

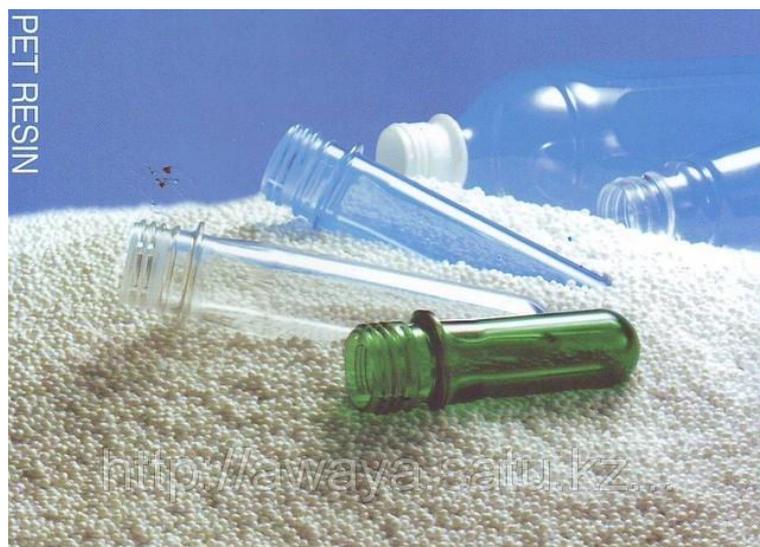
**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

Ташкентский Химико-Технологический Институт  
Факультет «Химическая технология топлива и органических веществ»  
Кафедра «Технология высокомолекулярных веществ и пластмасс»

# **РЕФЕРАТ**

На тему:

**ВСЕ ВОЗМОЖНОЕ ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**



Выполнил: студент 3 курса  
группы 13-09 ВМС  
Усманов Икромжон Тожибаевич  
Научный руководитель: к.т.н. А.Б. Жураев

**ТАШКЕНТ – 2012 год**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Введение.....	3
2. История и развития Полиэтилентерефталата .....	5
3. Физические методы переработки вторичного полиэтилентерефталата.....	10
4. Химические методы переработки вторичного полиэтилентерефталата.....	12
5. Экспериментальный часть.....	16
6. Список использованных литератур.....	19

## Введение



На сегодняшний день отходы из ПЭТ пластиковых бутылок являются наиболее востребованным вторсырьем, источником ПЭТ полимеров. Буквально недавно еще сотни тысяч тонн пластиковых бутылок произведенных из первичного ПЭТ сырья (ПЭТФ – полиэтилентерфталат) «закатывались» в землю и сжигались, при этом нанося непоправимый удар по экологии. Ведь пластиковая бутылка ПЭТ не разлагается.

К сожалению, нормальные механизмы по сбору и переработке пластиковых бутылок (ПЭТ, ПЭТФ) в местах сбора мусора и на городских свалках далеки от совершенства. Не хватает заводов по переработке отходов. А ручная переработка не всегда организуется, так как нерентабельна. Небольшой город, в пределах 100 000 населения, ежемесячно выбрасывает около 20 тонн пластиковых бутылок (ПЭТ, ПЭТФ). И с каждым годом, объем отходов из ПЭТ пластиковой бутылки растет на 20%. И если бы не вторичная переработка - страну ждала бы экологическая катастрофа. После каждого городского праздника вывозится на свалку тонны пластиковых ПЭТ (ПЭТФ) бутылок.

В развитых странах мира сбор и сортировка бытовых отходов поставлена на качественно другой уровень. И отходы из пластиковых бутылок наиболее ценное и имеющее огромный спрос вторсырье. В том же Шанхае, не успеешь выбросить пластиковую бутылку в урну, как её тут же подберут. А у нас, по причине отсутствия мусороперерабатывающих заводов в достаточном количестве, свалки засыпаны огромным слоем ПЭТ пластиковых бутылок.

Ручной труд для сбора и обработки пластиковой ПЭТ (ПЭТФ) бутылки малооплачиваем, и нерентабелен – слишком дорого получается. И перерабатывающие предприятия, которые заинтересованы в получении готовых прессованных в брикеты пластиковых бутылок, вынуждены с достаточно большим трудом находить поставщиков вторсырья. В результате, часто не в состоянии загрузить производство по переработке пластиковой бутылки на полную мощность.

Благодаря современным линиям переработки, из отходов пластиковой бутылки получается отличное сырье для производства любой продукции. Из вторичного ПЭТ (ПЭТФ) гранулята можно производить ту же самую пластиковую бутылку. Также вторичный ПЭТ гранулят идет на производство другого огромного количества изделий: пленки, шпагата, щеток, пластиковой тары и т.д.

Принцип переработки пластиковой бутылки «бутылка в бутылку» давно используется во многих странах, тем самым, спасая окружающую среду и создавая цикличное экономичное и безотходное производство. Во всех этих странах производящие и перерабатывающие пластиковую бутылку и другие ПЭТ (ПЭТФ) отходы предприятия, пользуются всесторонней поддержкой государства.

Если подсчитать количество пластиковых бутылок и отходов ПЭТ (ПЭТФ) пропадающих на свалках, то количество этих отходов хватило бы на все существующие перерабатывающие предприятия, и еще как минимум в десять раз больше! Но пока существует проблема и дефицит сырья даже для существующих производств.

Единственный пока выход, это решать вопрос по обеспечению крупных свалок необходимым количеством мусороперерабатывающих заводов. И без помощи государства, без наведения порядка на свалках, осуществить весь комплекс работ по переработке отходов, в том числе пластиковой бутылки, вряд ли может получиться.

## ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА



Впервые полиэтилентерефталат был получен в 1941 году специалистами "British Calico Printers" (Англия) в виде синтетического волокна. Авторские права на использование нового материала были приобретены компаниями "DuPont" и "ICI", в свою очередь продававшими лицензии на использование волокна из полиэтилентерефталата многим другим компаниям. До середины 60-х ПЭТ использовали для создания текстильных волокон, после стали использовать для изготовления упаковочной пленки, а в начале 70-х годов в компании "DuPont" на свет появилась первая ПЭТ-бутылка ("DuPont" хотела получить пластиковую тару, которая смогла бы составить конкуренцию стеклу при изготовлении емкостей для розлива газированных и спокойных напитков). На сегодняшний день изготовление пищевой тары является наиболее существенной областью применения ПЭТ гранулята. Пионерами в деле создания первых промышленных аппаратов по выдува выступили компании "Sidel" (Франция) и "Krupp Corpoplast" (Германия).

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ), более известный как ПЭТ или лавсан представляет собой сложный термопластичный полиэфир терефталевой кислоты и этиленгликоля. По физическим свойствам это твёрдое вещество белого цвета без запаха. Полиэтилентерефталат прочный, жёсткий и лёгкий материал и не ядовит.

Таблица 1.

### Физические свойства полиэтилентерефталата

Наименование	Единица измерения	Значение
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1360-1400
Разрушающее напряжение при растяжении	МПа	
изгибе		50-70
сжатии		80-120
Модуль упругости	ГПа	2,5-3.0
Относительное удлинение при разрыве	%	2-4
Ударная вязкость	кДж/м <sup>2</sup>	30
Твердость по Бринеллю	МПа	100-120
Водопоглощение за 24 часа	%	0,3
Температура плавления	°С	255-265
Температура размягчения	°С	245-248
Температура стеклования	°С	70-80
Морозостойкость	°С	-50
Теплостойкость по Мартенсу	°С	135-145
Диэлектрическая проницаемость при 10 <sup>6</sup> Гц		3.1
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10 <sup>6</sup> Гц		(2-8)•10 <sup>-3</sup>
Электрическая прочность	МВ/м	140-180

ПЭТФ обладает хорошей термостойкостью в диапазоне температур от - 40 °С до + 200 °С. Небольшое водопоглощение обуславливает высокую стабильность свойств и размеров изделий. Изделия из ПЭТФ устойчивы к удару и растрескиванию, и могут работать при температуре до + 70 °С. ПЭТФ устойчив к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. ПЭТФ минимально адсорбирует запахи и проявляет свойства хорошего газового барьера.

Сегодня ПЭТ используется для производства разнообразнейшей упаковки для продуктов и напитков, косметики и фармацевтических средств, ПЭТ материалы незаменимы при изготовлении аудио, видео и рентгеновских пленок,

автомобильных шин, бутылок для напитков, пленок с высокими барьерными свойствами, волокон для тканей. Широкий ряд применений возможен благодаря исключительному балансу возможностей ПЭТ и тому, что в готовом изделии степень кристалличности и уровень ориентации можно контролировать.

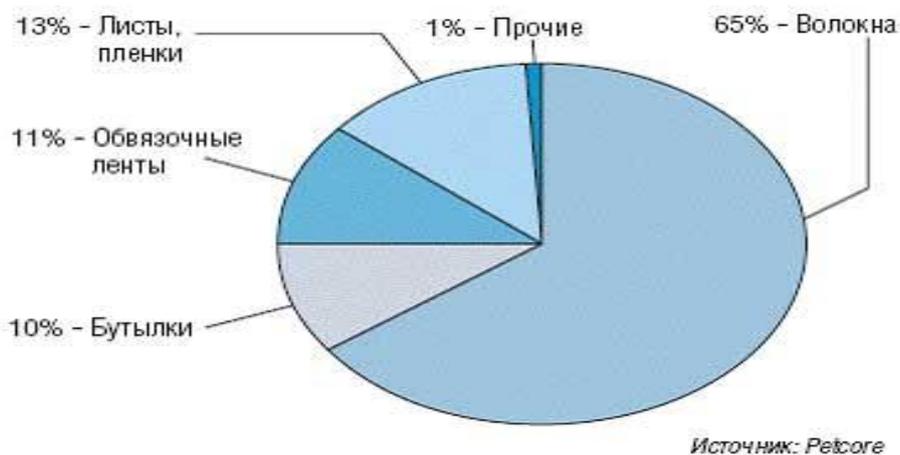
Объемы потребления полимеров, производимых из нефтехимического сырья, постоянно растут. Пластмассы теснят бумагу, металл, картон, стекло. Но одновременно увеличиваются и объемы изделий из пластмасс (в первую очередь, упаковки), попадающих после использования на свалки. Как известно, сроки разложения традиционных пластмасс составляют десятки и сотни лет, а площади для свалок ограничены. Поэтому проблема пластмассового мусора становится все более актуальной. В ряде стран – Тайвань, Германия, Ирландия, Южная Африка – вводятся запрещения или ограничения на употребление пластиковых пакетов. Доля пластмасс в твердых бытовых отходах в развитых странах достигает до 11-12%. В США – крупнейшем потребителе пластмасс – ежегодно на муниципальных свалках «оседает» около 22 млн. тонн пластиковых отходов, из которых 17% сжигается, 28% – подвергается вторичной переработке и компостированию, а 55% – остается на свалках, то есть количество неразлагаемого пластмассового «мусора» каждый год увеличивается на 12 млн. тонн. Еще одна серьезная проблема пластиковых отходов связана с присутствием в них различных аддитивов: стабилизаторов, красителей, пластификаторов, специальных добавок, содержащих тяжелые металлы – кадмий, свинец, ртуть. Сжигание таких отходов не исключает попадания тяжелых металлов в золу.

ПЭТФ – один из основных компонентов отходов потребления, рециклинг которого, обеспеченный хорошей инфраструктурой, наиболее развит на всех главных рынках. Производство и потребление ПЭТФ по сравнению с другими крупнотоннажными полимерами растет в мире более быстрыми темпами, что, в свою очередь, объясняет устойчивый рост вторичного полимера (ВПЭТФ).

Ежегодно во всем мире около 8 млн. тонн ПЭТФ используется для изготовления бутылок и 1,5 млн. тонн подвергается рециклингу, но только 5% идет на изготовление новых бутылок. Главные потребители ВПЭТФ – производители

ПЭФ волокна, – который выпускается в виде флека или непосредственно регранулята. Это объясняется тем, что в производстве волокон может быть использован регранулят с содержанием примесей до 0,002%. Требования к бутылочному регрануляту жестче – содержание примесей, в том числе ПВХ, не должно превышать 0,0005%. Как следствие, в структуре потребления ВПЭТФ во всех регионах доминирует сектор волокон (см. рис. 1). Трикотажная ткань, получаемая из ПЭФ волокон, используется для изготовления рубашек, курток, шарфов; геотекстиль применяется в производстве обуви, зонтов, рюкзаков. Из ВПЭТФ также изготавливают бутылки для разлива непищевых и пищевых продуктов (в многослойных бутылках ВПЭТФ используется в качестве одного или двух слоев между слоями первичного полимера), обвязочные ленты, применяемые в промышленных целях, листы (контейнеры для фруктов и яиц и др.). Сравнительно новые области, где ВПЭТФ может использоваться в качестве одного из компонентов, – производство биаксиально-ориентированных пленок (БОПЭТФ), содержащих рециклированный полимер, выдувных пленок, вспенивающегося ВПЭТФ.

**Рис. 1.** Структура потребления ВПЭТФ в Европе



Одним из быстро развивающихся направлений использования пластмасс являются упаковочные материалы. В последнее десятилетие в странах СНГ и Узбекистане многократно увеличился рост использования полиэтилентерефталата (ПЭТФ), который широко применяется для изготовления волокон, преформ, пленок,

композиционных материалов и упаковочной тары. В Узбекистане ПЭТФ используются в основном в качестве упаковочной бутылки под напитки (пиво, масла, прохладительные напитки и т.д.). В настоящее время для производства различной тары только в нашу Республику ввозится более 25 тысяч тон ПЭТФ. Это приводит к накоплению полимерного отхода, который может загрязнить окружающую среду. Поэтому переработка этих отходов имеет огромное экологическое и экономическое значение.

На сегодняшний день использование отходов полимеров позволяет существенно экономить первичное сырье (прежде всего газ и нефть) и электроэнергию [1].

## Физические методы переработки вторичного полиэтилентерефталата.



Анализ литературных данных показал, что переработка отходов ПЭТФ можно разделить на две основные группы: механические и физико-химические. Механическая переработка частично решает утилизацию этих отходов.

А физико-химические методы переработки отходов ПЭТФ можно разделить на следующее:

- деструкция отходов с целью получения мономера и олигомеров;
- повторное плавление отходов для получения гранулята и агломерата;
- химическая модификация для производства материалов с повышенными свойствами.

Использование вышеприведенных физико-химических методов приводит к получению ценных продуктов на основе вторичного ПЭТФ. Проблема утилизации ПЭТФ решается в глобальном масштабе и над её решением ведутся интенсивные исследования во всем мире [2-3].

В Европе объем ВПЭТФ в 2004 году составил 665 тыс. тонн (около 31% всего потребляемого ПЭТФ), экспорт – 125 тыс. тонн (основной импортер – Китай). Согласно прогнозу Retcore, объем рециклинга ПЭТФ в 2007 году составит 915 тыс. тонн, а в 2009 году – 1074 тыс. тонн, причем он будет достигнут, главным образом, за счет стран Восточной Европы. В большинстве этих стран инфраструктура рециклинга развита слабо, поэтому темпы роста вторичной переработки будут наиболее высокими. Сегодня производства по переработке ПЭТФ отходов располагает Чехия (в стране рециклируется около 30% ПЭТФ бутылок, большая часть которых используется для производства ПЭФ волокон), Словакия, Польша. Структура потребления ВПЭТФ постепенно меняется. Снижается в целом по ЕС доля сектора волокон, хотя в ряде стран он остается лидером с большим отрывом

(Франция – 70%, Италия – 85%, Великобритания – (90-95%)), растет производство новых бутылок, чему способствует принятие европейской директивы ЕС 1935/2004, разрешающей использование рециклированных материалов в изделиях, находящихся в контакте с пищевыми продуктами.

В 2003 году немного снижался процент рециклинга (количество рециклированного материала к общему объему потребления) он составил 19,8%. Первая причина – расширение ассортимента бутылок, содержащих широкий спектр пигментов, этикеток, барьерных покрытий, а также рост количества многослойных бутылок. Все это вносит дополнительные сложности в технологию рециклинга, так как приводит к ошибкам при сортировке, снижает производительность, ухудшает качество конечного продукта. Второй фактор – проблемы со сбором. Основным потребителем ВПЭТФ – сектор волокон (58%). Его доля постепенно снижается, что связано с затруднениями, испытываемыми текстильной промышленностью из-за сильной конкуренции со стороны Азии. 16% ВПЭТФ используется для производства новых бутылок и упаковки пищевых продуктов. Рост потребления в этом секторе многом определяется активностью использования ВПЭТФ такими компаниями, как Coca Cola и Pepsi.

Япония рециклировала в 2004 году 148 тыс. тонн ПЭТФ (по данным Японской Ассоциации рециклинга контейнеров и упаковки). Растут как объемы ВПЭТФ, так и процент рециклинга. В структуре потребления, так же, как и на западных рынках, превалирует сектор волокон, но его доля заметно меньше – 43%, что связано с затяжным кризисом текстильной индустрии. 37% ВПЭТФ используется для производства листов, 16% – новых бутылок, производство которых в последние 2-3 года резко возросло. Рыночный потенциал ВПЭТФ варьируется в зависимости от типа использованной бутылки и, что наиболее важно, от ее цвета. Это связано с тем, что для производства новых бутылок, листов, значительной доли волокон цветной флек не может быть использован. В то же время, потребление ПЭТФ растет в настоящее время, в основном, именно за счет цветных бутылок, поскольку их выделение служит для дифференциации при маркетинге и продвижении на рынок новых

брендов.

В Европе 75% ВПЭТФ производится из прозрачных монослойных бутылок. Затрудняет вторичную переработку и растущее присутствие многослойных бутылок и бутылок с барьерными покрытиями. Но эти проблемы могут быть частично решены. В Германии разработана технология рециклинга, позволяющая перерабатывать цветные, многослойные и смешанные бутылки, а в 2004 году появились сообщения, что ПЭТФ бутылки с барьером типа Glaskin и Bestpet могут рециклироваться по существующей технологии.

### **Химические методы переработки вторичного полиэтилентерефталата.**



Сущностью химического метода является деструкция вторичного ПЭТФ в присутствии различных классов органических соединений до олигомеров с разнообразными функциональными группами и вплоть до исходных мономеров.

В зависимости от типа химического деструктирующего агента (вода, водные растворы щелочи, спирты, кислоты и т.п.), процесс можно разделить на следующие подметоды: гидролиз, алкоголиз, аминолиз и др., которыми можно получить мономеры, различные полиэфирполиолы, олигоэфиры и т.п.

**Гидролиз.** Химической деструкцией вторичного ПЭТФ водой или водным раствором щелочи, получают олигоспирты, олигокислоты и даже добиваются деполимеризации их до исходного сырья. Гидролиз ПЭТФ протекает по ионному механизму, сильно ускоряется ионами водорода или гидроксила. Авторами [4] была изучена кинетика деполимеризации ПЭТФ в растворе гидроксида калия при разных температурах. В результате выявлено, что

деполимеризация имеет первый порядок по щелочи и по ПЭТФ. Продукты деструкции состояли из этиленгликоля и калиевой соли терефталевой кислоты. Их отделяли с помощью подкисления. Разложение ПЭТФ на терефталевую кислоту и этиленгликоль ускоряется при добавлении растворителя [5]. Следует отметить, что гидролиз ПЭТФ наиболее широко используется для получения исходного сырья.

Изучено разложение ПЭТФ в атмосфере водяного пара и инертного газа. При этом образуются терефталевая кислота, альдегиды, эфиры и <1% коксованные остатки. Установлено, что максимальный выход терефталевой кислоты (~87%) может быть достигнут при **температуре 723 К** в смесях состава (70:30 водяной пар:N<sub>2</sub>) [6]. Мономеры образуются и без использования инертного газа при температуре выше температуры плавления полимера и давлении выше давления насыщенных паров воды при этой температуре. 99% терефталевой кислоты рециклируется за 6 мин. при 350°C. Однако степень рециклизации этиленгликоля в этих же условиях составила только 35% [7]. Отставание степени рециклизации этиленгликоля, а может быть улетучивание его при гликолизе авторами не объясняется. Установлено, что использование суперкритической воды для гидролиза ПЭТФ позволяет закончить процесс за 30 минут при температуре (350- 400)<sup>0</sup>C и давлении 25-30 МПа. При этом удается достигнуть 99% - ного выхода терефталевой кислоты [8] .

**Аминолиз.** Вторичный ПЭТФ посредством аминолиза превращается в исходные мономеры, используемые для производства полиамидов. Awodi и др. [9], деструктировали ПЭТФ - волокна в 40%-ном водном растворе метиламина при температуре 200<sup>0</sup>C. При этом образуется N<sub>1</sub>,N<sup>1</sup>-диметилтерефталатамид.

При использовании в качестве деструктирующего агента спирта, вторичный ПЭТФ претерпевает деструктивную реакцию – **алкоголиз**. Продукты алкоголиза ВПЭТФ находят широкое применение в различных отраслях промышленности: в строительстве, при производстве композиционных материалов, пленкообразующих

веществ, обуви, ненасыщенных полиэфиров и эпоксидных олигомеров. Используют различные многоатомные спирты, в частности этиленгликоль, пропиленгликоль, диэтиленгликоль, глицерин. В результате алкоголиза образуются гидроксилсодержащие полиэфирполиолы, которые могут применяться для получения полиуретанов, волокнообразующих полимеров, алкидных олигомеров, ненасыщенных полиэфиров.

При метанолизе вторичного ПЭТФ в основном образуются этиленгликоль и диметилтерефталат. В Японии разработаны высокотехнологичные методы переработки использованных ПЭТФ-бутылок в исходное сырьё (терефталевую кислоту и диметилтерефталат), основанных на применении сверхкритического метанола, щавелевой кислоты, а также разложении их аммиаком и аминами в сверхкритическом состоянии [10]. Метанолиз осуществляют в автоклаве при температуре 220°C и повышенном давлении в присутствии сильной неорганической кислоты в качестве катализатора. Не прореагировавший метанол удаляют [11]. Гликолиз можно проводить в аппарате Дина-Старка при 200° в течение 4-6 ч в присутствии  $\alpha$ - $\omega$ -дигидроксиполи (диметилсилоксан)ов, гексиленгликоля, поли(этиленоксид)гликолей или этиленгликоля и катализатора тетраизопропилата титана. Продукты деполимеризации, содержащие терефталатные, концевые ОН- группы и олигомерные диолы, использовали для получения бирадикальных макроинициаторов путём их взаимодействия с изофорондиизоцианатом в среде дихлорэтана и сухого азота в присутствии стирола. Синтезированы блок-сополимеры, имеющие более высокую температуру стеклования, модуль Юнга и прочность на разрыв по сравнению с образцами, не содержащими терефталатные группы [12]. Осуществлен гликолиз ПЭТФ отходов в присутствии этилен- или пропиленгликоля при мольном соотношении звеньев полимера к гликолю 1:(0,5-3) в ксилоле в присутствии ацетата цинка как катализатора. В многофазной среде продукты деполимеризации переходили в среду ксилола, сдвигая равновесие в направлении гликолиза [13]. Обработкой отходов ПЭТФ этиленгликолем получили дигидроксиэтилентерефталат. Полученный

продукт подвергали поликонденсации с терефталевой кислотой и снова получали ПЭТФ в виде гранул с характеристической вязкостью 0,686 дл/г [14]. Рекомендовано проводить гликолиз в избытке гликоля до 4 моль в присутствии катализаторов [15].

Изучением кинетики гликолиза ПЭТФ было показано, что гликолиз протекает в объеме образца полимера в переходной области. Предложен метод переработки не сепарированных отходов ПЭТФ; включающий предварительную обработку, гомогенизацию и экструзию. Выходящие из 10 фильер стержни в виде шероховатых, полых иголок диаметром 0.5 мм направляют в реактор для более успешного, экономичного гликолиза в качественный полиэфирполиол. В экструдер или котёл можно вводить небольшое количество гликоля, олигоэфира или воды для изменения химической структуры и получения полимерных цепей с уменьшенной длиной. Такая предварительная, обработка отходов ПЭТФ, возможно с примесями полибутилентерефталата, позволяет непрерывно вести процесс гликолиза. Получаемый полиэфирполиол используют как сырьё для полиуретанов, клеев, покрытий, эластомеров, лаков и красок. В качестве деструктирующего агента можно использовать высшие гликоли. Таким путем получены 9 типов полиэфирполиолов марки Terol. Особенностью процесса является удаление тяжелых металлов, применяемых в качестве катализатора при синтезе ПЭТФ. Из отходов ПЭТФ переэтерификацией продуктами окисления циклогексана, гликолями (диэтилен- или дипропиленгликоль) и трёхатомными спиртами (триметилпропан, глицерин) в присутствии Mn и Zn катализаторов получены полиэфирполиолы.

Алкоголизом триэтаноломином ПЭТФ отходов получены азотсодержащие олигоэфиры, представляющие собой твердые вещества с температурой размягчения 35-95°. По усовершенствованному способу отходы ПЭТФ вместе с гликолем подают в горизонтальный цилиндрический аппарат, снабжённый рубашкой, горизонтальным перемешивающим устройством, и при перемешивании нагревают содержимое аппарата до 175-250° до полного завершения реакции. Образующиеся

при разложении ПЭТФ газовые продукты отводят из аппарата в конденсатор, а жидкий полиэфирполиол выгружают в промежуточную ёмкость для охлаждения и последующей фильтрации.

Литературный анализ показал, что для Республики Узбекистан оптимальным методом рациональной утилизации ПЭТФ-содержащих отходов является их химическая переработка. При этом наиболее приемлимым вариантом химической переработки является химическая деструкция ПЭТФ-содержащих отходов с участием спиртов – алкоголиз. Но надо отметить, из выше сказанного для нашей республики приемлемый может быть деполимеризация до мономера. Приемлемость такой исследования обусловлена тем, что можно получить исходные сырьё для получения первичного полиэтилентерефталата.

В настоящее время проводятся ряд исследований по получения исходных мономеров из вторичного ПЭТФ методами метанолиза.

### Экспериментальная часть.

Многие ученые уже доказали общую схему алкоголиза полиэтилентерефталата.



+



↓



Анализируя литературный обзор и выше работ нами проведены следующие исследования. В качестве объекта использовали измельченные до размера 2-3 мм ПЭТФ частицы, диэтиленгликоль (ДЭГ) по ГОСТ 10136-77, содержание основного вещества не менее 97,4%. Синтез продуктов алкоголиза осуществляли в четырехгорлом колбе снабженной механической мешалкой с масляным затвором, трубкой

для ввода инертного газа, обратным холодильником, термометром. В колбу загружают 1 г-экв измельченных ПЭТФ отходов и 4 г-экв ДЭГ. При энергичном перемешивании температуру доводят до определенной температуры и выдерживают в течении определенного времени. Затем реакционную массу охлаждают до  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Полученные данные продуктов изучали физико-химические свойства (гидроксильное число, температура плавления). Далее для исследования состава на осуществлен промывка продуктов алкоголиза полиэтилентерефталата. Промывка осуществляли следующим образом : в термостойкий стакан взвешивали 50 гр. продуктов алкоголиза ПЭТФ (ПАПЭТ) и 100 г дистиллированной воды, затем нагревали до  $(95-98)^{\circ}\text{C}$  и выдерживали в течении 30 минут при интенсивном перемешивании. Далее в горячем виде фильтровали и отделяли нерастворимую часть ПАПЭТ, а фильтрат охлаждали до комнатной температуры  $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ . Далее фильтрованием отделяли продукты нерастворимые в холодной воде. Фильтрат охлаждали до температуры  $(0-5)^{\circ}\text{C}$  и снова фильтровали. Полученные продукты на фильтре сушили и определяли выход каждой фракции. При этом получили следующие данные

Таблица 1.

Количество ДЭГ на 1г-экв ПЭТФ	Масса до промывки		Масса до после промывке		Количество Этиленгликоля		Количество диэтиленгликоля		Кубовый остаток	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
4.0	50	100	4.52	9.04	3.15	6.3	20.63	41.26	21.7	43.39

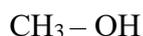
Полученные результаты выявило, что в конце реакции образуется 6,3% этиленгликол, 41,26% диэтиленгликол и 9,04 % не растворимый в воде высокомолекулярный олигомер. Но надо отметить полученные данные полностью не решила поставленной задачи.

Анализ литературных данных показали возможность получения мономеров (диметилфталат, этиленгликоль, терефталевый кислота) из вторичного полиэтилентерефталата методом метанолиза.

Реакция механизма переэтирификация полиэтилентерефталата с метиловым спиртом:



+



↓



↓



этиленгликоль

диметилтерефталат

промежуточный продукт

Для достижения цели нами на сегодняшний день исследуются химическая деструкция вторичного полиэтилентерефталата с помощью метанола. Это обусловлено с тем, с его помощью можно решить потребность сырья для химической промышленности, производства первичного полиэтилентерефталата и частично решения проблемы утилизации полимерного отходов из окружающей среды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Переработка пластмасс О. Шварц, Ф. В. Эбелинг, Б. Фурт Chimhelp.ru
2. Вторичная переработка пластмасс, ЛаМантя/Пер. с англ. Под ред. Заикова Г.Е. – СПб.: Профессия, 2007. – 400 с.
3. Титов А.Ю., Михитарова З.А., Крючков А.Н., Пилунов Г.А. Успехи в химии и химической технологии Вып.13 Тез.докл. 13-й Междунар.конф.мол.ученных по химии и хим.технол.. МКХТ-93. Москва, дек..1999. Ч. 2. М: Изд-во РХТУ. 1999.с. 18.Рус.
4. Пат 1306046 ПНР. Kicko – Walezak Ewa. Jstrysz Ryszard., Ktosowka-Wotkowicz/ Способ получения НПЭФ/. Оpubл.31.07.86.РЖХ 1987, 7С625П
5. Modified unsaturated polyester resins synthesized from poly(ethylene terephthalate) waste. / Farahat Medhat S., Abdel-Azim A., Abdel-Raow Manar E./ Macromol Mater. and Eng.2000, № 283, с. 1-6.
6. Модифицирование ненасыщенных полиэфиров олигомерными соединениями / Дума В.Н.// Пласт.массы. – 1990.№9.-С.56-58.
7. Abdel-Azim A., Attia Ibrahim A // J.Mar.Res., 1995.53. № 6. p. 688-692.
8. Unsaturated polyester resins from glycolysed waste polyethyleneterephthalate, synthesis and comparison of properties and perfomanse with vigin resin/ Aslan S., Immirzi B., Laurjenzo P., Malinconico M., Martuscelli E., Volpe M.G., Pelino M., Savini L.// J. Mater. Sci.-1997.-32b№ 9.-С.2329-2336.
9. Пилунов Г.А.. Михитарова З.А. Стратонова Е.И.// 12 Междунар.конф.мол.ученных по химии и хим.технол.посвящ.. 100-летию образ. Рос. Хим.-технол. Ун-та. Москва, нояб. 1998, МКХТ-98 Тез.докл.Ч.2.М. 1998. С.16
- 10.Л.Н. Седов, З.В. Михайлова “Ненасыщенные полиэферы”, «Химия», М.: 1977, 231с.
11. Коршак В.В., Бекасова Н.И., Замятина В.А. О гетероцепных полимерах. Сообщение II. Химическая деструкция полиэтилентерефталата.// Известия АН СССР, ОХН, 1958, №5, с. 614-617.

12. Б.М. Ткачук и др. Сополимеризация модифицированной ненасыщенной полиэфирной смолы с различными мономерами // Пласт. массы. -Москва, 1967. -№ 9, - С. 13-15.
13. Энциклопедия полимеров, том- 1. изд. «Советская энциклопедия». -М., 1974, -С.1032.
14. Baliga Satish., Wonwing T./ Depolymerization of poly(ethylene terephthalate recycled from post-consumer softdring bottles.// J. Polym.Sci. A.- 1989, -27, №6, с. 2071-2082.
15. [Unipack.ru](http://Unipack.ru)

