

## Разработка лабораторной установки для синтеза этанола из полиэтилена

Заболотских Влада Валентиновна, кандидат биологических наук, доцент  
Смахтина Лилия Ахматовна, аспирант  
Евлеева Марина Юрьевна, аспирант  
(г. Самара)

**Аннотация.** На основе анализа существующих технологий и на основе экспериментальных исследований авторами разработана технологическая установка для синтеза этилового спирта из полиэтилена.

**Ключевые слова:** полиэтилен, этиловый спирт, деполимеризация.

Изделия из полиэтилена производятся из важнейших невозобновляемых природных ресурсов - газа, угля, нефти. Они очень долговечны и с трудом разлагаются, что серьезно угрожает нашей экологии.

Различные отходы в сочетании с полиэтиленом и пластиком, могут в скором времени привести планету к экологической катастрофе. Поэтому требуется использование системы переработки полиэтилена, например, в этиловый спирт - ценное промышленное сырье.

Полиэтилен можно использовать, как сырье для получения этилена реакцией деполимеризации, так как молекулы полиэтилена являются молекулами парафиновых углеводородов. И затем с помощью реакции гидратации этилена получить этиловый спирт.

**Целью** нашей работы было создать в экспериментальных условиях установку для переработки полиэтилена в этанол.

### Полиэтилен

Полиэтилен — термопластичный полимер этилена, относится к классу полиолефинов. Является органическим соединением и имеет длинные молекулы  $\dots\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}\dots$  с ковалентными связями между атомами углерода. Мономеры могут соединяться в виде цепочек, сеток, образовывать формации неправильной формы. От того, при каких условиях происходит полимеризация зависят свойства получаемого полимера.

Основой для полиэтилена служит бесцветный газ этилен, который получают, перерабатывая определённые нефтепродукты — прямогонный бензин, газойль и др. Вещество, получаемое в ходе полимеризации, обладает хорошей термопластичностью, химической стойкостью, устойчивостью к ударным нагрузкам. Полиэтилен является диэлектриком.

Это твёрдое беловатое вещество, обладающее прозрачностью при раскатывании тонким слоем. Полиэтилен является одним из самых распространённых в мире полимеров. Иногда в быту неверно называется целлофаном. [1]

### Изделия из полиэтилена: экологические проблемы

Полиэтилен в качестве упаковочного материала имеет массу достоинств. Он достаточно прочен, легок, хорошо окрашивается, устойчив к различным атмосферным воздействиям. Однако некоторые его преимущества оборачиваются недостатками. Дело в том, что он очень стоек к воздействию бактерий и микроорганизмов. Разложение полиэтилена в природной среде занимает более двухсот лет и поэтому требуется применять эффективные методы утилизации.

### Переработка полиэтилена

Полиэтилен представляет собой длинную цепь соединения углерода с водородом, и задача при переработке полиэтилена состоит в том, чтобы разбить эту цепь на более короткие кусочки, которые могут быть использованы для создания других веществ.

Изделия из полиэтилена пригодны для переработки и последующего использования. Полиэтилен перерабатывается всеми известными для пластмасс методами, такими как экструзия, экструзия с раздувом, литьё под давлением, пневматическое формование. Экструзия полиэтилена возможна на оборудовании с установленным «универсальным» червяком.

Сам по себе процесс переработки пластика не представляет собой ничего сложного: пластик нужно измельчить, расплавить, а затем отлить из него новую продукцию.

Но этот способ работает исключительно в том случае, если весь подвергающийся переплавке пластик принадлежит к одному типу и обладает очень высокой степенью чистоты (а на практике такое случается достаточно редко).

Самый простой способ избавиться от полиэтиленовых отходов — это просто их сжечь. Однако при этом в атмосферу выделяется много различных токсичных веществ, что пагубно сказывается на окружающей природе. Поэтому в настоящее время все большее распространение получают другие методы утилизации, например, рециклинг полиэтилена. [3]

Виды изделий, которые возможно производить из различных видов вторичного сырья представлены в таблице (см. табл. 1).

### Получение технического этанола

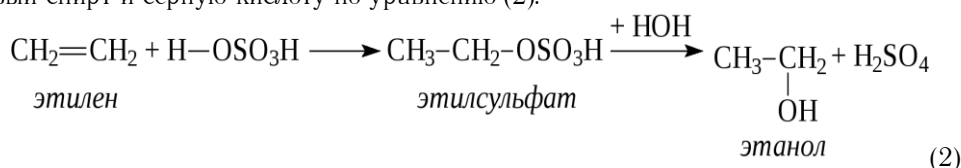
Технический спирт получают из этиленсодержащих газов (синтетический спирт), древесины (гидролизный спирт) и сульфитных щелоков — отхода производства целлюлозы из древесины по сульфитному способу (сульфитный спирт). Этиловый спирт можно получать микробиологическим и химическим способами.

Химический способ основан на присоединении воды к этилену. Известно два варианта синтеза спирта — серноокислотный и прямой гидратацией этилена.

Таблица 1. Виды изделий, производимые из различных видов вторичного сырья

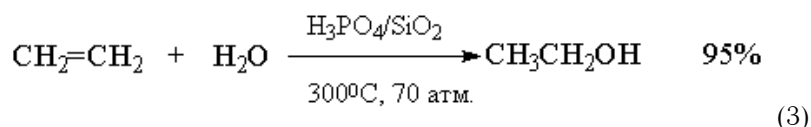
Вид отходов для вторичной переработки	Плотность	Предел текучести расплава	Изделия
Отходы пленок ПВД, собранные из коммерческих источников	0,915 – 0,925	0,8 - 4	Новая пленка, в том числе для упаковки
Отходы, пленок собранные с мусоросортировок	0,915-0,945	0,6- 4	Гранулы для литьевых изделий
Стрейч			Гранулы для подмешивания в другие виды сырья как модификатор
Выдувные флаконы для бытовой химии и пищевых продуктов	0,945 – 0,955	0,1- 0,8	Неагруженные трубы, дренажные трубы
Канистры	0,945-0,955	0,1-0,8	Неагруженные трубы, дренажные трубы, Древесно-полимерные композиты, геомембраны, листы для других целей.
Многослойные пленки			Неответственные изделия, добавки для других гранул
Отходы кабелей и проводов		0,1	Добавка для других гранул
Сельхозпленка	0,915-0,925	0,8-6	Гранулы для добавления в новую пленку и для литьевых изделий.

В первом варианте из этилена и концентрированной серной кислоты при 75 — 80°C и 2,48 МПа образуется кислый эфир — этилсерная кислота, которая затем разлагается водой при нагревании 100°C и 0,3 — 0,4 МПа на этиловый спирт и серную кислоту по уравнению (2):



Серноокислотную гидратацию непредельных углеводородов используют преимущественно для получения спиртов с большей относительной молекулярной массой.

При прямой гидратации смесь этилена и водяного пара пропускают под давлением 6,5—7,5 МПа и при температуре 230—300 °С над катализатором. Синтез спирта в этом случае происходит по схеме (3):



Прямая гидратация этилена водяным паром при каталитическом действии ортофосфорной кислоты — наиболее прогрессивный способ промышленного получения этилового спирта.

Синтетический спирт используют только для технических целей; для пищевых целей его применять запрещается.[8]

### **Разработка технологической схемы производства этанола из полиэтилена**

#### **Описание эксперимента №1**

Разложение полиэтилен  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$  происходит в присутствии катализатора оксида хрома(III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Поэтому в пробирку №1 мы поместили 50г гранул полиэтилена с катализатором для проведения реакции деполаризации. Затем закрыли ее пробкой с газоотводной трубкой, второй конец которой соединили со стеклянной трубкой, вставленной в пробирку №2. В пробирку №2 прилили воду меньше половины объема, чтобы поступающий этилен из пробирки №1 обогащался парами воды. Затем мы пробирку №2 присоединили к пробирке — реактору. Пробирка—реактор имеет два газоотводных отверстия и трубку внутри, через которую этилен с парами воды из пробирки №2 поступал в реактор. В реактор предварительно плотно уложили, в качестве катализатора, кусочки кирпича размером 3-4 мм, пропитанного  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . В таких условиях этилен с парами воды подвергался гидратации (присоединению воды) и образованию этилового спирта.

Полученный в реакторе этиловый спирт в виде паров с остатками этилена и водяного пара, мы по газоотводной трубке собрали в колбу-приемник с водой. Для ускорения процесса конденсации паров спирта, колбу-приемник поместили в чашу со снегом.

Пробирку №1 и №2 нагревали с помощью электроплитки, а реактор - с помощью спиртовки.

Эксперимент проводили в течение 30 мин. В колбу — приёмник мы собрали прозрачную бесцветную жидкость с запахом алкоголя.

#### **Описание эксперимента №2**

**Качественная реакция: йодоформная проба**

В колбу с полученным в ходе эксперимента спиртовым раствором мы добавили раствор Люголя и по каплям раствор гидроксида натрия. Постепенно раствор посветлел. Продолжали добавлять щёлочь, через некоторое время появился желтый осадок йодоформа. Затем нагрели пробирку с йодоформом и раствор стал прозрачным. При охлаждении в воде вновь появился осадок йодоформа  $\text{CHI}_3$  и ощущался характерный запах йодоформа. В колбе протекала реакция:



#### **Заключение**

В ходе проведенных исследований мы изучили состав, свойства и способы утилизации полиэтилена. Выяснили экологические последствия в случае загрязнения окружающей среды отходами данного полимера.

За последние несколько лет состав городских отходов значительно изменился, объем пластиковых отходов увеличился (посуда одноразового использования, ПЭТ-бутылки, тара, уплотнители, упаковочное сырье и др.). Переработка пластика как никогда актуальна. Пластиковые отходы вредны для здоровья человека и окружающей среды. Во многих странах запрещены выброс и неправильная утилизация пластиковых отходов и в то же время поощряются организации, грамотно подходящие к вопросу переработки полимеров.

В экспериментальных условиях, с помощью химических реакций, осуществили реакцию деполимеризации полиэтилена и синтезировали этанол. Для обнаружения молекул спирта провели качественный анализ - йодоформную пробу.

В результате исследовательской работы нами в лабораторных условиях была собрана установка, в которой с помощью химических реакций осуществили реакцию деполимеризации полиэтилена. Полиэтилен  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$  подвергали разложению в присутствии катализатора  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  до этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$ . С целью превращения этилена в этиловый спирт мы провели реакцию гидратации в присутствии катализатора  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . В результате в колбе-приёмнике мы собрали небольшое количество этанола, который обнаружили при помощи йодоформной пробы. Мы увидели кристаллы желтого цвета  $\text{CHI}_3$ . У йодоформа имелся характерный запах.

В результате сделали вывод, что из полиэтилена можно получить этанол. Это может быть использовано для утилизации полиэтилена в промышленных масштабах. Данный способ утилизации уменьшит количество твердых бытовых отходов.

Чтобы увеличить выход продукта - этилового спирта - на производстве необходимо непрореагировавший этилен при высоком давлении повторно нагревать в реакторе.

Проведенный эксперимент позволяет нам сделать вывод, что использование данной установки может иметь следующие выгоды:

- Утилизация полиэтиленовых отходов.
- Получение этанола как ценного технического сырья.

#### **Литературв:**

1.Белик, Е.С. Оценка эффективности деструкции композиций из полиэтилена и крахмала // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2012. – №1. – С. 36-38.

2.Заикова, Г. Е. Горение, деструкция и стабилизация полимеров: моногр. / под ред. Г. Е. Заикова. – Санкт-Петербург.: Научные основы и технологии, 2008. – 421с.

3. Калинин, Э.Л. Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие // Э.Л. Калинин, М.Б. Саковцева. – Л.: Химия. – 1983. – 288 с.

4.Лирова, Б. И. Проблемы экологии производства и применения полимерных материалов / Б. И. Лирова, А. И. Суворова // Уральский государственный университет, 2007. – 24с.

5.Пармухина, Е.Л. // Экологический вестник России. – 2011. – №2. – С.32.

6.Сагитов, Р.Ф. Пути рационального решения проблемы переработки промышленных отходов в РФ / Р. Ф. Сагитов, С. В. Антимонов, Е. В. Ганин, Ю. С. Иванова, Е. А. Федоров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. - №3. – С. 1-3.

7.Тунакова, Ю.А. Анализ существующих способов утилизации и переработки отходов полимеров / под редакцией Ю. А. Тунакова // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - № 10. - С. 163-168.

8.Методы получения полимеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://studopedia.net/3\\_41675\\_metodi-polucheniya-polimerov.html](http://studopedia.net/3_41675_metodi-polucheniya-polimerov.html).

9.Полимерные материалы. [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС] <http://www.polymerbranch.com/publ/view/18.html> [29.04.2016]