

Литература

1. Промышленность Республики Беларусь: статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет, 2021. – 52 с.
2. Битумные тренды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/bitumnye-trendy>. – Дата доступа: 24.10.2021.
3. Способ получения окисленного битума: пат. ВУ 14164 / Юсевич А.И., Дашкевич В.М., Шрубок А.О., Тимошкина М.А., Грушова Е.И., Прокопчук Н.Р. – Оpubл. 30.04.2011.
4. Способ получения битума: пат. ВУ 18482 / Грушова Е.И., Юсевич А.И., Шрубок А.О. – Оpubл. 30.08.2014.
5. Гуреев, А. А. Нефтяные вяжущие материалы / А.А. Гуреев. – М.: Издательский дом «Недра», 2018. – 239 с.
6. Способ получения полимерно-битумного вяжущего: пат. ВУ 23311 / Шрубок А.О., Хаппи Вако Б.Ж., Степанович Ю.А. – Оpubл. 10.12.2020.
7. Кугач, В.В. Пластифицирующие свойства отработанных масел / В.В. Кугач, А.О. Шрубок // Сборник тезисов докладов Всероссийской научной конференции «Фундаментальные науки – специалисту нового времени», 26–30 апреля 2021 г., г. Иваново. – Иваново: ИГХТУ, 2021. – С. 63.

УДК 678.674'524'42–492.2

Хаппи Вако Б. Ж., Шрубок А. О.
(БГТУ)

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОШКОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Высокая механическая прочность и ударостойкость, устойчивость к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе, хорошие диэлектрические свойства, химическая стойкость к кислотам, щелочам и органическим растворителям предопределили широкое использование полиэтилентерефталата (ПЭТ) в производстве полиэфирных волокон, электроизоляции, тары, пищевой упаковки, изделий технического назначения. Мировое производство данного полимера и его сополимеров ежегодно возрастает и составляет более 20

млн. тонн в год, при этом возрастает и количество накапливающихся отходов полиэтилентерефталата. Высокая ценность ПЭТ и его способность к полному восстановлению физических характеристик обусловили развитие и распространение технологий вторичной переработки ПЭТ. Во многих странах мира организован сбор ПЭТ-отходов, из которых только 14% перерабатываются, в Республике Беларусь фактический объем сбора таких отходов не превышает 12% [1]. Таким образом, проблема утилизации и переработки полимерных отходов, в частности вторичного полиэтилентерефталата, является актуальной задачей не только для Республики Беларусь, но и для всего мира.

Методы переработки ПЭТ можно разделить на механические, химические и термические [2]. Наиболее распространена механическая переработка, т.к. этот способ не требует дорогостоящего оборудования и может быть реализован непосредственно в месте накопления отходов. Однако присутствие загрязнителей, влаги, продуктов деградации в отходах значительно затрудняют переработку ПЭТ и ухудшают физико-механические свойства получаемых ПЭТ-хлопьев. Применение химической переработки вторичного полиэтилентерефталата позволяет получать чистые мономеры и олигомеры, или частично деполимеризованные продукты, которые могут быть использованы в качестве сырья для получения первичного ПЭТ или других органических соединений. К основным недостаткам химического рециклинга можно отнести необходимость использования дорогостоящих реагентов и высоких температур, большие эксплуатационные затраты и высокую стоимость такого способа переработки. В связи с этим, представляют интерес работы, направленные на разработку экономически целесообразного метода переработки загрязненных ПЭТ-отходов.

Был разработан сольвентный способ переработки ПЭТ-отходов, включающий в себя следующие стадии: приготовление раствора ПЭТ, очистка его от механических примесей, осаждение ПЭТ из раствора, осушка осадка, механическое измельчение полученного осадка до мелкодисперсного состояния (порошка).

В качестве исходных полимерных отходов использовали вторичный бутылочный ПЭТ и отходы производства полиэфирных волокон. Полученные порошки ПЭТ представляют собой порошки белого цвета, с размером частиц от 5 до 70 мкм. Целью данной работы является изучение структурных особенностей порошков ПЭТ, полученных при сольвентном способе переработки ПЭТ-отходов.

Одним из наиболее информативных методов исследования структуры полимеров является ИК-спектроскопия, позволяющий оценить состав и структуру полимера [3]. Методом ИК-спектроскопии были изучены измельченные полимерные отходы и порошки, полученные переработкой ПЭТ-бутылок и отходов производства полиэфирных волокон.

Поглощение на ИК-спектрах в области $700\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ позволяет идентифицировать структурные изомеры и на спектрах ПЭТ отражаются конформационные переходы, обусловленные транс- и гош-превращениями $\text{--O--CH}_2\text{--CH}_2\text{--O--}$ фрагментов ПЭТ [4, 5]. В области поглощения структурных изомеров были проанализированы характерные для транс-конформации ПЭТ колебания при $849, 1341, 1470\text{ см}^{-1}$ (деформационные колебания CH_2 -группы) и 972 см^{-1} (валентные колебания связи C--O) и характерные для гош-конформации ПЭТ колебания при $1372, 1454\text{ см}^{-1}$ (деформационные колебания CH_2 -группы) и 1043 см^{-1} (валентные колебания связи C--O). Для количественной оценки рассчитывали относительные интенсивности указанных полос поглощения по отношению к стабильным полосам поглощения C=C -связи бензольного кольца при 1505 и 1577 см^{-1} (рисунок).

Одним из условий для кристаллизации ПЭТ является переход его звена в транс-конформацию, в то время, как гош-конформация характерна для аморфного состояния ПЭТ, следовательно, оценку степени кристалличности полимера можно оценить по соотношению транс- и гош-конформаций ПЭТ.

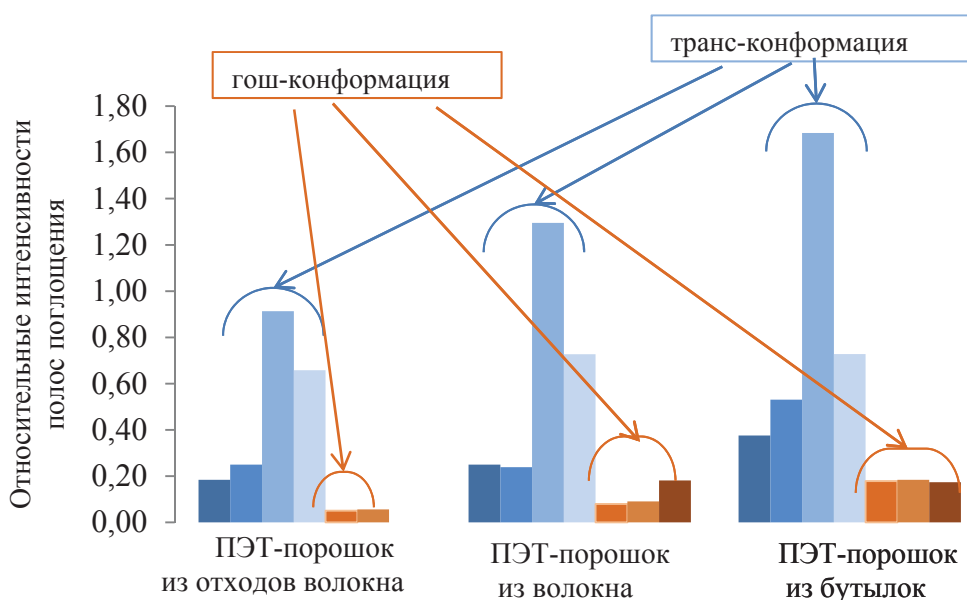


Рисунок – Относительные интенсивности полос поглощения структурных изомеров ПЭТ-порошков

В исследуемых образцах порошков ПЭТ макромолекулы полимера находятся преимущественно в кристаллическом состоянии. При этом для порошков ПЭТ, полученных из отходов ПЭТ-бутылок, степень кристалличности выше, чем для других образцов.

В области характеристических полос поглощения 1500–4000 см⁻¹ проявляются полосы поглощения валентных колебаний в карбонильной и гидроксильной группе. Анализ данных полос поглощения показал, что во всех порошках ПЭТ относительные интенсивности полос поглощения карбонильной группы близки, т.е. количество концевых групп в порошках вторичного ПЭТ различаются незначительно. Для всех образцов в области полос поглощения гидроксильной группы (3000–3700 см⁻¹) характерны широкие и интенсивные полосы, что свидетельствует о наличии в образцах концевых гидроксильных групп [6].

Таким образом, с помощью ИК-спектроскопии выполнена оценка состава и структуры полимерных порошков, полученных из различных отходов ПЭТ (волокон, бутылок). Во всех образцах большинство макромолекул ПЭТ находится в транс-конформации, а для порошков ПЭТ, полученных из отходов бутылок, степень кристалличности выше, чем для других образцов. В ИК-спектрах порошков вторичного ПЭТ присутствуют концевые карбоксильные и гидроксильные группы, количество которых практически не отличается между исследуемыми образцами.

Литература

1. Переработка отходов ПЭТ-бутылок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vtoroperator.by/sites/default/files/replas-m.pdf>. – Дата доступа: 24.10.2021.
2. Шайерс, Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс. – СПб.: Научные основы технологии, 2012. – 640 с.
3. Казицына, Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии / Л.А. Казицына, Н.Б. Куплеская. – М.: Высшая школа, 1971. – 264 с.
4. Смит, А. Прикладная ИК-спектроскопия / А.Смит, пер. Б.Н. Тарасевича, ред. Мальцева А.А. – М.: Мир, 1982. – 382 с.
5. Фомина, Н.Н. Изучение структурных особенностей полиэтилентерефталата при вторичной переработке / Н.Н. Фомина, Ю.Г. Иващенко, М.М. Полянский // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 2. – С. 93–97.
6. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 557 с.