

## Способ регенерации полиэтилена из твердых бытовых отходов

Р. А. Шарипов

*Башкирский государственный университет*

*Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, улица Заки Валиди, 32.*

*Email: r-sharipov@mail.ru*

Предлагается способ регенерации полиэтилена из твердых бытовых отходов (ТБО) с целью его повторного использования, основанный на применении двух типов растворителей с последующей сушкой и возвратом растворителей в цикл. Обсуждается вопрос организации производства на основе предлагаемого способа с одним головным предприятием и сетью смежных предприятий на местах в формате малого предпринимательства.

**Ключевые слова:** регенерации полиэтилена, твердые бытовые отходы, малое предпринимательство.

Проблема утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) и их повторного использования стоит особенно остро в наши дни. Конфликт вокруг мусорного полигона «Кучино» вблизи города Балашиха в Подмосковье, нашедший недавно свое решение на высшем уровне (см. [1]), наглядно демонстрирует остроту проблемы. Заметим, что полимеры в целом и полиэтиленовая тара и упаковка в частности составляют значительную часть твердых бытовых отходов. В Подмосковье действует завод компании «Эксперт Втор» по переработке промышленных отходов полиэтилена (см. [2]). Однако он не принимает бытовые полиэтиленовые отходы, которые загрязнены жирами и остатками пищи. Предлагаемый ниже способ регенерации полиэтилена как раз нацелен на переработку таких загрязненных отходов.

**Описание способа.** Предлагаемый способ регенерации полиэтилена представляет собой производственный цикл, включающий следующие этапы:

- 1) сортировка отделением полиэтилена от других видов пластика;
- 2) растворение полиэтилена в разогретом нелетучем нефтепродукте темных фракций класса жидких минеральных масел (моторных или смазочных);
- 3) фильтрация в разогретом состоянии через плотную металлическую сетку;
- 4) охлаждение и получение мягкой полимерно-масляной эмульсии;
- 5) растворение эмульсии в светлом летучем нефтепродукте класса моторных топлив (бензин, керосин) с отделением полимера в форме осадка и очистку раствора путем фильтрации;
- 6) разделение растворителей на темную нелетучую и светлую летучую фракцию путем перегонки с последующим возвращением их в цикл;

- 7) сушка полимерного осадка с получением вторичного полиэтилена в форме порошка.

**Обоснование способа.** Растворимость полиэтилена в горячих нефтепродуктах светлых фракций известна давно. В [3] упоминается растворение полиэтилена в горячем бензине. В [4] изучалось растворение полиэтилена в легком газойле. Имеется американский патент (см. [5]), в котором предложен способ разделения смеси из нескольких полимеров путем селективного растворения в различных органических растворителях при разных температурах. В качестве примеров растворителей в [5] перечисляются тетрагидрофуран, толуол, ксилол, N,N-диметилацетамид, циклогексан, циклогексанонол, амилацетат и др. В отличие от [5], наш выбор в качестве первого растворителя на этапе 2 – это неспецифическая смесь нескольких углеводородов из нефти, доступная на рынке в форме моторных или смазочных масел. Второй растворитель на этапе 5 (бензин или керосин) предназначен для удаления первого растворителя. Он также представляет собой неспецифическую смесь нескольких углеводородов, доступную на рынке в качестве моторного топлива.

Для проверки растворимости полиэтилена в минеральных маслах на этапе 2 и для проверки последующих этапов был проделан следующий эксперимент. В соотношении 6 : 32 (6 г. полимера на 32 г. масла марки «Автол») при температуре 140–160°C в результате интенсивного перемешивания в течение около 1 часа был получен невязкий раствор с консистенцией жидкой сметаны или кефира. После охлаждения до комнатной температуры он превратился в эмульсию с консистенцией пластилина (см. рис. 1).



Рис. 1.



Рис. 2.

При растворении эмульсии в керосине был получен и отфильтрован полимерный осадок. В результате его сушки получился серо-белый порошок с размером крупинок от 0.5 до 2 мм (см. рис. 2). Цвет порошка сильно зависит от цвета исходного полимерного

изделия. В нашем случае это был белый пакет из-под молока с рисунком сине-голубых тонов и надписями черного цвета.

**Качество получаемого продукта.** Продукт представляет собой пористый полиэтилен в форме крупнозернистого порошка и мелких гранул. Его качество сильно зависит от качества исходного сырья. Отделение полиэтилена от других видов пластика, от крупных инородных включений (металла, дерева, картона и бумаги, остатков пищи в больших количествах, стекла, камней, почвы, травы и т. д.) должно производиться при сортировке (этап 1). Белковые загрязнения из остатков пищи коагулируют при нагреве и в минеральном масле не растворяются. Углеводы в форме клетчатки в нефтепродуктах не растворяются. Сахара в нефтепродуктах также не растворяются (см. [6]). Эти пищевые загрязнители удаляются при фильтрации на этапе 3. Жиры и растительные масла, напротив, хорошо растворяются в нефтепродуктах (см. [7]). Они удаляются на этапе 5. Вода испаряется при растворении полиэтилена в горячем минеральном масле на этапе 2. На этом же этапе испаряются или разрушаются ароматические вещества, передающие запахи пищевых загрязнителей. Однако, конечный продукт в течение длительного времени сохраняет запах растворителя, использованного на этапе 5 (бензин или керосин). Этот запах исчезнет в процессе формирования изделий из полученного вторичного полиэтилена в термопластавтоматах. Нагрев до 140–160°C в масле на этапе 2 обеспечивает стерилизацию от бактериальных и вирусных агентов, плесневых грибков и насекомых, которые могут оставаться в исходном сырье.

**Цвет получаемого продукта.** Сам по себе полиэтилен бесцветен, а в тонких пленках прозрачен. Цвет изделию придают добавляемые в него пигменты. В предлагаемом способе регенерации полиэтилена эти пигменты не удаляются. Поэтому очень важно сортировать исходное сырье по цвету. Тональность нанесенного на изделия рисунка также влияет на цвет конечного продукта, но в меньшей степени, определяя его оттенок.

**Сферы применения получаемого продукта.** Вторичный полиэтилен, получаемый из ТБО, не может отвечать высшим стандартам качества. Однако он вполне может применяться для изготовления довольно широкого круга изделий промышленного и бытового назначения наравне с первичным полиэтиленом. Кроме того, полученный по данному способу полиэтиленовый порошок является мелкопористым. Он содержит пустоты, остающиеся после удаления масла на этапе 5. В силу пористости такой порошок может использоваться непосредственно как сорбент для маслянистых жидкостей или как наполнитель для теплоизоляционных материалов.

**Организация производства.** Этапы 5, 6, 7 в предлагаемом способе регенерации полиэтилена предполагают работу с летучими нефтепродуктами (бензин, керосин), которые легко воспламеняются, а их пары в воздухе в определенных концентрациях образуют взрывоопасные паро-воздушные смеси (см. [8]). Эти этапы требуют высоко-

технологичного оборудования для минимизации потерь нефтепродуктов в цикле и для соблюдения мер безопасности. Они также требуют определенного уровня квалификации персонала. По этой причине этапы 5, 6, 7 должны реализовываться в головном предприятии проекта, лучше всего на территории действующего нефтеперерабатывающего завода либо на прилегающей к нему территории.

Этапы 1, 2, 3, 4 используют нелетучие нефтепродукты (минеральные масла), которые не являются легко воспламеняющимися даже в нагретом состоянии. Эти этапы целесообразно приблизить к местам сбора и переработки ТБО и разместить на предприятиях-смежниках вблизи населенных пунктов, с территории которых собираются твердые бытовые отходы, а также вблизи мусорных полигонов. При этом для разогрева применяемого на этапе 2 масла можно использовать местные виды топлива, например, дрова, уголь, или горючие компоненты ТБО. В небольших населенных пунктах предприятия-смежники могут быть коммунальными предприятиями или субъектами малого предпринимательства.

Промежуточный продукт, получаемый на этапе 4, (полимерно-масляная эмульсия) – это мягкая не текучая субстанция, а масло, используемое на этапе 2, – это жидкая субстанция. Для обратных перевозок этих двух субстанций между головным предприятием и предприятиями-смежниками придется использовать тару двойного назначения, например, пластиковые бочки с широкой горловиной (см. рис. 3 выше).



Рис. 3.

## Литература

1. Кротов Н., Путин потребовал немедленно закрыть свалку в Балашихе // Газета «Московский Комсомолец», 2017, URL: <http://www.mk.ru/politics/2017/06/22/putin-potreboval-nemedlenno-zakryt-svalku-v-balashikhe.html>.
2. Барышева Е., Как перерабатывают полиэтиленовые пакеты в России // Интернет-издание «ReCycle», 2014, URL: <http://recyclemag.ru/article/foto-kak-pererabatyvajut-polietilenovye-pakety>.
3. Граница: химия-радиоэлектроника (автор не указан) // журнал «Юный техник», 1963, №1, С. 20–23.
4. Миронова М. В., Филиппова Т. Н., Пахманова О. А., Смирнова Н. М., Тихонюк Л. Д., Растворение полиэтилена в легком газойле каталитического крекинга // Вестник Башкирского университета 2012, Т. 17, №4, С. 1731–1734.

5. Nauman E. B. Lynch J. C., Polymer recycling by selective dissolution // Patent US 5278282, Publication date: 1994–01–11.
6. Сахар в бензобаке (автор не указан) // Интернет-ресурс «Своя лаборатория», 2013, URL: <http://ownlab.ru/2013/09/.../> <http://ownlab.ru/2013/09/.../>.
7. Цветков Л. А., Бензин и керосин как растворители // Интернет-ресурс «Химический каталог», URL: <http://www.ximicat.com/info.php?id=145>.
8. Кобылкин Н. И., Гельфанд Б. Е., Перевалка нефтепродуктов. Опасности, которые необходимо предотвратить // Интернет-ресурс ОАО «Промприбор», URL: [http://www.prompribor.ru/images/o\\_kompanii/statyi/opasnosti.pdf](http://www.prompribor.ru/images/o_kompanii/statyi/opasnosti.pdf).

Статья рекомендована к печати кафедрой высшей алгебры и геометрии БашГУ  
(докт. физ.-мат. наук, проф. Б. Н. Хабибуллин).

## **A technology for recycling polyethylene from municipal solid waste**

R. A. Sharipov

*Bashkir State University*

*32 Zaki Validi Street, 450074 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

*Email: r-sharipov@mail.ru*

A technology for recycling polyethylene from municipal solid waste (MSW) based on using two sorts of solvents and subsequent drying is suggested. The problem of organizing the industrial process using this technology and subdivided among a central plant enterprise and related small business enterprises is discussed.

**Keywords:** recycling polyethylene, municipal solid waste, small business.