

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап. Технологический сектор

Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

Пластики нефтехимического происхождения, например, полиэтилентерефталат (ПЭТ), полипропилен, полиэтилен очень широко применяются в быту и промышленности. Однако попадая в окружающую среду, они накапливаются в ней, вызывая пластиковое загрязнение. Изделия из пластиков составляют значительную часть всех отходов, и в условиях территорий для захоронения пластиковые отходы могут разлагаться сотни и даже тысячи лет.

Для борьбы с пластиковым загрязнением разрабатываются различные подходы. Во-первых, это сокращение потребления и отказ от одноразовых изделий. Все больше людей осознают свою ответственность за состояние окружающей среды и отказываются от одноразовой посуды, пакетов и других изделий, которым можно найти многоразовую альтернативу. В областях, где сложно отказываться от одноразовых изделий, например, в медицине, пищевой промышленности, активно используют биологические разлагаемые пластики, например, полигидроксиалканоаты и полилактид. Еще один подход – переработка (рециклинг) пластиковых отходов, то есть превращение использованного пластика в другие изделия или материалы. Выделяют несколько способов переработки:

- 1) Физическую переработку – механическое измельчение отработанных пластиковых материалов, которые затем используются для повторного производства пластиковых изделий.
- 2) Химическую переработку, в процессе которой отработанный пластик химически превращают в другие материалы. К методам химической переработки относят гидролиз, гликолиз, сольволиз и метанолиз пластиковых отходов.
- 3) Термическую переработку – деструкцию пластика под действием высоких температур: пиролиз, газификация, сжигание.
- 4) Биологическую переработку – для некоторых синтетических пластиков удалось обнаружить микроорганизмы, которые способны их разлагать, утилизируя как источники углерода.

Вы – сотрудники предприятия, занимающегося химической и биологической переработкой пластика. На предприятие привезли партию измельченных и подготовленных для рециклинга отработанных пластиков трех типов – полиэтилентерефталат, полиметилметакрилат, полиакрилат натрия, однако на мешках с сырьем отсутствуют идентифицирующие сведения (этикетки и подписи). Вам необходимо изучить физико-химические свойства данных полимеров и установить тип пластиков, которые поступили на предприятие. Среди всех поступивших пластиков полиэтилентерефталат используется наиболее широко, и для него разработано наибольшее число методов переработки. На основе анализа литературы вам нужно выбрать способ переработки ПЭТ и составить

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап. Технологический сектор

Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

технологическую схему выбранного вами процесса. При выполнении задания рассматривайте химические и биологические способы переработки, которые приводят к образованию из пластика новых веществ. Основные сведения по переработке полиэтилентерефталата представлены в литературе, доступной по QR-коду справа. Также рекомендуется использовать при решении другие источники.



Ссылка на литературу
по теме задания

Этапы выполнения задания

1. Работа с объектом

- 1) Изучите экспериментально образцы пластиков (приложение 1).
- 2) На основе полученных результатов определите тип пластика в каждом образце (приложение 2), укажите коды переработки данных материалов. Укажите, какой из образцов является полиэтилентерефталатом.
- 3) Опишите способ получения ПЭТ, его физико-химические свойства и химическую формулу, опишите области его применения.

2. Параметры процесса

- 1) Рассмотрите методы переработки (химические или биологические), применяющиеся для ПЭТ. Опишите данные методы, их этапы, особенности, продукты, получаемые при переработке. Рассматривайте те методы переработки, которые приводят к образованию из пластика новых веществ путем химических или биологических превращений.
- 2) Выберите один из рассмотренных вами методов. Приведите химическую или ферментативную реакцию, лежащую в основе данного метода.
- 3) Укажите, какие продукты переработки пластика будут получены.

3. Технологическая схема

- 1) Укажите, какие этапы включает выбранный вами метод.
- 2) Рассмотрите оборудование, которое используется для проведения каждой стадии.
- 3) Составьте технологическую схему переработки с указанием оборудования и условий. В качестве исходного сырья для переработки используйте использованные пластиковые изделия, подвергнутые сортировке и очистке.

4. Оценка эффективности технологической схемы

- 1) Проанализируйте преимущества и недостатки выбранного вами метода переработки пластика по сравнению с прочими.
- 2) Укажите, как можно использовать получаемые продукты переработки.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

Заключительный этап. Технологический сектор

Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

Приложение 1. Протокол выполнения экспериментальной части практики

Команда _____

ФИО участника _____

На производство привезли три типа пластиков для переработки, однако при транспортировке от мешков отклеились этикетки с маркировкой. В сопроводительных документах указано, что в мешках находятся следующие пластики: полиэтилентерефталат, полиметилметакрилат, полиакрилат натрия. Вам необходимо исследовать образцы полимеров двумя разными методами, записать результаты эксперимента и ваши наблюдения в таблицу 1, и, пользуясь приложением 2, установить тип пластиков в мешках.

Перед началом работы внимательно ознакомьтесь с методикой. Все работы в химической лаборатории необходимо проводить в халате (застегнутом), волосы следует собирать. Прием пищи в лаборатории запрещается.

Материалы и оборудование

Образцы пластиков (1, 2, 3)	Пробирки со шлифом, 2 шт.
Пробирки типа Эппендорф, 6 шт.	Штатив для пробирок, 1 шт.
Маркер, 1 шт.	Салфетки бумажные
Ложка пластиковая, 1 шт.	Перчатки нитриловые, 1 пара
Раствор розанилина водный, 5 мл	Пипетки Пастера, 2 шт.
Ацетон, 5 мл	Стакан пластиковый с водой, 1 шт.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап. Технологический сектор

Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

Методика выполнения работы

Перед началом работы подпишите маркером пробирки в соответствии с образцами (1,2,3). Для каждого типа пластика должно быть 2 подписанных пробирки.

1. Реакция пластиков с раствором розанилина

В подписанные пробирки поместите небольшое количество исследуемых пластиков ложкой (одну гранулу или несколько крупинок). Перед внесением нового образца ложку тщательно протирайте салфеткой.

К образцам добавьте раствор розанилина пипеткой так, чтобы он покрывал пластик. Пробирки опустите в горячую воду на 30 секунд. Затем оцените результат реакции. Обратите внимание на изменение окраски полимера и на его растворимость и набухание в водной среде. Наблюдения запишите в таблицу 1.

2. Определение растворимости пластиков в ацетоне

В подписанные пробирки добавьте ложкой соответствующие образцы. Добавьте 1-2 мл ацетона. Аккуратно перемешайте содержимое пробирки покачиванием. Наблюдайте за растворимостью материала в течение 2-3 минут. Результаты запишите в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Образец	Наблюдения при проведении исследований	
	Качественная реакция с розанилином	Растворимость в ацетоне
1		
2		
3		

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап. Технологический сектор
Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

Приложение 2. Идентификация пластиков качественными реакциями

Ознакомьтесь со свойствами различных пластиков в таблице 2, соотнесите полученные вами результаты с теоретическими и заполните таблицу 3.

Таблица 2. Свойства пластиков

Пластик	Реакция с раствором розанилина	Растворимость в ацетоне
Полиэтилентерефталат	не растворяется, тонет, не окрашивается	не растворим
Полиметилметакрилат	не растворяется, тонет, не окрашивается	растворим
Полиакрилат натрия	набухает, окрашивается в розовый цвет	растворим

Таблица 3. Идентификация пластиков

Образец	Пластик	Код переработки
1		
2		
3		

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап. Технологический сектор
Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

Приложение 3. Требования к представлению решения кейса

Решение кейса оформить в виде постера формата А1 в соответствии с примером оформления.

Требования к оформлению постера:

1. В “шапке” или в углу постера указать название команды (в случае сборной команды указать все названия команд).
2. В “шапке” или в углу постера указать ФИО каждого ПРИСУТСТВУЮЩЕГО участника и его школу.
3. На постере необходимо отразить все этапы выполнения задания (тезисно/схематично).
4. Таблицу 1, таблицу 2 и таблицу 3 прикрепить к постеру как решение экспериментальной части.
5. При подготовке постера рекомендуется использовать схемы, таблицы, рисунки.
6. Не рекомендуется приводить на постере информацию, не имеющую отношения к решению кейса.
7. Сфотографировать постер, убедиться, что фотография хорошего качества и текст на ней читабелен.
8. Фотографию постера с решением загрузить по QR-коду ниже в папку с названием вашей команды.

Пример оформления постера

Название команды <i>(в случае сборной команды указать все названия команд)</i>	
ФИО, школа <i>(всех присутствующих участников команды)</i>	
Работа с объектом	Параметры процесса
Технологическая схема	
Анализ эффективности технологической схемы	



Ссылка для
загрузки постера

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап. Технологический сектор

Практика заключительного этапа. Переработка пластиковых отходов

Решение

Бордеева Алина Станиславовна (1995)
Заринова Юлия Юрьевна (2002)
Мишинева Валентина Рашидовна (2010)

ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

ПЛАСТИК	реакция с р-ром розанила	р-риность в ацетоне	коэф. переработки
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ	не растворяется, тонет, не окрашивается	не растворяет	1
ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ	не растворяется, тонет, не окрашивается	растворяет	4
ПОЛИАКРИЛАТ НАТРИЯ	набухает, окрашивается в розовый	растворяет	7

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПЭТ:
 1) перэстерификация диметилфталата (ДМФТ) этиленгликолем (ЭГ)
 2) поликонденсация диэтиленгликольтерефталата
 3) поликонденсация терефталевой кислоты с этиленгликолем.

Формула ПЭТ: $(C_{10}H_8O_4)_n$

Свойства:
 • инертный
 • прочный
 • упругий
 • термостабильный
 • прозрачный
 • гибкий
 • устойчивый к кислотам, спиртам, щелочам

ПРИМЕНЕНИЕ:
 1) пищевая промышленность (ёмкости, посуда, упаковки)
 2) фармацевтическая промышленность (косметическая продукция)
 3) машиностроение и электротехника

ХИМИЧЕСКИЙ ← **МЕТОДЫ** → БИОЛОГИЧЕСКИЙ

1) ГИДРОЛИЗ: ПЭТ → ТФК + ЭГ
 выс. давление, температура, катализаторы (линеар. К-ТФ)
 обработка активированным углем

2) ГЛИКОЛИЗ: ЭГ + ПЭТ → бисфталат, олигомеры, БГЭТ
 ЭГ-и реагент, и катализ. (бис-β-гидрокси этилтерефталат)
 выс. давление, T = 180-200°C

3) МЕТАНОЛИЗ: ПЭТ $\xrightarrow{\text{метанол}}$ ДМФ + ЭГ
 выс. температура, паровое состояние метанола и ДМФ
 +: меньшая потребность в сортировке, восстановление ценных продуктов и введение в производство
 -: высокая стоимость материалов и операций для восстановления, проблемы утилизации, большая энергозатратность и сложность

Биодegradация ПЭТ в результате жизнедеятельности бактерии Ideonella Sakaiensis с помощью ферментов ПЭТ и МЭТ-гидролазы

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ
 + низкая скорость размножения Ideonella Sakaiensis
 + высокая стоимость материалов и операций для восстановления, проблемы утилизации, большая энергозатратность и сложность
 + продукты: этиленгликоль (антифриз, реагент системы охлаждения двигателей и компьютеров)
 + ТФК (создание прохладительных и масляных бутылок)

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА:

ПОИСК ПЭТ

↓

ВЫДЕЛЕНИЕ ГЕНОВ, ОТВЕКАЮЩИХ ЗА ВЫРАБОТКУ ФЕРМЕНТОВ ПЭТ-АЗЫ И МЭТ-ГИДРОЛАЗЫ ИЗ ШТАММА БАКТЕРИИ Ideonella Sakaiensis 201-F6

↓

ВСТРАИВАНИЕ ГЕНОВ В ШТАММ БАКТЕРИИ Escherichia coli

↓

СИНТЕЗ ФЕРМЕНТОВ БАКТЕРИЯМИ

↓

РАЗЛОЖЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ ФЕРМЕНТАМИ

ПРИБОРЫ:
термостат, микроскоп, чашки Петри, холодильная камера.

I стадия:

$$\left[-CH_2-CH_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-O- \right]_n$$

$$\downarrow \text{PETase}$$

$$HO-CH_2-CH_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-OH$$

II стадия:

$$HO-CH_2-CH_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-OH$$

$$\downarrow \text{MHETase}$$

$$HO-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-OH$$