласно стандарту ISO 14040/14044, чётко выделяет и выполняет все этапы | Сравнивает технологии, приводит количественные данные, но не всегда детализирует по всем этапам жизненного цикла или | Имеет общее представление о LCA, но слабо ориентируется в стандартах ISO 14040/14044 | не владеет методом LCA |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|--|
| | | | | категория м воздейств ия | | |
| | | Методом анализа затрат и выгод (СВА) при выборе НДТ | Свободно владеет СВА, чётко выделяет все этапы анализа | Учитывает основные виды затрат и выгод по НДТ, но может пропусти ть 1–2 второстеп енных компонен та | Выполняет упрощённые расчёты без дисконти рования | Не владеет методом СВА |
| | | Навыками расчёта показателей ресурсо- и энергоэффек тивности технологий | Свободно владеет методикам и расчёта основных показателе й ресурсо- и энергоэффе ктивности согласно ГОСТ Р 51541, ISO 50001 и другим нормативн ым документа м | Рассчитывает базовые показател и (удельны й расход, КПД), но допускает небольш е погрешно сти в формулах или исходных данных | Интерпретирует данные упрощённо о, делает обобщённые выводы без связи с расчётами | Не владеет навыкам и расчёта показател ей ресурсо- и энергоэф фективн ости |

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. Рязанова, О. Е. Циркулярная экономика: учебное пособие / О. Е. Рязанова, В. П. Золотарева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Кнорус, 2025. -

181 с. - URL: <https://book.ru/books/957024>. - ISBN 978-5-406-14159-5. - Текст : электронный.

2. Экономика замкнутого цикла и управление отходами: учебное пособие / Н. Н. Слюсарь, Г. В. Ильиных, А. В. Крутова [и др.]. — Пермь : ПНИПУ, 2022. — 281 с. — ISBN 978-5-398-02799-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/328799>.

3. Циркулярная экономика : учебник / Е. Ю. Сидорова, Н. В. Сергеева, Д. В. Сергеев [и др.] ; под ред. Е. Ю. Сидоровой. — Москва : КноРус, 2026. — 237 с. — ISBN 978-5-406-15163-1. — URL: <https://book.ru/book/959256>. — Текст : электронный.

4. Данилина, М. В. Устойчивое развитие : учебное пособие / М. В. Данилина, В. Б. Терновсков. — Москва : Русайнс, 2026. — 125 с. — ISBN 978-5-466-11912-1. — URL: <https://book.ru/book/962482>. — Текст : электронный.

5. Дегтярёва, В. В. Управление устойчивым развитием : учебник / В. В. Дегтярёва. — Москва : Русайнс, 2025. — 159 с. — ISBN 978-5-466-10584-1. — URL: <https://book.ru/book/960711>. — Текст : электронный.

6. 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.

7. Ветошкин, А. Г. Технические средства инженерной экологии : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 421 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/183632>. - ISBN 978-5-8114-9014-1. - Текст : электронный.

8. Прикладная экология : учебное пособие для вузов / М. П. Грушко, Э. И. Мелякина, И. В. Волкова, В. Ф. Зайцев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 268 с. — ISBN 978-5-507-50917-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/487703>.

9. Москаленко, А. П. Управление природопользованием. Механизмы и методы : учебное пособие / А. П. Москаленко, С. А. Москаленко, Р. В. Ревунов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-3563-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206855>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Полякова, Н. В. Экологический менеджмент : учебное пособие / Н. В. Полякова. – Воронеж :– Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/253433>;

2. 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>.

Экологический менеджмент предприятия : учебное пособие для вузов / Г. В. Белов. - М. : Логос, 2006. - 240 с. - ISBN 5-98704-009-4. - Текст : непосредственный;

3. Экологический менеджмент : учебное пособие для вузов / Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова, М.Е. Ильина. - М. : Академический Проект, 2003. - 320 с. : ил. - (Gaudeamus). - ISBN 5-8291-0361-3. - Текст : непосредственный;

4. Экологический менеджмент : учебник для студентов бакалавриата и магистратуры / Г. С. Ферару. - Ростов н/Д : Феникс, 2012. - 528 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-222-19426-3. - Текст : непосредственный;

5. Анисимов, А. В., Экологический менеджмент : учебное пособие / А. В. Анисимов, Т. Ю. Анопченко, Д. Ю. Савон. – Москва : КноРус, 2023. – 351 с. – ISBN 978-5-406-11131-4. – URL: <https://book.ru/book/947555> – Текст : электронный;

5. Широков, Ю. А. Техносферная безопасность: организация, управление, ответственность : учебное пособие / Ю. А. Широков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206426>.

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://proed.ru> - Портал "Открытое образование"

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. |
| 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 дисциплину | «Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая |
|----------|---------------------------------|----------------------------|----------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



КГЭУ

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

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.04 Управление отходами и экономика замкнутого цикла

Направление подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность
(профиль)

Экономика замкнутого цикла и технологии
управления техногенными отходами

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2026

Оценочные материалы по дисциплине «Управление отходами и экономика замкнутого цикла», предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта

Семестр 5

| Наименование раздела | Формы и вид контроля | I текущий контроль | Дополнительные баллы к ТК1 | II текущий контроль | Дополнительные баллы к ТК2 | III текущий контроль | Дополнительные баллы к ТК3 | Итого |
|---|----------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|-------------|
| | | | | | | | | |
| Раздел 1. «Теоретические основы экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ)» | ТК1 | 0-10 | | | | | | 0-10 |
| Контрольная работа | | 10 | | | | | | |
| Раздел 2. «Классификация и характеристики техногенных отходов» | ТК1 | 0-10 | | | | | | 0-10 |
| Практическое задание1 | | 5 | | | | | | |
| Практическое задание2 | | 5 | | | | | | |
| Раздел 3. «Технологии управления отходами» | ТК2 | | | 0-5 | | | | 0-5 |
| Практическое задание | | | | 5 | | | | |
| Раздел 4. «Практические аспекты ЭЗЦ» | ТК2 | | | 0-10 | | | | 0-10 |
| Практическое задание | | | | 5 | | | | |
| Кейс-задача | | | | 5 | | | | |
| Раздел 5. «Мониторинг и оценка эффективности систем управления отходами» | ТК3 | | | | | 0-20 | | 0-20 |
| Практическое задание1 | | | | | | 5 | | |
| Практическое задание2 | | | | | | 5 | | |
| Практическое задание3 | | | | | | 5 | | |
| Практическое задание4 | | | | | | 5 | | |
| Раздел 6. «Инновации и перспективы развития ЭЗЦ» | ТК3 | | | | | 0-5 | | 0-5 |
| Коллоквиум | | | | | | 5 | | |
| Промежуточная аттестация (зачет) | | 0-40 | | | | | | 0-40 |

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

| 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: | | | | |
| | | Нормативно-правовую базу проведения оценки воздействия на окружающую среду | Чётко различает сферы применения ключевых нормативных актов | Может найти и применить в нужную норму для типовой ситуации | Испытывает затруднения с разграничением сфер действия различных нормативных актов | Допускает грубые ошибки в трактовке базовых понятий и терминов |
| | | Особенности учёта принципов экономики замкнутого цикла | Исчерпывающе знает принципы ЭЗЦ | Демонстрирует хорошее понимание основных принципов в ЭЗЦ и их отличий от линейной модели | Имеет общее представление о принципах ЭЗЦ, называет базовые понятия, но не всегда понимает их взаимосвязи | Не имеет системного представления о принципах ЭЗЦ или путает их с другими экологическими концепциями |
| | | уметь: | | | | |
| | | Составлять перечень загрязняющих веществ и отходов, образующихся на разных этапах реализации проекта | Корректно идентифицирует загрязняющие вещества для каждого источника выбросов/с | В основном правильно классифицирует отходы по классам опасности и | Составляет общий перечень загрязняющих веществ и отходов, но пропускает | Не различает источники выбросов и не связывает их с этапами |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|---|
| | | | бросов. Точно классифицирует отходы по классам опасности (I–V) | приводит основные характеристики веществ и отходов, но допускает 1–2 неточности | существенные компоненты или целые этапы проекта | проекта |
| | | Оценивать эффективность планируемых природоохранных мероприятий (газоочистное оборудование, очистные сооружения, системы рециклинга) | Проводит количественную оценку снижения негативного воздействия. Анализирует жизненный цикл оборудования – оценивает затраты и эффективность на всех этапах | Применяет стандартные методики расчёта, но допускает незначительные погрешности в формулах или исходных данных | Приводит общие оценки снижения воздействия, но не подкрепляет их расчётами | Допускает грубые ошибки в расчётах, не понимает связи между параметрами оборудования и итоговым снижением воздействия |
| | | Учитывать принципы ЭЗЦ при выборе технологий | Комплексно учитывает все ключевые принципы ЭЗЦ при выборе технологий | Выбирает технологии с ориентацией на ЭЗЦ, но не всегда приводит количественные обоснования | Выбирает технологии и формально, без глубокого анализа их соответствия принципам ЭЗЦ | Не умеет учитывать принципы ЭЗЦ при выборе технологий |
| | | владеть: | | | | |
| | | Навыками работы с нормативными документами | Корректно интерпретирует положения нормативных документов, | Верно трактует большинство положений, но допускает 1–2 | Имеет общее представление о системе нормативных документов | Не может применить нормы к практической ситуации |

| | | | | | | |
|------|--------|---|---|--|--|---|
| | | | понимает их взаимосвязь и контекст применения | незначительные неточности в интерпретации | ов, но слабо ориентируется в их иерархии и сфере действия | даже в простых случаях |
| | | Методам оценки жизненного цикла (LCA) для сравнения экологических характеристик традиционных и циркулярных технологий | Свободно владеет методологией LCA согласно стандарту ISO 14040/14044, чётко выделяет все этапы: определены цели и области применения, инвентаризационный анализ (LCI), оценка воздействия на окружающую среду (LCIA), интерпретация результатов | Сравнивает технологии, приводит количественные данные, но не всегда детализирует по всем этапам жизненного цикла | Имеет общее представление о методологии LCA, но слабо ориентируется в стандартах ISO 14040/14044 | Пропускает ключевые этапы LCA, не понимает их взаимосвязи |
| ПК-1 | ПК-1.2 | знать: | | | | |
| | | Понятие и критерии отнесения технологий к категории наилучших доступных (НДТ) | Понимает взаимосвязь НДТ с принципам и экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) и устойчивого развития. Приводит конкретные примеры НДТ для разных | Приводит 2–3 корректных примера НДТ из разных отраслей, но не всегда обосновывает их соответствие всем критериям | Поверхностно понимает связь НДТ с ЭЗЦ, допускает ошибки в терминологии | Не может дать определения понятия НДТ или даёт его с грубыми ошибками |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|
| | | | отраслей | | | |
| | | Методики оценки экологической и экономической эффективности НДТ | Исчерпывающе знает основные методики оценки экологической и экономической эффективности НДТ. Грамотно описывает этапы проведения оценки по каждой методике | Описывает этапы оценки по методикам, но допускает небольшие неточности | Имеет общее представление о методиках оценки эффективности. Путает или объединяет экологические и экономические показатели | Не понимает этапов проведения оценки, не может описать ни одной методик и пошагово |
| | | уметь: | | | | |
| | | Анализировать технологические процессы предприятия с точки зрения соответствия принципам НДТ и ЭЗЦ | Комплексно анализирует технологические процессы на всех этапах жизненного цикла предприятия. Строит схемы материальных и энергетических потоков предприятия, отмечает «проблемные места» с точки зрения НДТ и ЭЗЦ | Верно определяет основные элементы, соответствующие НДТ и ЭЗЦ, но не всегда детализирует их связь с конкретными критериями | При анализе технологических процессов охватывает только базовые этапы. Слабо различает элементы, соответствующие принципам НДТ и ЭЗЦ | Не видит связи между технологическими параметрами и показателями эффективности НДТ/ЭЗЦ |
| | | Сопоставлять традиционные и циркулярные технологии по объемам | Комплексно сопоставляет традиционные и | Проводит количественный анализ, но допускает небольшие | Выполняет упрощенные расчёты без учёта | Путает традиционные и циркулярные технолог |

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|-----------------------------------|
| | | образования отходов, потенциалу вовлечения вторичных ресурсов и т.д. | циркулярные технологии по широкому спектру критериев, использует для сравнения количественные показатели | е погрешности в расчётах. Строит схемы потоков, но может не детализировать некоторые связи или источник и образования отходов | всех этапов жизненного цикла или с существенными погрешностями | ии, не видит между ними различий |
| | | Использовать информационно-технические справочники (ИТС) для идентификации НДТ в конкретной отрасли | Использует данные ИТС для сравнения технологий и выбора оптимальной НДТ с учётом специфики предприятия | Извлекает ключевые данные из ИТС (технологические и экологические показатели), но иногда упускает экономические параметры или условия применения | Имеет общее представление о системе ИТС, но слабо ориентируется в их номенклатуре и структуре | Не владеет навыкам и работы с ИТС |
| | | владеть: | | | | |
| | | Методом оценки жизненного цикла (LCA,) для сравнения экологических характеристик технологий | Свободно владеет LCA согласно стандарту ISO 14040/14044, чётко выделяет и выполняет все этапы | Сравнивает технологии, приводит количественные данные, но не всегда детализирует по всем | Имеет общее представление о LCA, но слабо ориентируется в стандартах ISO 14040/14044 | не владеет методом LCA |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|--|
| | | | | этапам жизненно го цикла или категория м воздейств ия | | |
| | | Методом анализа затрат и выгод (СВА) при выборе НДТ | Свободно владеет СВА, чётко выделяет все этапы анализа | Учитывае т основные виды затрат и выгод по НДТ, но может пропусти ть 1–2 второстеп енных компонен та | Выполняе т упрощённ ые расчёты без дисконти рования | Не владеет методом СВА |
| | | Навыками расчёта показателей ресурсо- и энергоэффек тивности технологий | Свободно владеет методикам и расчёта основных показателе й ресурсо- и энергоэффе ктивности согласно ГОСТ Р 51541, ISO 50001 и другим нормативн ым документа м | Расчиты вает базовые показател и (удельны й расход, КПД), но допускает небольши е погрешно сти в формулах или исходных данных | Интерпре тирует данные упрощённ о, делает обобщённ ые выводы без связи с расчётами | Не владеет навыкам и расчёта показате лей ресурсо- и энергоэф фективн ости |

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *практических заданий в семестре; тестовых заданий; полные и содержательные ответы на вопросы;*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *практических заданий в семестре; тестовых заданий;*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *практических заданий;*

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за слабое и неполное выполнение *практических заданий*.

3. 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 |
|----------------------------------|--|---|
| Контрольная работа (КнТР) | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу | Комплект контрольных заданий по вариантам |
| Практическое задание (ПЗ) | Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий | Комплект задач и заданий |
| Кейс-задача (КЗ) | Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы | Задания для решения кейс-задачи |
| Коллоквиум (К) | Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися | Вопросы по темам / разделам дисциплины |
| Курсовая работа (КР) | Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся | Темы КР |

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

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция **ПК-1**: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования с учетом состояния окружающей среды; индикатор **ПК-1.1**: Проводит оценку воздействия на окружающую среду при расширении, реконструкции,

модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования

Контрольная работа

Варианты заданий для контрольной работы по теме «Правовое регулирование обращения с отходами производства и потребления в условиях развития экономики замкнутого цикла»

| Уровень | Задания |
|---------|--|
| Высокий | <ol style="list-style-type: none">1. Проанализируйте Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» в контексте перехода к экономике замкнутого цикла (ЭЗЦ). Выявите пробелы и противоречия, предложите поправки.2. Сравните правовое регулирование обращения с отходами в РФ и ЕС (Директива 2008/98/ЕС). Составьте таблицу различий и предложите меры по гармонизации российского законодательства.3. Разработайте проект регионального закона о стимулировании отдельного сбора отходов с учётом принципов ЭЗЦ. Включите механизмы экономического стимулирования.4. Проведите правовой анализ ответственности производителей в рамках расширенной ответственности производителя (РОП). Приведите 3-4 примера судебной практики по нарушениям РОП.5. Оцените соответствие текущей системы нормирования образования отходов принципам ЭЗЦ. Предложите изменения в методику расчёта нормативов.6. Разработайте правовую схему промышленного симбиоза для трёх предприятий разных отраслей. Укажите необходимые договоры и разрешительные документы.7. Проанализируйте правовые барьеры для внедрения технологий рециклинга опасных отходов I-II классов. Предложите пути их преодоления.8. Составьте дорожную карту внедрения принципов ЭЗЦ для крупного промышленного предприятия на 5 лет с указанием необходимых правовых документов.9. Проведите сравнительный анализ правового регулирования обращения с ТКО и промышленными отходами. Выявите различия в подходах и предложите унификацию.10. Разработайте проект положения о системе экологического менеджмента предприятия с учётом требований ЭЗЦ и действующего законодательства РФ. |

| | |
|---------------|---|
| Средний | <ol style="list-style-type: none"> 1. Составьте схему правового регулирования обращения с отходами на федеральном и региональном уровнях. Укажите основные нормативные акты для каждого уровня. 2. Опишите порядок получения лицензии на деятельность по обращению с отходами III–IV классов опасности. Перечислите необходимые документы. 3. Проанализируйте требования к объектам размещения отходов в ФЗ № 89-ФЗ. Составьте чек-лист для проверки соответствия полигона требованиям закона. 4. Опишите механизм расширенной ответственности производителей (РОП) в РФ. Приведите примеры товаров, подпадающих под РОП. 5. Составьте алгоритм действий предприятия при возникновении аварийных ситуаций, связанных с отходами. Укажите правовые основания для каждого шага. 6. Сравните требования к паспортизации отходов I–IV и V классов опасности. Составьте таблицу различий. 7. Опишите порядок проведения инвентаризации отходов на предприятии. Укажите нормативные акты, регулирующие процедуру. 8. Проанализируйте виды ответственности за нарушения в области обращения с отходами (административная, уголовная, гражданско-правовая). Приведите по 2 примера для каждого вида. 9. Составьте памятку для предприятия по соблюдению требований к учёту отходов (формы отчётности, сроки сдачи, ответственные лица). 10. Опишите правовые требования к транспортированию опасных отходов. Составьте перечень документов, необходимых для перевозки отходов I–IV классов. |
| Ниже среднего | <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите основные принципы государственного регулирования в области обращения с отходами согласно ФЗ № 89-ФЗ. Кратко раскройте каждый принцип (2–3 предложения). 2. Дайте определения понятиям: «отходы производства», «отходы потребления», «вторичные ресурсы», «утилизация», «захоронение». 3. Укажите иерархию приоритетов в обращении с отходами согласно ФЗ № 89-ФЗ (от наиболее предпочтительного к наименее предпочтительному). Кратко поясните каждый пункт (1–2 предложения). 4. Перечислите классы опасности отходов. Кратко охарактеризуйте каждый класс (1–2 предложения). 5. Назовите основные виды документов, регулирующих обращение с отходами на предприятии (минимум 5 видов). Кратко укажите назначение каждого документа (1–2 предложения). 6. Опишите, что включает в себя понятие «обращение с отходами» согласно ФЗ № 89-ФЗ. Перечислите этапы. 7. Укажите, какие виды отчётности по отходам должны сдавать предприятия (минимум 3 вида). Кратко опишите содержание каждого отчёта (2–3 пункта). 8. Перечислите обязанности предприятий в области обращения с отходами согласно ФЗ № 89-ФЗ (минимум 5 обязанностей). Кратко поясните каждую (1–2 предложения). 9. Назовите органы государственного контроля в области обращения с отходами. Кратко опишите их функции (2–3 функции для каждого органа). 10. Укажите сроки хранения документов по учёту отходов на предприятии согласно законодательству. Перечислите виды таких документов (минимум 3 вида). |

Практическое задание на тему «Определение класса опасности отходов»
 Рассчитать класс опасности отхода по варианту.

Компонентный состав отхода, мас.%

| Номер варианта | FeO | Al | Pt | S | P | V | Fe | CaO | SiO ₂ | Cl | Взвеш. в-ва | Люминофоры | Ртуть |
|----------------|-----|-----|------|------|-------|-------|-----|-----|------------------|-----|-------------|------------|-------|
| 1 | | | | 0,2 | 0,3 | 0,18 | | 65 | 34 | 0,3 | | | 0,02 |
| 2 | 4 | 5,5 | – | – | – | 0,12 | 0,3 | 65 | 25 | – | – | – | 0,08 |
| 3 | 4 | 5,5 | 0,02 | 0,05 | 0,005 | 0,005 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | 0,12 | – | |
| 4 | 4 | 5,5 | – | – | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | – | – | |
| 5 | | | | 0,2 | 0,3 | 0,18 | | 65 | 34 | 0,3 | | | 0,02 |
| 6 | 4 | 5,5 | – | – | – | 0,18 | 0,3 | 65 | 25 | – | – | – | 0,02 |
| 7 | | | | 0,2 | 0,3 | 0,18 | | 65 | 34 | 0,3 | | | 0,02 |
| 8 | 4 | 5,5 | – | – | – | 0,12 | 0,3 | 65 | 25 | – | – | – | 0,08 |
| 9 | 4 | 5,5 | 0,02 | 0,05 | 0,005 | 0,005 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | 0,12 | – | |
| 10 | 4 | 5,5 | – | – | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | – | – | |
| 11 | | | | 0,2 | 0,3 | 0,18 | – | 65 | 34 | 0,3 | | | 0,02 |
| 12 | 4 | 5,5 | – | 0,1 | 0,4 | 0,02 | – | 65 | 34 | 0,3 | | | 0,18 |
| 13 | 4 | 5,5 | – | – | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | – | – | |
| 14 | 4 | 5,5 | | | 0,01 | – | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | 0,02 | 0,05 | |
| 15 | 4 | 5,5 | – | – | – | 0,18 | 0,3 | 65 | 25 | – | – | – | 0,02 |
| 16 | 4 | 5,5 | 0,02 | 0,05 | 0,005 | 0,005 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | 0,12 | – | |
| 17 | | | | 0,2 | 0,3 | 0,18 | | 65 | 34 | 0,3 | | | 0,02 |
| 18 | 4 | 5,5 | – | – | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | – | – | |
| 19 | 4 | 5,5 | | | 0,01 | – | 0,1 | 65 | 25 | 0,2 | 0,02 | 0,05 | |
| 20 | 4 | 5,5 | – | – | – | 0,18 | 0,3 | 65 | 25 | – | – | – | 0,02 |

Шкала оценивания:

Уровень **«высокий»**: Решение полностью соответствует нормативным требованиям. Используются корректные методы, данные о составе отходов полные и достоверные. Расчёты выполнены точно. Отчёт или документация оформлены грамотно, без ошибок.

Уровень **«средний»**: Решение в целом соответствует требованиям, но есть незначительные недочёты. Например, могли быть использованы не все доступные методы определения класса опасности, или в данных о составе отходов есть небольшие неточности. Результаты в целом корректны, но требуют дополнительной проверки.

Уровень **«ниже среднего»**: Решение содержит существенные ошибки или нарушения. Например, использованы некорректные методы, данные о составе отходов неполные или недостоверные, расчёты содержат грубые ошибки, отсутствует необходимое подтверждение экспериментальным методом. Отчёт оформлен с нарушениями требований

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция **ПК-1**: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования с учетом состояния окружающей среды; индикатора **ПК-1.1**: Проводит оценку воздействия на окружающую среду при расширении, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и

оборудования

Практическое задание на тему «Расчет количества образующихся отходов»:

| Уровень | Задания |
|---------|---|
| Высокий | <ol style="list-style-type: none">1. На машиностроительном заводе при производстве 1000 деталей образуется 25% отходов металла. Норма расхода металла на деталь – 5 кг. Коэффициент использования материала – 0,75. Определите годовой объём образования отходов, если завод работает в 2 смены по 8 часов, производительность – 50 деталей в час.2. При производстве 1 тонны цемента образуется 300 кг шлака и 150 кг пыли. Предприятие планирует увеличить производство на 20%. Рассчитайте годовой объём отходов с учётом коэффициента использования оборудования 0,85.3. На деревообрабатывающем комбинате при распиле 1 м³ древесины образуется 12% опилок и 8% стружки. Норматив образования отходов при сушке – 3%. Рассчитайте годовой объём всех видов отходов при переработке 10 000 м³ древесины.4. В процессе гальванического покрытия образуется раствор с содержанием кадмия 2 г/л. Объём отработанного раствора – 5 м³. Определите массу кадмия в отходах и класс опасности.5. При производстве полимеров образуется 15% отходов сырья. Коэффициент извлечения продукта – 0,85. Норма расхода сырья – 1,2 тонны на тонну продукции. Рассчитайте годовой объём отходов при производстве 5000 тонн продукции.6. На нефтеперерабатывающем заводе при очистке нефти образуется 4% отходов. Плотность нефти – 0,85 т/м³. Объём переработки – 1000 м³/сутки. Определите годовой объём отходов с учётом сезонных колебаний (10%).7. При производстве бумаги образуется 8% отходов целлюлозы и 5% сточных вод. Норма расхода воды – 200 л на тонну продукции. Рассчитайте годовой объём всех отходов при производстве 10 000 тонн бумаги.8. В процессе механической обработки металла образуется 25% стружки. Коэффициент использования материала – 0,7. Норма расхода металла – 1,5 кг на деталь. Определите годовой объём отходов при производстве 100 000 деталей.9. При производстве лакокрасочных материалов образуется 12% отходов растворителей и 8% твёрдых отходов. Норма расхода сырья – 1,1 тонны на тонну продукции. Рассчитайте годовой объём всех отходов.10. На химическом производстве образуется 15% отходов с содержанием ртути 0,05%. Объём производства – 1000 тонн/год. Определите массу ртути в отходах и класс опасности. |

1. Задача по расчету отходов при механической обработке металла
На производстве за месяц расходуется 20 тонн металла. Норматив образования металлической стружки составляет 12% от массы сырья. Коэффициент использования материала – 0,85. Определите:
 - Количество образующейся стружки
 - Массу годного изделия
 - Класс опасности отходов
2. Задача по расчету отходов при производстве лакокрасочных материалов
При производстве краски образуется 5% отходов исходного сырья. За смену производится 1000 кг краски. Норма расхода растворителя – 15% от массы краски. Определите:
 - Количество отходов основного сырья
 - Объем образующихся отходов растворителя
 - Общий объем отходов за месяц
3. Задача по расчету отходов при деревообработке
При распиле 1 м³ древесины образуется:
 - Опилки – 15% от объема
 - Стружка – 8% от объема
 - Отходы коры – 5% от объемаОпределите количество всех видов отходов при переработке 500 м³ древесины за квартал.
4. Задача по расчету отходов при гальванических процессах
В цехе гальваники за смену обрабатывается 50 деталей. Норма расхода электролита – 2 л на деталь. Срок службы раствора – 100 циклов. Определите:
 - Объем отработанного электролита за месяц
 - Класс опасности отходов
 - Необходимый объем емкости для сбора отходов
5. Задача по расчету отходов при производстве полимеров
При производстве пластиковых изделий образуется:
 - Отходы пресс-формы – 3% от массы изделия
 - Технологические отходы – 5% от массы изделия
 - Брак – 2% от массы изделияРассчитайте количество всех видов отходов при производстве 10 тонн продукции.
6. Задача по расчету отходов при работе автотранспорта
В автопарке 20 машин. Норма замены масла – 1 раз в 10000 км. Расход масла – 6 л на машину. Определите:
 - Количество отработанного масла за год
 - Объем необходимого контейнера для сбора
 - Класс опасности отходов
7. Задача по расчету отходов при работе котельной
Котельная работает на мазуте. За час расходуется 500 кг топлива. Зольность топлива – 2%. Определите:
 - Количество золы за сутки
 - Объем шламонакопителя на месяц
 - Способы утилизации отходов
8. Задача по расчету отходов при работе столовой
В студенческой столовой за день обслуживается 500 человек. Нормы образования отходов:
 - Пищевые отходы – 0,3 кг на человека
 - Упаковочные материалы – 0,1 кг на человека
 - Стекло – 0,05 кг на человекаРассчитайте общий объем отходов за месяц.
дставить в табличной форме

| | |
|---------------|---|
| | <p>9. Задача по расчету отходов при работе офиса В офисе работает 100 сотрудников. Нормы образования отходов за месяц:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Бумага – 5 кг на человека - Картон – 2 кг на человека - Пластик – 1 кг на человека <p>Определите:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Общий объем отходов - Возможности вторичной переработки - Способы утилизации <p>10. Задача по расчету отходов при работе склада На складе хранится 1000 тонн продукции. Норма естественной убыли – 0,5%.</p> <p>Определите:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Объем потерь за месяц - Способы минимизации потерь - Методы учета отходов <p>Дополнительные требования к решению:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Все расчеты должны быть представлены с формулами - Необходимо указать класс опасности каждого вида отходов - Требуется предложить способы утилизации |
| Ниже среднего | <p>1. При производстве 100 единиц продукции образуется 20 кг отходов. Определите месячный объем отходов при производстве 500 единиц продукции.</p> <p>2. Норма расхода металла на деталь – 5 кг, отходы составляют 15%. Рассчитайте количество отходов при производстве 1000 деталей.</p> <p>3. При распиле 1 м³ древесины образуется 10% опилок. Определите объем опилок при распиле 100 м³ древесины.</p> <p>4. На заводе образуется 5% отходов от массы исходного сырья. При производстве 1 тонны продукции расходуется 1,2 тонны сырья. Рассчитайте количество отходов.</p> <p>5. При очистке воды образуется 3% осадка от объема обрабатываемой воды. Объем обрабатываемой воды – 100 м³. Определите массу осадка.</p> <p>6. Норма образования древесной пыли – 5 кг на смену. Рассчитайте месячный объем пыли при 20 рабочих днях.</p> <p>7. При производстве 1 тонны продукции образуется 150 кг отходов. Определите годовой объем отходов при производстве 100 тонн продукции.</p> <p>8. Норма расхода бумаги – 1 кг на операцию, отходы составляют 10%. Рассчитайте количество отходов при 100 операциях.</p> <p>9. При производстве 100 единиц продукции образуется 15 кг токсичных отходов. Определите месячный объем при производстве 500 единиц.</p> <p>10. Норма образования металлической стружки – 2 кг на час работы станка. Рассчитайте суточный объем при 8-часовом рабочем дне.</p> <p>Дополнительные требования к решению:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Все расчеты должны быть представлены с формулами • Необходимо указать класс опасности каждого вида отходов. |

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция **ПК-1**: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования с учетом состояния окружающей среды; индикатора **ПК-1.2**: Проводит анализ и выбор наилучших доступных технологий в сфере природоохранной деятельности

Практическое задание на тему: «Расчет платы за размещение отходов».

1. Предприятие превысило лимиты размещения отходов III класса опасности на 15%. Фактический объем составил 25 тонн при лимите 20 тонн. Рассчитайте общую плату за размещение отходов, учитывая коэффициент 25 за превышение лимитов и коэффициент экологической ситуации региона 1,1.
2. На химическом заводе образуются отходы I, II и III классов опасности. Рассчитайте годовую плату, если:
 - Отходы I класса: 0,5 т (лимит 0,6 т)
 - Отходы II класса: 2,3 т (лимит 2,5 т)
 - Отходы III класса: 5,8 т (лимит 6,0 т)Примените коэффициенты:
 - За размещение в черте города – 2
 - За работу в период с 2016 по 2019 гг. – 1,32
 - Региональный – 1,1
3. Определите плату за размещение отходов IV класса опасности в размере 10 тонн, если предприятие:
 - Работает в природоохранной зоне
 - Превысило лимит на 10%
 - Применяет коэффициент индексации 1,15
4. Рассчитайте плату за размещение отходов для предприятия II категории НВОС, если:
 - Образовалось 3 тонны отходов II класса
 - Лимит – 2,5 тонны
 - Предприятие использует собственные очистные сооружения
 - Региональный коэффициент – 1,2
5. На металлургическом комбинате образуются отходы разных классов. Рассчитайте общую плату, учитывая:
 - Отходы I класса: 0,2 т (лимит 0,25 т)
 - Отходы II класса: 1,5 т (лимит 1,4 т)
 - Отходы III класса: 4,0 т (лимит 3,8 т)
 - Коэффициент за работу в период 2016-2019 – 1,32
 - Региональный коэффициент – 1,15
6. Задача с учетом сезонных колебаний
В течение года предприятие размещало отходы II класса:
 - Зима: 1,5 т (лимит 1,6 т)
 - Весна: 1,8 т (лимит 1,6 т)
 - Лето: 2,0 т (лимит 1,6 т)
 - Осень: 1,7 т (лимит 1,6 т)Условия:
 - Сезонный коэффициент: зима – 1,1; весна – 1,0; лето – 0,9; осень – 1,05
 - Коэффициент за размещение в природоохранной зоне – 1,5
 - Индексация – 1,15.
7. Определите годовую плату за размещение отходов для предприятия, если:
 - Отходы I класса: 0,1 т (лимит 0,15 т)
 - Отходы II класса: 0,8 т (лимит 0,75 т)
 - Отходы III класса: 2,5 т (лимит 2,4 т)
 - Предприятие находится в природоохранной зоне
 - Применяется коэффициент индексации
8. Рассчитайте плату за размещение 15 тонн отходов III класса, если предприятие:
 - Работает в природоохранной зоне

- Превысило лимит на 8%
 - Использует современные технологии очистки
 - Региональный коэффициент – 1,15
9. На предприятии образовались отходы разных классов:
- I класс: 0,05 т
 - II класс: 0,3 т
 - III класс: 1,2 т
 - IV класс: 3,5 т

Рассчитайте общую плату с учетом всех коэффициентов и превышения лимита на 10%

10. Определите плату за размещение отходов для предприятия, работающего в природоохранной зоне, если:

- Отходы II класса: 1,8 т (лимит 1,6 т)
- Отходы III класса: 4,2 т (лимит 4,0 т)
- Применяется коэффициент за работу в период 2016-2019
- Региональный коэффициент – 1,2

Шкала оценивания задач:

Уровень **«высокий»**:

Студент учитывает все коэффициенты (базовые ставки, коэффициенты за превышение, региональные, сезонные), правильно учитывает все специфические условия задачи (сезонность, природоохранная зона), указывает единицы измерения.

Уровень **«средний»**:

Студент учитывает основные коэффициенты, допускает 1-2 мелкие ошибки в расчетах, учитывает не все условия задачи.

Уровень **«ниже среднего»**:

Понимает принцип расчета, но допускает грубые ошибки.

Кейсы «Бизнес-модели замкнутого цикла»

Кейс 1. Переработка текстильных отходов

Задача: разработка модели переработки текстильных отходов швейного производства

Участники: швейная фабрика, предприятие по переработке текстиля, магазин секонд-хенда

Ключевые элементы: сбор отходов, сортировка, переработка в новое сырье, производство новой продукции

Вопросы для анализа:

- Схема взаимодействия участников
- Каналы сбыта вторичного сырья
- Механизмы контроля качества
- Экономическая эффективность

Кейс 2. Промышленный симбиоз

Задача: создание системы обмена ресурсами между металлургическим и тепличным комплексами

Участники: металлургический комбинат, тепличное хозяйство, очистные сооружения

Ключевые элементы: теплоснабжение, переработка отходов, система логистики

Вопросы для анализа:

- Оптимизация логистических цепочек
- Распределение затрат
- Механизмы контроля эффективности
- Риски проекта

Кейс 3. Управление электронными отходами

Задача: разработка модели утилизации и переработки электроники

Участники: производители электроники, сервисные центры, перерабатывающие предприятия

Ключевые элементы: сбор, сортировка, извлечение ценных компонентов

Вопросы для анализа:

- Система сбора отходов
- Технологии переработки
- Маркетинг вторичного сырья
- Экологические аспекты

Кейс 4. Замкнутый цикл в строительстве

Задача: создание модели переработки строительных отходов

Участники: строительные компании, производители стройматериалов, перерабатывающие предприятия

Ключевые элементы: сбор отходов, переработка, производство новых материалов

Вопросы для анализа:

- Логистика отходов
- Технологии переработки
- Сертификация продукции
- Экономическое обоснование

Кейс 5. Управление органическими отходами

Задача: разработка модели переработки пищевых отходов

Участники: предприятия общепита, фермерские хозяйства, производители удобрений

Ключевые элементы: сбор, компостирование, производство биогаза

Вопросы для анализа:

- Система сбора отходов
- Технологии переработки
- Маркетинг продукции
- Экологический эффект

Кейс 6. Переработка пластиковой упаковки

Задача: создание модели рециклинга пластиковой упаковки

Участники: производители упаковки, торговые сети, перерабатывающие предприятия

Ключевые элементы: сбор, сортировка, переработка, производство новой упаковки

Вопросы для анализа:

- Система сбора
- Технологии переработки
- Качество вторичного сырья
- Экономическая эффективность

Кейс 7. Управление древесными отходами

Задача: разработка модели переработки древесных отходов

Участники: деревообрабатывающие предприятия, производители биотоплива, строительные компании

Ключевые элементы: сбор, переработка, производство новых материалов

Вопросы для анализа:

- Логистика отходов
- Технологии переработки
- Маркетинг продукции
- Экологический эффект

Кейс 8. Система совместного использования

Задача: создание модели шеринг-экономики в городской среде

Участники: сервисные компании, пользователи, производители

Ключевые элементы: платформа обмена, система обслуживания, логистика

Вопросы для анализа:

- Бизнес-модель платформы
- Система обслуживания
- Маркетинг услуг

- Экономическая эффективность

Кейс 9. Управление опасными отходами

Задача: разработка модели безопасного обращения с опасными отходами

Участники: производители, специализированные операторы, перерабатывающие предприятия

Ключевые элементы: сбор, транспортировка, переработка, утилизация

Вопросы для анализа:

- Система безопасности
- Технологии переработки
- Контроль за обращением с отходами
- Экономическое обоснование

Кейс 10. Циркулярная экономика в энергетике

Задача: создание модели использования вторичных энергетических ресурсов

Участники: энергетические компании, промышленные предприятия, потребители

Ключевые элементы: система сбора, переработка, производство энергии

Вопросы для анализа:

- Технологии производства энергии
- Система распределения
- Экономическая эффективность
- Экологический эффект

Шкала оценивания кейсов:

Уровень «**высокий**»:

Студент выполняет комплексный анализ всех аспектов кейса, предлагает инновационные решения, детально прорабатывает экономическую модель, учитывает экологические факторы, обосновывает все решения.

Уровень «**средний**»:

Студент выполняет базовый анализ всех аспектов кейса, предлагает частичное решение поставленных задач, достаточно прорабатывает экономическую модель, учитывает основные законодательные требования, логично излагает материал.

Уровень «**ниже среднего**»:

Студент выполняет поверхностный анализ кейса, приводит упрощенное решение задач и базовую экономическую оценку, учитывает некоторые законодательные требования, неструктурировано излагает материал.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция **ПК-1**: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования с учетом состояния окружающей среды; индикатор **ПК-1.1**: Проводит оценку воздействия на окружающую среду при расширении, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования; индикатор **ПК-1.2**: Проводит анализ и выбор наилучших доступных технологий в сфере природоохранной деятельности

Практическое задание «Расчёт показателей ресурсоэффективности»

Задача 1. Расчёт выхода продукции на единицу сырья

Условие:

Предприятие производит пластиковые бутылки. На изготовление 1 000 бутылок расходуется 50 кг первичного полимера. После внедрения системы рециклинга стало возможно использовать 20 % вторичного гранулята без потери качества.

Задание:

1. Рассчитайте выход бутылок на 1 кг сырья до внедрения рециклинга.
2. Рассчитайте новый расход первичного полимера после внедрения рециклинга.
3. Определите новый выход бутылок на 1 кг общего сырья.
4. Найдите процент повышения ресурсоэффективности.

Задача 2. Доля вторичных материалов в производстве

Условие:

Кирпичный завод использует 80 т глины и 20 т переработанного кирпичного боя в месяц.

Задание:

1. Рассчитайте долю вторичных материалов в общем сырьевом балансе.

Если планируется увеличить долю до 30 %, сколько тонн боя нужно использовать при том же объёме производства?

Задача 3. Коэффициент использования сырья

Условие:

При производстве мебели из древесины 15 % материала уходит в стружку. Предприятие внедряет новую технологию, снижающую отходы до 8 %.

Задание:

1. Рассчитайте коэффициент использования сырья до и после изменений.
2. Найдите процент роста эффективности.

Задача 4. Ресурсоэффективность при переработке макулатуры

Условие:

Для производства 1 т бумаги требуется 1,2 т макулатуры. После модернизации линии выход готовой продукции увеличился до 0,9 т с тех же 1,2 т сырья.

Задание:

1. Найдите исходный выход бумаги на тонну макулатуры.
2. Рассчитайте новый показатель.
3. Определите процент повышения эффективности.

Задача 5. Доля рециклинга в металлургическом производстве

Условие:

Сталеплавильный цех производит 10 000 т стали в месяц. Из них 3 000 т выплавляется из металлолома.

Задание:

1. Рассчитайте текущую долю вторичного сырья.

Если цель – достичь 40 %, сколько тонн металлолома нужно перерабатывать?

Задача 6. Энергоэффективность и ресурсоэффективность

Условие:

Завод потребляет 500 МВт·ч электроэнергии для производства 200 т продукции. После внедрения энергосберегающих технологий расход снизился до 420 МВт·ч при том же выпуске.

Задание:

1. Рассчитайте энергоёмкость до и после.
2. Найдите процент снижения энергопотребления.

Задача 7. Комплексный показатель ресурсоэффективности

Условие:

Текстильная фабрика использует 10 т хлопка для выпуска 5 000 рулонов ткани. После оптимизации раскроя отходов стало на 15 % меньше.

Задание:

1. Рассчитайте исходный выход ткани на тонну сырья.
2. Определите новый расход хлопка при том же выпуске.
3. Найдите новый выход продукции.

Задача 8. Оптимизация использования полимерного сырья

Условие:

Завод по производству упаковочной плёнки расходует 120 кг полимера для изготовления 300 м² плёнки. После внедрения новой технологии экструзии потери сырья сократились на 12 %.

Задание:

Рассчитайте исходный выход плёнки на 1 кг сырья.

Определите новый расход полимера для производства тех же 300 м².

Найдите новый выход плёнки на 1 кг сырья после оптимизации.

Рассчитайте процент повышения ресурсоэффективности.

Задача 9. Эффективность использования стеклобоя в производстве

Условие:

Стекольный завод производит 5 000 бутылок из 2 т сырья (смесь песка и стеклобоя). Изначально доля стеклобоя составляла 25 %

от общего объёма сырья. Руководство планирует увеличить долю до 40 %.

Задание:

1. Рассчитайте текущий расход стеклобоя.

2. Найдите новый расход стеклобоя при увеличении доли до 40 %

(при том же объёме производства).

3. Определите, на сколько процентов сократится расход первичного сырья (песка).

Задача 10. Ресурсоэффективность в бумажном производстве

Условие:

Целлюлозно-бумажный комбинат использует 8 т древесины для производства 5 т бумаги.

После внедрения системы замкнутого водооборота и оптимизации процессов выход бумаг и увеличился до 5,8 т с тех же 8 т сырья.

Задание:

1. Найдите исходный выход бумаги на тонну древесины.

2. Рассчитайте новый выход бумаги на тонну сырья.

3. Определите процент повышения эффективности использования древесины.

4. Сколько тонн древесины экономится при производстве 10 т бумаги новой технологии?

Шкала оценивания:

Уровень **«высокий»**:

Все вычисления выполнены безошибочно, использованы корректные формулы, промежуточные и итоговые значения точны. Выполнены все пункты задания, даны ответы на все вопросы задачи. Приведены все промежуточные шаги расчётов.

Уровень **«средний»**:

В большинстве пунктов задания расчёты выполнены верно, но есть 1-2 арифметические ошибки, не искажающие общую логику решения. Выполнено 70–90 % пунктов задачи.

Уровень **«ниже среднего»**:

Более 50 % вычислений содержат арифметические или логические ошибки.

Практическое задание «Расчет углеродного следа этапов жизненного цикла продукции/отходов/производственного процесса»

| | |
|---------|---------|
| Уровень | Задания |
| ень | |

Задача 1. LCA-анализ пластиковой бутылки

Условие: этапы жизненного цикла 1 бутылки (0,5 л):

добыча нефти: 0,05 кг CO_2 ;

производство пластика: 0,3 кг CO_2 ;

транспортировка: 0,02 кг CO_2 ;

использование: 0 кг CO_2 ;

утилизация:

захоронение: 0,1 кг CH_4 (ПГП 28);

переработка: 0,08 кг CO_2 .

Задание:

Рассчитайте углеродный след для захоронения.

Рассчитайте след для переработки.

Найдите разницу в выбросах.

Сделайте вывод о предпочтительном методе утилизации.

Задача 2. Оптимизация логистики

Условие: компания поставяет продукцию двумя маршрутами:

маршрут А: 500 км (грузовик, 35 л/100 км);

маршрут В: 800 км (ж/д, 0,8 кг CO_2 /100 т·км).

Груз – 10 т. Выброс от дизеля – 2,63 кг CO_2 /л.

Задание:

Рассчитайте выбросы для каждого маршрута.

Определите более экологичный вариант.

Предложите способ снижения выбросов для менее экологичного маршрута.

Задача 3. Сравнение материалов упаковки

Условие: углеродный след 1 м² материала:

пластик: 5 кг CO_2 (срок службы 5 лет);

бумага: 3 кг CO_2 (срок службы 1 год);

алюминий: 8 кг CO_2 (срок службы 10 лет).

Задание:

Рассчитайте годовые выбросы для каждого материала.

Задача 4. Углеродный след производства и утилизации электроники

Условие: жизненный цикл смартфона (масса 200 г):

добыча и переработка сырья: 45 кг CO_2 -экв.;

производство компонентов: 30 кг CO_2 -экв.;

сборка: 10 кг CO_2 -экв.;

транспортировка: 5 кг CO_2 -экв.;

использование (2 года, 0,5 кВт·ч/мес): 0,7 кг CO_2 /кВт·ч;

утилизация:

захоронение: 2 кг CH_4 (ПГП 28);

переработка: 3 кг CO_2 -экв.

Задание:

Рассчитайте общий углеродный след при захоронении.

Рассчитайте общий след при переработке.

Определите процент снижения выбросов при выборе переработки.

Предложите 2-3 способа снижения углеродного следа на этапе производства.

Задача 5. Сравнительный анализ углеродного следа разных видов транспорта для доставки товаров

Условие: компания доставляет товары (1 т) на расстояние 1 000 км тремя способами:

грузовик: расход 35 л/100 км, выброс 2,63 кг CO_2 /л;

ж/д: 0,8 кг CO_2 /100 т·км;

авиация: 0,5 кг CO_2 /кг·км.

Задание:

Рассчитайте выбросы для каждого вида транспорта.

Определите самый экологичный вариант.

Рассчитайте, на сколько процентов выбросы авиации превышают выбросы ж/д

Предложите способ снижения выбросов для грузовика (например, переход на биотопливо с выбросом 1,8 кг CO_2 /л).

Задача 6. Углеродный след строительства жилого дома с учётом разных материалов

Условие: при строительстве дома использованы:

бетон: 50 т (0,15 т CO_2 /т);

кирпич: 20 т (0,4 т CO_2 /т);

стекло: 5 т (0,8 т CO_2 /т);

сталь: 15 т (1,8 т CO_2 /т);

древесина: 10 т (-0,2 т CO_2 /т, т.к. поглощает CO_2).

Через 50 лет дом демонтируют. При утилизации:

60 % бетона и кирпича перерабатывают (выброс 0,05 т CO_2 /т);

остальное захоранивают (выброс метана: 10 кг CH_4 /т, ПГП 28).

Задание:

1. Рассчитайте выбросы на этапе строительства.

2. Рассчитайте выбросы при утилизации.

3. Найдите общий углеродный след за жизненный цикл.

4. Оцените, насколько снизится след, если увеличить долю древесины до 15 т.

Задача 7. Расчёт углеродного следа производства бумаги с учётом разных источников энергии

Условие: фабрика производит 1 т бумаги. Выбросы по этапам:

заготовка древесины: 0,5 т CO_2 ;

производство:

– на угле: 2,5 т CO_2 ;

– на газе: 1,8 т CO_2 ;

– на биомассе: 0,3 т CO_2 (с учётом поглощения CO_2 деревьями);

транспортировка: 0,1 т CO_2 .

Задание:

1. Рассчитайте общий след для каждого источника энергии.

2. Найдите разницу между худшим и лучшим вариантом.

3. Определите, сколько тонн CO_2 можно сэкономить за год при выпуске 10 000 т бумаги, перейдя с угля на биомассу.

4. Оцените срок окупаемости перехода на биомассу, если инвестиции 5 млн руб., а стоимость квоты CO_2 – 1 000 руб./т.

Задача 8. Углеродный след производства и эксплуатации электромобиля vs бензинового авто

Условие: сравнительный анализ жизненного цикла автомобилей (срок службы – 10 лет, пробег – 200 000 км):

Электромобиль:

– производство батареи (60 кВт·ч): 125 кг CO_2 /кВт·ч;

– производство остального авто: 8 т CO_2 ;

– эксплуатация: 0,2 кВт·ч/км, энергосистема – 0,4 кг CO_2 /кВт·ч;

– утилизация батареи: 1 т CO_2 .

Бензиновое авто:

– производство: 10 т CO_2 ;

– эксплуатация: расход 7 л/100 км, выброс 2,3 кг CO_2 /л;

– утилизация: 2 т CO_2 .

Задание:

1. Рассчитайте общий углеродный след электромобиля.
2. Рассчитайте общий след бензинового авто.
3. Определите, через сколько лет эксплуатации электромобиль становится экологичнее (точка окупаемости углеродного следа).
4. Оцените, как изменится результат, если энергосистема перейдёт на ВИЭ (выброс $0,1 \text{ кг } CO_2/\text{кВт}\cdot\text{ч}$).

Задача 9. Оптимизация углеродного следа цепочки поставок продуктов питания

Условие: компания поставяет яблоки (1 т) из трёх регионов:

Регион А (2 000 км):

- транспортировка (грузовик): $35 \text{ л}/100 \text{ км}$, $2,63 \text{ кг } CO_2/\text{л}$;
- хранение (рефконтейнер): $0,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}\cdot\text{сут}$, $0,7 \text{ кг } CO_2/\text{кВт}\cdot\text{ч}$, срок – 10 суток.

Регион Б (500 км):

- ж/д: $0,8 \text{ кг } CO_2/100 \text{ т}\cdot\text{км}$;
- хранение: 5 суток.

Местный регион (50 км):

- грузовик: $35 \text{ л}/100 \text{ км}$;
- хранение: 2 суток.

Задание:

1. Рассчитайте выбросы для каждого региона.
2. Определите самый экологичный вариант.
3. Рассчитайте, на сколько процентов выбросы Региона А превышают выбросы местного варианта.
4. Предложите 2–3 способа снижения углеродного следа для Региона А (например, переход на ж/д или сокращение срока хранения).

Задача 10. Углеродный след строительства «зелёного» офисного здания

Условие: строительство офисного здания ($10\,000 \text{ м}^2$) с разными технологиями:

Базовый вариант:

- бетон: $2\,000 \text{ т}$ ($0,15 \text{ т } CO_2/\text{т}$);
- сталь: 500 т ($1,8 \text{ т } CO_2/\text{т}$);
- стекло: 100 т ($0,8 \text{ т } CO_2/\text{т}$).

«Зелёный» вариант:

- переработанный бетон: $1\,500 \text{ т}$ ($0,05 \text{ т } CO_2/\text{т}$);
- древесина: 300 т ($-0,2 \text{ т } CO_2/\text{т}$);
- энергоэффективное стекло: 80 т ($0,6 \text{ т } CO_2/\text{т}$).

Эксплуатация (50 лет):

- базовый: энергопотребление $200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$, выброс $0,5 \text{ кг } CO_2/\text{кВт}\cdot\text{ч}$;
- «зелёный»: $120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$ за счёт ВИЭ и изоляции.

Задание:

Рассчитайте выбросы на этапе строительства для обоих вариантов.

Рассчитайте выбросы за 50 лет эксплуатации.

Найдите общий углеродный след жизненного цикла.

Определите срок окупаемости «зелёных» инвестиций (15 млн руб.), если стоимость квоты CO_2 – $1\,500 \text{ руб./т}$.

Задача 1. Полный цикл производства упаковки

Условие: производство картонной упаковки включает:

добычу сырья: 0,5 кг CO_2 /кг;

производство: 2 кг CO_2 /кг;

транспортировку (100 км грузовиком): 0,1 кг CO_2 /кг.

Масса упаковки – 0,2 кг.

Задача 2. Сравнение методов утилизации

Условие: 1 т органических отходов:

при компостировании: 50 кг CO_2 + 10 кг CH_4 ;

при сжигании: 800 кг CO_2 .

ПГП метана – 28 кг CO_2 -экв./кг.

Задание:

Переведите выбросы компостирования в CO_2 -экв.

Сравните с выбросами при сжигании.

Определите более экологичный метод.

Задача 3. Углеродный след строительства

Условие: при строительстве дома использованы:

цемент: 10 т (выброс 0,9 т CO_2 /т);

сталь: 5 т (1,8 т CO_2 /т);

древесина: 3 т (0,1 т CO_2 /т).

Задание:

Рассчитайте выбросы по каждому материалу.

Найдите общий углеродный след строительства.

Задача 4. Углеродный след производства и транспортировки офисной бумаги

Условие: фабрика производит офисную бумагу. Данные по этапам:

производство 1 т бумаги: 2,1 т CO_2 ;

транспортировка грузовиком (расход 32 л/100 км): 500 км;

выброс от дизельного топлива: 2,63 кг CO_2 /л.

Объём партии – 5 т.

Задание:

Рассчитайте выбросы на этапе производства.

Найдите выбросы при транспортировке.

Определите общий углеродный след партии.

Сколько процентов от общего следа составляют транспортные выбросы?

Задача 5. Сравнение методов утилизации пластиковых отходов

Условие: 1 т пластиковых отходов можно утилизировать разными способами:

сжигание с выработкой энергии: выброс 1,2 т CO_2 , но замещение ископаемого топлива даёт снижение 0,5 т CO_2 ;

переработка: выброс 0,3 т CO_2 на процесс + 0,1 т CO_2 при транспортировке;

захоронение: выброс 0,2 т CH_4 (ПГП 28 кг CO_2 -экв./кг).

Задание:

Переведите выбросы захоронения в CO_2 -экв.

Рассчитайте чистый выброс для сжигания (с учётом замещения).

Найдите общий выброс для переработки.

Определите самый экологичный метод.

Задача 6. Углеродный след строительства жилого дома (упрощённый расчёт)

Условие: при строительстве дома использованы:

цемент: 15 т (выброс 0,9 т CO_2 /т);

кирпич: 8 т (0,4 т CO_2 /т);

древесина: 4 т (–0,1 т CO_2 /т, т.к. поглощает CO_2).

Задание:

Рассчитайте выбросы по каждому материалу.

Найдите общий углеродный след строительства.

На сколько процентов снизится след, если увеличить долю древесины до 6 т?

Задача 7. Расчёт выбросов при использовании разных видов топлива для отопления

Условие: дом отапливается разными видами топлива (годовая потребность – 10 000 кВт·ч):

природный газ: 0,2 кг CO_2 /кВт·ч;

уголь: 0,35 кг CO_2 /кВт·ч;

пеллеты из древесины: 0,05 кг CO_2 /кВт·ч (с учётом поглощения CO_2 деревьями).

Задание:

Рассчитайте годовые выбросы для каждого вида топлива.

Найдите разницу между худшим и лучшим вариантом.

Сколько тонн CO_2 можно сэкономить за 5 лет, перейдя с угля на пеллеты?

Задача 8. Углеродный след логистики доставки товаров

Условие: компания доставляет товары (5 т) на расстояние 800 км:

вариант А: грузовик (расход 35 л/100 км);

вариант Б: ж/д (0,8 кг CO_2 /100 т·км).

Выброс от дизеля – 2,63 кг CO_2 /л.

Задание:

Рассчитайте выбросы для грузовика.

Найдите выбросы для ж/д.

Определите, на сколько процентов выбросы грузовика превышают выбросы ж/д.

Предложите способ снижения выбросов для грузовика (например, оптимизация маршрута – сокращение расстояния на 10 %).

Задача 9. Расчёт углеродного следа утилизации пищевых отходов

Условие: кафе производит 20 кг пищевых отходов в день. Варианты утилизации:

вывоз на полигон: выброс 50 г CH_4 /кг (ПГП 28);

компостирование: выброс 20 г CO_2 /кг + 5 г CH_4 /кг.

Задание:

Найдите суточные выбросы в CO_2 -экв. для полигона.

Рассчитайте суточные выбросы для компостирования.

Определите годовой выброс для каждого метода (365 дней).

Какой метод предпочтительнее по углеродному следу?

Задача 10. Углеродный след производства и утилизации пластиковой тары

Условие: компания производит пластиковую тару (бутылки объёмом 1 л). Данные по этапам жизненного цикла для одной бутылки:

добыча и переработка сырья (нефть/газ): 0,08 кг CO_2 -экв.;

производство пластика и формование бутылки: 0,25 кг CO_2 -экв.;

транспортировка готовой продукции (50 км грузовиком): расход топлива – 30 л/100 км, выброс – 2,63 кг CO_2 /л (расчёт на одну бутылку с учётом загрузки машины 10 000 бутылок за рейс);

утилизация:

– захоронение на полигоне: выделение 0,05 кг CH_4 (ПГП метана – 28 кг CO_2 -экв./кг);

– переработка: 0,1 кг CO_2 -экв. на процесс.

Задание:

Рассчитайте выбросы CO_2 -экв. при транспортировке одной бутылки.

Найдите общий углеродный след одной бутылки при захоронении.

Найдите общий углеродный след одной бутылки при переработке.

Определите, на сколько процентов снижается углеродный след при выборе переработки вместо захоронения.

| | |
|---------------|---|
| | <p>Предложите один способ снижения выбросов на этапе производства (например, использование вторичного пластика, которое снижает выбросы на 30 % на этапе производства).</p> <p>Рассчитайте новый общий след бутылки при переработке с учётом этого способа.</p> |
| Ниже среднего | <p>Задача 1. Углеродный след транспортировки сырья Условие: предприятие получает сырьё грузовиком (расход топлива 30 л/100 км, расстояние 200 км). Удельный выброс CO_2 от дизельного топлива – 2,63 кг CO_2/л. Задание: Рассчитайте выброс CO_2 на одну поездку. Если поставки осуществляются 2 раза в месяц, найдите годовой выброс.</p> <p>Задача 2. Выбросы при производстве пластика Условие: для производства 1 кг пластика выделяется 6 кг CO_2-экв. Предприятие выпускает 500 кг продукции в день. Задание: Найдите суточный выброс CO_2. Рассчитайте выбросы за месяц (22 рабочих дня).</p> <p>Задача 3. Углеродный след утилизации отходов Условие: на полигон вывозят 10 т отходов в день. При захоронении 1 т образуется 50 кг CH_4 (метан). Потенциал глобального потепления (ПГП) метана – 28 кг CO_2-экв./кг CH_4. Задание: Рассчитайте суточный выброс в CO_2-эквиваленте. Найдите годовой выброс.</p> <p>Задача 4. Выбросы при использовании лампочки Условие: в офисе используют лампочку мощностью 60 Вт. Она горит 8 часов в день. Выброс CO_2 при производстве электроэнергии – 0,5 кг CO_2/кВт·ч. Задание: Рассчитайте суточное потребление электроэнергии лампочкой (в кВт·ч). Найдите суточный выброс CO_2. Определите месячный выброс (30 дней).</p> <p>Ответ: суточное потребление: $60 \cdot 8 / 1000 = 0,48$ кВт·ч; суточный выброс: $0,48 \cdot 0,5 = 0,24$ кг CO_2; месячный выброс: $0,24 \cdot 30 = 7,2$ кг CO_2.</p> <p>Задача 5. Углеродный след поездки на автомобиле Условие: автомобиль расходует 8 л бензина на 100 км. Расстояние поездки – 50 км. Выброс от сжигания бензина – 2,3 кг CO_2/л. Задание: Рассчитайте расход топлива на поездку. Найдите выброс CO_2 для этой поездки. Сколько CO_2 выделится, если совершить 10 таких поездок?</p> <p>Задача 6. Выбросы от отопления газом Условие: для отопления дома за месяц расходуется 150 м³ природного газа. Выброс CO_2 – 1,8 кг/м³. Задание: Рассчитайте месячный выброс CO_2. Найдите годовой выброс.</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>Задача 7. Углеродный след использования компьютера Условие: компьютер потребляет 200 Вт. Он работает 6 часов в день. Выброс CO_2 – 0,4 кг CO_2/кВт·ч. Задание: Найдите суточное потребление энергии (кВт·ч). Рассчитайте суточный выброс CO_2. Определите выброс за неделю (7 дней).</p> <p>Задача 8. Выбросы при производстве бумаги Условие: производство 1 кг офисной бумаги даёт выброс 2,1 кг CO_2. Офис расходует 5 кг бумаги в неделю. Задание: Рассчитайте недельный выброс CO_2. Найдите годовой выброс (52 недели).</p> <p>Задача 9. Углеродный след стирки белья Условие: стиральная машина потребляет 1,5 кВт·ч за одну стирку. За неделю проводят 3 стирки. Выброс CO_2 – 0,6 кг CO_2/кВт·ч. Задание: Найдите недельное потребление энергии. Рассчитайте недельный выброс CO_2. Определите годовой выброс (52 недели).</p> <p>Задача 10. Выбросы при перевозке товаров грузовиком Условие: грузовик перевозит товары на расстояние 300 км. Расход топлива – 30 л/100 км. Выброс CO_2 от дизельного топлива – 2,63 кг CO_2/л. Задание: Рассчитайте общий расход топлива на поездку. Найдите выброс CO_2 для этой перевозки. Сколько CO_2 выделится за 5 таких перевозок?</p> |
|--|--|

Практическое задание «Расчёт окупаемости экологических инвестиций»

Задача 1. Установка системы рециклинга воды на предприятии

Условие:

Предприятие инвестирует 2 млн руб. в систему рециклинга технической воды. Это позволит сократить потребление свежей воды на 40 % и снизить платежи за водопользование и водоотведение на 600 тыс. руб. в год.

Задание:

Рассчитайте срок окупаемости инвестиций.

Задача 2. Внедрение линии по переработке пластика

Условие:

Компания вкладывает 5 млн руб. в линию по переработке пластиковых отходов. Линия позволит:

- продавать вторичный гранулят по 30 руб./кг (объём переработки – 200 т/год);
- сократить расходы на утилизацию отходов на 500 тыс. руб./год.

Задание:

Определите срок окупаемости.

Задача 3. Внедрение системы раздельного сбора и сортировки отходов

Условие:

Завод тратит 1,5 млн руб. на оборудование для раздельного сбора и сортировки ТКО.

Ожидается:

- снижение затрат на вывоз отходов на 350 тыс. руб./год;
- доход от продажи вторсырья (макулатура, пластик, металл) – 250 тыс. руб./год.

Задание:

Найдите срок окупаемости и оцените целесообразность проекта при норме окупаемости 3 года.

Задача 4. Установка солнечных панелей для энергоснабжения цеха

Условие:

Инвестиции в солнечные панели составляют 3 млн руб. Панели обеспечат:

- сокращение расходов на электроэнергию на 450 тыс. руб./год;
- получение «зелёных» сертификатов (доход – 100 тыс. руб./год).

Задание:

Рассчитайте простой срок окупаемости и дисконтированный срок окупаемости при ставке дисконтирования 10 %.

Задача 5. Модернизация освещения с заменой ламп накаливания на светодиодные

Условие:

Затраты на замену освещения – 400 тыс. руб. Экономия электроэнергии составит 250 тыс. кВт·ч/год. Тариф на электроэнергию – 5 руб./кВт·ч.

Задание:

Найдите срок окупаемости и NPV (чистую приведённую стоимость) проекта за 5 лет при ставке дисконтирования 8 %.

Задача 6. Внедрение системы компостирования органических отходов

Условие:

Муниципалитет инвестирует 1,8 млн руб. в установку для компостирования пищевых отходов. Проект позволит:

- сократить расходы на вывоз и захоронение отходов на 400 тыс. руб./год;
- продавать компост для городского озеленения по 15 руб./кг (объём производства – 50 т/год).

Задание:

Рассчитайте срок окупаемости и определите, окупится ли проект за 4 года.

Задача 7. Установка биогазовой установки на ферме

Условие:

Фермер вкладывает 4,5 млн руб. в биогазовую установку, перерабатывающую навоз и растительные отходы. Ожидается:

- производство биогаза для отопления помещений – экономия на топливе 600 тыс. руб./год;
- продажа излишков электроэнергии – доход 300 тыс. руб./год;
- использование биоудобрений вместо минеральных – экономия 200 тыс. руб./год.

– Задание:

Определите срок окупаемости.

Задача 8. Внедрение системы сбора и переработки дождевой воды

Условие:

Завод тратит 900 тыс. руб. на систему сбора и очистки дождевой воды для технических нужд. Это позволит сократить потребление водопроводной воды на 30 % и сэкономить 270 тыс. руб./год на оплате воды и водоотведения. Через 5 лет потребуется замена фильтров на сумму 150 тыс. руб.

Задание:

Определите срок окупаемости с учётом замены фильтров. Рассчитайте среднюю годовую окупаемость за 10 лет.

Задача 9. Внедрение системы рекуперации тепла в металлургическом цехе

Условие:

Металлургический комбинат инвестирует 8 млн руб. в систему рекуперации отходящего тепла от печей. Это позволит:

снизить потребление природного газа на 25 %, что даёт экономию 1,8 млн руб./год;

- вырабатывать дополнительную электроэнергию для внутренних нужд – доход 600 тыс. руб./год.

Задание:

1. Рассчитайте простой срок окупаемости инвестиций.
2. Определите NPV проекта за 6 лет при ставке дисконтирования 10 %.
3. Сделайте вывод о целесообразности проекта.

Задача 10. Модернизация системы водоочистки на химическом заводе

Условие:

Химический завод вкладывает 5 млн руб. в новую систему очистки сточных вод. Это позволит:

- сократить штрафы за превышение ПДК на 1,2 млн руб./год;
- повторно использовать 40 % очищенной воды, что сэкономит 800 тыс. руб./год на водоснабжении;
- через 4 года потребуется замена мембран на сумму 500 тыс. руб.

Задание:

1. Найдите простой срок окупаемости без учёта замены мембран.
2. Рассчитайте дисконтированный срок окупаемости при ставке 12 %.
3. Определите NPV за 5 лет.

Шкала оценивания:

Уровень «**высокий**»:

Все расчёты выполнены верно, без арифметических и логических ошибок. Используются корректные формулы для расчёта срока окупаемости, NPV и других показателей. Учтены все условия задачи (дополнительные затраты, сроки, ставки дисконтирования).

Уровень «**средний**»:

Большинство расчётов верны, но есть 1-2 арифметические ошибки, не искажающие общую логику решения. Учтены не все условия задачи или они учтены частично.

Уровень «**ниже среднего**»:

Более 50 % расчётов содержат ошибки. Учтены не все ключевые условия. Отсутствуют промежуточные шаги расчётов.

Практическое задание «Анализ «Затраты-выгоды» (CBA)»

Задача 1. Внедрение системы сортировки отходов на предприятии

Условие:

Предприятие планирует внедрить систему сортировки отходов. Затраты и выгоды распределены по годам:

Затраты:

- первоначальные инвестиции в оборудование: 2 млн руб.;
- ежегодные эксплуатационные расходы: 300 тыс. руб./год.

Выгоды:

- снижение платы за размещение отходов: 800 тыс. руб./год;
- доход от продажи вторсырья: 400 тыс. руб./год;
- через 3 года потребуется замена части оборудования: 500 тыс. руб.

Ставка дисконтирования – 10 %. Горизонт расчёта – 5 лет.

Задание:

1. Рассчитайте дисконтированные затраты и выгоды за 5 лет.
2. Определите чистую приведённую стоимость (NPV).
3. Сделайте вывод о целесообразности проекта.

Задача 2. Модернизация освещения с установкой датчиков движения

Условие:

Завод тратит 600 тыс. руб. на замену ламп накаливания на светодиодные и установку датчиков движения. Ожидаемые эффекты:

- экономия электроэнергии: 450 тыс. руб./год;
- снижение затрат на обслуживание: 100 тыс. руб./год;
- через 4 года потребуется замена 20 % ламп: 120 тыс. руб.

Ставка дисконтирования – 8 %. Горизонт расчёта – 6 лет.

Задание:

1. Постройте таблицу затрат и выгод по годам с дисконтированием.
2. Рассчитайте отношение выгод к затратам (BCR).
3. Примите решение о реализации проекта (если $BCR > 1$).

Задача 3. Строительство полигона с системой сбора биогаза

Условие:

Муниципалитет рассматривает строительство полигона ТКО с системой сбора и утилизации биогаза. Данные:

- капитальные затраты: 15 млн руб.;
- ежегодные операционные затраты: 2 млн руб./год;
- доходы от продажи электроэнергии (из биогаза): 4 млн руб./год;
- экологические выгоды (снижение эмиссий): эквивалент 500 тыс. руб./год;
- через 5 лет – капитальный ремонт: 3 млн руб.

Ставка дисконтирования – 7 %. Горизонт расчёта – 8 лет.

Задание:

1. Рассчитайте NPV проекта.
2. Найдите индекс прибыльности (PI).
3. Оцените целесообразность проекта.

Задача 4. Установка пресса для уплотнения отходов на предприятии

Условие: предприятие тратит 600 000 руб./год на вывоз производственных отходов. Предлагается купить пресс за 1 200 000 руб., что сократит объём отходов на 60 %.

Стоимость обслуживания пресса – 50 000 руб./год.

Период анализа: 4 года. Ставка дисконтирования – 8 %.

Задание:

1. Рассчитайте ежегодную экономию на вывозе отходов после установки пресса.
2. Составьте таблицу денежных потоков (затраты и выгоды по годам).
3. Рассчитайте дисконтированные выгоды и затраты.
4. Найдите NPV и BCR.
5. Обоснуйте целесообразность инвестиций.

Задача 5. Переход на многооборотную тару в логистике

Условие: компания использует одноразовые коробки для доставки (затраты – 20 руб./шт.). Предлагается перейти на многооборотные пластиковые контейнеры (цена – 200 руб./шт., срок службы – 5 лет). Годовая потребность – 1 000 отправок.

Дополнительные данные:

- затраты на мойку и обслуживание контейнеров – 30 000 руб./год;
- экономия на утилизации одноразовых коробок – 15 000 руб./год.

Период анализа: 5 лет.

Задание:

1. Рассчитайте общие затраты на одноразовые коробки за 5 лет.
2. Рассчитайте общие затраты и выгоды для многооборотной тары.
3. Сравните NPV двух вариантов.
4. Какой вариант выгоднее и на сколько?

Задача 6. Модернизация системы освещения с утилизацией старых ламп

Условие: предприятие заменяет 100 люминесцентных ламп (срок службы 1 год) на LED (срок службы 5 лет, цена – 1 500 руб./шт.):

- стоимость старых ламп – 500 руб./шт.;
- затраты на утилизацию старых ламп – 100 руб./шт.;
- экономия электроэнергии – 60 000 руб./год;
- снижение затрат на замену ламп – 20 000 руб./год.

Период анализа: 5 лет. Ставка дисконтирования – 10 %.

Задание:

1. Рассчитайте единовременные затраты на модернизацию.
2. Определите ежегодные выгоды.
3. Рассчитайте NPV проекта.
4. Найдите IRR (внутреннюю норму доходности).
5. Примите решение об инвестициях.

Задача 7. Строительство мини-завода по переработке пластика

Условие: инвестиции в завод – 5 000 000 руб. Ожидаемые показатели за год:

- переработка 100 т пластика;
- доход от продажи гранул – 50 000 руб./т;
- операционные затраты – 2 000 000 руб./год;
- экологический штраф при отсутствии переработки – 500 000 руб./год.

Период анализа: 6 лет. Ставка дисконтирования – 12 %.

Задание:

1. Рассчитайте годовой денежный поток.
2. Постройте таблицу дисконтированных денежных потоков.
3. Найдите NPV, IRR и срок окупаемости.
4. Оцените риски проекта (укажите 2–3 ключевых риска).
5. Сформулируйте итоговый вывод.

Задача 8. Программа возврата упаковки в розничной сети

Условие: сеть магазинов вводит депозит за тару (бутылки, банки):

- единовременные затраты на оборудование пунктов приёма – 1 000 000 руб.;
- ежегодные затраты на логистику и обработку – 300 000 руб.;
- ожидаемое снижение затрат на закупку новой тары – 450 000 руб./год;
- рост лояльности клиентов даёт дополнительный доход – 200 000 руб./год;
- грант на экологическую программу – 500 000 руб. (на 2-й год).

Период анализа: 4 года. Ставка дисконтирования – 9 %.

Задание:

1. Составьте таблицу годовых денежных потоков с учётом гранта.
2. Рассчитайте дисконтированные затраты и выгоды.
3. Найдите BCR и NPV.
4. Определите, через сколько лет окупятся инвестиции.
5. Предложите 1-2 способа повышения эффективности программы.

Задача 9. Внедрение системы рециклинга воды на текстильном производстве

Условие: текстильная фабрика рассматривает возможность установки системы рециклинга (очистки и повторного использования) технической воды.

Исходные данные:

- Капитальные затраты: 3 500 000 руб. на оборудование и монтаж.
- Эксплуатационные затраты:
 - обслуживание системы – 200 000 руб./год;
 - электроэнергия для работы системы – 150 000 руб./год.
- Текущие затраты без системы:
 - потребление свежей воды – 500 м³/мес.;

- тариф на воду – 50 руб./м³;
- тариф на сброс сточных вод – 40 руб./м³.
- Эффект от внедрения:
 - сокращение потребления свежей воды на 70 %;
 - снижение объёма сброса сточных вод на 70 %.
- Дополнительные выгоды:
 - экологический грант – 500 000 руб. (единоразово при запуске);
 - снижение экологических платежей – 100 000 руб./год.

Период анализа: 5 лет. Ставка дисконтирования – 10 %.

Задание:

1. Рассчитайте ежегодные затраты на воду и сброс сточных вод без системы рециклинга.
2. Определите ежегодную экономию после внедрения системы.
3. Составьте таблицу денежных потоков по годам (с учётом капитальных затрат, эксплуатационных расходов, выгод и гранта).
4. Рассчитайте дисконтированные затраты и выгоды.
5. Найдите NPV, BCR и срок окупаемости проекта.
6. Сделайте вывод о целесообразности инвестиций.

Задача 10. Модернизация линии сортировки отходов на мусороперерабатывающем заводе

Условие: мусороперерабатывающий завод планирует модернизировать линию сортировки ТКО для повышения доли извлекаемого вторсырья.

Исходные данные:

- Инвестиции: 8 000 000 руб. на новое оборудование.
- Эксплуатационные затраты:
 - увеличение затрат на электроэнергию – 300 000 руб./год;
 - дополнительные затраты на обслуживание – 250 000 руб./год;
 - обучение персонала – 100 000 руб. (единоразово).
- Текущие показатели:
 - объём обрабатываемых отходов – 50 000 т/год;
 - доля извлекаемого вторсырья – 15 %;
 - цена продажи вторсырья – 2 000 руб./т.
- Ожидаемые результаты после модернизации:
 - увеличение доли извлекаемого вторсырья до 25 %;
 - сокращение затрат на захоронение отходов – 500 000 руб./год;
 - получение сертификата «зелёного» предприятия даёт право на льготный

кредит: экономия на процентах – 200 000 руб./год.

Период анализа: 7 лет. Ставка дисконтирования – 12 %.

Задание:

1. Рассчитайте текущий годовой доход от продажи вторсырья.
2. Определите ожидаемый годовой доход после модернизации.
3. Найдите общую годовую выгоду (доход от вторсырья + экономия на захоронении + экономия на процентах).
4. Составьте таблицу дисконтированных денежных потоков по годам.
5. Рассчитайте:
 - NPV проекта;
 - BCR (соотношение выгод к затратам);
 - IRR (внутреннюю норму доходности);
 - дисконтированный срок окупаемости.
6. Оцените риски проекта (укажите 2–3 ключевых риска, например, изменение цен на вторсырьё, рост тарифов на электроэнергию).
7. Сформулируйте итоговый вывод: стоит ли реализовывать проект и почему?

Шкала оценивания:

Уровень «**высокий**»:

Все расчёты выполнены верно, корректно применены методы дисконтирования денежных потоков (рассчитаны NPV, BCR, IRR, срок окупаемости там, где это требуется), учтены все значимые затраты и выгоды, включая косвенные и немонетарные (экологические, репутационные и т. д.), построена полная таблица денежных потоков с разбивкой по годам и указанием дисконтированных значений.

Уровень «**средний**»:

Основные расчёты выполнены верно, но есть 1-2 незначительные ошибки, не влияющие на общий вывод. Методы дисконтирования применены частично, учтены основные затраты и выгоды, но упущены некоторые косвенные.

Уровень «**ниже среднего**»:

В расчётах допущены существенные ошибки, искажающие итоговый результат, методы дисконтирования не применены или применены неверно, упущены ключевые затраты или выгоды.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция ПК-1: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования с учетом состояния окружающей среды; индикатора ПК-1.2: Проводит анализ и выбор наилучших доступных технологий в сфере природоохранной деятельности

Вопросы к коллоквиуму по теме «Инновации и перспективы развития ЭЗЦ»:

1. Какие цифровые технологии (IoT, Big Data, ИИ, блокчейн и т. д.) наиболее активно применяются в сфере управления отходами? Кратко опишите принцип работы одной из них (например, IoT датчиков для контроля заполнения контейнеров) и укажите, какие задачи она решает на разных этапах обращения с отходами.
2. Как системы геоинформационного мониторинга и GPS трекинга помогают оптимизировать логистику сбора и транспортировки отходов? Приведите 2–3 конкретных примера успешного внедрения таких решений в России или за рубежом, указав достигнутые эффекты (снижение затрат, выбросов CO₂ и т. д.).
3. Что такое «цифровой двойник полигона/завода по переработке отходов»? Опишите, какие данные он аккумулирует и как помогает повысить эффективность управления отходами и снизить экологическую нагрузку.
4. В чём преимущества использования искусственного интеллекта и машинного обучения для сортировки отходов? Приведите пример конкретной технологии или проекта (отечественного или зарубежного), где ИИ применяется для распознавания и разделения фракций, и оцените его потенциал масштабирования.
5. Как блокчейн может повысить прозрачность и доверие в цепочке обращения с отходами (от сбора до утилизации)? Опишите сценарий применения блокчейна для отслеживания движения опасных отходов, указав, какие участники цепочки и какие данные будут задействованы.
6. Назовите 3-4 перспективные технологии переработки полимерных отходов, отличающиеся от традиционной механической переработки. Кратко (2-3 предложения) охарактеризуйте одну из них (например, химическую переработку, пиролиз, газификацию), указав её преимущества и ограничения по сравнению с классическими методами.
7. В чём суть технологии газификации отходов? Опишите принцип процесса, укажите типы сырья, пригодные для газификации, и виды получаемых продуктов (синтез газ, шлак и т. д.). Приведите пример действующего или проектируемого объекта газификации в РФ или за

рубежом.

8. Каковы перспективы биотехнологических методов переработки органических отходов (компостирование, анаэробное сбраживание)? Сравните эффективность анаэробного сбраживания и традиционного компостирования по критериям: скорость переработки, выход полезной продукции (биогаз/удобрения), экологическая безопасность.

9. Что такое плазменная переработка отходов? Укажите, для каких типов отходов она наиболее эффективна, опишите ключевые преимущества (например, уничтожение опасных компонентов) и экономические барьеры для широкого внедрения технологии в России.

10. Какие инновации в переработке электронных отходов (WEEE) сегодня считаются наиболее перспективными? Опишите одну технологию извлечения ценных металлов (золота, меди, редкоземельных элементов) из электроники, указав степень рециклинга и экологическую безопасность процесса.

Шкала оценивания:

Уровень **«высокий»**:

Студент демонстрирует понимание взаимосвязей между технологиями, их роли в развитии ЭЗЦ и влияния на экологию/экономику; приводит примеры; грамотно и уместно применяет специальные термины.

Уровень **«средний»**:

Студент демонстрирует понимание темы на уровне общих представлений, без глубокого анализа взаимосвязей; приводит примеры без детализации; использует основные термины, затрудняется в трактовке сложных понятий.

Уровень **«ниже среднего»**:

Студент охватывает один аспект вопроса; демонстрирует поверхностное понимание вопроса, не может привести примеры, совершает ошибки в терминологии

Курсовая работа:

Целью курсовой работы является исследование механизмов внедрения экономики замкнутого цикла и управления отходами в различных отраслях промышленности, оценка их экономической и экологической эффективности.

В рамках выполнения курсовой работы студент решает следующие задачи:

- проанализировать мировые и российские практики замкнутого цикла в различных отраслях промышленности;
- изучение механизмов образования отходов производства (по вариантам) на различных стадиях производственного (жизненного) цикла, их физико-химических характеристик и особенностей воздействия на компоненты окружающей среды;
- анализ мировых и российских технологий и оборудования для обезвреживания и утилизации отхода и выбор наилучшей с учетом заданных условий;
- выявить барьеры и драйверы перехода;
- предложить меры по интенсификации ЭЗЦ в данной отрасли;
- самостоятельная разработка схемы утилизации или обезвреживания отхода и расчет основного и вспомогательного оборудования.

Структура дипломного проекта включает:

- анализ механизмов образования отходов;
- проектирование технологических линий переработки;
- экономическое обоснование замкнутого цикла;
- оценку экологического эффекта.

Основные темы курсовой работы:

1. Анализ и оптимизация технологии переработки отходов полиэтиленовой плёнки в гранулят: технико-экономические и экологические аспекты.

2. Исследование методов утилизации смешанных отходов, содержащих полиолефины: выбор и обоснование оптимальной технологии.
3. Переработка пищевых отходов в биогаз и органические удобрения: оценка эффективности замкнутого цикла использования побочных продуктов.
4. Утилизация электронных отходов с выделением ценных компонентов: технологические решения и возможности создания замкнутого производственного цикла.
5. Механические методы утилизации отработанных минеральных масел: сравнительный анализ технологий и оценка экономической целесообразности.
6. Физико-химические методы утилизации отработанных минеральных масел.
7. Переработка текстильных отходов в теплоизоляционные материалы: интеграция принципов циркулярной экономики.
8. Вторичное использование строительных отходов: анализ технологий получения вторичных строительных материалов и оценка их качества.
9. Биогазовая переработка пищевых отходов с замкнутым циклом использования побочных продуктов: технологические и экономические аспекты.
10. Переработка древесных отходов в топливные гранулы: обоснование безотходных технологий и оценка их эффективности.
11. Экономика замкнутого цикла в управлении отходами птицеводства: анализ существующих практик и перспективы внедрения.
12. Анаэробная ферментация навоза крупного рогатого скота как элемент системы замкнутого цикла: технологические решения и экологическая эффективность.
13. Переработка полиэтиленовых отходов в композиционные материалы: оценка возможностей организации замкнутого ресурсного цикла.
14. Анаэробная ферментация осадков от биологической очистки сточных вод: технологические схемы и оценка потенциала получения биогаза.
15. Энергетическая утилизация твёрдых коммунальных отходов: анализ методов, оценка экологической и экономической эффективности.

Структура работы должна включать:

- Титульный лист
- Содержание
- Введение (2-3 страницы)
- Основную часть (2-3 главы)
- Заключение (2-3 страницы)
- Список литературы (не менее 15 источников)

Шкала оценивания курсовой работы

Оценка «Отлично» (85–100 баллов) выставляется, если:

Содержание работы:

- Глубокий анализ проблемы управления отходами
- Комплексное исследование с применением современных методов
- Обоснованные и оригинальные выводы
- Полное соответствие теме и поставленным задачам

Структура и оформление:

- Четкая логическая последовательность изложения
- Грамотное оформление всех разделов
- Актуальность использованных источников (не менее 10)
- Корректное оформление расчетов и графиков

Защита работы:

- Свободное владение материалом
- Уверенные ответы на вопросы

- Качественная презентация результатов
- Наличие практических рекомендаций

Оценка «Хорошо» (70–84 балла) ставится, если:

Содержание работы:

- Достаточный уровень проработки темы
- Грамотный анализ основных проблем
- Обоснованные, но недостаточно глубокие выводы
- Некоторые недочеты в теоретической части

Структура и оформление:

- Логичное построение работы
- Допустимы незначительные ошибки в оформлении
- Достаточное количество источников (10+)

Защита работы:

- Хорошее знание материала
- Четкое изложение результатов
- Допустимы небольшие затруднения при ответах

Оценка «Удовлетворительно» (55–69 баллов) присваивается, если:

Содержание работы:

- Поверхностный анализ проблемы
- Частичное решение поставленных задач
- Недостаточно обоснованные выводы
- Отдельные нарушения логики изложения

Структура и оформление:

- Нарушения в структуре работы
- Ошибки в оформлении
- Недостаточное количество источников

Защита работы:

- Слабое владение материалом
- Затруднения при ответах на вопросы
- Некачественные визуальные материалы

Оценка «Неудовлетворительно» (менее 55 баллов) ставится, если:

Содержание работы:

- Тема не раскрыта
- Отсутствие анализа
- Необоснованные выводы
- Существенные пробелы в исследовании

Структура и оформление:

- Грубые нарушения структуры
- Многочисленные ошибки в оформлении
- Недостаточное количество или неактуальность источников

Защита работы:

- Отсутствие понимания темы
- Невозможность ответить на вопросы
- Отсутствие презентации или её низкое качество

Дополнительные критерии снижения оценки:

- Нарушение сроков сдачи работы
- Наличие плагиата
- Грубые ошибки в расчетах
- Отсутствие необходимых разделов
- Несоответствие требованиям оформления

Для промежуточной аттестации:

Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, представлены в виде билетов с 2 заданиями теоретического и 1 практического характера.

Всего 30 аттестационных билетов содержат по два теоретических вопроса и одну задачу.

| Наименование оценочного средства | Экзамен |
|----------------------------------|--|
| Содержание оценочных материалов | <p style="text-align: center;"><i>Примеры аттестационных билетов:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Билет 1</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Международные стандарты в сфере ЭЗЦ2. Классификация отходов по классам опасности3. Муниципалитет инвестирует 1,8 млн руб. в установку для компостирования пищевых отходов, которая позволит сократить расходы на вывоз и захоронение отходов на 400 тыс. руб/год, продавая компост для городского озеленения по 15 руб/кг (объем производства – 50 т/год). Рассчитать срок окупаемости установки. <p style="text-align: center;"><i>Билет 2</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Концепция цифрового двойника в системе управления предприятием по переработке отходов и его ключевые функции.2. Модель экономики замкнутого цикла3. Компания доставляет товары (5 т) на расстояние 800 км грузовиком с расходом дизеля 35 л /100 км). Рассчитайте выбросы CO₂ для грузовика. <p style="text-align: center;"><i>Билет 3</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Международные стандарты в сфере управления отходами (ISO 14000).2. Показатели ресурсоэффективности в экономике замкнутого цикла3. Предприятие производит 100 тонн отходов IV класса опасности в год. Ставка платы за размещение – 950 руб./т. Коэффициент территории – 1,3. Рассчитать годовую плату за размещение отходов. <p style="text-align: center;"><i>Билет 4</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Экологический менеджмент на предприятии.2. Бизнес-модели замкнутого цикла.3. Рассчитать годовой экономический эффект от внедрения системы раздельного сбора, если затраты на вывоз смешанных отходов — 40 000 руб./мес., а после внедрения – 25 000 руб./мес. Срок реализации проекта – 3 года. <p style="text-align: center;"><i>Билет 5</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Инновационные технологии в управлении отходами.2. Углеродный след и методы его снижения3. Рассчитать плату за размещение 50 тонн отходов III класса опасности при базовой ставке 1950 руб./т и коэффициенте территории 1,4. |

| | |
|--|---|
| | <p style="text-align: center;"><i>Билет 6</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Циркулярная экономика и её основные элементы. 2. Метод оценки жизненного цикла LCA 3. Рассчитать годовой экономический эффект от внедрения системы рециклинга при экономии на сырье 150 000 руб./мес. и затратах на внедрение 1 200 000 руб. <p style="text-align: center;"><i>Билет 7</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цифровые технологии в управлении отходами. 2. Технологии обезвреживания опасных отходов. 3. Определить годовую экономию от сокращения образования отходов на 30%, если затраты на утилизацию 1 тонны – 2000 руб., а годовой объём отходов – 50 тонн. |
| <p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p> | <p>При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Правильность выполнения практического задания 2. Владение специальными терминами и использование их при ответе. 3. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы 4. Логичность и последовательность ответа <p>От 34 до 40 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа.</p> <p>От 28 до 34 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна-две неточности в ответе.</p> <p>От 20 до 28 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.</p> |