

УДК 691.175

**ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ КАК МЕТОД  
УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ОТХОДОВ  
THERMOOXIDATIVE DESTRUCTION AS A METHOD OF UTILIZATION  
OF POLYETHYLENE WASTE**

*Гордеев С.А., студент / Gordeev S.A., student  
Гордиенко М.Д., студент / Gordienko M.D., student  
Новосадов Н.И. / Novosadov N.I. student*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov*

***Аннотация.** В данной статье рассматривается возможный метод термоокислительной деструкции, применимый для переработки промышленных отходов производства полиэтиленовых труб с получением полиэтиленового воска. Описана методика синтеза, включающая плавление сырья и действие окислителем. Продемонстрирована наиболее вероятная схема разрыва полимерной цепи при окислении ПЭ пероксидом водорода. Температура термоокислительной деструкции в предложенном методе в 1,5 – 2 раза ниже известных промышленных способов. Проведены измерения температур плавления и деструкции полученного воска, определена молекулярная масса.*

***Ключевые слова:** полиэтилен, деструкция, температура плавления, структура, молекулярная масса.*

**Вступление.**

Прочность, легкость и надежность – эти качества позволили пластмассовым изделиям завоевать мир. От посуды до мебели, от украшений до профессиональных инструментов. буквально все можно сделать из современных полимерных материалов. Использование пластика в быту безусловно удобно, но у этого есть и обратная сторона медали, а именно

утилизации этих самых пластиковых изделий. Опасность полимерных отходов ни у кого не вызывает сомнений – они медленно разлагаются, а при горении выделяют вредные вещества, отравляющие окружающую среду.

Единственным экологически и экономически приемлемым способом утилизации полимерных отходов является полна рециклинг – повторное использование или возвращение в оборот отходов производства.

Согласно информации взятой из банка данных ГУП “Промотходы”, полиэтиленовые отходы являются наиболее многотоннажным видом полимерных отходов. При этом рециклинг полиэтилена ограничивается 40 %. Оставшиеся 60 % сжигают на мусороперерабатывающих заводах или вывозят на полигоны.

На данный момент существует несколько методик вторичной переработки полиэтиленовых отходов. Среди них наиболее распространенной является технология агломерации вторичного сырья с последующей грануляцией и переработкой, аналогичной той, что используется при производстве товаров из гранул первичного полиэтилена. При использовании этого метода материал теряет часть механических свойств (порядка 10%).

Перспективной методикой является технология термоокислительной деструкции. Термоокислительная деструкция наблюдается при одновременном воздействии на полимер высоких температур и действия окислителя. Данный метод хорошо подходит для малотоннажных производств и, кроме очевидной пользы утилизации отходов, позволяет получать новую продукцию (мономеры, олигомеры, смазочные масла, воск).

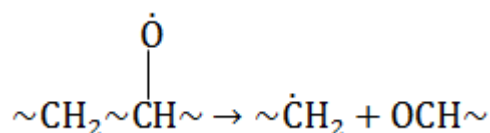
Например, при низкотемпературном пиролизе вторичных полимеров возможно получить смазочные масла (патент № 2106365).

### **Входные данные и методы**

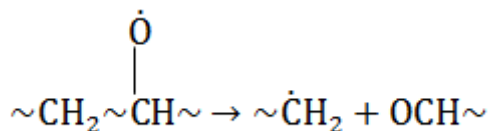
При разработке метода были выбраны отходы производства полиэтиленовых труб – полиэтилен низкого давления. В роли окислителя был взят пероксид водорода концентрацией 10% по массе. Процесс проводили при температуре 160<sup>0</sup>С. Молекулярную массу определяли на капиллярном

вискозиметре. Термический анализ синтезированного воска определяли методом дифференциально-термического анализа (ДТА), при использовании дериватографа системы Paulik-Erdey. Температуру каплепадения воска проводили по ГОСТ 6793—74. При проведении исследования, измельченные и предварительно расплавленные в термостате (теплоноситель глицерин), отходы полиэтилена помещали в лабораторный реактор и вводили окислитель в массу полимера. Под воздействием нагревания и окислителя, происходила термоокислительная деструкция. Деструкцию была заметна по изменению вязкости расплава визуально и по изменению скорости истечению при переходе от окисления к термоокислительной деструкции.

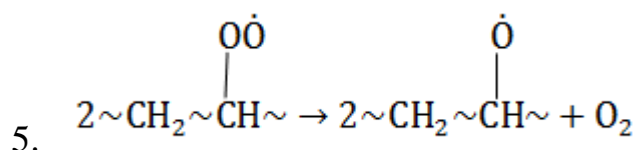
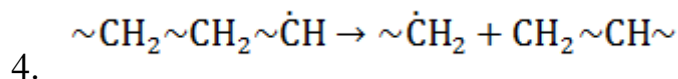
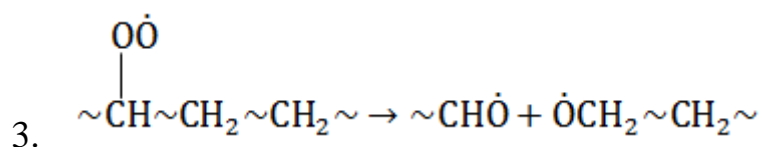
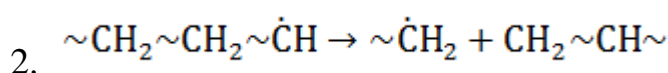
Наиболее вероятный механизм разрыва полимерной цепи при окислении ПЭ пероксидом водорода – распад радикалов:



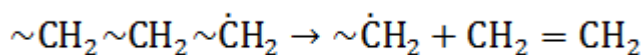
Можно предложить и другие механизмы разрыва цепи, например:



1.

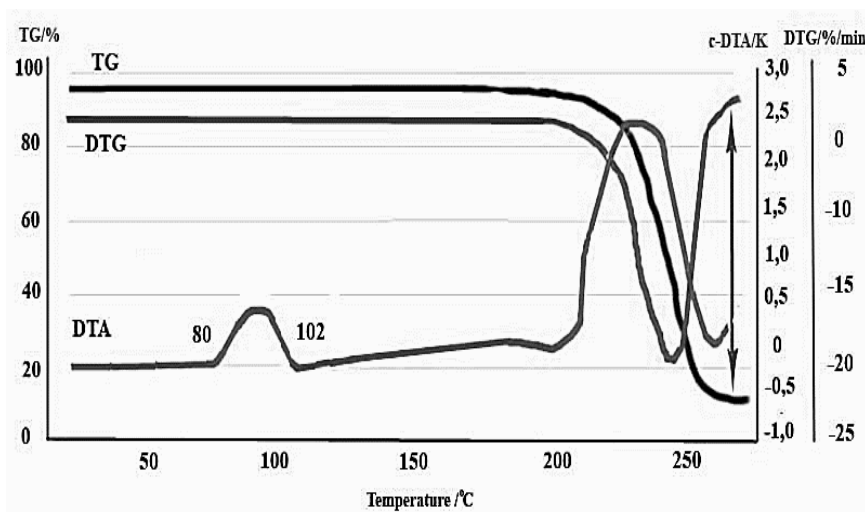


Реакции 3 и 4 играют заметную роль выше 200 °С. Образовавшийся по реакции 5 радикал, распадается в дальнейшем по реакции 1. В простейшем случае распад концевых макрорадикалов ведет к образованию мономера:



### Результаты исследований

Были определены температуры плавления и деструкции (рис.1) полученного воска методом DTA (80-102°С и 205°С соответственно).



**Рис.1 Дифференциально-термический анализ воска**

Данные соответствуют нормам промышленных марок полиэтиленовых восков. Молекулярную массу синтезированного воска рассчитывали, используя характеристическую вязкость, по уравнению Марка-Хаувинка-Флори:

$$[\eta] = K M^\alpha,$$

где  $[\eta]$  – характеристическая вязкость,  $K$  и  $\alpha$  – постоянные.

В результате пяти измерений молекулярная масса воска оказалась равной 3600, что согласуется с литературными данными (3500-4000).

### Заключение и выводы.

Был рассмотрен возможный метод термоокислительной деструкции применимый для переработки промышленных отходов производства полиэтиленовых труб с получением полиэтиленового воска.

Были получены доказательства возможности синтеза полиэтиленового воска по предложенной методике. При этом температура в предложенном методе в 1,5-2 раза ниже известных промышленных способов.

### **Литература:**

1. Быстров Г.А., Гальперин В.М., Титов Б.П. Обезвреживание и утилизация отходов в производстве пластмасс. Л.: Изд. Химия, 1982. 264 с.
2. Шубов Л. Я. Обращение с отходами: мировые тенденции // Научно-практический журнал ТБО. 2010. № 6. С. 10 – 13с.
3. Иванов С.В. Состояние и перспективы развития рынка полиэтилена в России и странах СНГ //Международные новости мира пластмасс. 2006. №3. С.4-10.

**Annotation.** This article considers a possible method of thermo-oxidative degradation for recycling of industrial wastes produced by polyethylene pipes. This method involves the production of polyethylene wax. The synthesis procedure includes melting of raw materials and the action of an oxidizing agent. The most possible scheme of polymer chain interruption during the oxidation of PE with hydrogen peroxide is demonstrated. In the suggested method the temperature of thermo-oxidative degradation is 1.5 to 2 times lower than the known industrial methods. The melting temperature and the temperature of the obtained wax were measured. The molecular weight of the wax was determined.

**Key words:** polyethylene, destruction, melting point, structure, molecular weight

### **Literature:**

1. Bystrov GA, Galperin VM, Titov BP Disposal and disposal of waste in the plastics industry. L. : Izd. Chemistry, 1982. 264 p.
2. Shubov L. Ya. Treatment of waste: world trends // Scientific and Practical Journal of Solid Household Waste. 2010. № 6. P. 10 - 13с.
3. Ivanov S.V. State and perspectives of polyethylene market development in Russia and CIS countries // International news of the world of plastics. 2006. № 3. С.4-10.

Научный руководитель: канд.техн.наук, доцент Ключникова Н.В.

Статья отправлена: 07.10.2017 г.

© Гордеев С.А.