

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 18.09.2025 08:26:20  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 21 » 08 2025г.



### СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ. Тема 3

Методические указания по подготовке к практическим занятиям и  
выполнению самостоятельной работы для обучающихся, осваи-  
вающих ОПОП ВО – программы магистратуры, реализуемые по  
модели «перевернутого обучения»

Курск – 2025

УДК 543

Составитель: А.В. Лысенко

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент Н.В. Кувардин

**Способы утилизации и переработки отходов химических производств. Тема 3:** методические указания по подготовке к практическим занятиям и выполнению самостоятельной работы для обучающихся, осваивающих ОПОП ВО – программы магистратуры, реализуемые по модели «перевернутого обучения» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Лысенко. – Курск, 2025. – 87 с.: – Библиогр.: с. 82.

Методические указания структурированы по темам дисциплины, знакомят обучающихся с алгоритмом, применяемым при реализации ОПОП ВО по модели «перевернутого обучения»; содержанием самостоятельной работы обучающихся по освоению каждой темы дисциплины и планом проведения каждого лабораторного занятия; включают вопросы и задания, предлагаемые обучающимся для самостоятельной внеаудиторной и аудиторной работы.

Предназначены для обучающихся по очной форме обучения по ОПОП ВО – программа магистратуры, реализуемым по модели «перевернутого обучения», осваивающих дисциплину «Способы утилизации и переработки отходов химических производств».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21.08.25 Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 5,06. Уч.-изд. л. 4,58.

Тираж 100 экз. Заказ 889 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**ТЕМА № 3**  
**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТХО-**  
**ДАМИ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБРАЩЕНИЮ, УТИ-**  
**ЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХО-**  
**ДОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**I. ДИСТАНЦИОННАЯ ЧАСТЬ**

*Задания, выполняемые до начала  
первого практического занятия по теме №3*

**1. Внеаудиторная (домашняя) самостоятельная работа обучающихся по освоению основных положений темы № 2:** предварительное (до начала первого практического занятия по теме) самостоятельное изучение теоретического учебного контента по новой теме дисциплины, разработанного преподавателем и представленного в цифровом формате на портале do.swsu.ru

1.1 Ознакомьтесь с **инструкцией** о порядке организации самостоятельной работы по изучению данной темы и следуйте ей.

1.2. Прочитайте **перечень основных теоретических вопросов**, которые необходимо самостоятельно освоить, и **текст с изложением указанных вопросов**.

1.3 Работая с текстом, вносите по мере чтения необходимые записи в **опорный конспект**, который поможет вам запомнить главное (вы можете скачать его прямо отсюда).

*Опорный конспект по теме №3 «Интегрированная система управления отходами: комплексный подход к обращению, утилизации и обезвреживанию техногенных отходов химических производств»*

**1. ЗАПОМИНАЕМ ГЛАВНОЕ**

1.1 Запишите базовое определение:

Рециклинг – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Утилизация – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Опасные отходы I класса – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Техногенные отходы – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Инертные отходы – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Шлам-лигнин – \_\_\_\_\_.

Гальванические шламы – \_\_\_\_\_.

TDS (Total Dissolved Solids) – \_\_\_\_\_.

Коррозионная стойкость – \_\_\_\_\_.

Кинетический анализ – \_\_\_\_\_.

Базельская конвенция – \_\_\_\_\_.

ГОСТ Р 56195-2014 – \_\_\_\_\_.

Плазменная газификация – \_\_\_\_\_.

Пиролиз – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Биодеградация – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

Гидрометаллургия – \_\_\_\_\_ (например, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_).

1.2 Допишите предложения:

Целью интегральной системы управления отходами является \_\_\_\_\_.

Ключевые аспекты интегральной системы управления отходами описаны в следующей нормативно-правовой базе:

\_\_\_\_\_.

Bioleaching – биологическое \_\_\_\_\_ с помощью бактерий (например, *Acidithiobacillus ferrooxidans*).

Каталитическое обезвреживание – нейтрализация \_\_\_\_\_ с использованием катализаторов (применяется для \_\_\_\_\_).

Circular Economy – модель экономики, направленная на \_\_\_\_\_ ресурсов и минимизацию \_\_\_\_\_.

1.3 Запоминаем экономические и экологические термины:

CAPEX (Capital Expenditure) – капитальные затраты на оборудование и инфраструктуру (например, 120 млн руб. для переработки АКБ).

OPEX (Operational Expenditure) – эксплуатационные расходы (энергия, зарплата, сырье).

NPV (Net Present Value) – чистая приведенная стоимость проекта, учитывающая дисконтирование денежных потоков.

Точка безубыточности – объем производства, при котором доходы равны расходам.

Углеродные квоты – разрешения на выброс CO<sub>2</sub> торгуемые на рынке (цена ~50 USD/т).

Кинетический анализ коррозии – изучение скорости разрушения материалов под воздействием агрессивных сред.

Коррозионная стойкость – способность материала сопротивляться разрушению (измеряется в мм/год).

Экологический ущерб – стоимостная оценка вреда, нанесенного окружающей среде (например, штраф за выброс HCl – 100 000 руб./т).

## 2. СОЗДАЕМ БАЗУ ДАННЫХ

### 2.1 Вставьте пропущенную информацию:

Тип отхода	Технология переработки	Нормативный документ
Полимерные отходы	___ → получение топлива	ГОСТ _____
Токсичные растворители	_____	СанПиН ____
Древесные отходы	Брикетирование → ___	ФЗ _____

2.2 Заполните таблицу по внедрению интегрированной системы управления отходами:

Этап	Действия	Результат
Анализ		
Планирование		
Внедрение		
Мониторинг		
Оптимизация		

### 2.3 Сравните технологии переработки отходов:

Технология	Тип отходов	Преимущества	Недостатки	Эффективность (КПД)
Пиролиз				
Плазменная газификация				
Биодеградация				
Гидрометаллургия				

2.4 Заполнить таблицу по классификации и методам утилизации опасных отходов:

Опасные отходы	Класс опасности	Методы утилизации	Состав отходов	Основные компоненты	Нормативные документы	Экологический риск	Стоимость утилизации (руб./т)
Ртутьсодержащие отходы							
Гальванические шламы							
Хромсодержащие отходы							
Нефтешламы							
Отходы нефтепродуктов							
Строительный мусор							
Строительный бой							
Отходы лакокрасочных материалов							
Аккумуляторные батареи							
Отработанные электролиты							
Отходы шин							
Полимерные отходы							

Опасные отходы	Класс опасности	Методы утилизации	Состав отходов	Основные компоненты	Нормативные документы	Экологический риск	Стоимость утилизации (руб./т)
Отходы пластика							
Электронные отходы							
Отходы стекла							
Отходы гальванических производств							
Древесные отходы							
Отходы бумаги							

### 2.5 Допишите экономические и экологические показатели:

Параметр	Формула/Расчет	Пример
Рентабельность	$(\text{Прибыль} / \text{Затраты}) \cdot 100\%$	
Снижение CO <sub>2</sub>		$1000 \text{ т} \cdot 0.8 \text{ т CO}_2 / 800 \text{ т CO}_2$
Срок окупаемости	CAPEX / Чистая прибыль в год	
Экологический ущерб		$100\,000 \text{ руб./т} \cdot 5 \text{ т} = 500\,000 \text{ руб.}$

2.6 Заполните таблицу, распределив методы утилизации по типам отходов:

Отрасль	Виды отходов	Рекомендуемые методы утилизации
Химические производства	Токсичные растворители	
	Отработанные катализаторы	
Металлургия	Шлаки	
	Гальванические шламы	
Машиностроение	Отработанные масла	
	Металлическая стружка	
Легкая промышленность	Текстильные обрезки	
	Красители	
Целлюлозно-бумажная	Лигнин	
	Шлам-лигнин	

2.7 Создайте блок-схему, отражающую процесс выбора метода утилизации для различных типов отходов

2.8 Допишите нормативно-правовую базу утилизации опасных отходов по классам:

Класс опасности	Примеры	Способ утилизации	Нормативный документ
I класс	Ртутные лампы, пестициды		
II класс	Гальванические шламы, кислоты		
III класс	Нефтешламы, масла		
IV класс	Строительный мусор, текстиль		

1.4 Посмотрите **мультимедийную презентацию** по теме №3 «Интегрированная система управления отходами: комплексный подход к обращению, утилизации и обезвреживанию техногенных отходов химических производств» перед чтением текста. Обратите внимание на нормативно-правовое регулирование в области обращения с отходами, комплексный подход к обращению с отходами и интегрированную систему управления отходами, которая включает в себя, контроль и оценку эффективности мероприятий по обращению с отходами, а также разработку и внедрение новых технологий переработки.

1.5 Посмотрите **видеоролики** по теме №3 «Интегрированная система управления отходами: комплексный подход к обращению, утилизации и обезвреживанию техногенных отходов химических производств» в ходе чтения текста (параллельно с ним): «Промышленные отходы: утилизация или переработка», «Об итогах работы с экспертами по оценке завода по термическому обезвреживанию отходов», «Новая система обращения с промышленными отходами в России: первые итоги», «Как правильно перерабатывать органические отходы: современные технологии», «Утилизация отходов производства и потребления. Производственные отходы», «Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов», «Утилизация отходов в промышленном секторе: проблемы, перспективы, решения».

Обратите внимание на основные технологии утилизации промышленных отходов, эффективность термического обезвреживания, новые подходы к переработке химических отходов, проблемы внедрения современных систем управления, экономические аспекты переработки, опыт работы экспертных групп, перспективные решения в сфере утилизации и примеры успешных кейсов внедрения интегрированных систем управления отходами на химических производствах

1.6 Перескажите изученный теоретический материал по вопросам, указанным в инструкции, и опорному конспекту. Воспользуйтесь также следующими **вопросами для самоконтроля**:

1. Какие принципы лежат в основе интегрированной системы управления опасными отходами?

2. Какие документы регулируют трансграничное перемещение опасных отходов?

3. Назовите три ключевых требования ГОСТ Р 56195-2014 к переработке полимерных отходов.

4. Как международные соглашения (например, Базельская конвенция) влияют на национальные стратегии утилизации отходов?

5. Какие факторы определяют выбор технологии утилизации отходов химических производств?

6. Чем отличается гидрометаллургия от пирометаллургии при переработке электронных отходов?

7. Как рассчитать экономическую эффективность проекта по переработке?

8. В чём преимущества и недостатки термических методов переработки (сжигание, пиролиз, плазменная газификация) для разных классов отходов?

9. Какой метод применяют для утилизации гальванических шламов II класса опасности?

10. Какие инновационные технологии применяются для рециклинга металлургических шлаков и гальванических шламов?

11. Как интегрировать принципы циркулярной экономики в металлургическое производство?

12. Почему плазменная газификация эффективна для отходов I класса, но редко используется в РФ?

13. Какие методы позволяют повысить рентабельность переработки электронных отходов?

14. Как проводится кинетический анализ коррозии металлов?

15. Как оценить коррозионную стойкость материалов в условиях агрессивных техногенных сред?

16. Как техногенные факторы влияют на коррозию промышленного оборудования?

17. Какие факторы техногенной среды ускоряют коррозию трубопроводов?

18. Назовите два современных метода переработки текстильных отходов.

19. Какие современные подходы используются для утилизации текстильных отходов в легкой промышленности?

20. Почему переработка синтетических тканей сложнее, чем хлопковых?

21. Сравните рециклинг полимеров методом пиролиза и сжигания по критериям: выбросы, рентабельность, выход продукта.

22. В чём преимущество химического рециклинга ПЭТ перед механическим?

23. Почему химический рециклинг PVC-отходов сложнее, чем переработка ПЭТ? Как оценить экологический ущерб от микропластика при захоронении полимеров?

24. Какие экологические риски связаны с захоронением полимерных отходов и как их минимизировать?

25. Почему переработка полимерных отходов требует комбинации механических и химических методов?

26. Какие продукты можно получить из шлам-лигнина?

27. Как оценить экологический эффект от внедрения системы раздельного сбора отходов на предприятии?

28. Назовите 3 технологии переработки химических отходов.

29. Как оценить коррозионную стойкость материала?

30. Какие нормативные акты регулируют утилизацию полимеров?

1.7 Возьмите с собой на практическое занятие свой опорный конспект по теме №2.

1.8 Выполните входное тестирование по теме №2.

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 2:

1. Что такое рециклинг?

а) Процесс уничтожения отходов

б) Процесс повторного использования материалов

в) Процесс захоронения отходов

г) Процесс нейтрализации отходов

2. Какой класс опасности у ртутьсодержащих отходов?

- а) I класс      б) II класс      в) III класс      г) IV класс

3. Что такое TDS?

- а) Показатель токсичности отходов  
 б) Показатель растворенных твердых веществ  
 в) Показатель температуры разложения  
 г) Показатель термической стойкости

4. Какой метод утилизации применяется для I класса опасности?

- а) Захоронение на полигонах  
 б) Плазменная газификация  
 в) Компостирование  
 г) Сжигание

5. Допишите определение: Утилизация – это \_\_\_\_\_.

6. Назовите три примера техногенных отходов:

7. Рассчитайте срок окупаемости проекта, если CAPEX = 100 млн руб., годовая прибыль = 20 млн руб. (Ответ: \_\_\_\_ лет)

8. Соотнесите технологию и тип отходов:

1	Пиролиз	А	Гальванические шламы
2	Биодеградация	Б	Отходы I класса
3	Гидрометаллургия	В	Полимерные отходы
4	Плазменная газификация	Г	Древесные отходы

- а) 1А2Б3В4Г      б) 1В2Г3А4Б      в) 1Б2А3В4Г      г) 1Г2А3В4Б

9. Установите правильную последовательность этапов внедрения системы управления отходами:

1. Внедрение  
 2. Анализ  
 3. Оптимизация  
 4. Планирование  
 5. Мониторинг

- а) 51324      б) 24153      в) 52413      г) 41352

10. Какие факторы влияют на выбор метода утилизации?

1. Класс опасности отходов

2. Экономическая целесообразность

3. Сезонность

4. Состав отходов

5. Географическое расположение предприятия

а) 235

б) 124

в) 1234

г) 2345

11. Какой показатель отражает эффективность проекта?

а) CAPEX

б) OPEX

в) NPV

г) TDS

12. Соотнесите экономические термины и их определения:

1	CAPEX	А	Капитальные затраты
2	OPEX	Б	Эксплуатационные расходы
3	NPV	В	Чистая приведенная стоимость

13. Расположите методы утилизации по эффективности (от наиболее к наименее эффективному):

1. Рециклинг

2. Сжигание

3. Захоронение

4. Компостирование

а) 2134

б) 1423

в) 1234

г) 4321

14. Что такое биодegradация?

а) Процесс естественного разложения отходов

б) Процесс термического разложения

в) Процесс химического разложения

г) Процесс механического измельчения

15. Соотнесите отрасль и виды отходов:

1	Химическая промышленность	А	Текстильные обрезки, красители
2	Металлургия	Б	Отработанные масла, стружка
3	Машиностроение	В	Шлаки, шламы
4	Легкая промышленность	Г	Токсичные растворители, катализаторы

а) 1В2Б3Г4А

б) 1Г2В3Б4А

в) 1Б2В3Г4А

г) 1А2В3Б4Г

## **II. АУДИТОРНАЯ ЧАСТЬ**

### **Практическое занятие №4**

«Интегрированная система управления опасными отходами:  
нормативно-правовое регулирование и технологические аспекты»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №3, в производственных ситуациях.

#### **Планируемые результаты обучения:**

##### **Знать:**

методы оценки эффективности научных проектов, современные подходы к организации научно-исследовательской деятельности, требования к оформлению научно-технической документации, критерии отбора актуальных научных проблем, особенности различных этапов научного исследования; основные технологические процессы производства, методики проведения технологических операций, стандарты и регламенты веде-

##### **Уметь:**

формулировать цели и задачи научных исследований, оценивать риски и возможные трудности при проведении исследований, анализировать полученные результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе, презентовать результаты исследований; применять технологические методики на практике, контролировать параметры процесса, оценивать качество получае-

##### **Иметь опыт деятельности:**

оценки актуальности научных проблем, планирования этапов научного исследования, работы с научно-технической документацией, анализа полученных результатов, представления результатов научных исследований; ведения технологических процессов, контроля параметров производства, документирования технологических операций, работы с технической документацией;

**Знать:**

ния процессов, параметры контроля технологических режимов, требования к качеству получаемой продукции, факторы, влияющие на ход технологического процесса;

современные методы обработки экспериментальных данных, статистические методы анализа результатов, принципы построения математических моделей, методики интерпретации полученных данных, требования к оформлению технической документации, способы визуализации результатов исследований;

принципы оптимизации производственных процессов, методы оценки качества и надежности продукции, критерии выбора оптимальных технологических параметров, факторы,

**Уметь:**

мых результатов, выявлять отклонения от нормы, принимать решения по оптимизации процесса;

применять статистические методы анализа, оценивать точность и достоверность результатов, строить математические модели процессов, интерпретировать полученные результаты, выявлять закономерности в данных, формулировать выводы на основе анализа, представлять результаты в наглядной форме, составлять отчеты по результатам исследований;

анализировать производственные процессы, определять оптимальные условия производства, оценивать влияние различных факторов на качество продукции, рассчитывать

**Иметь опыт деятельности:**

обработки и анализа данных, применения статистических методов, построения графиков и диаграмм, оценки погрешностей измерений, интерпретации результатов экспериментов, выявления причинно-следственных связей, формулирования выводов, подготовки научно-технических отчетов, представления результатов исследований, использования специализированного программного обеспечения для анализа данных;

анализа производственных процессов, определения оптимальных параметров производства, оценки эффективности технологических решений, расчета

**Знать:**

влияющие на себестоимость производства, современные технологии производства, способы повышения эффективности производственных процессов; нормативные требования к продукции, стандарты качества и безопасности, принципы планирования производственных процессов, требования к документации; экологические стандарты производства, методы оценки экологической безопасности, принципы организации безопасного производства, способы минимизации негативного воздействия на окружающую среду, нормативные документы в области безопасности

**Уметь:**

экономические показатели производства, разрабатывать предложения по оптимизации процессов, выбирать оптимальные технологические режимы; планировать производственные процессы, обеспечивать соответствие продукции требованиям, вести производственную документацию, организовывать контроль качества; оценивать экологическую безопасность процессов, разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды, внедрять экологически чистые технологии

**Иметь опыт деятельности:**

экономических показателей, разработки предложений по оптимизации, внедрения улучшений в производственные процессы; обеспечения соответствия продукции требованиям, ведения производственной документации, организации контроля качества, работы с нормативными документами; оценки экологической безопасности, разработки природоохранных мероприятий, внедрения экологически чистых технологий, работы с экологической документацией

**Необходимое материально-техническое оборудование:** мультимедийный проектор, ноутбук, экран, ручки, листы А4, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

### **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №4**

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний).

2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3.

3. Выполнение обучающимися практических заданий.

4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

**1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)**

#### **1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3**

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучающимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

#### **1.2 Тестирование по теме № 2**

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме №3:

1. Что является определяющим признаком радиоактивных отходов?

- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| а) Ионизирующая энергия | б) Токсичность   |
| в) Взрывоопасность      | г) Коррозийность |

2. Какой метод утилизации обеспечивает минимальные выбросы вредных газов?

- |                |                |
|----------------|----------------|
| а) Пиролиз     | б) Сжигание    |
| в) Захоронение | г) Инсинерация |

3. Какие отходы относятся к инфекционным?

- |                       |              |
|-----------------------|--------------|
| а) Медицинские отходы | б) Батарейки |
| в) Нефтепродукты      | г) Полимеры  |

4. При какой температуре проводится инсинерация?



11. Установите соответствие между методом утилизации и его особенностью:

1	Пиролиз	А	Термическое разложение без доступа кислорода
2	Инсинерация	Б	Обработка при температуре более 1000°С
3	Плазменная газификация	В	Уничтожение практически любых отходов

а) 1А2Б3В      б) 1А2В3Б      в) 1Б2В3А      г) 1В2Б3А

12. Определите правильную последовательность действий при транспортировке опасных отходов:

1. Проверка маркировки
2. Проверка отсутствия утечек
3. Контроль целостности упаковки
4. Осмотр тары

а) 4132      б) 4123      в) 1432      г) 1423

13. Какой метод не используется для обезвреживания токсичных отходов?

- а) Биодеградация
- б) Компостирование
- в) Пиролиз
- г) Химическая нейтрализация

14. Определите класс опасности отходов, если их LD50 (летальная доза) составляет 150 мг/кг.

15. Соотнесите метод утилизации и его описание:

1	Биодеградация	А	Повторное использование материалов
2	Рециклинг	Б	Изоляция на специальных полигонах
3	Захоронение	В	Разложение микроорганизмами
4	Инсинерация	Г	Сжигание при температуре выше 1000°С

а) 1Г2Б3А4В      б) 1А2Б3Г4В      в) 1Б2Г3А4В      г) 1В2А3Б4Г

## **2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3**

### **Консультация преподавателя**

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирования при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

## **3. Выполнение обучающимися практических заданий**

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится по технологии ротации станций.

Аудитория разделена на 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малых групп, в каждой группе – 3-5 человек.

На станции №1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях №2 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции №3 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; применение знаний, умений и навыков в производственной ситуации; анализ и синтез информации или каких-либо данных; оценку информации, данных, объектов, субъектов и т.д.; создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 30 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции №1 с преподавателем** (*по содержанию темы №3, изученному дома самостоятельно*)

1. Что представляет собой понятие «опасные отходы» в экологическом контексте?

2. Как характеризуется свойство веществ вызывать патологические изменения в организме (токсичность)?

3. Какие государственные стандарты регламентируют оценку пожарной опасности отходов?

4. Как классифицируется свойство отходов вступать в химические реакции с интенсивным газовыделением, способное повредить окружающие объекты?

5. Какие категории входят в группу особо опасных отходов согласно существующей классификации?

6. Какое ключевое свойство отличает радиоактивные отходы от других видов опасных отходов?

7. Какие специфические требования предъявляются к обращению с токсичными и радиоактивными отходами?

8. Как классифицируются материалы, жидкости и вещества, представляющие серьезную угрозу здоровью при контакте с организмом человека?

9. Какие нормативные требования регулируют процесс перевозки опасных отходов?

10. Какие основные технологии применяются для переработки опасных отходов в современной практике?

11. Что означает процесс инсинерации в контексте утилизации отходов?

12. Какая технология является предпочтительной при обращении с высокотоксичными и радиоактивными отходами?

13. Какие термические методы применяются для утилизации отходов первого класса опасности?

14. В чем заключается принцип обработки отходов методом низкотемпературной плазмы?

15. Какие основные проблемы возникают при обращении с компонентами химического и ракетно-ядерного оружия?

### **Практическое задание для станции №2 (общее)**

#### **Комплексный анализ нарушений в области обращения с опасными отходами**

Компания «ЭкоТех» допустила нарушения при транспортировке ртутьсодержащих отходов (I класс опасности). В ходе проверки выявлено:

- отсутствие паспорта отходов;
- использование тары, не соответствующей ГОСТ 26319-84;
- отсутствие лицензии на транспортировку;
- утечка ртути при погрузке.

Используя для выполнения ФЗ № 89 (ст. 14, 15, 24); КоАП РФ (ст. 8.2, 8.41); ГОСТ 26319-84; методика расчета ущерба (Приказ Минприроды № 541); обзор судебной практики ВС РФ за 2024 г., необходимо:

– указать статьи ФЗ № 89, КоАП РФ и ГОСТы, которые были нарушены.

– назвать меры, которые должна принять компания для устранения нарушений.

– составить проект предписания Росприроднадзора с перечнем мер для устранения нарушений (форма: введение, требования, сроки).

– рассчитать размер штрафа для юридического лица по ст. 8.2 КоАП РФ.

– рассчитать размер экологического ущерба от утечки ртути (объем утечки – 0,5 л, коэффициент опасности – 1,7).

– проанализировать судебную практику по аналогичным нарушениям (приведите 1 пример из Постановлений ВС РФ).

### **Практическое задание для станции №3 (индивидуальное) Разработка интегрированной системы утилизации опасных отходов**

На основе данных о типе отхода (см. варианты отходов) разработайте проект утилизации, включающий:

- класс опасности;
- нормативный документ, регулирующий обращение;
- технологию переработки (например: пиролиз, нейтрализация);
- требования к транспортировке;
- технологическую схему (этапы: сбор, транспортировка, обработка, захоронение);
- нормативно-правовое обоснование (ФЗ, СанПиН, ГОСТ);
- расчет экономических затрат (оборудование, логистика, утилизация);
- оценку экологического риска (возможные ЧС, меры профилактики);
- план действий при аварийной ситуации (например, разгерметизация тары).

При выполнении работы использовать ФЗ № 89; СанПиН 2.1.7.2790-10; руководство по оценке экологических рисков (Росприроднадзор, 2023); методики расчета затрат (Приказ Минпромторга № 321).

#### **Варианты отходов:**

1. Отработанные аккумуляторы (свинец, серная кислота)
2. Пестициды с истекшим сроком годности
3. Ртутные лампы
4. Нефтешламы
5. Отходы гальванических производств (соли хрома)
6. Просроченные лекарства
7. Отходы растворителей (ацетон, толуол)
8. Батарейки (Li-ion)
9. Отходы асбеста
10. Лакокрасочные материалы
11. Отходы электронного оборудования (платы, провода)
12. Полихлорированные бифенилы (ПХБ)

13. Отходы пестицидной тары
14. Отходы рентгеновской пленки (серебросодержащие)
15. Медицинские отходы класса Б (инфицированные материалы)

**Пример выполнения (для варианта 15):**

Класс опасности: II (высокоопасные).

Нормативный документ: СанПиН 2.1.7.2790-10.

Технология: Автоклавирование + захоронение остатков.

Транспортировка: В герметичных контейнерах с маркировкой «Биологическая опасность».

Технология: Автоклавирование → измельчение → захоронение в спецполигоне.

Нормативы: СанПиН 2.1.7.2790-10, ФЗ № 89 (ст. 21).

Экономика: Стоимость автоклава – 2 млн руб., логистика – 50 тыс. руб./тонна.

Риски: Заражение персонала → требования к СИЗ.

Аварийный план: Нейтрализация хлорсодержащими растворами.

#### **4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися**

##### **Защита решений**

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

#### **Практическое занятие №5**

«Рециклинг и утилизация техногенных отходов в металлургической, химической и машиностроительной отраслях: инновационные технологии и процессы»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при само-

стоятельном освоении темы №3, в производственных ситуациях, познакомившись со способами утилизации отходов химической промышленности, металлургии и комплексов машиностроения.

### **Планируемые результаты обучения:**

#### **Знать:**

методы оценки эффективности научных проектов, современные подходы к организации научно-исследовательской деятельности, требования к оформлению научно-технической документации, критерии отбора актуальных научных проблем, особенности различных этапов научного исследования; основные технологические процессы производства, методики проведения технологических операций, стандарты и регламенты ведения процессов, параметры контроля технологических режимов, требования к качеству получаемой продукции, факторы,

#### **Уметь:**

формулировать цели и задачи научных исследований, оценивать риски и возможные трудности при проведении исследований, анализировать полученные результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе, презентовать результаты исследований; применять технологические методики на практике, контролировать параметры процесса, оценивать качество получаемых результатов, выявлять отклонения от нормы, принимать решения по оптимизации процесса; применять статистические методы анализа, оценивать точность и

#### **Иметь опыт деятельности:**

оценки актуальности научных проблем, планирования этапов научного исследования, работы с научно-технической документацией, анализа полученных результатов, представления результатов научных исследований; ведения технологических процессов, контроля параметров производства, документирования технологических операций, работы с технической документацией; обработки и анализа данных, применения статистических методов, построения

**Знать:**

влияющие на ход технологического процесса;

современные методы обработки экспериментальных данных, статистические методы анализа результатов, принципы построения математических моделей, методики интерпретации полученных данных, требования к оформлению технической документации, способы визуализации результатов исследований;

принципы оптимизации производственных процессов, методы оценки качества и надежности продукции, критерии выбора оптимальных технологических параметров, факторы, влияющие на себестоимость производства, современные технологии производства, способы по-

**Уметь:**

достоверность результатов, строить математические модели процессов, интерпретировать полученные результаты, выявлять закономерности в данных, формулировать выводы на основе анализа, представлять результаты в наглядной форме, составлять отчеты по результатам исследований;

анализировать производственные процессы, определять оптимальные условия производства, оценивать влияние различных факторов на качество продукции, рассчитывать экономические показатели производства, разрабатывать предложения по оптимизации процессов, выбирать оптимальные технологические режимы;

планировать производственные процессы, обеспечивать соответствие продукции тре-

**Иметь опыт деятельности:**

графиков и диаграмм, оценки погрешностей измерений, интерпретации результатов экспериментов, выявления причинно-следственных связей, формулирования выводов, подготовки научно-технических отчетов, представления результатов исследований, использования специализированного программного обеспечения для анализа данных;

анализа производственных процессов, определения оптимальных параметров производства, оценки эффективности технологических решений, расчета экономических показателей, разработки предложений по оптимизации, внедрения улучшений в

**Знать:**

вышения эффективности производственных процессов; нормативные требования к продукции, стандарты качества и безопасности, принципы планирования производственных процессов, требования к документации; экологические стандарты производства, методы оценки экологической безопасности, принципы организации безопасного производства, способы минимизации негативного воздействия на окружающую среду, нормативные документы в области безопасности

**Уметь:**

бованиям, вести производственную документацию, организовывать контроль качества; оценивать экологическую безопасность процессов, разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды, внедрять экологически чистые технологии

**Иметь опыт деятельности:**

производственные процессы; обеспечения соответствия продукции требованиям, ведения производственной документации, организации контроля качества, работы с нормативными документами; оценки экологической безопасности, разработки природоохранных мероприятий, внедрения экологически чистых технологий, работы с экологической документацией

**Необходимое материально-техническое оборудование:**

мультимедийный проектор, ноутбук, экран, ручки, листы А4, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

## **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №5**

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний).
2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3.
3. Выполнение обучающимися практических заданий.
4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

### **1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)**

#### **1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3**

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучающимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

#### **1.2 Тестирование по теме №3**

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 2:

1. Какие из перечисленных технологий способствуют металло-сбережению в машиностроении?
  - а) Вакуумное напыление
  - б) Газотермическое напыление
  - в) Ручная ковка
  - г) Литье в песчаные формы
2. Удельная емкость в машиностроении в 3 раза ниже, чем:
  - а) В металлургии
  - б) В среднем по обрабатывающим отраслям
  - в) В химической промышленности
  - г) В энергетике
3. Какой индикатор электросбережения в машиностроении был зафиксирован в 2006-2013 гг.?
 

а) 0,45	б) 0,66	в) 0,86	г) 1,2
---------	---------	---------	--------



12. Установите последовательность снижения электроемкости в машиностроении:

1	2002-2007 гг.	А	6%
2	2006-2011 гг.	Б	50%
3	. 2015-2020 гг.	В	34%

а) 1Б2В3А      б) 1А2Б3В      в) 1А2В3Б      г) 1В2А3Б

13. Предприятие внедрило технологию, снижающую металлоемкость на 40%. Рассчитайте экономию металла при годовом объеме производства 10 000 тонн.

а) 400 тонн      б) 4 000 тонн      в) 40 тонн      г) 40 000 тонн

14. Завод сократил электроемкость на 34% за 5 лет. Какой был средний годовой темп снижения?

а)  $\approx 3,4\%$  в год      б)  $\approx 1,7\%$  в год  
в)  $\approx 6,8\%$  в год      г)  $\approx 16,2\%$  в год

15. Почему индикаторы ресурсосбережения слабо коррелируют с инновационной активностью в машиностроении?

а) Из-за полного отсутствия интереса к инновациям со стороны предприятий

б) Из-за малых масштабов внедрения технологий и доминирования крупных предприятий

в) Из-за государственного запрета на внедрение новых технологий

г) Из-за высокой эффективности инновационных технологий

**2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3**

### **Консультация преподавателя**

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирования при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного

списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

### **3. Выполнение обучающимися практических заданий**

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится **по технологии ротации станций.**

Аудитория разделена на 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малых групп, в каждой группе – 3-5 человек.

На станции № 1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях № 2 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции №3 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; применение знаний, умений и навыков в производственной ситуации; анализ и синтез информации или каких-либо данных; оценку информации, данных, объектов, субъектов и т.д.; создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 40 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции № 1 с преподавателем (по содержанию темы № 2, изученному дома самостоятельно)**

1. Назовите три ключевых источника техногенных отходов в металлургической промышленности. Как они влияют на экосистемы?

2. Какие токсичные вещества образуются при переработке цветных металлов (например, меди, свинца)? Приведите примеры их воздействия на здоровье человека.

3. Как шламы и пыль от машиностроительных предприятий загрязняют почву и водоемы? Какие технологии позволяют снизить их негативное влияние?

4. Почему отработанные электролиты гальванических производств относят к I классу опасности? Какие заболевания они могут вызывать?

5. Опишите механизм биоаккумуляции тяжелых металлов (ртуть, кадмий) в пищевых цепях. Приведите примеры из практики.

6. Какие типы химически опасных объектов (ХОО) характерны для металлургических и химических предприятий? Назовите примеры таких объектов.

7. Как аварии на ХОО (например, утечка хлора или аммиака) влияют на окружающую среду и население? Приведите реальные кейсы (например, авария в Бхопале).

8. Какие нормативные документы регулируют безопасность химически опасных объектов в РФ? Как они связаны с утилизацией отходов?

9. Почему отходы нефтехимических производств (например, нефтешламы) считаются особо опасными? Какие инновационные методы их переработки существуют?

10. Как роботизированные системы повышают безопасность работы с опасными отходами на ХОО? Приведите примеры таких технологий.

11. Сравните пирометаллургию и гидрометаллургию для переработки металлургических шлаков. В каких случаях предпочтительна каждая из технологий?

12. Как работает плазменная газификация для утилизации токсичных отходов химической промышленности? Какие преимущества она имеет перед сжиганием?

13. Опишите технологию рециклинга лакокрасочных отходов в машиностроении. Какие продукты можно получить из таких отходов?

14. Какие биотехнологические методы применяются для обезвреживания отходов, содержащих органические соединения (например, нефтепродукты)?

15. Как 3D-печать из металлической стружки (аддитивные технологии) решает проблему утилизации отходов машиностроительных предприятий? Приведите примеры.

16. Как искусственный интеллект оптимизирует сортировку и переработку техногенных отходов?

17. Какие экономические и экологические выгоды дает внедрение замкнутых циклов производства в металлургии?

18. Почему переработка редкоземельных металлов из электронных отходов становится стратегически важной задачей?

### **Практическое задание для станции №2 (общее)**

#### **Анализ эффективности инновационных технологий рециклинга в металлургической промышленности**

На металлургическом предприятии образуется 1000 тонн шлаков в месяц. Требуется:

- разработать комплексную схему утилизации шлаков с применением современных технологий;

- рассчитать экономический эффект от внедрения выбранной технологии;

- составить сравнительную таблицу традиционных (метод 1) и инновационных (метод 2) методов переработки

- предложить меры по снижению экологического воздействия.

#### **Исходные данные:**

Стоимость оборудования для пиролиза – 50 млн руб.

Эксплуатационные расходы – 2 млн руб./мес

Выход вторичного металла – 30%

Стоимость 1 тонны металла – 30 000 руб.

Срок окупаемости – 3 года

Ставка дисконтирования – 12%

### **Практические задания для станции №3 (индивидуальные) Разработка технологии рециклинга техногенных отходов**

Описать технологию переработки (см. варианты заданий). Составить схему технологического процесса и провести расчет материальных балансов. Провести оценка экономической эффективности и анализ экологических преимуществ, используя дополнительные числовые параметры для расчетов: капитальные затраты: оборудование – 40-60 млн руб., монтаж – 10% от стоимости, проектные работы – 5% от стоимости; операционные расходы: электроэнергия – 5 руб./кВт·ч, вода – 30 руб./м<sup>3</sup>; зарплата персонала – 60 000 руб./чел.; выход продукции: основной продукт – 60-70%, побочные продукты – 20-30%, отходы – 5-10%; экологические показатели: выбросы в атмосферу – не более 0,1 г/м<sup>3</sup>; сточные воды – не более 10 мг/л; шум – до 85 дБ.

#### **Варианты заданий:**

1. Переработка гальванических шламов (химический метод)
2. Утилизация отработанных масел (машиностроение)
3. Рециклинг металлургических шлаков
4. Переработка кислотных отходов химического производства
5. Утилизация абразивных отходов
6. Рециклинг пластиковых отходов машиностроительного производства
7. Переработка электротехнического лома
8. Утилизация лакокрасочных отходов
9. Рециклинг литейных шлаков
10. Переработка кислотно-щелочных отходов
11. Утилизация металлосодержащих отходов
12. Рециклинг отработанных катализаторов
13. Переработка гальванических осадков
14. Утилизация нефтесодержащих отходов
15. Рециклинг электронных компонентов

#### **4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися**

##### **Защита решений**

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

#### **Практическое занятие №6**

«Коррозионная диагностика материалов:  
кинетический анализ и оценка коррозионной стойкости в  
условиях техногенного воздействия»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №3, в производственных ситуациях.

#### **Планируемые результаты обучения:**

##### **Знать:**

методы оценки эффективности научных проектов, современные подходы к организации научно-исследовательской деятельности, требования к оформлению научно-технической документации, критерии отбора актуальных научных проблем, особенности различных этапов научного исследования;

##### **Уметь:**

формулировать цели и задачи научных исследований, оценивать риски и возможные трудности при проведении исследований, анализировать полученные результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе, презентовать результаты исследований;

##### **Иметь опыт деятельности:**

оценки актуальности научных проблем, планирования этапов научного исследования, работы с научно-технической документацией, анализа полученных результатов, представления результатов научных исследований; ведения технологических процессов,

основные технологические процессы производства, методики проведения технологических операций, стандарты и регламенты ведения процессов, параметры контроля технологических режимов, требования к качеству получаемой продукции, факторы, влияющие на ход технологического процесса;

современные методы обработки экспериментальных данных, статистические методы анализа результатов, принципы построения математических моделей, методики интерпретации полученных данных, требования к оформлению технической документации, способы визуализации результатов исследований;

принципы оптимизации производственных процессов, методы оценки качества и надежности

применять технологические методики на практике, контролировать параметры процесса, оценивать качество получаемых результатов, выявлять отклонения от нормы, принимать решения по оптимизации процесса;

применять статистические методы анализа, оценивать точность и достоверность результатов, строить математические модели процессов, интерпретировать полученные результаты, выявлять закономерности в данных, формулировать выводы на основе анализа, представлять результаты в наглядной форме, составлять отчеты по результатам исследований;

анализировать производственные процессы, определять оптимальные условия производства, оценивать влияние

контроля параметров производства, документирования технологических операций, работы с технической документацией;

обработки и анализа данных, применения статистических методов, построения графиков и диаграмм, оценки погрешностей измерений, интерпретации результатов экспериментов, выявления причинно-следственных связей, формулирования выводов, подготовки научно-технических отчетов, представления результатов исследований, использования специализированного программного обеспечения для анализа данных;

анализа производственных процессов,

продукции, критерии выбора оптимальных технологических параметров, факторы, влияющие на себестоимость производства, современные технологии производства, способы повышения эффективности производственных процессов; нормативные требования к продукции, стандарты качества и безопасности, принципы планирования производственных процессов, требования к документации; экологические стандарты производства, методы оценки экологической безопасности, принципы организации безопасного производства, способы минимизации негативного воздействия на окружающую среду, нормативные документы в области безопасности

различных факторов на качество продукции, рассчитывать экономические показатели производства, разрабатывать предложения по оптимизации процессов, выбирать оптимальные технологические режимы; планировать производственные процессы, обеспечивать соответствие продукции требованиям, вести производственную документацию, организовывать контроль качества; оценивать экологическую безопасность процессов, разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды, внедрять экологически чистые технологии

определения оптимальных параметров производства, оценки эффективности технологических решений, расчета экономических показателей, разработки предложений по оптимизации, внедрения улучшений в производственные процессы; обеспечения соответствия продукции требованиям, ведения производственной документации, организации контроля качества, работы с нормативными документами; оценки экологической безопасности, разработки природоохранных мероприятий, внедрения экологически чистых технологий, работы с экологической документацией

**Необходимое материально-техническое оборудование:** мультимедийный проектор, ноутбук, экран, ручки, листы А4, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

### **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №6**

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний).

2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3.

3. Выполнение обучающимися практических заданий.

4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

**1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)**

#### **1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3**

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучающимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

#### **1.2 Тестирование по теме №3**

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме №3:

**2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3**

#### **Консультация преподавателя**

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирования при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

### **3. Выполнение обучающимися практических заданий**

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится **по технологии ротации станций.**

Аудитория разделена на 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малых групп, в каждой группе – 3-5 человек.

На станции № 1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях № 2 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции №3 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; применение знаний, умений и навыков в производственной ситуации; анализ и синтез информации или каких-либо данных; оценку информации, данных, объектов, субъектов и т.д.; создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 40 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции № 1 с преподавателем** (по содержанию темы №3, изученному дома самостоятельно)

1. Классификация показателей коррозии: назовите основные качественные и количественные показатели коррозии металлов, используемые для оценки коррозионной стойкости.

2. Питтинговая коррозия: что такое питтинг и как он учитывается при проведении коррозионных расчётов? Приведите формулу расчёта.

3. Термодинамические характеристики: как рассчитать изменение энергии Гиббса для процесса коррозии и определить возможность его самопроизвольного протекания?

4. Оксидные плёнки: от чего зависят защитные свойства оксидных плёнок? Объясните связь с фактором Пиллинга-Бэдвордса.

5. Электрохимическая коррозия: назовите основные отличия электрохимической коррозии от химической. Приведите пример.

6. Гальванические пары: какие типы гальванических пар образуются при электрохимической коррозии? Как определить анод и катод?

7. Коррозионная среда: как влияет состав коррозионной среды на скорость коррозии металлов? Приведите примеры.

8. Ингибирование коррозии: что такое ингибиторы коррозии? На какие основные группы они делятся?

9. Протекторная защита: какие требования предъявляются к металлам-протекторам? Как рассчитать необходимое количество протектора?

10. Количественная оценка: как перевести массовый показатель коррозии в глубинный? Приведите формулу расчёта.

11. Скорость окисления: от каких факторов зависит реальная скорость окисления металла при высоких температурах?

12. Коррозионные процессы: опишите механизм коррозии металлов в токонепроводящих жидкостях. Приведите пример.

13. Методы защиты: какие основные способы уменьшения скорости коррозии существуют? Назовите не менее трёх.

14. Стандартизация: как регламентируется коррозионная стойкость материалов в ГОСТах? Приведите пример нормирования.

15. Экономический аспект: как оценить экономический ущерб от коррозии? Назовите основные составляющие потерь.

### Практическое задание для станции №2 (общее)

Провести комплексный анализ коррозионной стойкости материалов. Исследовать коррозионную стойкость различных металлов в разных средах и определить наиболее устойчивые материалы. Проанализировать данные таблицы 1 для следующих материалов: алюминий в морской воде, сталь 3 в городской атмосфере, титан, медь и железо в промышленных отходах. Рассчитать для каждого материала: глубинный показатель коррозии (КГ) в мм/год. Провести балльную оценку коррозионной стойкости. Сравнить полученные результаты между собой. Сделать вывод о влиянии среды на коррозионную стойкость материалов

Таблица 1 – Результаты реальных лабораторных коррозионных испытаний

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Алюминий в морской воде	0,40 г/м <sup>2</sup> ·год	1
2	Сталь 3, городская атмосфера	1,50 г/м <sup>2</sup> ·год	1
3	Титан, промышленные отходы	4,87 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
4	Медь, промышленные отходы	15,2 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
5	Железо, промышленные отходы	1,24 г/м <sup>2</sup> ·сут	14

### Практические задания для станции №3 (индивидуальные)

Вариант 1. Исследовать коррозионную стойкость алюминия: в морской воде, в пресной воде, морской воде Панамы, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Алюминий в морской воде	0,40 г/м <sup>2</sup> ·год	1
2	Технический алюминий, пресная вода	0,06 г/м <sup>2</sup> ·сут	23
3	Технический алюминий, морская вода Панамы	0,011 г/м <sup>2</sup> ·сут	35

Вариант 2. Проанализировать влияние среды на сталь 3: в сельской атмосфере, в городской атмосфере, при контакте с бронзой, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Сталь 3, сельская атмосфера	0,27 г/м <sup>2</sup> ·год	1
2	Сталь 3, городская атмосфера	1,50 г/м <sup>2</sup> ·год	1
3	Сталь 3 в морской воде в контакте с бронзой	1,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

Вариант 3. Исследовать поведение титана: в морской воде, в промышленных отходах, при длительном воздействии, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Титан, морская вода	0,03 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Титан в среде промышленных отходов	0,40 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Титан в морской воде	1,375 г/м <sup>2</sup> за 1100 часов	1

Вариант 4. Проанализировать коррозию меди: в морской воде, в промышленных отходах при различных условиях, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Медь в морской воде	0,62 г/м <sup>2</sup> ·год	2
2	Медь, промышленные отходы	0,62 г/м <sup>2</sup> ·сут	3
3	Медь в среде промышленных отходов	1,62 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

Вариант 5. Исследовать железо: в морской воде, в кислых водах, в промышленных отходах, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Железо в морской воде	0,56 г/м <sup>2</sup> ·год	9,2
2	Железо, кислые прибрежные воды	5,40 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Железо, промышленные отходы	0,56 г/м <sup>2</sup> ·сут	9,2

Вариант 6. Проанализировать влияние обработки на сталь: отожженная сталь, закаленная сталь, стальной лист в морской воде без очистки от прокатной окалины, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Сталь 2, отожженная при 680°C, вода	58,6 г/м <sup>2</sup> за 1100 часов	1
2	Сталь 2, нагрев до 640°C, закалка	25,2 г/м <sup>2</sup> за 1100 часов	1
3	Стальной лист в морской воде без очистки от прокатной окалины	31,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 7.** Исследовать влияние очистки поверхности: сталь с окалиной, частично очищенная, полностью очищенная, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Стальной лист в морской воде без очистки от прокатной окалины	31,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Тот же лист, 25% поверхности очищено от окалины	10,8 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Тот же лист, 100% поверхности очищено от окалины	3,4 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 8.** Проанализировать коррозию цинка: в сельской атмосфере (п.8 таблицы 1), в городской атмосфере, в среде без бактерий, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Цинк, сельская атмосфера	0,019 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Цинк, городская атмосфера	0,19 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Цинк, в среде без бактерий	0,42 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 9.** Исследовать поведение магния: в морской воде, в пресной воде, в промышленных отходах, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Магний, морская вода	1,45 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Магний в среде промышленных отходов	3,14 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Магний в пресной воде	2,6 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 10.** Проанализировать влияние среды на бронзу: без контакта, в контакте со сталью, в морской воде, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Сталь 3 в морской воде в контакте с бронзой	1,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Бронза ОЦ-10-2 в морской воде без контакта с другим металлом	24,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Бронза ОЦ-10-2 в морской воде в контакте со сталью 3	0,09 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 11.** Исследовать коррозионную стойкость легированной стали: в сельской атмосфере, в городской атмосфере, в морской воде, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Легированная сталь, сельская атмосфера	0,14 г/м <sup>2</sup> ·год	
2	Легированная сталь, городская атмосфера	1,20 г/м <sup>2</sup> ·сут	
3	Легированная сталь, морская вода	1,45 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 12.** Проанализировать влияние замедлителей коррозии на железо: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, NaNO<sub>2</sub>), используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Железо в пресной воде с замедлителем коррозии Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10 <sup>-1</sup> моль/л 0,3 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Железо в пресной воде с замедлителем коррозии Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	10 <sup>-2</sup> моль/л 0,3 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Железо в пресной воде с замедлителем коррозии NaNO <sub>2</sub>	10 <sup>-4</sup> моль/л 0,3 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 13.** Исследовать поведение нержавеющей стали: в морской воде, пресной воде, в среде промышленных отходов, используя исходные данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Нержавеющая сталь, морская вода	0,15 г/м <sup>2</sup> ·сут	9,8
2	Нержавеющая сталь, пресная вода	0,12 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Нержавеющая сталь в среде промышленных отходов	1,62 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 14.** Проанализировать коррозию технического алюминия: в морской воде Панамы, в пресной воде, в среде промышленных отходов, используя следующие данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Технический алюминий, морская вода Панамы	0,011 г/м <sup>2</sup> ·сут	35
2	Технический алюминий, пресная вода	0,06 г/м <sup>2</sup> ·сут	23
3	Алюминий в среде промышленных отходов	3,14 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

**Вариант 15.** Исследовать влияние контакта металлов: сталь 3 с бронзой, бронза в морской воде без контакта с другим металлом, бронза ОЦ-10-2 в морской воде в контакте со сталью 3, используя следующие данные:

№ п/п	Металл, среда	Потери массы	Питтинговый фактор
1	Сталь 3 в морской воде в контакте с бронзой	1,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
2	Бронза ОЦ-10-2 в морской воде без контакта с другим металлом	24,9 г/м <sup>2</sup> ·сут	1
3	Бронза ОЦ-10-2 в морской воде в контакте со сталью 3	0,09 г/м <sup>2</sup> ·сут	1

#### **4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися**

##### **Защита решений**

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

#### **Практическое занятие №7**

«Технологии рециклинга и утилизации отходов легкой промышленности: современные подходы и решения»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №3, в производственных ситуациях.

#### **Планируемые результаты обучения:**

##### **Знать:**

методы оценки эффективности научных проектов, современные подходы к организации научно-исследовательской деятельности, требования к оформлению научно-технической документации, критерии отбора актуальных научных проблем, особенности различных этапов научного исследования;

##### **Уметь:**

формулировать цели и задачи научных исследований, оценивать риски и возможные трудности при проведении исследований, анализировать полученные результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе,

##### **Иметь опыт деятельности:**

оценки актуальности научных проблем, планирования этапов научного исследования, работы с научно-технической документацией, анализа полученных результатов, представления результатов научных исследований; ведения технологических процессов,

**Знать:**

основные технологические процессы производства, методики проведения технологических операций, стандарты и регламенты ведения процессов, параметры контроля технологических режимов, требования к качеству получаемой продукции, факторы, влияющие на ход технологического процесса; современные методы обработки экспериментальных данных, статистические методы анализа результатов, принципы построения математических моделей, методики интерпретации полученных данных, требования к оформлению технической документации, способы визуализации результатов исследований; принципы оптимизации производственных процессов, методы оценки качества

**Уметь:**

презентовать результаты исследований; применять технологические методики на практике, контролировать параметры процесса, оценивать качество получаемых результатов, выявлять отклонения от нормы, принимать решения по оптимизации процесса; применять статистические методы анализа, оценивать точность и достоверность результатов, строить математические модели процессов, интерпретировать полученные результаты, выявлять закономерности в данных, формулировать выводы на основе анализа, представлять результаты в наглядной форме, составлять отчеты

**Иметь опыт деятельности:**

контроля параметров производства, документирования технологических операций, работы с технической документацией; обработки и анализа данных, применения статистических методов, построения графиков и диаграмм, оценки погрешностей измерений, интерпретации результатов экспериментов, выявления причинно-следственных связей, формулирования выводов, подготовки научно-технических отчетов, представления результатов исследований, использования специализированного программного обеспечения для анализа данных;

**Знать:**

и надежности продукции, критерии выбора оптимальных технологических параметров, факторы, влияющие на себестоимость производства, современные технологии производства, способы повышения эффективности производственных процессов; нормативные требования к продукции, стандарты качества и безопасности, принципы планирования производственных процессов, требования к документации; экологические стандарты производства, методы оценки экологической безопасности, принципы организации безопасного производства, способы минимизации негативного воздействия на окружающую

**Уметь:**

по результатам исследований; анализировать производственные процессы, определять оптимальные условия производства, оценивать влияние различных факторов на качество продукции, рассчитывать экономические показатели производства, разрабатывать предложения по оптимизации процессов, выбирать оптимальные технологические режимы; планировать производственные процессы, обеспечивать соответствие продукции требованиям, вести производственную документацию, организовывать контроль качества; оценивать экологическую безопасность процессов, разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды,

**Иметь опыт деятельности:**

анализа производственных процессов, определения оптимальных параметров производства, оценки эффективности технологических решений, расчета экономических показателей, разработки предложений по оптимизации, внедрения улучшений в производственные процессы; обеспечения соответствия продукции требованиям, ведения производственной документации, организации контроля качества, работы с нормативными документами; оценки экологической безопасности, разработки природоохранных мероприятий, внедрения экологически чистых технологий, работы

**Знать:**

щую среду, нормативные документы в области безопасности

**Уметь:**

внедрять экологически чистые технологии

**Иметь опыт****деятельности:**

с экологической документацией

**Необходимое материально-техническое оборудование:** мультимедийный проектор, ноутбук, экран, ручки, фломастеры, листы А1 по количеству групп, листы А4, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

### **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №7**

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний).
2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3.
3. Выполнение обучающимися практических заданий.
4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

#### **1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)**

##### **1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3**

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучающимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

##### **1.2 Тестирование по теме №3**

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 2:

1. Что относится к текстильным отходам производства?
  - а) Обрезки тканей
  - б) Использованная одежда
  - в) Старые ковры
  - г) Все перечисленное

2. Какой метод не применяется для дезинфекции текстильных отходов?

- а) Паровая обработка                      б) Химическая обработка  
в) Ультрафиолетовое облучение              г) Замораживание

3. Какие волокна считаются наиболее ценными для рециклинга?

- а) Хлопковые                      б) Синтетические  
в) Шерстяные                      г) Вискозные

4. Какова основная цель сортировки текстильных отходов?

- а) Упрощение процесса утилизации  
б) Разделение по видам сырья  
в) Уменьшение объема отходов  
г) Экономия пространства

5. Какой процент загрязнений допустим в текстильных отходах для рециклинга?

- а) До 5%      б) До 10%              в) До 15%              г) До 20%

6. Назовите три основных способа химической чистки текстильных отходов.

7. Напишите формулу расчета выхода вторичного волокна при рециклинге.

8. Укажите температуру, при которой проводится термическая дезинфекция текстильных отходов.

9. Соотнесите тип отходов и метод их переработки:

1	Хлопковые обрезки	А	Прессование
2	Синтетические обрезки	Б	Химическая переработка
3	Загрязненные ткани	В	Разволокнение
4	Непригодные ткани	Г	Прямое повторное использование

- а) 1Г2Б3В4А      б) 1А2Г3В4Б              в) 1А2В3А4Г      г) 1В2Б3Г4А

10. Установите правильную последовательность этапов переработки текстильных отходов:

1. Разволокнение
2. Очистка
3. Дезинфекция
4. Подготовка к переработке
5. Сортировка

- а) 23514              б) 53214              в) 12345              г) 54312

11. Выберите все правильные ответы. Какие факторы влияют на выбор метода рециклинга текстильных отходов?

1. Состав сырья
2. Степень загрязнения
3. Цвет материала
4. Сезонность
5. Состояние волокон

а) 135          б) 125          в) 234          г) 235

12. Определите, какие из перечисленных отходов подлежат рециклингу:

1. Ткани с масляными пятнами
2. Ткани с химическими ожогами
3. Обрезки чистого текстиля
4. Ткани с плесенью
5. Непригодные для использования ткани

а) 135          б) 125          в) 234          г) 235

13. Вставьте пропущенное слово. Процесс механического разделения текстильных отходов на отдельные волокна называется \_\_\_\_.

14. Установите соответствие между типом загрязнения и методом его удаления:

1	Масляные пятна	А	Термическая обработка
2	Пятна краски	Б	Механическая очистка
3	Пылевые загрязнения	В	Комбинированная очистка
4	Жировые загрязнения	Г	Химическая очистка

а) 1Г2А3В4Б      б) 1В2Б3А4Г      в) 1Б2А3Г4В      г) 1Г2В3Б4Г

15. Выберите верные утверждения о современных технологиях рециклинга отходов легкой промышленности:

1. Позволяют достичь 100% переработки отходов
2. Снижают экологическую нагрузку
3. Не требуют специального оборудования
4. Позволяют получать продукцию высокого качества
5. Требуют значительных начальных инвестиций

а) 125                      б) 245                      в) 234                      г) 123

## **2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3**

### **Консультация преподавателя**

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирования при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

## **3. Выполнение обучающимися практических заданий**

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится **по технологии ротации станций.**

Аудитория разделена на 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малых групп, в каждой группе – 3-5 человек.

На станции № 1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях № 2 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции №3 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; применение знаний, умений и навыков в производственной ситуации; анализ и синтез информации или каких-либо данных; оценку

информации, данных, объектов, субъектов и т.д.; создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 40 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции № 1 с преподавателем (по содержанию темы №3, изученному дома самостоятельно)**

1. Дайте определение текстильных отходов и перечислите основные места их образования в промышленности и быту.

2. Назовите основные типы текстильных отходов по происхождению. Приведите примеры каждого типа.

3. По каким критериям классифицируются текстильные отходы? Составьте полную классификацию.

4. Перечислите виды производственных текстильных отходов в зависимости от типа материала.

5. Какие существуют категории текстильных отходов по их последующей эксплуатации?

6. Опишите основные этапы первичной обработки текстильных отходов.

7. Какие методы дезинфекции применяются при переработке текстильных отходов?

8. Какие профессиональные компетенции необходимы специалисту по переработке текстильных отходов?

9. Какие перспективы развития имеет отрасль рециклинга текстильных отходов?

10. Какие предварительные операции проводятся при химической чистке отходов?

11. Какие факторы необходимо учитывать при выборе оборудования для измельчения отходов?

12. Назовите основные группы поверхностно-активных веществ, используемых при переработке текстильных отходов.

13. Какие мероприятия способствуют сокращению потерь сырья при переработке?

14. Какие инновационные технологии применяются в современной практике рециклинга текстильных отходов?

15. Какие требования предъявляются к современному оборудованию для переработки текстильных отходов?

### **Практическое задание для станции №2 (общее)**

#### **Разработка комплексной системы рециклинга текстильных отходов на предприятии**

Разработать схему комплексной переработки отходов текстильных отходов на предприятии, выбрать оптимальные технологии для каждого типа материала, рассчитать экономическую эффективность проекта и разработать план внедрения системы рециклинга, используя следующие исходные данные: объем образующихся отходов: 500 тонн/год, состав отходов: хлопковые материалы – 40%, синтетические ткани – 35%, смешанные материалы – 25%, производственные площади: 1000 м<sup>2</sup>.

При выполнении задания представить технологическую схему, составить сравнительную таблицу технологий переработки, рассчитать капитальные вложения и оценить экологический эффект.

### **Практические задания для станции №3 (индивидуальные)**

#### **Разработка технологии переработки конкретного вида текстильных отходов**

Разработать технологическую схему переработки конкретного вида текстильных отходов (см. варианты заданий). Рассчитать материальные балансы, оценить экономическую эффективность, проанализировать экологический эффект и представить план реализации проекта. Необходимо изобразить графическое представление схемы переработки, таблицы с расчетами. При выполнении задания использовать нормативные документы по обращению с отходами, каталоги оборудования для переработки, экономические показатели отрасли и экологические нормативы.

**Варианты заданий:**

1. Переработка хлопковых обрезков (механический метод)
2. Утилизация синтетических тканей (химическая переработка)
3. Рециклинг смешанных текстильных отходов
4. Переработка шерстяных отходов
5. Утилизация кожевенной обрезки
6. Рециклинг трикотажного брака
7. Переработка льняных отходов
8. Утилизация текстильных отходов с ПВХ-покрытием
9. Рециклинг меховых отходов
10. Переработка пухоперовых отходов
11. Утилизация обувных отходов
12. Рециклинг текстильных отходов с металлизированными нитями
13. Переработка акриловых отходов
14. Утилизация текстильных отходов с ПВХ-печатью
15. Рециклинг текстильных отходов с термоаппликациями

**4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися****Защита решений**

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

**Практическое занятие №8**

«Методология переработки и утилизации полимерных отходов: инновационные технологии и экологические аспекты»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №3, в производственных ситуациях.

## Планируемые результаты обучения:

### Знать:

методы оценки эффективности научных проектов, современные подходы к организации научно-исследовательской деятельности, требования к оформлению научно-технической документации, критерии отбора актуальных научных проблем, особенности различных этапов научного исследования; основные технологические процессы производства, методики проведения технологических операций, стандарты и регламенты ведения процессов, параметры контроля технологических режимов, требования к качеству получаемой продукции, факторы, влияющие на ход технологического процесса;

### Уметь:

формулировать цели и задачи научных исследований, оценивать риски и возможные трудности при проведении исследований, анализировать полученные результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе, презентовать результаты исследований; применять технологические методики на практике, контролировать параметры процесса, оценивать качество полученных результатов, выявлять отклонения от нормы, принимать решения по оптимизации процесса; применять статистические методы анализа, оценивать точ-

### Иметь опыт деятельности:

оценки актуальности научных проблем, планирования этапов научного исследования, работы с научно-технической документацией, анализа полученных результатов, представления результатов научного исследования; ведения технологических процессов, контроля параметров производства, документирования технологических операций, работы с технической документацией; обработки и анализа данных, применения статистических методов, построения графиков и диаграмм, оценки погрешностей измерений, интерпретации

**Знать:**

современные методы обработки экспериментальных данных, статистические методы анализа результатов, принципы построения математических моделей, методики интерпретации полученных данных, требования к оформлению технической документации, способы визуализации результатов исследований; принципы оптимизации производственных процессов, методы оценки качества и надежности продукции, критерии выбора оптимальных технологических параметров, факторы, влияющие на себестоимость производства, современные технологии производства, способы повышения эффективности производственных процессов; нормативные требования к продукции,

**Уметь:**

и достоверность результатов, строить математические модели процессов, интерпретировать полученные результаты, выявлять закономерности в данных, формулировать выводы на основе анализа, представлять результаты в наглядной форме, составлять отчеты по результатам исследований; анализировать производственные процессы, определять оптимальные условия производства, оценивать влияние различных факторов на качество продукции, рассчитывать экономические показатели производства, разрабатывать предложения по оптимизации процессов, выбирать оптимальные технологические режимы;

**Иметь опыт деятельности:**

результатов экспериментов, выявления причинно-следственных связей, формулирования выводов, подготовки научно-технических отчетов, представления результатов исследований, использования специализированного программного обеспечения для анализа данных; анализа производственных процессов, определения оптимальных параметров производства, оценки эффективности технологических решений, расчета экономических показателей, разработки предложений по оптимизации, внедрения улучшений в производственные процессы;

**Знать:**

стандарты качества и безопасности, принципы планирования производственных процессов, требования к документации; экологические стандарты производства, методы оценки экологической безопасности, принципы организации безопасного производства, способы минимизации негативного воздействия на окружающую среду, нормативные документы в области безопасности

**Уметь:**

планировать производственные процессы, обеспечивать соответствие продукции требованиям, вести производственную документацию, организовывать контроль качества; оценивать экологическую безопасность процессов, разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды, внедрять экологически чистые технологии

**Иметь опыт деятельности:**

обеспечения соответствия продукции требованиям, ведения производственной документации, организации контроля качества, работы с нормативными документами; оценки экологической безопасности, разработки природоохранных мероприятий, внедрения экологически чистых технологий, работы с экологической документацией

**Необходимое материально-техническое оборудование:**

мультимедийный проектор, ноутбук, экран, ручки, листы А4, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

**ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №8**

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний).
2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3.
3. Выполнение обучающимися практических заданий.
4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

## **1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)**

### **1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3**

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучающимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

### **1.2 Тестирование по теме №3**

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 2:

1. Какой метод переработки ПЭТФ позволяет получить терефталевую кислоту?

- |                        |                |
|------------------------|----------------|
| а) Механический        | б) Термический |
| в) Химический гидролиз | г) Пиролиз     |

2. Какой компонент в составе тетрапака затрудняет его переработку?

- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| а) Бумага             | б) Полиэтилен |
| в) Алюминиевая фольга | г) Красители  |

3. Какая технология не подходит для переработки ПВХ?

- а) Деполимеризация
- б) Пиролиз
- в) Механическое измельчение
- г) Биологическое разложение

4. Что такое LCA-анализ

- а) Оценка жизненного цикла продукта
- б) Метод сортировки отходов
- в) Технология химической переработки
- г) Система управления экологическими рисками

5. Выберите три преимущества пиролиза пластика:

- 1. Получение синтез-газа
- 2. Низкие энергозатраты
- 3. Возможность переработки смешанных отходов
- 4. Отсутствие выбросов  $\text{CO}_2$

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| а) 24 | б) 13 | в) 12 | г) 23 |
|-------|-------|-------|-------|

6. Назовите три этапа механической переработки пластиковых бутылок.

7. Какие экологические риски связаны с микропластиком в океане?

8. Что означает маркировка С/РАР 84 на упаковке?

9. Соотнесите полимеры и методы их переработки:

1	ПЭТ	А	Грануляция, пиролиз
2	ПВХ	Б	Химический гидролиз
3	ПП	В	Деполимеризация

а) 1А2Б3В      б) 1Б2В3А      в) 1Б2А3В      г) 1В2А3Б

10. Соотнесите технологии и их описание:

1	Пиролиз	А	Разложение полимеров под действием щелочей
2	Гидролиз	Б	Термическое разложение без кислорода
3	Агломерация	В	Прессование отходов в гранулы

а) 1А2Б3В      б) 1В2А3Б      в) 1Б2А3В      г) 1В2Б3А

11. Укажите последовательность этапов переработки тетрапака:

1. Разделение слоев

2. Измельчение

3. Сортировка

4. Промывка

а) 4132      б) 1234      в) 3241      г) 2314

12. Расставьте этапы LCA-анализа:

1. Оценка воздействия на окружающую среду

4. Инвентаризация жизненного цикла

2. Определение цели и области применения

3. Интерпретация результатов

а) 1234      б) 2413      в) 4213      г) 1342

13. Соотнесите тип отходов и оптимальный метод переработки:

1	ПЭТ-бутылки	А	Пиролиз
2	ПВХ-трубы	Б	Гидролиз
3	Полиэтилен	В	Грануляция

а) 1А2Б3В      б) 1В2А3Б      в) 1Б2А3В      г) 1В2Б3А

14. Что из перечисленного не является продуктом пиролиза ПЭТ?

а) Синтез-газ

б) Технический углерод

в) Теревталева кистота

г) Мазут

15. Соотнесите термин и определение:

1	TRL	А	Оценка жизненного цикла
2	LCA	Б	Уровень готовности технологии
3	ESG	В	Экологические, социальные, управленческие критерии

а) 1А2Б3В

б) 1В2А3Б

в) 1Б2А3В

г) 1В2Б3А

### Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3

#### Консультация преподавателя

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирования при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

### 3. Выполнение обучающимися практических заданий

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится **по технологии ротации станций**.

Аудитория разделена на 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малых групп, в каждой группе – 3-5 человек.

На станции № 1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях № 2 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции №3 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; применение знаний, умений и навыков в производственной ситуации; анализ и синтез информации или каких-либо данных; оценку информации, данных, объектов, субъектов и т.д.; создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 50 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции № 1 с преподавателем (по содержанию темы №3, изученному дома самостоятельно)**

1. Какие три основных метода переработки пластиковых отходов существуют?

2. Почему ПВХ сложнее перерабатывать, чем ПЭТ?

3. Что такое пиролиз и какие продукты он позволяет получить?

4. Назовите два экологических риска при захоронении полимерных отходов.

5. Как работает технология ферментативной деполимеризации?

6. Какие полимеры можно перерабатывать механическим способом? Приведите примеры.

7. Назовите два преимущества использования вторичного ПЭТ в производстве.

8. Какие проблемы возникают при переработке смешанных пластиков?

9. Что такое микропластик и почему он опасен для экосистем?

10. Как EU Green Deal влияет на методы утилизации отходов в Европе?

11. Какие инновационные технологии позволяют перерабатывать многослойные материалы?

12. Объясните механизм каталитического пиролиза полиолефинов. Чем он отличается от термического пиролиза?

13. Как технология «управляемого срока службы» (controlled lifetime) полимеров влияет на их переработку? Приведите пример материала с саморазрушающейся структурой.

14. Какие токсичные вещества образуются при сжигании полиуретана? Предложите метод их нейтрализации

15. Почему переработка полимерных отходов в РФ часто нерентабельна? Назовите три системные причины и предложите решения

### **Практическое задание для станции №2 (общее)**

**Разработка комплексной системы управления полимерными отходами на промышленном предприятии с учетом современных экологических требований**

Разработать схему системы управления отходами, выбрать оптимальные технологии переработки для каждого типа полимеров, рассчитать экономическую эффективность проекта, разработать план внедрения системы и оценить экологический эффект, с учетом следующих исходных данных: объем образующихся отходов: 500 тонн/год, состав отходов: ПЭТФ – 35%, ПП – 25%, ПВХ – 20%, ПЭ – 20%, производственные площади: 1000 м<sup>2</sup>. Представить технологическую схему, составить таблицу сравнения технологий переработки, рассчитать капитальные вложения, разработать регламент работы и подготовить презентацию проекта.

### **Практические задания для станции №3 (индивидуальные)**

**Разработка технологии переработки конкретного типа полимерных отходов**

Разработать технологическую схему (см. варианты заданий), составить материальный баланс, рассчитать основные параметры процесса, оценить экономическую эффективность, разработать экологический паспорт проекта и подготовить краткое описание технологии, используя графики, схемы и таблицы с расчетами. При выполнении данной работы необходимо использовать справочные материалы по оборудованию, экономические показатели, экологические нормативы, каталоги технологий переработки.

**Общие параметры для всех вариантов:**

Производительность линии: 1000 кг/час.

Стоимость электроэнергии: 5 руб./кВт·ч.

Стоимость воды: 30 руб./м<sup>3</sup>.

Экологические нормативы:

ПДК для выбросов СО<sub>2</sub> – 500 мг/м<sup>3</sup> (ГОСТ Р 54533-2011).

Лимит на захоронение отходов: не более 10% от общей массы (ФЗ №89).

Справочные материалы:

Каталог оборудования (например, дробилка XR3000: цена – 2,5 млн руб., мощность – 30 кВт).

Средние цены на вторичное сырье: ПЭТ-гранулы – 70 руб./кг, пиролизное масло – 50 руб./кг.

**Варианты заданий:**

1. Разработка технологии механической переработки ПЭТФ-отходов.

Входные данные: состав сырья: 90% ПЭТ, 5% этикетки (ПП), 3% крышки (ПЭ), 2% загрязнения, влажность сырья: 8%, загрязнения: песок (0,5%), органика (1,5%); оборудование: дробилка (30 кВт), мойка (20 кВт, 2 м<sup>3</sup>/час воды), сушилка (50 кВт), агломератор (40 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход гранул: 850 кг, отходы: 120 кг (этикетки, крышки, примеси), потери: 30 кг (пыль, испарение); экономика: CAPEX: 8 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 15 руб./кг (энергия, вода, зарплата), доход: 850 кг × 70 руб./кг = 59 500 руб./час, ROI: 2,5 года.

2. Создание линии по переработке ПВХ-отходов методом деполимеризации.

Входные данные: состав сырья: 95% ПВХ, 3% добавки (стабилизаторы), 2% загрязнения, влажность сырья: 5%, загрязнения: песок (0,5%), органика (1,5%); оборудование: дробилка (30 кВт), реактор для деполимеризации (100 кВт), система очистки (50 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход мономеров: 700 кг, Отходы: 250 кг (добавки, примеси); потери: 50 кг (пыль, испарение); Экология: выбросы HCl: 0,2 кг/кг сырья (требуется нейтрализация); экономика: CAPEX: 12 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 30 руб./кг (энергия, реагенты, зарплата), доход: 700 кг × 60 руб./кг = 42 000 руб./час; ROI: 3 года.

3. Проектирование установки пиролиза смешанных пластиковых отходов.

Входные данные: состав сырья: 50% ПЭ, 30% ПП, 15% ПС, 5% примеси, температура пиролиза: 600°C, катализатор: цеолит (2% от массы сырья); продукты пиролиза (на 1000 кг): синтез-газ: 300 кг (теплотворная способность: 40 МДж/кг), пиролизное масло: 550 кг, углеродный остаток: 120 кг, потери: 30 кг; экология: выбросы CO<sub>2</sub>: 0,8 кг/кг сырья (норма: 0,5 кг/кг), требуется установка скруббера; экономика: CAPEX: 15 млн руб. (реактор, система очистки); OPEX: 25 руб./кг (катализатор, энергия); доход: 550 кг × 50 руб. + 300 кг × 10 руб. (газ) = 30 500 руб./час; ROI: 4 года.

4. Разработка технологии химической переработки ПП-отходов.

Входные данные: состав сырья: 98% ПП, 2% загрязнения, влажность сырья: 3%, загрязнения: песок (1%), органика (1%); оборудование: дробилка (25 кВт), реактор (80 кВт), система очистки (40 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход мономеров: 800 кг, отходы: 150 кг (примеси), потери: 50 кг (пыль, испарение); Экономика: CAPEX: 10 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 25 руб./кг (энергия, реагенты, зарплата), доход: 800 кг × 55 руб./кг = 44 000 руб./час, ROI: 2,5 года.

5. Создание линии по переработке ПЭ-отходов методом грануляции.

Входные данные: состав сырья: 92% ПЭ, 5% этикетки (ПП), 3% загрязнения, влажность сырья: 7%, загрязнения: песок (0,5%), органика (2,5%); оборудование: дробилка (20 кВт), мойка (15 кВт, 1,5 м<sup>3</sup>/час воды), сушилка (45 кВт), гранулятор (35 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход гранул: 880 кг, отходы: 100 кг (этикетки, примеси), потери: 20 кг (пыль, испарение); экономика: CAPEX: 7 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 18 руб./кг (энергия, вода, зарплата), доход: 880 кг × 65 руб./кг = 57 200 руб./час, ROI: 2 года.

6. Проектирование системы утилизации композитных полимерных материалов.

Входные данные: состав: 50% стеклопластик, 30% углепластик, 20% полимерная матрица; метод: механическая переработка с последующей химической обработкой; оборудование: измельчитель (25 кВт), сепаратор (15 кВт), реактор (70 кВт); материальный баланс (на

1000 кг): стеклопластик: 400 кг, углепластик: 250 кг, полимерная матрица: 350 кг; экология: выбросы  $\text{CO}_2$  0,6 кг/кг сырья; экономика: CAPEX: 14 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 35 руб./кг (энергия, реагенты, зарплата), доход: 400 кг × 45 руб. (стеклопластик) + 250 кг × 60 руб. (углепластик) = 39 000 руб./час, ROI: 4 года.

#### 7. Разработка технологии переработки АБС-пластика.

Входные данные: состав сырья: 90% АБС, 5% загрязнения, 5% добавки, влажность сырья: 4%, загрязнения: песок (1%), органика (4%); оборудование: дробилка (22 кВт), реактор (90 кВт), система очистки (55 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход гранул: 750 кг, отходы: 200 кг (примеси, добавки), потери: 50 кг (пыль, испарение); экономика: CAPEX: 11 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 28 руб./кг (энергия, реагенты, зарплата), доход: 750 кг × 75 руб./кг = 56 250 руб./час, ROI: 3 года.

#### 8. Создание линии по переработке ПС-отходов.

Входные данные: состав сырья: 95% ПС, 3% загрязнения, 2% добавки, влажность сырья: 6%, загрязнения: песок (1%), органика (2%); оборудование: дробилка (28 кВт), реактор (85 кВт), система очистки (45 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход гранул: 820 кг, отходы: 130 кг (примеси, добавки), потери: 50 кг (пыль, испарение); экономика: CAPEX: 9 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 22 руб./кг (энергия, реагенты, зарплата), доход: 820 кг × 60 руб./кг = 49 200 руб./час, ROI: 2,8 года.

9. Проектирование установки для переработки термоусадочной пленки.

Входные данные: состав сырья: 98% ПЭ, 2% загрязнения, влажность сырья: 5%, загрязнения: песок (1%), органика (1%); оборудование: дробилка (24 кВт), мойка (18 кВт, 2 м<sup>3</sup>/час воды), сушилка (50 кВт), гранулятор (38 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход гранул: 900 кг, отходы: 80 кг (примеси), потери: 20 кг (пыль, испарение); экономика: CAPEX: 8 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 19 руб./кг (энергия, вода, зарплата), доход: 900 кг × 62 руб./кг = 55 800 руб./час, ROI: 2,2 года.

10. Разработка технологии переработки биоразлагаемых полимеров.

Входные данные: тип полимера: PLA (полилактид); условия компостирования: температура 60°C, влажность 60%, время разложения – 90 дней; оборудование – измельчитель (15 кВт), компостер (аэробный реактор, 50 м<sup>3</sup>); материальный баланс (на 1000 кг): компост: 800 кг, CO<sub>2</sub> 150 кг, Вода: 50 кг; экопаспорт: эмиссии CH<sub>4</sub> < : 0,1% (соответствует EN 13432), энергопотребление: 80 кВт·ч/тонна; экономика: CAPEX: 3 млн руб.; доход: 800 кг × 20 руб./кг (компост) = 16 000 руб./час.; субсидии за экологичность: 200 000 руб./год.

#### 11. Создание линии по переработке пластиковых бутылок.

Входные данные: состав сырья: 90% ПЭТ, 5% этикетки (ПП), 3% крышки (ПЭ), 2% загрязнения, влажность сырья: 8%, загрязнения: песок (0,5%), органика (1,5%), оборудование: дробилка (30 кВт), мойка (20 кВт, 2 м<sup>3</sup>/час воды), сушилка (50 кВт), агломератор (40 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): выход гранул: 850 кг, отходы: 120 кг (этикетки, крышки, примеси), потери: 30 кг (пыль, испарение); экономика: CAPEX: 8 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 15 руб./кг (энергия, вода, зарплата), доход: 850 кг × 70 руб./кг = 59 500 руб./час, ROI: 2,5 года.

#### 12. Проектирование системы утилизации строительных полимерных отходов.

Входные данные: состав: 60% ПВХ, 25% ПЭ, 10% ПП, 5% примеси; метод: механическая переработка с последующей сортировкой; оборудование: измельчитель (35 кВт), сепаратор (20 кВт), дробилка (25 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): ПВХ: 500 кг, ПЭ: 200 кг, ПП: 100 кг, примеси: 200 кг; экология: выбросы CO<sub>2</sub> 0,7 кг/кг сырья; экономика: CAPEX: 13 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 32 руб./кг (энергия, зарплата), Доход: 500 кг × 50 руб. (ПВХ) + 200 кг × 40 руб. (ПЭ) = 33 000 руб./час, ROI: 4,2 года.

#### 13. Разработка технологии переработки упаковочных материалов.

Входные данные: состав: 50% ПЭТ, 30% ПВХ, 15% ПП, 5% примеси, влажность сырья: 7%, загрязнения: песок (1%), органика (2%); оборудование: дробилка (32 кВт), сепаратор (18 кВт), мойка (22 кВт, 2,5 м<sup>3</sup>/час воды); материальный баланс (на 1000 кг): ПЭТ: 400 кг, ПВХ: 250 кг, ПП: 120 кг, отходы: 230 кг (примеси); экономика: CAPEX: 9,5 млн руб. (оборудование + монтаж), OPEX: 21

руб./кг (энергия, вода, зарплата), доход:  $400 \text{ кг} \times 70 \text{ руб. (ПЭТ)} + 250 \text{ кг} \times 50 \text{ руб. (ПВХ)} = 43\,000 \text{ руб./час}$ , ROI: 3,1 года.

14. Создание линии по переработке автомобильных пластиковых деталей.

Входные данные: состав: 60% АБС, 25% ПП, 10% ПА, 5% металл (крепления), метод: гидролиз АБС в кислой среде ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $80^\circ\text{C}$ ); материальный баланс (на 1000 кг): вторичный АБС: 500 кг, ПП-гранулы: 200 кг, металлолом: 50 кг, отходы: 250 кг (шламы, некондиция); экология: нейтрализация кислотных стоков: расход NaOH – 10 кг/тонна; экономика: CAPEX: 12 млн руб. (дробилка, сепаратор, реактор), OPEX: 40 руб./кг (реагенты, утилизация шламов), доход:  $500 \text{ кг} \times 80 \text{ руб. (АБС)} + 200 \text{ кг} \times 50 \text{ руб. (ПП)} = 50\,000 \text{ руб./час}$ .

15. Проектирование системы утилизации электронных пластиковых компонентов.

Входные данные: состав: 40% АБС, 30% ПЭ, 20% ПВХ, 10% металл (крепления); метод: механическая переработка с сортировкой и деполимеризацией ПВХ; оборудование: измельчитель (30 кВт), сепаратор (25 кВт), реактор для деполимеризации (80 кВт); материальный баланс (на 1000 кг): АБС: 300 кг, ПЭ: 200 кг, ПВХ: 150 кг, металл: 100 кг, отходы: 250 кг (примеси); экология: выбросы HCl при деполимеризации ПВХ: 0,3 кг/кг сырья; экономика: CAPEX: 16 млн руб. (оборудование + монтаж); OPEX: 38 руб./кг (энергия, реагенты, зарплата); доход:  $300 \text{ кг} \times 80 \text{ руб. (АБС)} + 200 \text{ кг} \times 45 \text{ руб. (ПЭ)} = 48\,000 \text{ руб./час}$ ; ROI: 5 лет.

Примечание: Для всех вариантов рекомендуется использовать шаблон оформления проекта, включая технологическую схему, материальный баланс, расчёты параметров, экономические показатели, экопаспорт и графики.

Шаблон для оформления проекта:

1. Технологическая схема (блок-схема с оборудованием и потоками).

2. Материальный баланс (таблица с входными/выходными потоками).

3. Расчет параметров (формулы + пример для 1 тонны сырья):

4. Энергозатраты:  $Q = \sum(\text{Мощность оборудования} \cdot \text{Время})$ .

5. Выход продукта:  $m_{\text{продукта}} = m_{\text{сырья}} \cdot \text{КПД}$ .
6. Экономика (таблица с CAPEX, OPEX, доходом, ROI).
7. Экопаспорт (расчет выбросов, ПДК, меры снижения воздействия).
8. Графики (например, зависимость выхода масла от температуры пиролиза).

### **Проверка практических заданий, выполненных обучающимися**

#### **Защита решений**

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

### **Практическое занятие №9**

«Рециклинг и переработка отходов целлюлозно-бумажного и деревообрабатывающего производства: комплексная оценка эффективности»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №3, в производственных ситуациях.

#### **Планируемые результаты обучения:**

##### **Знать:**

методы оценки эффективности научных проектов, современные подходы к организации научной исследовательской деятельности, требования к оформлению научно-технической

##### **Уметь:**

формулировать цели и задачи научных исследований, оценивать риски и возможные трудности при проведении исследований, анализиро-

##### **Иметь опыт деятельности:**

оценки актуальности научных проблем, планирования этапов научного исследования, работы с научно-технической документацией, ана-

**Знать:**

документации, критерии отбора актуальных научных проблем, особенности различных этапов научного исследования; основные технологические процессы производства, методики проведения технологических операций, стандарты и регламенты ведения процессов, параметры контроля технологических режимов, требования к качеству получаемой продукции, факторы, влияющие на ход технологического процесса; современные методы обработки экспериментальных данных, статистические методы анализа результатов, принципы построения математических моделей, методики интерпретации полученных данных, требования к

**Уметь:**

вать полученные результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе, презентовать результаты исследований; применять технологические методики на практике, контролировать параметры процесса, оценивать качество полученных результатов, выявлять отклонения от нормы, принимать решения по оптимизации процесса; применять статистические методы анализа, оценивать точность и достоверность результатов, строить математические модели процессов, интерпретировать полученные результаты, выявлять закономерности в данных, формулировать выводы на ос-

**Иметь опыт деятельности:**

лиза полученных результатов, представления результатов научных исследований; ведения технологических процессов, контроля параметров производства, документирования технологических операций, работы с технической документацией; обработки и анализа данных, применения статистических методов, построения графиков и диаграмм, оценки погрешностей измерений, интерпретации результатов экспериментов, выявления причинно-следственных связей, формулирования выводов, подготовки научно-технических отчетов, представле-

**Знать:**

оформлению технической документации, способы визуализации результатов исследований; принципы оптимизации производственных процессов, методы оценки качества и надежности продукции, критерии выбора оптимальных технологических параметров, факторы, влияющие на себестоимость производства, современные технологии производства, способы повышения эффективности производственных процессов; нормативные требования к продукции, стандарты качества и безопасности, принципы планирования производственных процессов, требования к документации; экологические стандарты производства, методы оценки эко-

**Уметь:**

нове анализа, представлять результаты в наглядной форме, составлять отчеты по результатам исследований; анализировать производственные процессы, определять оптимальные условия производства, оценивать влияние различных факторов на качество продукции, рассчитывать экономические показатели производства, разрабатывать предложения по оптимизации процессов, выбирать оптимальные технологические режимы; планировать производственные процессы, обеспечивать соответствие продукции требованиям, вести производственную документацию, организовывать контроль качества; оценивать экологическую безопасность

**Иметь опыт деятельности:**

ния результатов исследований, использования специализированного программного обеспечения для анализа данных; анализа производственных процессов, определения оптимальных параметров производства, оценки эффективности технологических решений, расчета экономических показателей, разработки предложений по оптимизации, внедрения улучшений в производственные процессы; обеспечения соответствия продукции требованиям, ведения производственной документации, организации контроля качества, работы с нормативными документами;

**Знать:**

логической безопасности, принципы организации безопасного производства, способы минимизации негативного воздействия на окружающую среду, нормативные документы в области безопасности

**Уметь:**

процессов, разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды, внедрять экологически чистые технологии

**Иметь опыт деятельности:**

оценки экологической безопасности, разработки природоохранных мероприятий, внедрения экологически чистых технологий, работы с экологической документацией

**Необходимое материально-техническое оборудование:** мультимедийный проектор, ноутбук, экран, ручки, листы А4, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

**ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №9**

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний).
2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3.
3. Выполнение обучающимися практических заданий.
4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.
5. Текущий контроль успеваемости по теме №3.

**1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)**

**1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3**

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучаю-

щимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

### **1.2 Тестирование по теме №3**

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме №3:

1. Поступление каких компонентов древесных отходов в воздушную среду является наиболее опасным?
2. Чем загрязняют атмосферу клеи-расплавы, универсальные клеи и полиуретановые лаки?
3. Сколько свободного формальдегида при обработке изделий поступает в воздушную среду?
4. Каким методом изготавливаются товары культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода?
5. Какие отходы можно отнести к отходам древесины? Как их можно использовать?
6. Опишите технологический процесс прессования изделий из отходов древесины.
7. Для производства какого вещества применяют отходы бывшей в употреблении древесины с добавлением минеральных вяжущих?
8. Назовите распространенный метод применения древесных опилок.
9. Перечислите ряд новых технологий переработки древесных отходов.
10. Какое направление перспективно с точки зрения возможности получения альтернативного вида топлива, пригодного для применения в небольших хозяйствах?
11. Что используют для изготовления древесностружечных плит (ДСП)?
12. В чем заключается производство стеновых камней?
13. В чем заключается прессование плит без связующего?
14. Перечислите методы защиты воздушной среды от отходов целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности.
15. Какой сравнительно дешёвый способ применяется для очистки воздушных выбросов от органических соединений даже при низких концентрациях?

## **2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №3**

### **Консультация преподавателя**

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирования при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

## **3. Выполнение обучающимися практических заданий**

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится **по технологии ротации станций.**

Аудитория разделена на 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малых групп, в каждой группе – 3-5 человек.

На станции № 1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях № 2 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции №3 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; применение знаний, умений и навыков в производственной ситуации; анализ и синтез информации или каких-либо данных; оценку

информации, данных, объектов, субъектов и т.д.; создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 50 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции № 1 с преподавателем (по содержанию темы № 2, изученному дома самостоятельно)**

1. Какие основные методы переработки отходов целлюлозно-бумажного производства вы знаете?

2. В чем преимущества и недостатки сжигания отходов в целлюлозно-бумажной промышленности?

3. Какие побочные продукты можно получить из отходов целлюлозно-бумажного производства?

4. Как переработка отходов влияет на экологическую безопасность?

5. Какие технологии используются для переработки отходов в альтернативное топливо?

6. Какие виды оборудования применяются для переработки отходов целлюлозно-бумажного производства?

7. Как можно оценить эффективность переработки отходов с точки зрения экономической выгоды?

8. Какие меры принимаются для минимизации негативного воздействия древесных отходов на окружающую среду?

9. Какие токсичные вещества выделяются в атмосферу при переработке древесных отходов? Как они влияют на здоровье человека?

10. Какие методы очистки воздушных выбросов наиболее эффективны при переработке древесных отходов? Какой процент формальдегида выделяется в воздух при обработке изделий? Какие последствия это вызывает?

11. Как происходит прессование изделий из древесных отходов? Какие стадии включает технологический процесс?

12. Какие факторы влияют на эффективность переработки древесных отходов в строительные материалы? Какие методы применяются при производстве стеновых камней из древесных отходов? Какие продукты можно получить из кусковых древесных отходов?

13. Какие виды отходов относятся к древесным отходам? Приведите классификацию по месту образования.

14. Как используются древесные опилки в современном производстве? Как можно использовать отходы бывшей в употреблении древесины?

15. Какие новые технологии переработки древесных отходов существуют? Какие направления переработки древесных отходов наиболее перспективны с точки зрения получения альтернативного топлива?

### **Практическое задание для станции №2 (общее)**

Провести комплексную оценку эффективности рециклинга древесных отходов, рассчитать экономическую и экологическую эффективность переработки древесных отходов на примере производства топливных брикетов: рассчитать годовую прибыль предприятия, определить срок окупаемости оборудования. Оценить экологический эффект за год. Укажите экологический эффект в натуральных и стоимостных показателях. Составить SWOT-анализ проекта, используя следующие исходные данные: годовая производительность линии: 5 000 тонн; капитальные затраты (оборудование): 15 000 000 руб.; себестоимость переработки 1 тонны отходов: сырье (отходы): 500 руб., электроэнергия: 180 руб., зарплата персонала: 300 руб., амортизация: 200 руб., цена реализации 1 тонны брикетов: 4 500 руб.; экологические показатели: снижение выбросов CO<sub>2</sub> за счет утилизации 1 тонны отходов: 0,8 тонн, экономия древесины: 1,2 м<sup>3</sup> на 1 тонну отходов.

Формулы и расчеты:

Прибыль = (Цена реализации – Себестоимость) × Объем производства – Капитальные затраты (амортизация).

Срок окупаемости = Капитальные затраты / Чистая прибыль в год.

Экологический эффект за год:

Снижение  $\text{CO}_2$  = Объем продукции × Коэффициент замены × Выбросы аналога.

Точка безубыточности = Постоянные затраты / (Цена – Переменные затраты).

Рентабельность = (Прибыль / Себестоимость) × 100%.

### **Практические задания для станции №3 (индивидуальные)**

Провести анализ эффективности технологий переработки отходов. Для всех заданий требуется: составить технологическую схему производства, рассчитать основные экономические показатели, использовать формулы для расчетов, указать единицы измерения, оценить экологический эффект (снижение отходов, выбросов  $\text{CO}_2$ ) сделать вывод о целесообразности технологии, представить результаты в виде таблицы и записать выводы.

Пример вывода для варианта 1: «Производство ДСП рентабельно при рентабельности 25%. За год сохраняется 600 деревьев. Рекомендуется к внедрению в регионах с развитой мебельной промышленностью».

Пример вывода для варианта 11: Производство теплоизоляции рентабельно (рентабельность 68%). За год предотвращается выброс 648 т  $\text{CO}_2$  Рекомендуется для регионов с высоким спросом на эко-материалы.

### **Варианты заданий**

Вариант 1. Провести технико-экономическое обоснование производства ДСП из древесных отходов: рассчитать себестоимость 1 тонны ДСП, определить рентабельность производства, оценить, сколько деревьев сохраняется (1 дерево  $\approx 0,5 \text{ м}^3$  древесины, используя следующие исходные данные: объем перерабатываемых отходов: 3 000 т/год; затраты: сырье: 400 руб./т, связующее (смола): 600 руб./т, электроэнергия: 250 руб./т, цена ДСП: 8 000 руб./т; капитальные затраты: 10 000 000 руб.

Вариант 2. Рассчитать эффективность производства арболита из отходов деревообработки: рассчитать себестоимость 1  $\text{м}^3$  арболита, определить годовую прибыль, используя следующие исходные данные: объем отходов: 2 000 т/год; расход цемента: 200 кг/ $\text{м}^3$  (цена:

5 руб./кг); затраты на электроэнергию: 150 руб./м<sup>3</sup>; цена арболита: 4 500 руб./м<sup>3</sup>, производительность: 1 500 м<sup>3</sup>/год.

Вариант 3. Оценить рентабельность производства топливных гранул (пеллет) из древесных отходов: рассчитать срок окупаемости, оценить, насколько снизятся выбросы CO<sub>2</sub> (1 т пеллет = 0,5 т угля; выбросы угля: 2,5 т CO<sub>2</sub> используя следующие исходные данные: производительность: 4 000 т/год, себестоимость: 1 500 руб./т, цена пеллет: 6 000 руб./т, капитальные затраты: 8 000 000 руб.

Вариант 4. Провести анализ эффективности производства строительных блоков из древесных отходов: определить прибыль с одного блока, рассчитать годовую рентабельность, используя следующие исходные данные: объем производства: 10 000 блоков/год; затраты: древесные отходы: 50 руб./блок, цемент: 100 руб./блок, транспорт: 30 руб./блок, цена блока: 300 руб.

Вариант 5. Рассчитать экономическую целесообразность производства древесного угля из отходов: рассчитать прибыль от переработки 1 000 тонн отходов, оценить эквивалент спасенных деревьев (1 т угля заменяет 3 т дров), используя следующие исходные данные: выход угля из 1 тонны отходов: 0,25 т; цена угля: 12 000 руб./т; затраты на пиролиз: 2 000 руб./т отходов.

Вариант 6. Оценить эффективность внедрения технологии прессования плит без связующего: определить точку безубыточности, сравнить с традиционным ДСП (себестоимость: 3 500 руб./м<sup>3</sup>), используя следующие исходные данные: производительность: 2 000 м<sup>3</sup>/год; затраты: электроэнергия: 400 руб./м<sup>3</sup>, амортизация: 200 руб./м<sup>3</sup>, цена плиты: 7 000 руб./м<sup>3</sup>.

Вариант 7. Провести анализ производства цементно-стружечных плит (ЦСП): рассчитать себестоимость 1 м<sup>3</sup> ЦСП, оценить рентабельность при производстве 1 000 м<sup>3</sup>/год), используя следующие исходные данные: расход цемента: 300 кг/м<sup>3</sup> (цена: 5 руб./кг); древесные отходы: 70% объема (стоимость: 200 руб./м<sup>3</sup>); цена ЦСП: 6 500 руб./м<sup>3</sup>.

Вариант 8. Рассчитать рентабельность производства древесно-полимерных плит: рассчитать себестоимость 1 тонны плит, определить прибыль при переработке 500 тонн отходов), используя следующие исходные данные: доля полимеров: 30% (цена: 50 руб./кг);

древесные отходы: 70% (цена: 100 руб./кг); цена плиты: 10 000 руб./т.

Вариант 9. Оценить эффективность использования древесных отходов (опилок) в качестве почвоулучшителя: рассчитать годовую прибыль, оценить, сколько гектаров почвы можно улучшить (норма: 5 т/га), используя следующие исходные данные: затраты на обработку: 800 руб./т, цена продажи: 1 500 руб./т, объем: 1 000 т/год.

Вариант 10. Провести анализ производства упаковочных материалов из древесных отходов: определить рентабельность, сравнить с пластиковой упаковкой (себестоимость: 15 руб./кг), используя следующие исходные данные: себестоимость упаковки: 20 руб./кг, цена продажи: 45 руб./кг, производительность: 10 000 кг/год.

Вариант 11. Рассчитать себестоимость производства 1 м<sup>3</sup> теплоизоляционных материалов из древесных отходов, определить рентабельность при условии капитальных затрат в 5 000 000 руб. и оценить снижение выбросов CO<sub>2</sub> (1 м<sup>3</sup> материала заменяет 0,3 м<sup>3</sup> пенопласта; выбросы пенопласта: 1,2 т CO<sub>2</sub>), используя следующие исходные данные: объем перерабатываемых отходов: 2 500 т/год; затраты: древесные отходы: 300 руб./т; связующее (на основе крахмала): 400 руб./т; энергозатраты: 200 руб./т; цена теплоизоляции: 6 000 руб./м<sup>3</sup>, производительность: 1 800 м<sup>3</sup>/год.

Вариант 12. Рассчитать срок окупаемости проекта по переработке ламинированной упаковки, оценить экологический эффект (1 т переработанной упаковки = предотвращение захоронения 3 т смешанных отходов), используя следующие исходные данные: объем отходов: 1 000 т/год; затраты: сортировка и очистка: 800 руб./т, грануляция: 1 200 руб./т, цена гранулята: 25 000 руб./т; капитальные затраты: 7 000 000 руб.

Вариант 13. Определить годовую прибыль биопереработки отходов в биоуголь и сравнить выбросы CO<sub>2</sub> с традиционным углем (1 т биоугля = 0,3 т CO<sub>2</sub> уголь = 2,8 т CO<sub>2</sub>), используя следующие исходные данные: выход биоугля: 0,4 т из 1 т отходов; затраты: пиролиз: 1 500 руб./т, сертификация (экологическая): 300 руб./т, цена биоугля: 15 000 руб./т; объем переработки: 3 000 т/год.

Вариант 14. Рассчитать точку безубыточности производства картона из макулатуры и оценить сохранение лесов (1 т картона из

макулатуры = экономия 17 деревьев), используя следующие исходные данные: производительность: 10 000 т/год; затраты: макулатура: 2 000 руб./т, вода и энергия: 1 500 руб./т; цена картона: 12 000 руб./т; капитальные затраты: 20 000 000 руб.

Вариант 15. Определить рентабельность химической переработки древесных отходов в целлюлозу и рассчитать, насколько снизятся выбросы по сравнению с первичным производством целлюлозы (1 т = 5 т CO<sub>2</sub> против 1,2 т CO<sub>2</sub>), используя следующие исходные данные: выход целлюлозы: 0,6 т из 1 т отходов; затраты: химические реагенты: 3 000 руб./т, энергия: 1 000 руб./т, цена целлюлозы: 35 000 руб./т; объем переработки: 4 000 т/год.

#### **4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися**

##### **Защита решений**

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

#### **5. Текущий контроль успеваемости по теме №3**

Текущий контроль успеваемости проводится в форме решение ситуационных задач и кейс-задач.

Шкала и критерии оценивания приведены в оценочных средствах по дисциплине «Способы утилизации и переработки отходов химических производств» для данной ОПОП ВО, которые размещены на официальном сайте университета по ссылке <https://swsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башкиров, В. Н. Производство древесной массы: учебное пособие / В. Н. Башкиров, Л. Н. Герке, А. В. Князева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017. – 120 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500885> (дата обращения: 14.07.2025).

2. Васина, М.В. Разработка проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение: учебное пособие / М.В. Васина, Е.Г. Холкин; Омский государственный технический университет. – Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. – 124 с.: табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493458> (дата обращения: 14.07.2025).

3. Ветошкин, А. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: учебное пособие: в 2 частях: [16+] / А. Ветошкин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – Часть 1. Системное обращение с отходами. – 441 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493897> (дата обращения: 14.07.2025).

4. Ветошкин, А. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: учебное пособие: в 2 частях: [16+] / А. Ветошкин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – Часть 2. Переработка и утилизация промышленных отходов. – 381 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493898> (дата обращения: 14.07.2025).

5. Алибекова, Е.В. Коррозия и защита металлов: учебное пособие: [16+] / Е.В. Алибекова, С.Я. Алибеков, Н.Г. Крашенинникова; Поволжский государственный технологический универси-

тет. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2022. – 468 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL:

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=703521> (дата обращения: 11.08.2025).

6. Ефимова, Т.Н. Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду в процессе природопользования: практикум: [16+] / Т.Н. Ефимова, Р.Р. Иванова; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – 112 с.: схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459473> (дата обращения: 14.07.2025). – ISBN 978-5-8158-1741-8. – Текст: электронный.

7. Инженерная экология, рециклинг металлов и деформированных сплавов / Р.Л. Шаталов, П.И. Черноусов, Е.А. Макашов, О.В. Голубев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 460 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618262> (дата обращения: 14.07.2025).

8. Кичигин, В.И. Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод: учебное пособие / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2008. – 204 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142979> (дата обращения: 14.07.2025).

9. Козадерова, О.А. Комплексное использование сырья и утилизация отходов: учебное пособие: [16+] / О.А. Козадерова, С.И. Нифталиев, Ю.С. Перегудов; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. – 73 с.: схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=488016> (дата обращения: 14.07.2025).

10. Ларичев, Т. А. Утилизация, переработка и захоронение промышленных отходов: опорные конспекты: [16+] / Т. А. Лари-

чев; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013. – 80 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232762> (дата обращения: 14.07.2025).

11. Липаев, А.А. Обращение с отходами производства и потребления: учебное пособие: [16+] / А.А. Липаев, С.А. Липаев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 408 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618249> (дата обращения: 14.07.2025). – Библиогр.: с. 379-385. – ISBN 978-5-9729-0616-1. – Текст: электронный.

12. Нифталиев, С.И. Переработка отходов в химической технологии неорганических веществ: учебное пособие: [16+] / С.И. Нифталиев, Ю.С. Перегудов; науч. ред. С.И. Нифталиев. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. – 53 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601570> (дата обращения: 14.07.2025).

13. Основы инженерной экологии: учебное пособие / В.В. Денисов, И.А. Денисова, В.В. Гутенов, Л.Н. Фесенко; под ред. В.В. Денисова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 624 с.: ил., схем., табл. – (Высшее образование). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271599> (дата обращения: 14.07.2025).

14. Рубанов, Ю. К. Инженерное обеспечение обращения с отходами: учебное пособие: [16+] / Ю. К. Рубанов, Ю. Е. Токач. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 184 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618259> (дата обращения: 16.07.2025).

15. Сафин, Р.Г. Современное состояние термической переработки органических отходов: в 2 частях / Р. Г. Сафин, В. Г. Сотников; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2023. – Часть 1.

– 96 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=721147> (дата обращения: 14.07.2025)

16. Сафин, Р.Г. Современные технологии переработки древесных материалов: учебное пособие: [16+] / Р. Г. Сафин, Т. О. Степанова; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2022. – 80 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=702158> (дата обращения: 14.07.2025).

17. Соколов, Л.И. Управление отходами (waste management): учебное пособие / Л.И. Соколов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 209 с.: ил. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493887> (дата обращения: 01.09.2025).

18. Соколов, Л.И. Управление отходами (waste management): учебное пособие: [16+] / Л. И. Соколов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 209 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493887> (дата обращения: 16.07.2025).

19. Старикова, Г.В. Обращение с опасными отходами: учебное пособие: [16+] / Г.В. Старикова, Н.Л. Мамаева, О.И. Филипповская; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – 143 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=611351> (дата обращения: 14.07.2025).

20. Темнова, Е.Б. Прогнозирование и мониторинг природных и техногенных процессов: учебное пособие: [16+] / Е.Б. Темнова; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – 84 с.: ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459517> (дата обращения: 14.07.2025).

21. Турчанинов, В. И. Строительные материалы из техногенного сырья: учебное пособие / В. И. Турчанинов; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 208 с.: табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481814> (дата обращения: 14.07.2025).

22. Управление отходами производства и потребления: практикум: [12+] / сост. В.П. Дьяков. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 129 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577854> (дата обращения: 14.07.2025).

23. Фаюстов, А.А. Утилизация промышленных отходов и ресурсосбережение: основы, концепции, методы / А.А. Фаюстов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 273 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564853> (дата обращения: 14.07.2025).

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема №3 «Интегрированная система управления отходами: комплексный подход к обращению, утилизации и обезвреживанию техногенных отходов химических производств»	3
Практическое занятие №4 «Интегрированная система управления опасными отходами: нормативно-правовое регулирование и технологические аспекты»	14
Практическое занятие №5 «Рециклинг и утилизация техногенных отходов в металлургической, химической и машиностроительной отраслях: инновационные технологии и процессы»	24
Практическое занятие №6 «Коррозионная диагностика материалов: кинетический анализ и оценка коррозионной стойкости в условиях техногенного воздействия»	35
Практическое занятие №7 «Технологии рециклинга и утилизации отходов легкой промышленности: современные подходы и решения»	47
Практическое занятие №8 «Методология переработки и утилизации полимерных отходов: инновационные технологии и экологические аспекты»	56
Практическое занятие №9 «Рециклинг и переработка отходов целлюлозно-бумажного и деревообрабатывающего производства: комплексная оценка эффективности»	70
Библиографический список	82