

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Джабарова Георгия Викторовича

на тему: «**Научные основы переработки твердых отходов полиэфиров**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук

по специальности 2.6.10 Технология органических веществ

Актуальность работы обусловлена острой проблемой накопления полимерных отходов, практически не поддающихся разложению в окружающей среде и наносящих существенный вред экологии и, как следствие, здоровью людей. Полиэтилентерефталат (ПЭТ) входит в пятерку наиболее распространенных полимерных материалов и основной областью его применения является изготовление тары для напитков. ПЭТ является самым собираемым полимерным отходом в мире. Объем переработки вторичного ПЭТ, например, в ЕС в 2021 году составлял около 2,8 млн. тонн в год, в то время как в России эта цифра составляет лишь 160 тыс. тонн в год. Отходы ПЭТ, традиционно, делят на производственные и образующиеся после использования бутылок. Производственные отходы почти полностью перерабатываются на производстве, поэтому на рынок практически не попадают. Поэтому основную проблему вторичной переработки составляют использованная тара. Европейские протоколы переработки (Super-Clean-Recycling), по так называемому принципу «бутылка в бутылку» достаточно дороги и составляют около 7% от объема переработки вторичного ПЭТ. Вторичное использование отходов ПЭТ путем их плавления и производства, например, строительных материалов, товаров повседневного быта и т.п., не может решить проблему, учитывая масштабы отходов и возможные объемы продаж получаемых изделий. В «идеальном» случае, нужна такая технология переработки отслуживших свой срок изделий из ПЭТ, которая приводила бы к созданию товара с высокой добавленной стоимостью. Одним из таких направлений переработки отходов ПЭТ является их химическая обработка с получением олигомеров различной молекулярной массы для использования их как в основном процессе получения ПЭТ, так и в процессах получения сополимеров.

Очень интересным является процесс получения новых олигомеров ПЭТ путем использования глицерина- сырца, который является сопутствующим продуктом производства биодизеля (метиловых эфиров жирных кислот). Квалифицированное использование глицеринсодержащих отходов производства биодизеля весьма актуально, и может улучшить экономические показатели производства биодизеля. Таким образом обоснованной

представляется целью данной работы - разработка метода совместной утилизации отходов ПЭТ и глицерина-сырца с получением олигомеров различного строения, а также составление математического описания процесса

Научная новизна.

Несмотря на то, что процессы гликолиза ПЭТ довольно хорошо изучены, в научных работах отсутствуют сведения о кинетике и механизме процесса деполимеризации ПЭТ полиолами в присутствии основных катализаторов и, в частности, применения в качестве деполимеризующего агента глицерина-сырца. В работе установлены некоторые новые процессы разрушения пластинчатой структуры ПЭТ за счет первоначального образования интеркалатов.

В рамках данной работы были установлены условия процесса, позволяющие контролировать его различные показатели (степень превращения ПЭТ и соединений калия, состав образующихся продуктов и получения смеси олигомеров определенной молекулярной массы).

Предложено математическое описание процесса, учитывающее последовательный распад полиэфирных цепей до низкомолекулярных олигомеров не только через внешнюю поверхность контакта реагирующих фаз, но и через образование калиевых интеркалатов.

Практическая значимость заключается в комплексном изучении влияния условий протекания процесса (температура, мольное соотношение реагентов и т.д.) на строение образующихся продуктов.

Доказана возможность совместной переработки смешанного полимерного сырья благодаря нечувствительности процесса к присутствию посторонних примесей.

Предложена принципиальная технологическая схема для совместной переработки отходов ПЭТ и глицерина-сырца, что может улучшить эффективность данного процесса.

Диссертация изложена на 148 страницах, содержит 68 рисунков и 20 таблиц, введение, 3 главы, заключение, список аббревиатур и сокращений и список используемых источников (146 наименований).

Во введении обоснована актуальность и показана степень разработанности темы диссертации, сформулирована ее цель и основные задачи, описана научная новизна и практическая и теоретическая значимость работы.

В первой главе приведен обзор научной литературы, посвященной способам утилизации отходов ПЭТ. Рассмотрены особенности строения как самого полимера, так и материалов на его основе, а также проведен анализ различных химических методов

переработки отходов ПЭТ.

Во второй главе приведены характеристики реагентов, а также методики проведения синтеза, разделения и анализа реакционной смеси.

В третьей главе диссертационной работы главе изучены закономерности процесса деполимеризации отходов ПЭТ соединениями калия в полиолах различного строения, установлены состав и структура образующихся в различных условиях продуктов. Предложены основные направления протекания реакций химической деструкции полиэфира и представлено математическое описание процесса.

Глава 3.1 посвящена исследованию общих закономерностей деполимеризации ПЭТ различными основными агентами в среде этиленгликоля, глицерина и глицерина-сырца. В данной главе описано влияние различных примесей (красители и посторонние полимеры) на показатели процесса, приведено изменение структуры пластика при его деполимеризации, а также проведен анализ изменения количеств реагирующих веществ и массы образующихся продуктов.

Глава 3.2 посвящена кинетическим закономерностям процессов деполимеризации ПЭТ в среде различных полиолов: представлены схемы превращений ПЭТ при использовании различных соединений калия, их математическое описание и определены параметры уравнения, а также представлено сравнение процессов при использовании различных полиолов.

Глава 3.3 посвящена непосредственно практической составляющей работы: представлена технологическая схема деполимеризации ПЭТ глицерином-сырцом, а также материальные балансы ключевых стадий.

В заключении представлены выводы по диссертационной работе.

Апробация работы. Основные результаты диссертации представлены на 12 научных конференциях всероссийского и международного уровня. По результатам работы опубликовано 3 статьи в журналах, входящих в международные базы данных, и одна статья в журнале, входящем в перечень ВАК, а также получены 2 патента на изобретение.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**.

1. Во время проведения исследований в качестве растворителя при разделении реакционной смеси использовали этиловый спирт, а в технологической схеме указан метиловый. Почему? Повлияет ли замена спирта на показатели процесса?

2. При исследовании общих закономерностей деполимеризации ПЭТ в этиленгликоле (рисунки 30, 31, 33, 34) большинство точек находятся в одной области. Почему не были получены экспериментальные значения для начальных областей (при малом количестве израсходованных соединений калия)?

3. В работе использовалась одна фракция измельченных отходов полимеров и не обсуждается влияние размера частиц ПЭТ на скорость реакции, при том, что автор указывает, что поверхность контакта фаз рассматривалась в работе.

4. Следует более четко определить в какой зоне находится процесс, в кинетической или диффузионной.

5. Почему для нейтрализации солей калия была выбрана ортофосфорная кислота? Могут ли использоваться другие кислоты?

6. Какие дальнейшие пути использования полученных при деполимеризации ПЭТ глицерином-сырцом продуктов?

7. Из работы не ясно, по каким показателям, в технологии, нужно будет оценивать глицерин-сырец, который (в отличии от ПЭТ) не является стандартизованным продуктом стабильного качества и представляет собой отход производства биодизеля.

8. Работа не свободна от опечаток, например, на стр.43 и 127

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Достоверность результатов работы и обоснованность основных выводов автора подтверждается использованием комплекса взаимодополняющих апробированных методов исследования с применением современных приборов физико-химического анализа, а также воспроизводимостью результатов экспериментов. Установленные закономерности протекания процесса деполимеризации ПЭТ согласуются с результатами других авторов, изучающих процессы гликолиза отходов ПЭТ, расширяя наши знания по механизму реакций деполимеризации ПЭТ в присутствии основных катализаторов. Диссертация выполнена на высоком научном уровне.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.10 «Технология органических веществ» в части направления исследований: п. 2 «Разработка физико-химических и технологических основ, а также аппаратного оформления химических технологий производства органических веществ, позволяющих решать проблемы энерго- и ресурсосбережения, экологической безопасности», п. 4 «Разработка технологий получения мономеров и иных органических полупродуктов для получения полимерных продуктов», п. 6 «Математическое моделирование и оптимизация процессов химической технологии органических веществ, протекающих в отдельных аппаратах, технологических подсистемах и технологии в целом».

Диссертационная работа Джабарова Георгия Викторовича на тему: «Научные основы переработки твердых отходов полиэфиров», представленная на соискание ученой степени

кандидата химических наук, является законченной научно-квалификационной работой в области утилизации отходов ПЭТ, в которой научно обоснованы подходы к технологии химической переработки ПЭТ с получением олигомеров с различной молекулярной массой и различными концевыми группами.

Диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом ректора № 1523ст от 17.09.2021 г., предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Джабаров Георгий Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.10 «Технология органических веществ»

Официальный оппонент

Доктор химических наук, (докторская диссертация по специальности 05.17.04 – «Технология органических веществ»), профессор, профессор кафедры технологии органического и нефтехимического синтеза

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

«27» мая 2022 г.

Зотов Юрий Львович

400005, г. Волгоград, пр-т им. Ленина, 28, Волгоградский государственный технический университет

Телефон +7(8442) 24-80-78

e-mail: ylzotov@mail.ru

