

DOI 10.15593/2409-5125/2019.02.04

УДК 504.054

**Е.С. Чиглинцева¹, Л.З. Тельцова¹, З.Б. Бактыбаева^{2,1},
Г.Ф. Габидуллина¹, А.А. Назарова³**

¹Башкирский государственный университет

²Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека

³Уфимский государственный нефтяной технический университет

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ИЗ СОСТАВА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Рассмотрена проблема увеличения объема потребления полимерных материалов, приводящая к накоплению отслуживших свой срок пластмассовых изделий. Основной удельный вес в общей массе полимерных отходов занимает полиэтилентерефталат (ПЭТ), объем отходов составляет более 10 млн т. Рассмотрены направления переработки и известные технологии обработки вторичного полимерного сырья и сырья из смешанных отходов. Отмечено, что слабым звеном в процессе организации обработки отходов потребления являются сбор и сортировка отходов. Сбор отслуживших изделий из полиэтилентерефталата у населения является сложным мероприятием с организационной точки зрения. Представлена технологическая линия утилизации отходов ПЭТ-материалов, которая включает этапы сбора отходов, сортировку, измельчение, первичную мойку, мойку с флотацией, промывку, сепарацию от воды, сушку, измельчение, воздушную сепарацию и упаковку. В настоящее время ПЭТ, полученный методом механической обработки, используется для производства синтетических нитей, одежды, предметов текстиля, и прежде всего – новой упаковки в пищевой промышленности. Рациональное использование отходов полиэтилентерефталата, внедрение новых технологий их обработки и работа с населением способствуют сохранению ценного химического сырья и предотвращению негативного влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: обработка, утилизация, полиэтилентерефталат, отходы, пластиковая бутылка, грануляция.

Одной из самых актуальных современных проблем в области экологии является предотвращение накопления отходов. Загрязнение окружающей среды отходами человеческой деятельности в некоторых странах достигло масштабов экологической катастрофы, нередко приводящей к гибели живых организмов. Увеличение объема потребления полимер-

Механическая обработка полиэтилентерефталата из состава твердых коммунальных отходов / Е.С. Чиглинцева, Л.З. Тельцова, З.Б. Бактыбаева, Г.Ф. Габидуллина, А.А. Назарова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 2. – С. 49–58. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.04

Chiglintseva E., Teltsova L., Baktybaeva Z., Gabidullina G., Nazarova A. Mechanical Processing of Polyethylene Terephthalate from the Composition of Municipal Solid Waste. PNRPU. Applied Ecology. Urban Development. 2019. No. 2. Pp. 49-58. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.04

ных материалов ведет к накоплению неразлагающегося мусора из отслуживших свой срок пластмассовых изделий, что в итоге приводит к загрязнению воздуха, почвенного покрова и грунтовых вод продуктами неполного разложения [1, 2].

Основной удельный вес (примерно 25 %) в общей массе полимерных отходов занимает полиэтилентерефталат (ПЭТ) – синтетический линейный термопластичный полимер, принадлежащий к классу полиэфиров, продукт поликонденсации терефталовой кислоты и этиленгликоля. ПЭТ используется для изготовления различных пленок, упаковок и емкостей. Из-за высоких потребительских свойств тары, изготовленной из ПЭТ, с каждым годом увеличивается рост производства упаковок из этого материала. К началу XXI века объемы отходов ПЭТ только в России составили 10,2 млн т. Большую часть отходов ПЭТ составляют изделия, выбывшие из употребления (товары широкого потребления, упаковка, бутылки для различных жидкостей) [2–4]. В настоящее время выпуск большинства пищевых продуктов в России увеличивается в рамках импортозамещения, следовательно, можно спрогнозировать дальнейший рост производства всех видов упаковочных материалов, в том числе из ПЭТ [5, 6].

Стойкость пластиков, попавших в отходы, и содержание в них токсичных добавок оборачивается серьезной экологической проблемой. При сжигании пластикового мусора в атмосферный воздух попадают вещества, наносящие вред окружающей среде и здоровью человека [7]. Так, при открытом горении полиэтилентерефталата удельный выброс бенз(а)пирена составляет $38 \cdot 10^{-6}$ т/т, сажи – 0,055 т/т, монооксида углерода – 0,12 т/т. Как известно, бенз(а)пирен и сажа отличаются канцерогенной активностью, а монооксид углерода является токсичным и относится к IV классу опасности [8].

Более выгодным и безопасным является обработка отходов ПЭТ для их вторичного использования в дальнейшем. Разработанные отечественными учеными уникальные технологии обработки вторичного полимерного сырья и сырья из смешанных отходов оставались долгое время невостребованными. Распад СССР откинул решение вопросов утилизации отходов на несколько десятилетий назад. Темпы, характер и результаты обработки отходов в России существенно отстают от реальных потребностей экономического развития страны [9].

Переработка полимерных отходов в республике Башкортостан ведется на 29 предприятиях (ООО «Вториндустрия», ГК «Чистый город»), объем перерабатываемого количества полимерных отходов увеличился за последние 5 лет почти в два раза. Однако всего лишь около 7 % из образо-

вавшихся полимерных отходов подвергаются переработке на территории Республики Башкортостан, остальное направляется в Татарстан, Удмуртию и другие регионы [10].

Выделяют несколько основных направлений обработки вторичного ПЭТ, которые можно разделить на три основные группы: химические, термические и механические [11]. Рециклинг отходов из полиэтилентерефталата посредством механической обработки является наиболее рентабельным способом утилизации, так как данный метод не только экологически безопасен, но и экономически выгоден. Закупаемый Россией за рубежом ПЭТ-гранулят является достаточно дорогостоящим продуктом, а получаемый путем вторичной обработки почти не отличается по физико-механическим и теплофизическим свойствам от первичного ПЭТ [12].

Развитие технологий производства вторичного полиэтилентерефталата должно осуществляться по экономически аргументированному принципу с усовершенствованием всех циклов процесса сбора и обработки первичного сырья.

Целью исследования являлась разработка технологической линии утилизации отходов потребления полиэтилентерефталата, которая позволит выпускать продукцию (гранулят), соответствующую санитарным нормам для повторного использования в пищевой промышленности – изготовления тары для жидкостей.

Предлагаемая схема процесса механической обработки ПЭТ-тары включает следующие основные этапы: сбор отходов, сортировка, измельчение, первичная мойка, мойка с флотацией, промывка, сепарация от воды, сушка, измельчение, воздушная сепарация и упаковка. Отличительной особенностью данной линии утилизации является наличие и последовательность нескольких моющих аппаратов, очищающих сырье от всех видов загрязнений, полученных в процессе сбора и сортировки.

Следует отметить, что наиболее слабым звеном в процессе организации обработки отходов потребления являются сбор и сортировка отходов ПЭТ [13]. Тем не менее на протяжении последних нескольких лет в городах России на площадках для сбора мусора устанавливаются специальные контейнеры-сетки для пластиковой тары. Также в местах для отдыха (торгово-развлекательных центрах, парках, аллеях) можно встретить контейнеры для раздельного сбора отходов. Основной проблемой раздельного сбора отходов является недостаточная осведомленность граждан о необходимости данной процедуры, а также о различии состава материалов изделия, выбывшего из употребления. Таким образом, социальная реклама селективного сбора отходов, внедрение уроков экологического воспита-

ния в учебных заведениях, проведение открытых экологических семинаров позволит повысить процент участия в раздельном сборе пластиковых отходов [14].

Перед транспортировкой сырье в виде ПЭТ-бутылок предварительно отсортировывают по цвету и прессуют специальными прессами в компактные кипы. Разбиение кип из прессованных ПЭТ-бутылок – первая технологическая стадия в системе их обработки на заводах. Для автоматического разбиения кип из сырья используются различные кипоразбиватели. Автоматический кипоразбиватель предназначен для создания непрерывного равномерного потока отдельных бутылок из прессованных тюков. Он оборудован подвижной лентой, по которой кипа движется к вращающимся барабанам с зубцами. Зубцы служат для дополнительно сцепления тары между барабанами. Пропущенная между барабанами кипа распадается на отдельные бутылки, которые отправляются в просеиватель.

Принципиальная технологическая схема линии утилизации пластиковых одноразовых бутылок представлена на рисунке.

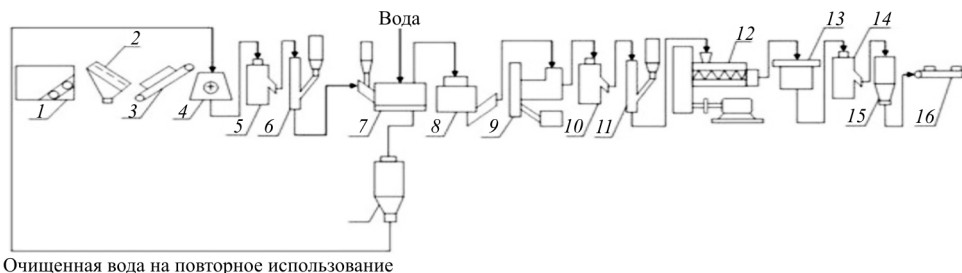


Рис. Принципиальная технологическая схема линии утилизации пластиковых одноразовых бутылок: 1 – кипоразбиватель; 2 – грохот; 3 – ленточный конвейер; 4 – мощная дробилка; 5 – центрифуга; 6 – воздушный пазделитель; 7 – ванна флотации; 8 – мойка подогреваемая; 9 – мойка интенсивная; 10 – центрифуга; 11 – воздушный разделитель; 12 – экструдер; 13 – ванна охлажденная; 14 – центрифуга; 15 – бункер-накопитель; 16 – стол для упаковки изделий в мешки; 17 – гидроциклон для очистки воды

Сырье из кипоразбивателя попадает в грохот, основной рабочей частью которого является вращающийся барабан, выполненный из перфорированного стального материала. Через отверстия песок и другие посторонние частицы ссыпаются вниз в специальный лоток, который по мере наполнения очищается вручную. Пластиковые бутылки движутся в направлении продольной оси барабана и попадают на ленточный транспортер. Грохот позволяет значительно снизить риск выхода из строя оборудования из-за попадания внутрь инородных включений, повысить качество сырья и обеспечить качественную и непрерывную работу.

Для транспортировки бутылок в дробилку используется ленточный конвейер на основе ленты из поливинилхлорида. К транспортирующей ленте предъявляются такие требования, как надежность ткани, из которой ее изготавливают, и возможность ее замены при потере рабочих качеств. К достоинствам данного аппарата можно отнести возможность регулирования количества подаваемого сырья, времени работы (без перерывов или с перерывами с установленной продолжительностью). Лента армирована и прорезинена, оборудована лопатками, которые не дают пластиковому сырью скатиться обратно вниз.

В дальнейшем происходит дробление полимерных отходов для формирования частиц подходящего размера и формы. Свойства полимеров, которые подлежат обработке, определяют особые условия к измельчительной технике. Ключевыми факторами в достижении необходимого размера частиц являются твердость, чувствительность к теплу и эластичность материала. Самым распространенным оборудованием для измельчения ПЭТ-бутылок являются роторные дробилки, обладающие высокой производительностью и эффективностью. Измельчение полимерного материала происходит в результате нанесения быстрых ударов ножей, закрепленных на роторе. Неподвижная часть дробилки также оборудована ножами. Между движущимися и неподвижными ножами происходит измельчение сырья. Под дробильной камерой, в которой происходит резка, установлено сито. Его отверстия определяют размер дробленого материала. Снизить шум и увеличить продолжительность пригодности ножей к работе позволяет использование воды. Также вода частично очищает сырье от грязи, этикетки и т.п. Конструкция ротора позволяет дробилке с водяным охлаждением подшипников работать до 24 ч в сутки.

Для сушки полученных хлопьев применяется центрифуга, основной рабочей деталью которой является вращающийся ротор, оснащенный специальными лопатками для выгрузки очищенного сырья. При вращении ротора поток воды с хлопьями также начинает вращаться. Под действием центробежных сил вода с загрязняющими частицами отбрасывается к перфорированным стенкам аппарата и через перфорацию попадает в ванну очистки. Очищенные хлопья ПЭТ при помощи специальных лопаток продвигаются вверх вдоль оси ротора и выгружаются через верхний патрубок.

Далее сырье из центрифуги попадает в воздушный разделитель, принцип работы которого основан на разности масс хлопьев ПЭТ (тяжелая фракция) и этикеток (легкая фракция). Отделившиеся кусочки бумаги и этикеток попадают в циклон-накопитель, а дробленый полимерный материал направляется в ванну флотации для дальнейшей очистки. В трубе

воздуховода легкая фракция попадает в воздушный поток, создаваемый вытяжным вентилятором, и удаляется в верхней части аппарата, а сырье под действием силы тяжести падает вниз.

В дальнейшем сырье в виде хлопьев поступает в ванну флотации, которая изготавливается из углеродистой стали, что гарантирует долговечность оборудования. Для защиты от коррозии на ванну наносится специальный состав с содержанием цинкового порошка. Дробленый материал опускается на дно ванны и транспортируется шнеком в другой конец аппарата, где установлен второй шнековый транспортер, направляющий очищенные водой хлопья в следующую мойку. Части пробок, колец, полиэтиленовых и полипропиленовых этикеток и другие частицы с удельной плотностью менее единицы всплывают на поверхность и уносятся потоком воды из аппарата через специальный патрубок.

Подогреваемая мойка хлопьев ПЭТ подразумевает добавление моющих средств в воду и предназначена для отмывки от грязи, клея и т.д. Сырье загружается в аппарат и при вращении лопастей ворошителя движется хаотично, что способствует отделению загрязняющих частиц. Конструкция данного аппарата также включает тройной утепленный корпус и электронагреватели. Отделившаяся легкая фракция (жиры, масла, этикетка и т.п.) в процессе мойки удаляется через переливную трубу.

Из подогреваемой мойки сырье поступает в интенсивную мойку. При вращении основной рабочей детали – ротора – происходит перемешивание и перетирание хлопьев между собой, в результате чего от них отделяются различные загрязнения. Вода и мелкие посторонние частицы выводятся через отверстия перфорированного корпуса в сливной кожух. Во время интенсивной мойки сырье находится внутри определенный промежуток времени при заданном коэффициенте трения. Температура воды в мойке поддерживается в пределах 75–95 °С, что позволяет эффективно отделить все загрязнения от сырья.

Технологический процесс экструзии заключается в последовательном перемещении материала вращающимся шнеком в его зонах: питания, пластикации, дозирования расплава, продвижения расплава в каналах формирующей головки и охлаждения полученного расплавленного термопласта. Загрузка бункера экструдера осуществляется при помощи пневмотранспорта. Питание шнека зависит от формы частиц сырья и их плотности. Здесь материал продавливается через головку экструдера с отверстиями. После выхода из головки в виде жгутов (диаметр 2 мм, количество 70 шт.) материал сразу режется специальным устройством на гранулы. Гранулы, полученные резкой заготовки на горячей решетке гранулятора, не имеют

острых углов и ребер, и следовательно, обладают лучшей сыпучестью. Гранулы, которые получены холодной рубкой прутка-заготовки, имеют острые углы, плоское сечение среза, что способствует их сцеплению и ухудшению сыпучести.

Гранулы сначала падают в ванну охлаждения. Далее они сушатся в центробежной сушилке, остывают и попадают в бункер-накопитель. Из бункера гранулы поступают на упаковку в мешки. Полученные гранулы в дальнейшем перерабатывают в изделия.

В настоящее время полиэтилентерефталат, полученный методом механической обработки, используется для производства синтетических нитей, одежды, предметов текстиля, и прежде всего – новой упаковки в пищевой промышленности [15, 16].

Расчет расхода сырья производится по выбранным параметрам технологического процесса и потерям, принятым для производства данного вида изделия. Он может быть выполнен как для производства в целом, так и по отдельным его стадиям – технологическим переходам. Расчет необходим для оценки возможных потерь в процессе производства и корректировки материальных потоков сырья, вспомогательных материалов и готовой продукции, планирования запасов сырья на складе, упрощения калькуляции себестоимости конечного изделия.

Таким образом, предлагаемые авторами последовательность и количество аппаратов технологической линии наиболее выгодно и эффективно помогут обработать полимерный материал на основе ПЭТ. В предложенном процессе учитываются и соблюдаются все технологические параметры, необходимые для обработки пластиковых бутылок. Аппараты для предложенной линии утилизации изготавливаются компанией «Станкополимер» (Москва). Уникальная система повышенной очистки в виде нескольких ступеней мойки, флотационного отделения, полоскания и сушки позволит изготовить качественный продукт для производства новой пластиковой тары для пищевой промышленности.

Библиографический список

1. Колычев Н.А. Оптимизация обращения с твердыми бытовыми и близкими к ним по составу промышленными отходами в крупных и средних населенных пунктах России // Биосфера. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 393–418.
2. Митрофанов Р.Ю., Чистякова Ю.С., Севедин В.П. Переработка отходов полиэтилентерефталата // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 6. – С. 12–13.
3. Супрун Л.В., Романенко С.В., Цыганкова Т.С. Анализ и решение проблемы утилизации и вторичной переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ) отходов в городе Томске // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 4 (5). – С. 107–112.

4. Экологические аспекты производства полиэтилентерефталата – современного упаковочного полимера / Г.Г. Ягафарова, Л.Р. Акчурина, Ю.А. Федорова, У.Р. Урманцев // Экология и промышленность России. – 2013. – № 12. – С. 46–49.
5. Андриянова П. Летом будет лучше? [Электронный ресурс]. – URL: <https://article.unipack.ru/69336/> (дата обращения: 31.10.2018).
6. Астратова Г.В., Фролова Н.Ю. К вопросу о формировании современного рынка отходов из упаковки потребительских товаров // Отходы и ресурсы: интернет-журнал. – 2018. – № 1. – URL: <https://resources.today/PDF/04NZOR118> (дата обращения: 30.10.2018).
7. Лапова Е.В., Нор П.Е. Способы применения биотехнологий в процессе утилизации отходов // Безопасность городской среды: матер. междунар. науч.-практ. конф. (21–23 ноября 2017 г.). – Омск, 2017. – С. 124–128.
8. Белых Л.И., Халтурина Д.А., Мухамедьянова Р.Р. Мониторинг выбросов бенз(а)пирена в атмосферу при открытом и печном горении различных материалов // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 23–37.
9. Любешкина Е. Обратная сторона упаковки [Электронный ресурс] // Наука и жизнь. – 2007. – № 3. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/9315/> (дата обращения: 29.10.2018).
10. Савоськина Р.Р., Бахонина Е.И. Анализ сложившейся системы управления и обращения с твердыми коммунальными отходами на территории Республики Башкортостан // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2016. – № 1 (21). – С. 20–38.
11. Полиэтилентерефталат: новые направления рециклинга [Электронный ресурс] / А.Ю. Беданок, Б.З. Бештоев, М.А. Микитаев, А.К. Микитаев, В.В. Сазонов. – URL: <http://www.doc.knigi-x.ru/22raznoe/21044-1-polietilenterefalat-novie-napravleniya-reciklinga-bedanokov-beshtoev-mikitaev-mikitaev.php> (дата обращения: 25.10.2018).
12. Техника и технология переработки и утилизации отходов / С.М. Найман, Н.Х. Газеев, А.Н. Глебов, Д.В. Фролов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2011. – 418 с.
13. Глотов Д.С. Селективный сбор твердых коммунальных отходов – залог экологической безопасности страны // Управление городом: теория и практика. – 2017. – № 3 (26). – С. 66–70.
14. Абрамов В.В., Чаяла Н.М. Вторичная переработка полимерных отходов: анализ существующих методов // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 1. – С. 21–24.
15. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Технологические особенности производства упаковки из вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТ) // Молодой ученый. – 2013. – № 5. – С. 123–125.
16. Ragaert K., Delva L., Van Geem K. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste // Waste Management. – 2017. – Vol. 69. – P. 24–58.

References

1. Kolychev N.A. Optimizaciya obrasheniya s tverdymi bytovymi i blizkimi k nim po sostavu promyshlennymi othodami v krupnyh i srednih naseleennyh punktah Rossii. Biosfera. [Optimization of the treatment of solid household and similar in composition industrial waste in large and medium-sized settlements of Russia]. *Biosphere*. 2013, vol. 5, no. 4, pp. 393–418.
2. Mitrofanov R.Yu., Chistyakova Yu.S., Sevodin V.P. Pererabotka othodov polietilenterefalata. Tverdye bytovye othody. [Recycling of polyethylene terephthalate.]. *Municipal solid waste*. 2006, no. 6, pp. 12–13.
3. Suprun L.V., Romanenko S.V., Cygankova T.S. Analiz i reshenie problemy utilizacii i vtorichnoj pererabotki polietilenterefalata (PET) othodov v gorode Tomske. Vestnik nauki Sibiri. [Analysis and solution of the problem of recycling and recycling of polyethylene terephthalate (PET) waste in the city of Tomsk]. *Bulletin of science of Siberia*. 2012, no. 4 (5), pp. 107–112.
4. Yagafarova G.G., Akchurina L.R., Fedorova Yu.A., Urmancev U.R. Ekologicheskie aspekty proizvodstva polietilenterefalata – sovremennogo upakovochnogo polimera. Ekologiya i promyshlennost Rossii. [Environmental aspects of the production of polyethylene terephthalate – a modern packaging polymer]. *Ecology and Industry of Russia*. 2013, no. 12, pp. 46–49.

5. Andriyanova P. Summer will be better? available at: <https://article.unipack.ru/69336/>, (date of access: 31.10.2018).
6. Astratova G.V., Frolova N.Yu. To the question of the formation of the modern market of waste from the packaging of consumer goods. *Waste and resources*, 2018, no. 1, available at <https://resources.today/PDF/04NZOR118>, (date of access: 30.10.2018).
7. Lapova E.V., Nor P.E. Sposoby primeneniya biotekhnologij v processe utilizacii othodov [Method of application of biotechnology in the process of waste disposal]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Bezopasnost gorodskoj sredy»* (21-23 november 2017 year). Omsk, 2017, pp. 124-128.
8. Belyh L.I., Halturina D.A., Muhamedyanova R.R. Monitoring vybrosov benz(a)pirena v atmosferu pri otkrytom i pechnom gorenii razlichnyh materialov XXI vek. Tehnosfernaya bezopasnost. [Monitoring of benzo (a) pyrene emissions in the atmosphere with open and furnace burning of various materials], *XXI century. Technosphere safety*. 2017, vol. 2, no. 1, pp. 23-37.
9. Lyubeshkina E. The reverse side of the package. *Science and Life*, 2007, no. 3, available at: <https://www.nkj.ru/archive/articles/9315/>, (date of access: 29.10.2018)
10. Savoskina R.R., Bahonina E.I. Analiz slozhivshejsya sistemy upravleniya i obrashcheniya s tverdymi kommunal'nymi othodami na territorii Respubliki Bashkortostan [Analysis of the existing system of management and treatment of municipal solid waste in the territory of the Republic of Bashkortostan]. *Bulletin of the Perm national research politehnic universiy. Applied ecology. Urban development*. 2016, no. 1 (21), pp. 20-38.
11. Bedanokov A.Yu., Beshtoev B.Z., Mikitaev M.A., Mikitaev A.K., Sazonov V.V. Polietilentereftalat: novye napravleniya reciklinga [Polyethylene terephthalate: new recycling directions], available at: <http://www.doc.knigi-x.ru/22raznoe/21044-1-polietilentereftalat-novie-napravleniya-reciklinga-bedanokov-beshtoev-mikitaev-mikitaev.php>, (date of access: 25.10.2018).
12. Najman S.M., Gazeev N.H., Glebov A.N., Frolov D.V. Tehnika i tehnologiya pererabotki i utilizacii othodov. [Technique and technology of waste processing and disposal]. Kazan: Kazan State technological university, 2011. 418 p.
13. Glotov D.S. Selektivnyj sbor tverdyyh kommunalnyh othodov – zalog ehkologicheskoy bezopasnosti strany. City Management: [Selective collection of municipal solid waste is the key to the country's environmental safety]. *Theory and Practice*. 2017, no. 3 (26), pp. 66-70.
14. Abramov V.V., Chalaya N.M. Vtorichnaya pererabotka polimernyyh othodov: analiz sushestvuyushih metodov. Tverdye bytovye othody. [Polymer Waste Recycling: Analysis of Existing Methods.]. *Municipal Solid Waste*. 2012, no. 1, pp. 21-24.
15. Chuprova L.V. Tehnologicheskie osobennosti proizvodstva upakovki iz vtorichnogo polietilentereftalata (PET) [Technological features of the production of packaging from recycled polyethylene terephthalate (PET)]. *Molodoj uchenyj*. 2013, no. 5, pp. 123-125.
16. Ragaert K., Delva L., Van Geem K. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*. 2017, vol. 69, pp. 24-58.

Получено 13.01.2019

**E. Chiglintseva, L. Teltsova, Z. Baktybaeva,
G. Gabidullina, A. Nazarova**

MECHANICAL PROCESSING OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE FROM THE COMPOSITION OF MUNICIPAL SOLID WASTE

The increase in consumption of polymeric materials leads to the accumulation of overage plastic products, the decomposition of which in the soil takes more than a hundred years. The main share in the total mass of polymer waste is polyethylene terephthalate. A technological line for utilization of polyethylene terephthalate waste is presented, which includes the following main stages: waste col-

lection, sorting, grinding, primary washing, washing with flotation, rinsing, separation from water, drying, grinding, air separation and packaging. The weakest link in the process of arranging the processing of municipal solid waste is the collection and sorting of waste from polyethylene terephthalate. Collection of overage products made of polyethylene terephthalate from the population is an extremely complex procedure from the organizational point of view and in our country it is being remained at the stage of permanent improvements. Currently, polyethylene terephthalate obtained by mechanical processing is used for the production of synthetic yarns, clothing, textiles and new packaging in the food industry. Rational use of waste polyethylene terephthalate, an introduction of new technologies for its processing and working with the public contribute to the preservation of valuable chemical raw materials and prevent negative impacts on the environment.

Keywords: processing, utilization, polyethylene terephthalate, waste, plastic bottle, granulation.

Чиглинцева Елена Сергеевна (Уфа, Россия) – магистрант, кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности», Башкирский государственный университет (450076, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Заки Валиди, 32, e-mail: elenaschiglintseva@mail.ru).

Тельцова Луиза Загитовна (Уфа, Россия) – канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности», Башкирский государственный университет (450076, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Заки Валиди, 32, e-mail: aluisa@mail.ru).

Бактыбаева Зульфия Булатовна (Уфа, Россия) – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник отдела медицинской экологии, кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности», Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Башкирский государственный университет (450076, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Заки Валиди, 32, e-mail: baktybaeva@mail.ru).

Габидуллина Гузель Фаилевна (Уфа, Россия) – канд. биол. наук, доцент, кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности», Башкирский государственный университет (450076, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Заки Валиди, 32, e-mail: gabidullinag@mail.ru).

Назарова Альмира Азаматовна (Уфа, Россия) – магистрант, кафедра «Транспорт и хранение нефти и газа», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, e-mail: almiranazarova24@mail.ru).

Chiglintseva Elena (Ufa, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Ecology and Life Safety, Bashkir State University (450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, Zaki Validy st., 32, e-mail: elenaschiglintseva@mail.ru).

Teltsova Luiza (Ufa, Russian Federation) – Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Department of Ecology and Life Safety, Bashkir State University (450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, Zaki Validy st., 32, e-mail: aluisa@mail.ru).

Baktybaeva Zulfia (Ufa, Russian Federation) – Ph.D. in Biological Sciences, Senior Researcher, Medical Ecology Department, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Department of Ecology and Life Safety, Bashkir State University (450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, Zaki Validy st., 32, e-mail: baktybaeva@mail.ru).

Guzel Gabidullina (Ufa, Russian Federation) – Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Life Safety, Bashkir State University (450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, Zaki Validy st., 32, e-mail: gabidullinag@mail.ru).

Nazarova Almira (Ufa, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Transport and Storage of Oil and Gas, Ufa State Petroleum Technological University (450062, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov st., 1, e-mail: almiranazarova24@mail.ru).