

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 03.07.2025 11:20:12
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fec3ad1bf35f08

УП: 05.03.06
Экология ЭБиМОС
2025.plx

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Рабочая программа дисциплины

**Технологии замкнутых циклов и экологическая
безопасность**

Закреплена за кафедрой:	Физической географии и экологии
Направление подготовки:	05.03.06 Экология и природопользование
Направленность (профиль):	Экологическая безопасность и мониторинг окружающей среды
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	7

Программу составил(и):

канд. биол. наук, зав. кафедрой, Сурсимова О.Ю.

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

формирование комплекса знаний и умений в области проектирования замкнутых циклов и возможностей их реализации в Российской Федерации.

Задачи :

– изучение основополагающих принципов экономики замкнутого цикла, биологических и технических замкнутых циклов, иерархии методов обращения с отходами, особенностей переработки и рециклинга материалов, российского и международного опыта, механизмов и примеров реализации замкнутых циклов;

– формирование умений анализировать жизненный цикл материала с позиции реализации принципов экономики замкнутого цикла; оценивать эффективность мероприятий в области обращения с отходами с точки зрения достижения целей экономики замкнутого цикла, возврата материала в полезное использование с сохранением его качества и количества;

– формирование навыков проектирования замкнутых циклов материалов с учетом особенностей материала и этапов его жизненного

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Безопасность жизнедеятельности

Промышленная экология

Природно-техногенная безопасность

Охрана окружающей среды

Оценка воздействия на окружающую среду

Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Экологический аудит

Экономический анализ окружающей среды

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
самостоятельная работа	30
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-2.1: Применяет знания теории и методологии экологии, геоэкологии и природопользования, охраны природы, устойчивого развития и наук об окружающей среде в научно-исследовательской и практической деятельности, на основе теоретических знаний предлагает способы и выбирает методы решения экологических задач в сфере экологии и природопользования

ОПК-2.2: Применяет знания и подходы наук в области экологии и природопользования для планирования и реализации деятельности по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, охране природы, рациональному использованию природных ресурсов

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	7

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
	Раздел 1. Принципы построения замкнутых циклов				
1.1	Принципы построения замкнутых циклов	Лек	7	4	
1.2	Принципы построения замкнутых циклов	Лаб	7	2	
1.3	Принципы построения замкнутых циклов	Ср	7	2	
1.4	Замкнутые циклы. Полимерная упаковка Замкнутые циклы. Конструкционные полимеры и резина	Лек	7	8	
1.5	Замкнутые циклы. Полимерная упаковка Замкнутые циклы. Конструкционные полимеры и резина	Лаб	7	4	
1.6	Замкнутые циклы. Полимерная упаковка Замкнутые циклы. Конструкционные полимеры и резина	Ср	7	4	
1.7	Замкнутые циклы. Стекло и строительные материалы	Лек	7	4	
1.8	Замкнутые циклы. Стекло и строительные материалы	Лаб	7	2	
1.9	Замкнутые циклы. Стекло и строительные материалы	Ср	7	4	
1.10	Замкнутые циклы. Металлы и сплавы	Лек	7	4	
1.11	Замкнутые циклы. Металлы и сплавы	Лаб	7	2	
1.12	Замкнутые циклы. Металлы и сплавы	Ср	7	4	
1.13	Замкнутые циклы. Древесина, бумага и картон Текстиль, пищевые и растительные продукты	Лек	7	10	

1.14	Замкнутые циклы. Древесина, бумага и картон Замкнутые циклы. Текстиль, пищевые и растительные продукты	Лаб	7	4	
1.15	Замкнутые циклы. Древесина, бумага и картон Замкнутые циклы. Текстиль, пищевые и растительные продукты	Ср	7	10	
1.16	Эффективность замкнутых циклов Экодизайн.	Лек	7	4	
1.17	Эффективность замкнутых циклов	Лаб	7	3	
1.18	Эффективность замкнутых циклов	Ср	7	6	
1.19		Экзамен	7	27	

Список образовательных технологий

1	Проектная технология
2	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
3	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Раздел 1. Принципы построения замкнутых циклов

Вопрос 1.1.

Экономика замкнутого цикла основана на следующих принципах ...

- неограниченное использование природных ресурсов
- использование возобновляемых источников энергии
- увеличение продолжительности жизненного цикла продуктов
- полный отказ от использования природных ресурсов

Вопрос 1.2.

«Добывай → производи → потребляй/ используй → выбрасывай» – это утрированная формулировка...

- замкнутой схемы жизненного цикла материала
- линейной схемы жизненного цикла материала
- схемы обращения с отходами
- схемы производства неорганических материалов

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Раздел 1. Принципы построения замкнутых циклов

1.

Основные стадии жизненного цикла материала, которые обеспечивают переход от линейной схемы к замкнутой.

2.

Особенности биогенного (биологического) и техногенного (технического) циклов материалов.

3.

- Особенности открытого и закрытого цикла переработки материалов.
- 4.
 - Экодизайн, его принципы и роль в снижении нагрузки на окружающую среду.
 - 5.
 - Варианты экодизайна по стадиям жизненного цикла материала.
 - 6.
 - Основные методы обращения с отходами и их очередность в иерархии методов обращения с отходами.
 - 7.
 - Определения «вторичные материальные ресурсы» и «вторичное сырье» и их разница.
 - 8.
 - Определения «утилизация», «переработка», «рециклинг» и их разница.
 - 9.
 - Определения «рециклинг», «апциклинг», «даунциклинг» и их разница.
 - 10.
 - Каскады переработки и их примеры.
- Раздел 2. Замкнутые циклы. Полимерная упаковка
- 1.
 - Основные виды полимеров, используемые для упаковки.
 - 2.
 - Основные направления вторичного использования и переработки отходов полиэтилена.
 - 3.
 - Основные этапы рециклинга полиэтилена и потери полиэтилена на разных этапах.
 - 4.
 - Примеры экодизайна, которые могут улучшить качество получаемого при рециклинге вторичного полиэтилена.
 - 5.
 - Основные направления переработки отходов полипропилена.
 - 6.
 - Основные этапы рециклинга полипропилена.
 - 7.
 - Основные направления переработки отходов полиэтилентерефталата.
 - 8.
 - Основные этапы рециклинга полиэтилентерефталата и потери полиэтилентерефталата на разных этапах.
 - 9.
 - Примеры экодизайна, которые могут улучшить качество получаемого при рециклинге вторичного полиэтилентерефталата.
 - 10.
 - Особенности переработки многослойной полимерной упаковки.
- Раздел 3. Замкнутые циклы. Конструкционные полимеры и резина
- 1.
 - Основные виды полистирола и направления их использования.
 - 2.
 - Основные направления переработки отходов полистирола.
 - 3.
 - Основные этапы рециклинга полистирола.
 - 4.
 - Деградация АБС-пластик и поливинилхлорида на протяжении жизненного цикла
- 37
- 5.
 - Экологические аспекты энергетической утилизации поливинилхлорида
 - 6.
 - Основные направления использования АБС-пластик и поливинилхлорида.
 - 7.

Основные направления вторичного использования и переработки АБС-пластика и поливинилхлорида.

8.

Основные направления вторичного использования и переработки резины.

9.

Резиновый регенерат и его использование

10.

Особенности отходов стекло- и углепластиков, их рециклинга и возможных направлений использования вторичных волокон

Раздел 4. Замкнутые циклы. Стекло и строительные материалы

1.

Основные требования к стеклобою для его переработки

2.

Основные этапы и оборудование при подготовке стеклянных бутылок и стеклобоя к дальнейшей переработке

3.

Основные причины потерь стекла при рециклинге

4.

Принципы экодизайна изделий из стекла для повышения эффективности его рециклинга

5.

Воздействия на окружающую среду при производстве кирпича, цемента и бетона

6.

Основные направления использования отходов кирпича, цемента и бетона

7.

Основные этапы подготовки кирпича для вторичного использования

8.

Основные направления использования отходов асфальта и битума

9.

Основные этапы подготовки и рециклинга асфальта и битума

10.

Способы повышения эффективности рециклинга асфальта и битума

Раздел 5. Замкнутые циклы. Металлы и сплавы

1.

Основные способы сбора и выделения стального лома в отдельный поток

2.

Основные способы подготовка разных видов стального лома к переплавке

3.

Способы повышения эффективности рециклинга стального лома

4.

Основные этапы производства алюминия

5.

Классификация сплавов алюминия и особенности их рециклинга

6.

Основные способы сбора и выделения алюминиевого лома в отдельный поток

7.

Рекомендации по экодизайну изделий из алюминия для многократного рециклинга

8.

Основные виды редкоземельных металлов и направления их использования

9.

Особенности переработки и рециклинга редкоземельных металлов

10.

Потери редкоземельных металлов по этапам жизненного цикла и способы минимизации этих потерь

38

Раздел 6. Замкнутые циклы. Древесина, бумага и картон

1. Основные направления использования первичной древесины
 2. Основные виды древесных отходов на этапах производства и потребления
 3. Основные факторы деградации древесины
 4. Основные этапы технологического процесса переработки древесины для повторного использования
 5. Основные направления применения макулатуры, основные воды продукции из отходов бумаги и картона
 6. Требования к качеству отходов гофрокартона для рециклинга
 7. Основные системы сбора картона и бумаги
 8. Основные этапы рециклинга бумаги и картона
 9. Строение, преимущества и недостатки многослойной упаковки на основе картона
 10. Основные этапы и особенности переработки многослойной упаковки на основе картона мокрым способом, получаемые продукты
- Раздел 7. Замкнутые циклы. Текстиль, пищевые и растительные продукты
1. Основные этапы жизненного цикла текстиля
 2. Влияние отдельных этапов производства текстиля на окружающую среду
 3. Особенности и причины деградации волокон на протяжении жизненного цикла. Меры повышения эффективности рециклинга текстиля и волокон
 4. Основные направления вторичного использования и переработки текстиля и волокон и их приоритетность
 5. Основные отходы производства на предприятиях растениеводства и животноводства
 6. Потери продуктов питания по этапам жизненного цикла и их основные причины
 7. Требования к отходам, пригодным для переработки в органические удобрения
 8. Наиболее и наименее предпочтительные варианты обращения с пищевыми отходами с точки зрения экономики замкнутого цикла
 9. Общая характеристика и особенности технологий компостирования и анаэробного сбраживания.
 10. Требования к производству, транспортированию, хранению и использованию продуктов питания для минимизации образования пищевых отходов
- 39
- Раздел 8. Эффективность замкнутых циклов
1. Стратегия «чистых циклов», ее основные принципы
 2. Основные виды деградации материалов. Изменения качества материала на протяжении жизненного цикла

3. Непреднамеренно добавленные вещества и требования к материалам для контакта с продуктами питания
4. Основные виды количественных потерь материалов на протяжении жизненного цикла
5. Потери разбавления и их причины. Потери рассеивания и их причины
6. Роль добычи ресурсов из ранее захороненных отходов в построении замкнутых циклов материалов
7. Особенности потерь количества для разных материалов
8. Уровень рециклинга материала. Изменения методологии оценки уровня рециклинга в Европейском союзе.
9. Предельный (теоретически достижимый) уровень рециклинга и факторы, его определяющие. Разница между технологическим, экономическим и экологическим предельными уровнями рец

8.3. Требования к рейтинг-контролю

- дисциплина заканчивается экзаменом
на экзамене максимально - 40 б
60 б. студент может получить в течении семестра
5 б. - на лабораторном занятии за работу (презентации, выполнение тестов, дискуссии)
15 б - выполнение расчетной задачи по анализу степени замкнутости цикла переработки полимеров, стекла, металлов, пищевых отходов.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература

Основная

Шифр	Литература
Л.1.1	Колесникова Е. В., Техногенные системы и экологический риск, Санкт-Петербург: РГГМУ, 2020, ISBN: 978-5-86813-513-2, URL: https://e.lanbook.com/book/338174
Л.1.2	Цыганов, Техногенные системы и экологический риск, Тверь: Тверской государственный университет, 2014, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/ucheb/13518d/Start.html
Л.1.3	Ларионов, Рябышенков, Промышленная экология, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-17293-5, URL: https://urait.ru/bcode/538645

Перечень программного обеспечения

1	Adobe Acrobat Reader
2	Google Chrome

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС ТвГУ
2	ЭБС «Лань»
3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
4	ЭБС «ЮРАИТ»
5	ЭБС «ZNANIUM.COM»
6	СПС "КонсультантПлюс"
7	СПС "ГАРАНТ"

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
6-201	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, экран, проектор
6-206	проектор, компьютер

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

Все расчеты выполняются последовательно, с занесением полученных промежуточных и окончательных результатов в соответствующем месте отчетной формы представления результатов. Это значительно облегчает как выполнение самого задания, так и его проверку преподавателем.

Отчетная форма может заполняться в бумажном виде от руки или в электронном виде. Если форма заполняется в бумажном виде, то она сдается преподавателю или непосредственно в бумажном виде, или в виде фото- или отсканированной копии в зависимости от принятой формы взаимодействия с преподавателем. Все подписи должны быть четкими, читаемыми и не предполагать неоднозначных трактовок. Небольшие поправки допустимы, но не должны мешать проверке работы.

Все ячейки таблиц и поля, предназначенные для заполнения (выделены толстой рамкой), строго должны быть заполнены.

В ходе выполнения проектно-расчетных заданий каждый обучающийся может получить от преподавателя индивидуальную консультацию и методическую помощь. пример одного из заданий.

ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ 1. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ПЭТ БУТЫЛОК С ПОЛУЧЕНИЕМ ПЭТ ФЛЕКСА

1. Задание

Рассчитайте массу готового ПЭТ флекса, которую можно получить при переработке 1 тонну кипованных ПЭТ бутылок.

Рассчитайте, суммарные потери массы исходного потока кипованных ПЭТ бутылок с образующимися вторичными отходами, сбросами (сточными водами), выбросами (испарениями).

(вариант данных необходимо получить у преподавателя).

Все расчеты выполняются в килограммах с точностью до первого знака после запятой. Расхождения $\pm 0,1$ кг в балансе допустимы и объясняются округлением чисел.

Чистые ПЭТ хлопья и остаточные примеси имеют одинаковую влажность.

Готовый ПЭТ флекс содержит остаточные количества примесей и влаги, то есть его масса – это не только масса чистого сухого ПЭТ, но и масса остаточных примесей и влаги.

Для упрощения расчетов принято, что при удалении примесей на этапе сортировки хлопьев потерь самого ПЭТ не происходит (в потоке примесей нулевое содержание ПЭТ).

Для упрощения расчетов в рассматриваемой схеме производства принята

прямоточная схема водоснабжения, хотя на практике обычно используется замкнутая схема с очисткой образующихся сточных вод и их повторным использованием.