

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ПЭТ-БУТЫЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛИЧНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ-СЕТОК



С.В. Польшгалов, Г.В. Ильиных, В.Н. Коротаев, Н. Станиславлевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Университет г. Нови Сад, Сербия

Выполнена оценка эффективности раздельного сбора отходов с применением уличных контейнеров-сеток для использованных бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ-бутылок). Определена доля посторонних предметов в потоке пластиковых бутылок и проанализирован состав ошибочно размещенных в контейнере компонентов, что позволяет судить о том, как население относится к таким системам, насколько эффективно проведена разъяснительная работа. Целевой поток ПЭТ-бутылок был рассортирован по объему и по цвету. Полученные результаты позволяют оценить наиболее популярный тип ПЭТ-бутылок по размеру и цвету, что может быть использовано для оценки возможностей совершенствования системы сбора и технологий дальнейшей переработки полученного потока ПЭТ-бутылок.

Ключевые слова: ПЭТ-бутылка, использование ПЭТ-бутылки, объем ПЭТ-бутылки

Evaluation of the Effectiveness of Separate Collection of PET Bottles Using Street Container-Baskets

S.V. Polygalov, G.V. Il'inykh, V.N. Korotayev, N. Stanislavlevich

Perm National Research Polytechnic University, 614000 Perm, Russia, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad, Serbia

The efficiency of separate waste collection using street container-baskets for used bottles of polyethylene terephthalate (PET bottles) has been evaluated. The proportion of foreign objects in the flow of plastic bottles was determined and the composition of components mistakenly placed in the container was analyzed, which allows us to judge how the population relates to such systems and how effective the outreach is. The target stream of PET bottles was sorted by volume and color. The results obtained make it possible to evaluate the most popular type of PET bottles by size and color, which can be used to assess the possibilities of improving the collection system and technologies for further processing the resulting stream of PET bottles.

Keywords: PET bottle, use of a PET bottle, volume of a PET bottle

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-11-55-59

Объем образующихся твердых коммунальных отходов (ТКО) ежегодно увеличивается. Для извлечения ценных компонентов из потока ТКО традиционно используются сортировка смешанных отходов, пункты приема вторичного сырья, а также контейнеры для раздельного сбора. Раздельный сбор как первый этап системы извлечения вторичного сырья имеет определенные преимущества: во-первых, для жителей — удобное использование в течение дня, что нельзя сказать про пункты вторичного сырья, которые работают в определенные часы; во-вторых, для предприя-

тий-переработчиков, которые получают более качественный поток вторичного сырья по сравнению со смешанным потоком ТКО.

В системе обращения с отходами используются различные варианты раздельного сбора отходов. В России внедряется преимущественно дуальная система сбора отходов, где в один контейнер складываются "сухие" отходы (так называемое вторичное сырье — бумага, пластики, металл, стекло), в другой контейнер — "влажные" отходы (т.е. остальные отходы — пищевые отходы, текстиль, подгузники одноразовые, отсев и т.п.). По-

степенно внедряется селективный сбор отходов, например в таких городах, как Москва, Санкт-Петербург, Пермь, Екатеринбург, Саранск, Краснодар, Казань и т.д. [1, 2].

Раздельный сбор с использованием открытых уличных контейнеров наиболее перспективен для твердой полимерной упаковки, в частности ПЭТ-бутылки, так как ее стоимость достаточна, чтобы окупить такую систему сбора, но недостаточна, чтобы вызвать интерес у маргинальных личностей. Кроме того, ПЭТ-бутылка не гниет, не намокает и ее довольно много в потоке ТКО. На сегодняшний день полимер-

Классификация ПЭТ-бутылки для сбора и переработки как вторичного сырья

Classification of PET bottles for collection and processing as recycled materials

Признак классификации	Группы	Цели
По объему, л	Менее 0,39 0,40–0,75 л (≈0,5) 0,76–1,25 л (≈ 1,0) 1,26–1,75 л (≈1,5) 1,76–2,25 л (≈2,0) Более 2,26 л	Для определения размера входного отверстия и габаритов контейнера для сбора
По использованию	Газированные напитки Питьевая вода Пивные напитки Молочные продукты Растительное масло Прочие пищевые продукты* Бытовая химия и прочее	Для определения доли ПЭТ-бутылки, которая востребована для переработки (например, бутылка из под растительного масла обычно невостребована, ввиду сложности мойки)
По цвету	Прозрачная Зеленая Синяя Темная Красная Оранжевая Серебристая Матовая белая Черная Ярко зеленая Прочая	Для отдельной утилизации ПЭТ-бутылки по цветам (например, некоторые заказчики принимают тару только определенного цвета – прозрачную, голубую, зеленую и темную (коричневую))

*К прочим пищевым ПЭТ относятся бутылки из-под кетчупа и различных соусов.

ная упаковка занимает более 53 % общего количества произведенной упаковки и 17 % массы всех упаковочных материалов. Объемы производства ПЭТ-бутылок в мире ежегодно увеличиваются, например, в 2015 г. объем выпуска ПЭТ-бутылок составлял 20,7 млн т, в 2016 г. — 21,5 млн т, при этом количество бутылок составляет более 550 млрд шт., из них 16 млрд шт. преформ (заготовок для бутылок) приходится на Россию [3]. В России показатели рынка ПЭТ-бутылки в 2017 г. составляли 620 тыс. т, при этом экспорт составил 49 тыс. т, импорт — 93 тыс. т [4, 5].

В Европейских странах большая часть ПЭТ-бутылок успешно утилизируется [6]. Для этого, в частности, используются линии дробления ПЭТ-бутылок и отмывания хлопьев от органических клеев, жировых загрязнений, бумажных и полимерных этикеток, а также отрыва крышек и колец [7]. В Российской Федерации такие технологии не так распространены, однако успешно функционируют ООО "Завод по переработке пластмасс "Пларус" (Московская область, г. Солнеч-

ногорск), осуществляющее переработку ПЭТ с последующим производством новой упаковки, и ООО "Тверской завод вторичных полимеров", входящий в группу компаний "ЭкоТехнология", с годовым объемом переработки более 25 тыс. т/год [8, 9]. Одной из причин, сдерживающих развитие переработки, является отсутствие достаточного потока сырья. Таким образом, внедрение отдельного сбора ПЭТ является перспективным методом, так как заводы-переработчики получают более чистое сырье для дальнейшей утилизации со сравнительно небольшими финансовыми и трудовыми затратами.

Для уличного сбора ПЭТ-упаковки обычно применяются евроконтейнеры или специальные контейнеры для привлечения жителей (например, в виде бутылки). Чаще всего используются контейнеры-сетки, так как они имеют преимущества по сравнению с другими контейнерами. Во-первых, собираемое вторичное сырье хорошо проветривается, поэтому не загнивает. Во-вторых, такие контейнеры представляют собой относительно недорогую конструк-

цию благодаря меньшему расходу материалов, так как используются металлические прутья, а не листы. В-третьих, пользователям видно, что можно складывать в этот контейнер.

Содержимое контейнеров-сеток представляет собой достаточно разнородную смесь разных материалов, которую еще нельзя назвать потоком вторичного сырья без дополнительной сортировки, однако содержание ПЭТ-бутылки в таком потоке очевидно выше, чем в смешанных ТКО.

Для оценки эффективности внедрения таких систем сбора вторичного сырья, как уличные контейнеры-сетки в свободном доступе для жителей, были выполнены исследования состава и качества собираемого потока, в первую очередь — оценка доли посторонних фракций. Кроме того, в ходе анализа дополнительно учитывалась дифференциация по цвету и размеру.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования. Исследуемый поток ПЭТ-бутылок из контейнеров-сеток, установленных на контейнерных площадках в жилых зонах г. Перми, был доставлен мусоровозами на территорию ЭкоПарка ООО "Буматика". Далее из общего объема отбирали пробы ПЭТ-бутылок методом квартования общим объемом 4 м³. Полученные пробы сортировали вручную в два этапа: 1 — оценка доли посторонних фракций и их состава; 2 — определение структуры ПЭТ-бутылок.

Контейнеры-сетки, предусмотренные для сбора ПЭТ-бутылок, имели разъясняющие надписи. Однако, несмотря на это, в поток попадали другие предметы и изделия, в том числе из ПЭТ. Прочий ПЭТ представлен лотками и упаковкой из-под пирожных, мясных продуктов и т.д.

В связи с тем, что на контейнерах-сетках была указана надпись "ПЭТ-бутылка", то к посторонним предметам были отнесены все компоненты, находящиеся в сетке, кроме ПЭТ-бутылок.

Посторонние предметы, встречающиеся в потоке собираемых ПЭТ-бутылок, были поделены на следующие категории:

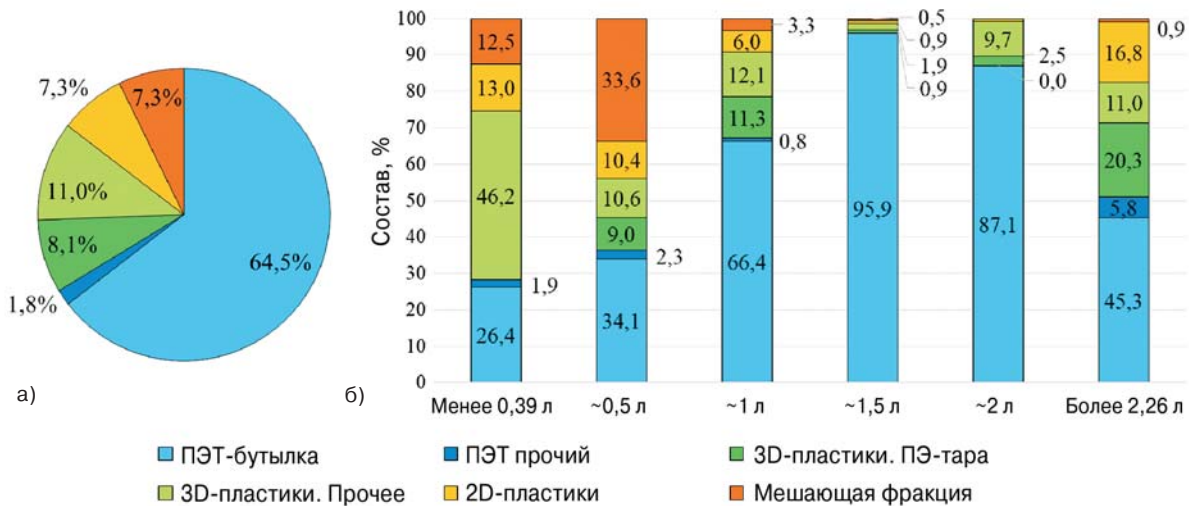


Рис. 1. Состав компонентов в потоке ПЭТ-бутылки по объему
Fig. 1. The composition of the components in the flow of PET bottles by volume

1) "3D-пластики. ПЭ-тара" (чаще всего это полиэтиленовые емкости из-под бытовой химии, шампуней и прочего);

2) "3D-пластики. Прочее" (к прочим 3D-пластикам — поливинилхлориду, полистиролу и т.п. — относятся контейнеры из-под яиц; коррексы из-под пищевых продуктов и непищевых товаров, например для рассады; одноразовая посуда и пр.);

3) "2D-пластики" (полиэтиленовые и полипропиленовые пакеты, металлизированная и комбинированная упаковка типа "дой-пак");

4) "Мешающая фракция" (алюминиевые, жестяные и стеклянные бутылки, упаковки типа "тетрапак", обувь и пр.).

Для понимания структуры самой ПЭТ-бутылки (целевой фракции) она была последовательно рассортирована на группы (см. таблицу).

Ниже представлены результаты выполненных исследований.

Результаты и обсуждения

Оценка посторонних предметов в потоке ПЭТ-бутылки. Результаты исследования состава компонентов в контейнерах-сетках, предназначенных только для ПЭТ-бутылок, представлены на рис. 1, а.

Грубых ошибок, связанных с явным пренебрежением требованиями к собираемым компонентам, не так много — содержание мешающей фракции составляет около 7 %. Доля 3D-пластиков составляет около 20 % общего по-

тока содержимого контейнеро-сеток, еще 7 % — 2D-пластики (пленки). Эти ошибки, вероятнее всего, можно объяснить недопониманием требований к собираемым компонентам, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных разъяснительных мероприятий.

Общая доля ПЭТ составляет 66,3 %, из них 64,5 % относится к бутылочному ПЭТ и 1,8 % к прочему ПЭТ. Доля прочего ПЭТ незначительна и, вероятнее всего, данные предметы выбрасываются в контейнеры-сетки по принципу "все пластики собираются здесь", учитывая, что упаковка из-под яиц, коррексы из-под пищевых продуктов и т.д. состоят из разных материалов,

которые сложно идентифицировать визуально. На прочий ПЭТ приходится около 14 % общей доли прочих полимерных упаковок, оставшаяся доля — на полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол и пр. Поэтому при ручной сортировке целевой фракции прочий ПЭТ проще и легче отнести к категории "посторонние предметы". Однако же при использовании оптической установки данные виды материалов быстро распознаются и могут быть утилизированы.

Результаты исследований состава посторонних предметов в потоке ПЭТ-бутылок по объему представлены на рис. 1, б. Посторонние предметы сравнивались и соотносились по разме-

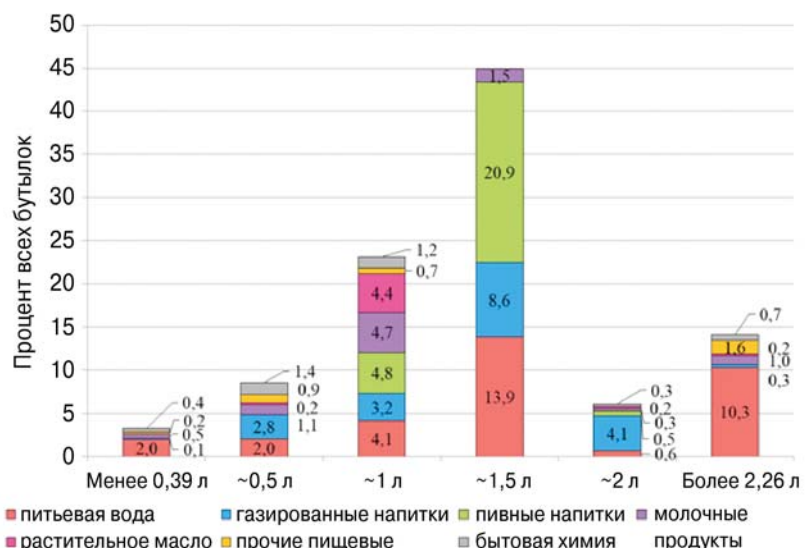


Рис. 2. Структура ПЭТ-бутылки по виду упаковываемых продуктов
Fig. 2. The structure of PET bottles by type of packaged products

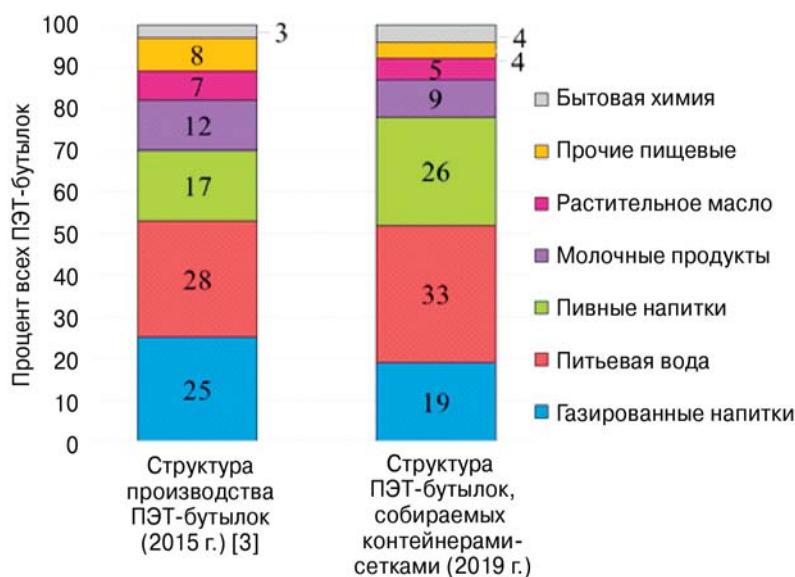


Рис. 3. Сравнение структуры производства ПЭТ-бутылок и структуры ПЭТ-бутылок, собираемых контейнерами-сетками
Fig. 3. Comparison of the structure of the production of PET bottles and the structure of PET bottles collected by containers net

рам с ПЭТ-бутылками, а далее распределялись "по объему".

Из рис. 1, б видно, что наиболее "чистые" потоки ПЭТ-бутылок (содержание ПЭТ-бутылки от 66 до 96 %) представлены потоками следующих размеров (по аналогии с объемом бутылок) — ≈1 л, ≈1,5 л и ≈2 л. В крупной фракции 20 % приходится на ПЭ-тару, представленную исключительно емкостями из-под автомобильного масла и лакокрасочных материалов. Наиболее загрязнена мелкая фракция (≈0,5 л и менее), в которой мешающие компоненты составляют практически половину общего потока. В самой мелкой фракции присутствует значительная доля прочих 3D-пластиков из-под сметаны, йогурта, одноразовых стаканчиков и пр.

Результаты исследований показали, что в контейнерах-сетках высока доля посторонних предметов — до 34 % в случае сбора только ПЭТ-бутылки. Если принять во внимание, что жители, вероятно, не отличают ПЭТ от других видов пластика и воспринимают надпись на контейнере-сетке только как "полимерная бутылка", то доля посторонних предметов составляет только около 15 %. Как уже было сказано выше, контейнеры-сетки предназначены для сбора конкретного вида вторичного сырья (ПЭТ-бутылки), поэтому на корпусе необходимо обязательно

размещать табличку с надписью, что необходимо складировать в контейнер. Для эффективности сбора ПЭТ-бутылки на табличке следует показать картинками, что можно помещать в такой контейнер, а что нежелательно. Для повышения информированности жителей на табличке можно разместить информацию о проблемах переработки в случае попадания посторонних предметов или как будет утилизировано вторичное сырье.

Оценка использования ПЭТ-бутылки. В связи с тенденцией увеличения объемов и расширения сферы применения ПЭТ-бутылок важно учитывать использование ПЭТ-бутылки по видам упаковываемых продуктов.

Результаты исследования структуры упаковываемых в ПЭТ-бутылки продуктов представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что наибольшая доля в потоке ПЭТ-бутылок приходится на упаковку для питьевой воды и составляет 33 %, на упаковку для пивных напитков приходится 25 % всего потока и их продажа разрешена исключительно в бутылках не более 1,5 л в связи с требованиями Федерального закона "О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции"

от 22.11.1995 № 171-ФЗ. Введение этих требований в России в 2017 г. послужило причиной падения рынка ПЭТ-бутылки на 5 % по сравнению с предыдущим годом [5]. Однако с 1 января 2018 г. вступило в силу разрешение на производство и оборот пивоваренной продукции в ПЭТ-бутылках объемом более 1,5 л на экспорт в Китай, Монголию и т.д. [5].

Растительное масло чаще всего разливается в бутылки объемами 0,5 и 1 л, общая доля потоков таких ПЭТ-бутылок составляет 4,6 %. Молочные продукты чаще поступают в продажу в бутылках объемом ≈1 л (4,7 % общего потока ПЭТ-бутылок) и объемом ≈0,5 л (1,1 % общего потока ПЭТ-бутылок). ПЭТ-бутылки из-под питьевой воды в категории "более 2,26 л" представлены бутылками объемом 5 л. С учетом разделения ПЭТ-бутылок по объему наибольшая доля приходится на бутылки объемом ≈1,5 л (45 %), наименьшая — ПЭТ-бутылки объемом менее 0,39 л (2,5 %).

Сравнивая результаты исследования структуры ПЭТ-бутылок, собираемых контейнерами-сетками, со структурой производства ПЭТ-бутылок [3] (рис. 3), можно сделать вывод, что данные в целом хорошо соотносятся. Определенные расхождения связаны с изменениями распределения бутылок при их сборе, так как не все бутылки собираются контейнерами-сетками.

На рис. 4 представлено распределение ПЭТ-бутылок по цвету в исследуемой пробе.

В каждом размерном потоке ПЭТ-бутылок доля прозрачных бутылок превалирует и составляет от 37 до 68 %. Достаточно много ПЭТ-бутылок зеленого цвета размером 1,26–1,75 л, большая часть которых приходится на бутылки из-под пивных напитков (68 %) и на бутылки из-под минеральной воды (28 %). Молочные продукты разливают преимущественно в прозрачные (61 %) или матово-белые бутылки (37 %). Матовые белые бутылки используются в 84 % случаев для молочных продуктов и в 16 % для бытовой химии. ПЭТ-бутылки голубого цвета используются для питьевой воды (97 %), а бутылки темного цвета — для пивных (64 %) и газиро-

ванных (35 %) напитков. Растительное масло продается исключительно в прозрачной ПЭТ-бутылке. ПЭТ-бутылки прозрачного цвета используются для розлива газированных напитков (25 %), питьевой воды (33 %) и пивных напитков (14 %). К ПЭТ-бутылкам прочих цветов относятся бутылки красного цвета — 13 %, неоновой зеленой цвета — 11 %, серебристого цвета — 8 % общего процента всех прочих ПЭТ-бутылок.

Исследования состава потока ПЭТ-бутылок, собираемых при помощи уличных контейнеро-сеток, могут быть полезны для совершенствования системы сбора.

Заключение

Сбор ПЭТ-бутылок при помощи контейнеро-сеток является достаточно эффективной системой, так как, во-первых, можно получить более качественный по-

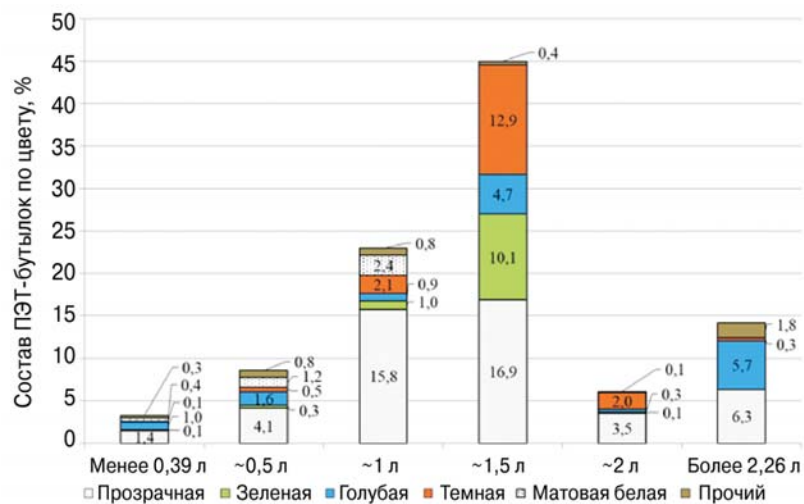


Рис. 4. Состав ПЭТ-бутылок по цвету и объему в исследуемом потоке
Fig. 4. Composition of PET bottles by color and volume in the test stream

ток бутылок по сравнению с дуальной системой сбора отходов, а, во-вторых, уличный сбор именно ПЭТ-бутылок оказался наиболее жизнеспособным вариантом по сравнению с другими видами вто-

ричного сырья. Кроме того, такая система позволяет при правильной организации транспортирования, дополнительной сортировки и утилизации добиться экономической эффективности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта № С-26/174.6.

Литература

1. Гурьев М.С. Опыт организации раздельного сбора отходов в Санкт-Петербурге. Санитарный врач. 2012. № 2. С. 8–11.
2. Базылева Я.В., Полягалов С.В., Ильиных Г.В., Слюсарь Н.Н. Внедрение раздельного сбора отходов в г. Перми. Твердые бытовые отходы. 2014. № 10. С. 56–59.
3. Керницкий В.И., Жир Н.А. Вопросы по бутылочному ПЭТ. Крайности и реальности. Вестник химической промышленности. 2016. № 4 (91). С. 36–40.
4. ПЭТ-индустрия: путь импортозамещения. Пластик. 2017. № 1–2 (164). С. 20–25.
5. Мирный М. Итоги конференции "ПЭТФ 2018": Летом будет лучше? MPlast.by - загл. с экрана. [Электронный ресурс] URL: <https://mplast.by/novosti/2018-03-06-itogi-konferentsii-petf-2018/> (дата обращения: 07.08.2019).
6. Аналитический доклад "Российские инновации: роль ПЭТ-индустрии в повышении конкурентоспособности отечественной пищевой промышленности". Высш. школа гос. администр-я МГУ им. М.В. Ломоносова. 2016.
7. Васарявичус С., Лазарчик А. Исследование и анализ свойств полиэтилентерефталата и процессов его вторичной переработки. Экология и промышленность России. 2007. Март. С. 44–45.
8. Фехретдинов Р.Н. Трудности переработки вторичных полимеров. Твердые коммунальные отходы. 2018. № 1. С. 26–29.
9. Феофилактова Е.М. Анализ рынка вторичных ресурсов полимерной упаковки. Твердые коммунальные отходы. 2018. № 1. С. 30–34.

References

1. Gur'nev M.S. Opyt organizatsii razdel'nogo sbora otkhodov v Sankt-Peterburge. Sanitarnyi vrach. 2012. № 2. S. 8–11.
2. Bazyleva Ya.V., Polygalov S.V., Il'nykh G.V., Slyusar' N.N. Vnedrenie razdel'nogo sbora otkhodov v g. Permi. Tverdye bytovye otkhody. 2014. № 10. S. 56–59.
3. Kernitskii V.I., Zhir N.A. Voprosy po butylochnomu PET. Krainosti i real'nosti. Vestnik khimicheskoi promyshlennosti. 2016. № 4 (91). S. 36–40.
4. PET-industriya: put' importozameshcheniya. Plastik. 2017. № 1–2 (164). S. 20–25.
5. Mirnyi M. Itogi konferentsii "PETF 2018": Letom budet luchshe? MPlast.by - zagl. s ekrana. [Elektronnyi resurs] URL: <https://mplast.by/novosti/2018-03-06-itogi-konferentsii-petf-2018/> (data obrashcheniya: 07.08.2019).
6. Analiticheskii doklad "Rossiiskie innovatsii: rol' PET-industrii v povyshenii konkurentosposobnosti otechestvennoi pishchevoi promyshlennosti". Vyssh. shkola gos. administr-ya MGU im. M.V. Lomonosova. 2016.
7. Vasaryavichus S., Lazarchik A. Issledovanie i analiz svoistv polietilenterefalata i protsessov ego vtorichnoi pererabotki. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2007. Mart. S. 44–45.
8. Fekhretdinov R.N. Trudnosti pererabotki vtorichnykh polimerov. Tverdye kommunal'nye otkhody. 2018. № 1. S. 26–29.
9. Feofilaktova E.M. Analiz rynka vtorichnykh resursov polimernoii upakovki. Tverdye kommunal'nye otkhody. 2018. № 1. S. 30–34.

С.В. Полягалов – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева 14 • Г.В. Ильиных – канд. техн. наук, доцент • В.Н. Коротаев – д-р техн. наук, профессор • Неманя Станиславлевич – доктор, профессор, Университет г. Нови Сад, 21000 Сербия, г. Нови Сад, Трг Дозеция Обрадовича 6

S.V. Polygalov – Post-graduate Student, Perm National Research Polytechnic University, 614000 Russia, Perm, Professors Pozdeev Str. 14, e-mail: polyste17@mail.ru • G.V. Il'nykh – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor • V.N. Korotaev – Dr. Sci. (Eng.), Professor • Nemanja Stanisavlevich – Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, University of Novi Sad, 21000 Serbia, Novi Sad, Trg Doze Obradovic 6