

ТОПЛИВО ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Волок В., Махмутов А., Белобусов А., Шарапов Т.

Руководитель: учитель химии Рассохин Р.В.

СОШ №827, г. Москва

Каждый знает, что мусора вокруг нас становится все больше. В России ежегодно образуется около 130 млн м³ твердых бытовых отходов. До 7% отходов приходится на пластик и полимерные пленки. Большая часть полимерных пленок состоит из полиэтилена (-CH₂-CH₂)_n – устойчивого к действию бактерий материала, практически не разлагающегося в окружающей среде. Основным способом утилизации полиэтилена в Москве – депонирование (складирование на свалках).

А почему бы ни использовать полиэтилен как сырье для получения других продуктов? Этим вопросом задумались учащиеся средней общеобразовательной школы № 827 г. Москвы. Под руководством своего наставника они разработали методику превращения полиэтилена в этиловый спирт C₂H₅OH, который является исходным веществом для получения многих промышленных продуктов. Свои научные результаты ребята доложили на конкурсе «Мы и биосфера», проходившем в Московском городском дворце детского и юношеского творчества.

Во многих странах этиловый спирт рассматривается как альтернативное бензину экологически чистое автомобильное топливо. Учитывая возрастающие объемы производства и использования полиэтилена и связанные с этим экологические проблемы, актуально рассмотреть возможность получения этанола из полиэтиленовых отходов. Для начала следует изучить решение этой проблемы в условиях школьной лаборатории.

При выполнении работы мы поставили перед собой следующие задачи: озна-

комиться с литературой о полиэтилене и способах его утилизации, провести эксперимент по возможному получению этилового спирта из полиэтилена, доказать наличие этанола с помощью качественного и количественного анализа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Описание установки

При нагревании без доступа воздуха в присутствии катализатора (Cr₂O₃, Al₂O₃) полиэтилен разлагается с образованием исходного мономера – этилена C₂H₄:



При взаимодействии этилена C_2H_4 с водой H_2O в присутствии катализатора (фосфорной кислоты H_3PO_4) при нагревании происходит образование этанола $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$:



Для проведения эксперимента мы собрали установку, изображенную на рисунке.

В пробирку 1 поместили полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ и катализатор для его разложения (Cr_2O_3). Пробирку нагревали двумя спиртовками. Пробирку закрыли пробкой с газоотводной трубкой, другой конец которой присоединили к прибору 2, представляющему собой электронагреватель, в котором закреплена пробирка 2 с отводом. В пробирку вставлена стеклянная трубка, доходящая почти до дна. Стеклянная трубка соединена с газоотводной трубкой пробирки 1. В пробирку 2 налили воду на треть ее объема.

Подсоединили прибор 2 к реактору 3. В качестве реактора мы взяли пробирку с отводом и со впаянной в боковую стенку стеклянной трубкой, доходящей до дна.

Через нее в реактор поступает C_2H_4 с парами воды. В реактор поместили на четверть объема катализатор (битый кирпич, пропитанный H_3PO_4) так, чтобы газ мог свободно проходить.

Отводную трубку реактора опустили в колбу-приемник 4 с небольшим количеством воды для растворения спирта. Приемник охлаждался в кристаллизаторе с холодной водой и льдом. Тройник с зажимом 5 необходимо открыть после прекращения опыта, чтобы вода из прибора 2 не попала в горячую пробирку 1.

2. ХОД ЭКСПЕРИМЕНТА

Сначала следует приготовить катализатор. Для этого кусочки пористого обожженного кирпича размером 4–5 мм обработали раствором серной кислоты для увеличения пористости, затем промыли дистиллированной водой и высушили. После этого пропитали кусочки кирпича раствором ортофосфорной кислоты. Катализатор поместили в реактор 3.

Итак, установка собрана. Сначала мы нагрели реактор при помощи спиртовки. Включили в сеть вилку пробирконагревателя. В ходе опыта воду в пробирке 2 на-

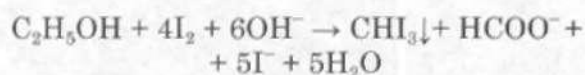


гревали до слабого кипения. Затем зажгли спиртовки под прибором 1 для получения этилена (сначала сильно нагревается катализатор, затем полиэтилен – до закипания). Постоянно следили за равномерностью нагревания в пробирке 1 и реакторе 3.

Этилен – продукт разложения полиэтилена – проходил через кипящую воду в приборе 2, обогащался парами воды и поступал в реактор 3, где происходила его гидратация с образованием этилового спирта. Пары спирта, воды и непрореагировавший этилен поступали в колбу-приемник 4, где охлаждались и конденсировались. Эксперимент проводили в течение 40 мин. При этом объем полиэтилена в пробирке 1 значительно уменьшился, а объем жидкости в колбе-приемнике увеличился. Открыли зажим, погасили спиртовки. В колбе-приемнике скопилась прозрачная бесцветная жидкость со слабым алкогольным запахом. Для эксперимента мы использовали полиэтилен массой 10 г. Объем полученной жидкости в колбе-приемнике составил 15 мл.

3. Качественный анализ полученного продукта

Для доказательства наличия этилового спирта в полученной жидкости провели качественную реакцию на этиловый спирт – иодоформную пробу:

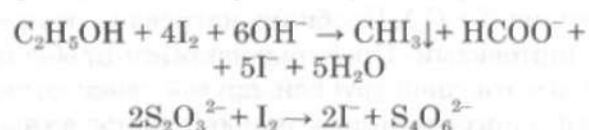


Для этого в пробирку из колбы-приемника налили 2 мл полученной прозрачной бесцветной жидкости. Прилили 1–2 мл раствора иода I_2 в иодиде калия KI (красно-коричневого цвета). Получился желтый раствор. Смесь слегка нагрели и прилили понемногу 10%-ный раствор гидроксида натрия NaOH до обесцвечивания избытка иода. При охлаждении рас-

твор сначала помутнел, а затем выпали желтые кристаллы иодоформа CHI_3 , обладающего характерным «медицинским» запахом. Итак, получение этилового спирта из полиэтилена подтверждено иодоформной пробой.

4. Количественный анализ полученного продукта

Определение содержания полученного этилового спирта определяли методом иодометрического титрования. Уравнения происходящих при этом реакций:



Ход работы. Мерным цилиндром отмерили 10 мл исследуемой жидкости. К полученному раствору добавили 25,00 мл 0,1 М раствора иода (приготовленного из фиксаля) и 10 мл раствора Na_2CO_3 . Через 10 минут раствор подкислили серной кислотой. Для титрования иода, не вступившего в реакцию со спиртом, потребовалось 14,3 мл 0,1М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (приготовленного из фиксаля).

Необходимые расчеты:

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0143 \cdot 0,1 = 0,00143 \text{ моль};$$

$$n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,000715 \text{ моль}$$

$$n(\text{I}_2)_{\text{исх}} = 0,025 \cdot 0,1 = 0,025 \text{ моль};$$

$$n(\text{I}_2)_{\text{прореагир.}} = 0,025 - 0,000715 = \\ = 0,001785 \text{ моль};$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{I}_2)/4 = 0,000446 \text{ моль};$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 0,021 \text{ г}$$

Теоретически из 10 г полиэтилена при 100%-ном выходе могло получиться 16,4 г этанола. Практический выход спирта составляет: 0,13%.

Выход спирта в нашем опыте невелик, но и в промышленности (при получении этанола из этилена) выход не превышает 5% от теоретически возможного. Для увеличения выхода в промышленности

используют высокое давление и циркуляцию непрореагировавшего этилена.

Таким образом, мы доказали принципиальную возможность получения этилового спирта из этилена, получаемого путем разложения полиэтилена.

Предложенная переработка полиэтилена позволит, с одной стороны, экономить нефтепродукты, используемые для синтеза этанола, с другой стороны – уменьшить загрязнение окружающей среды (особенно если ввести комплексную переработку твердых бытовых отходов).

При работе над данной проблемой нами использованы следующие литературные и интернет-источники:

1) Большая Советская Энциклопедия / под ред. А. М. Прохорова. Изд. третье. —

М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1975.

2) Химия. Большой Энциклопедический Словарь. — М.: Изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1998.

1. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. Изд. 6-е. — М.: Изд-во «Химия», 1964.

2. Мир для отходов? — Экологический дайджест <http://www.new-garbage.com/>

3. <http://www.polyethylene.info/>

4. <http://www.fago.ru/29/ref-9839.html/>

5. <http://www.ecoguild.ru/docs/utolithodov.htm/>

6. <http://www.plastics.ru/index.php?/>

7. <http://dis00.narod.ru/halyava/4k/refothodi.html>

8. <http://www.echutos.ru/>