

## Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 628.477.8

### РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ ЛУГАНСКОЙ И ДОНЕЦКОЙ НАРОДНЫХ РЕСПУБЛИК

Лысенко<sup>1</sup> Е.В., Сердюк<sup>2</sup> А.И.<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Донбасский государственный технический институт», ЛНР, г. Алчевск, пр. Ленина, 16,<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2  
e-mail: STF\_Kamerton@mail.ru, ecoalserdiuk@rambler.ru

**Аннотация.** Бытовые полимерные отходы являются сырьём для многих промышленных технологий, однако имеют небольшую массу при значительном занимаемом объёме, что является большой проблемой при их транспортировании к месту размещения перерабатывающего предприятия республиканского масштаба. В статье описывается наиболее сложный этап утилизации – сбор чисто вымытых населением («чистых») полимерных отходов, а также приводится эскизный чертёж мобильного реактора для пиролиза «грязных» полимерных отходов, сосредоточенных на полигонах твёрдых бытовых отходов. Приглашаются инвесторы для решения вопросов утилизации бытовых полимерных отходов на Донбассе.

**Объект исследования:** Бытовые полимерные отходы в Луганской и Донецкой Народных Республиках.

**Предмет исследования:** Совершенствование методов утилизации бытовых полимерных отходов как чисто вымытых со снятыми этикетками, так и грязных, сосредоточенных тысячами тонн на городских полигонах твёрдых отходов.

**Материалы и методы:** Определение возможных участников из состава государственных и коммерческих структур для выполнения эффективной утилизации бытовых полимерных отходов, собираемых в городах и сёлах Народных Республик Донбасса, с целью загрузки государственного перерабатывающего предприятия средней мощности.

**Результаты:** Проведены расчеты экономической эффективности при вложении финансовых средств в проект утилизации чистых отходов, именно с указанного проекта обязательно необходимо начинать работы по улучшению техногенной безопасности любых территориальных образований, т.к. успешное его осуществление резко снижает рост полигонов твёрдых бытовых отходов. Расчеты убедительно показывают целесообразность инвестирования финансов для защиты окружающей природной среды и возвращения средств населению, которые тратятся ими при покупке товаров в полимерной упаковке: в бутылках, банках, пакетах и пр.

**Выводы:** При наличии даже неполного цикла переработки бытовых полимерных отходов (до стадии получения дроблёнки и агломерата) возможно получение срока окупаемости проекта на уровне 1,3 года.

**Ключевые слова:** отходы, полимеры, утилизация.

## ВВЕДЕНИЕ

В современную эпоху большинство товаров народного потребления и продуктов питания продаются в полимерной упаковке. Полимеры также широко используются для изготовления бытовой и медицинской посуды одноразового и многоразового применения, детских игрушек, корпусов различных бытовых приборов и многих других изделий, без которых трудно представить повседневную жизнь современного человека. Обеспечив высокий уровень эстетики, практичности и гигиеничности, изобретение цивилизации – полимеры, являются в случае их бесконтрольного использования своеобразной миной замедленного действия. Полимерные отходы, крайне длительно разлагаясь в естественных природных условиях, загрязняют окружающую среду обитания человека. Поэтому не случайно эти отходы относят к разряду небезопасных.

Население несет определенные финансовые убытки, связанные с тем, что при покупке товара потребитель оплачивает не только сам товар, но и его упаковку, которую вынужден затем просто выбрасывать в мусор. Экономические потери неизбежны также для коммунальных служб при

транспортировке бытовых полимерных отходов (БПО) в мусоровозах, поскольку полимерные бутылки, банки и флаконы имеют небольшую массу, однако занимают большой объём. Но самый большой вред наносится природной среде. По некоторым подсчётам на свалку города со стотысячным населением вывозится в течение месяца двадцать тонн БПО, при этом их количество ежегодно увеличивается.

В мировом сообществе утилизация БПО приобретает большое социальное, экологическое, гигиеническое и экономическое значение. Во многих странах дальнего зарубежья БПО уже давно используются в качестве вторичного полимерного сырья для различных промышленных технологий.

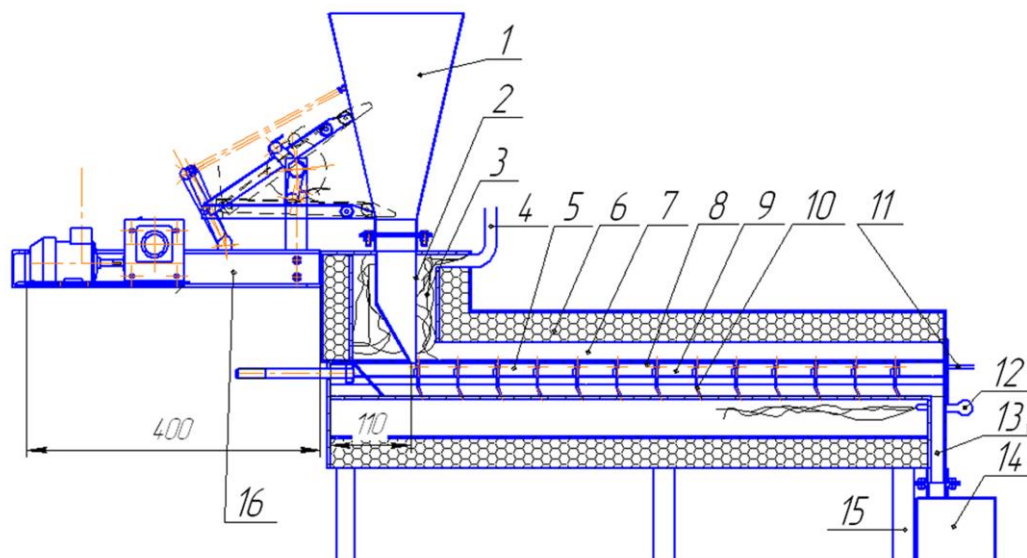
К сожалению, в Луганской и Донецкой Народных Республиках (ЛНР и ДНР) сохранилась существовавшая ранее в Украине крайне неэффективная ситуация, связанная с обращением с полимерными отходами. В настоящее время сбор и утилизация БПО проводятся в больших городах ЛНР и ДНР в немногочисленных пунктах приема вторичного сырья, которые принадлежат, в основном, частным лицам. В селах и поселках городского типа сбор БПО никем не проводится из-за малого объёма сырья.

В целом, процесс утилизации БПО в республиках характеризуется стихийностью и нестабильностью. Полимерного сырья собирается очень мало. Население вынуждено выбрасывать БПО, в лучшем случае, в мусорные контейнеры. Смешиваясь с другими бытовыми отходами, сырье сильно загрязняется и, практически, превращается в обычный бытовой мусор, который затем вывозится на полигоны твердых бытовых отходов (ТБО), загруженные этими материалами уже, практически, до предела. Большое количество БПО попадают в несанкционированные мусорные свалки в лесопосадках, балках и оврагах.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В некоторые города, например в Алчевске, неоднократно предпринимались определенные меры по сбору и переработке полимерных отходов. Как показывает опыт указанной деятельности, проблема заключается в организации рациональной

системы сбора БПО непосредственно у населения. На полигонах ТБО в различных городах периодически осуществляется выборка БПО из общей массы ввозимых на полигон отходов, но при анализе указанной деятельности было установлено, что сортировка мусора на полигоне не позволяет обеспечить подготовку сырья высокого качества – оно оказывается очень грязным. Перед утилизацией такое сырье необходимо предварительно мыть даже в нескольких водах. На это требуются значительные ресурсы, как правило, питьевой воды, которые являются дефицитом повсеместно на Донбассе. Для качественной отмывки БПО необходимо применять также моющие средства и специальное моечное оборудование. Перерабатывающим участкам одновременно необходимо решать и вопрос сброса грязной воды после отмывания БПО, что является сложной задачей.



**Рис. 1.** Эскизный чертёж мобильного реактора горизонтального типа для пиролиза пластиковых отходов

**Fig. 1.** Sketch drawing of a horizontal type mobile reactor for pyrolysis of plastic waste

В целом, классическая технология очистки БПО с момента их сбора до начала процесса переработки – дорогостоящее мероприятие. Так, на каждый килограмм сырья потребуется израсходовать около 4-х литров воды. Образующиеся при этом сточные воды, содержащие специфические поверхностно-активные вещества нельзя без предварительной очистки сбрасывать в открытые водоемы. Строительство заводов по утилизации пластика неизбежно потребует монтажа современных систем по очистке сточных вод с оборотной (бессточной) системой водоснабжения.

Кроме того, извлечь из бытового мусора 100% пластика и направить его на механическую

переработку нет никакой возможности. Это касается, в основном, плёночного полиэтилена: упаковочные пакеты и мешки для мусора, сильно загрязнённые бутылки, банки, канистры и т.п., поэтому этот плохо разлагающийся продукт будет, все же, попадать на городские полигоны ТБО. Такой сильно загрязнённый пластик должен подвергаться утилизации непосредственно на городском полигоне отходов методом сухого пиролиза, с получением, при этом, жидкого топлива, вазелино- и битумосодержащих компонентов, используемых для производства, например, кабельной продукции, а также в строительной индустрии [1]. реактор для пиролиза ТБО представляет собой достаточно

сложное и дорогое сооружение [2], поэтому снабдить такими реакторами все городские или даже районные полигоны не представляется возможным. Авторы считают, что для пиролиза «грязных» БПО необходимо строить, на средства нескольких рядом расположенных городских обществ, мобильные реакторы, эскизный чертёж такого реактора показан на рис. 1.

#### **Реактор работает следующим образом.**

Отходы, например, бутылки, загружают в бункер 1 и вертикальным питателем 16 проталкивают в подогреватель 2, где происходит их предварительный подогрев сгоревшими пиролизными газами 3 до пластического состояния и образования пробки – газового затвора. Из горловины пластичная масса проталкивается внутрь горизонтальной части реактора 5 с температурой пиролиза. Дальнейший нагрев массы снижает вязкость до образования вязко-текучего её состояния. Реактор представляет собой туннельную печь со слегка вогнутой подовой частью, которая выполнена из окалиностойкой стали. С наружной части реактор термоизолирован каолиновыми матами 6. Горизонтальная часть реактора располагается внутри топочного пространства 7, в котором производится сжигание пиролизного газа, поступающего через горелки 12. Избыток газообразных продуктов пиролиза может отводиться по газопроводу 11 на холодильник (не показан) для получения жидких продуктов бензиново-керосинового типа. Продвижение размягчённой пластиковой массы внутри горизонтальной части 8 реактора принудительное, при помощи специальных приспособлений 9 и 10. Углеродный остаток, количество которого определяется степенью загрязнённости отходов, собирается в контейнере 14. При пиролизе, в основном, только бутылок из широко распространённого полиэтилентерефталатового (ПЭТ) пластика, выделяется в большом количестве фракция газообразная, поэтому через газопровод, связывающий реактор с холодильником, за счет его приоткрывания можно регулировать вязкость углеродосодержащей массы, поступающей в контейнер 14. Углеродосодержащая масса может использоваться при последующем перемешивании с песком и мелким щебнем для производства строительного кирпича или тротуарной плитки.

Однако главный вопрос заключается в том, чтобы значительно уменьшить поступление БПО на полигоны. Далее подробно опишем типичную технологическую схему механической утилизации полимерных отходов, применяемую сейчас большинством перерабатывающих предприятий в дальнем зарубежье, на примере утилизации ПЭТ-бутылок.

ПЭТ-бутылки сортируют, удаляют пробки, этикетки, посторонние загрязнения. Далее материал измельчают на ножевой дробилке до частиц размером 3-10 мм, а затем промывают водой или раствором каустической соды и высушивают при температуре не выше 130°C до остаточной влажности 0,02-0,05%. Промывочную воду

фильтруют и снова вводят в цикл. Высушенный материал перерабатывают на литьевых машинах (экструдерах) при 260-290°C. В процессе работы потребляется довольно много электроэнергии: суммарное энергопотребление такой установки по переработке отходов составляет, примерно, 1 кВт/час на каждый килограмм выходного продукта. Стоимость подобной высокопроизводительной линии для переработки БПО составляет 300-400 тысяч долларов США. Оценивая стоимость процесса по стадиям [3], можно увидеть следующее:

- стоимость стадии промывки – 0,2 доллара за 1 кг ПЭТ-отходов;
- сушка – 0,2 доллара за 1 кг;
- экструдирование и формование – 0,2 доллара за 1 кг.

Итого стоимость переработки бутылок-ПЭТ без стоимости сырья и его сортировки – 0,6 доллара за килограмм. Цена же ПЭТ-флекса (разобранные по цвету и измельченные ПЭТ-бутылки с удалёнными пробками и этикетками) колеблется в различных странах от 0,3 до 0,5 доллара за килограмм.

Итак, себестоимость вторичного ПЭТ по такой технологической схеме составляет от 0,9 до 1,1 доллара за килограмм, что, практически, сопоставимо со стоимостью первичного продукта. Возникает вопрос: следует ли использовать менее качественный вторичный полимер по цене, близкой к цене первичного? Возможно ли снижение его себестоимости?

Несмотря на высокую цену, вторичный ПЭТ не применяется для пищевых упаковочных материалов – и это основной недостаток механического рециклинга. Сложность в том, что рынок пищевого ПЭТ огромен, а вторичного – узко специализирован и нерегулярен. Практически все разнообразные предполагаемые сферы применения требуют дополнительной проработки, испытаний, интенсивного продвижения в соответствующих отраслях. Например, вторичный ПЭТ при использовании в качестве наполнителя строительных материалов таких как песок, опилки, стекловолокно, асбестовая крошка, альтернативной замены не имеет. Однако сейчас, практически, 95% флекса и дроблёнки вторичной переработки идут на экспорт в Китай (по достаточно высокой цене) и уже там подвергаются гидролизу.

В ряде европейских стран в последнее время быстро растет объём вторичного ПЭТ, перерабатываемого по принципу «бутылка из бутылки». Применяемые в настоящее время промышленные технологии, обеспечивают сверхчистую вторичную переработку ПЭТ. Процесс основан на промывке измельчённой бутылочной тары, регрануляции и дополнительной поликонденсации гранул ПЭТ. К примеру, ещё в 2002 году французской компанией «Amsog», была запущена в производство установка мощностью 15 тыс. т/год, перерабатывающая ПЭТ исключительно в собственные преформы – заготовки для

последующего производства бутылок для жидких продуктов. В Европе эксплуатируется несколько установок мощностью 6 тыс. т/год, например на предприятиях фирм: Texplast (Германия), ITW Polyrecycling (Швейцария), Selenis (Португалия).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Учитывая вышеуказанный аспект, применение вторичных пластиковых отходов становится всё более экономически выгодным. В то же время, в реалиях сегодняшней жизни снижение себестоимости утилизации видится во введении раздельного сбора отходов населением. Тезис: «спасение утопающего – дело рук самого утопающего», в данном случае, полностью себя будет оправдывать.

Главная задача – заинтересовать население в сборе и сдаче чистых БПО, тогда улучшится качество сырья и снизится, как следствие, себестоимость конечного продукта, т.е. возрастет рентабельность переработки.

Как показал эксперимент, проводившийся в г. Алчевске в 2004 году, чисто вымытые полимерные бутылки, банки, коробки, а также упаковочную плёнку и пакеты, население (в основном, пенсионного возраста), охотно сдаёт на ближайшие почтовые отделения за определенную оплату. Узлы связи городов и, особенно, сельских районов, благодаря своей инфраструктуре, способны охватить все слои населения и выполнить утилизацию чистых БПО. Вот составляющие инфраструктуры предприятия «Почта ЛНР»:

- массовый охват населения (как правило, один раз в месяц большинство граждан посещают ближайшее почтовое отделение, чтобы получить пенсию, оплатить коммунальные услуги, отправить письмо или посылку);

- наличие необходимых свободных площадей во всех отделениях связи из-за снижения выписываемых населением газет и журналов;

- регулярное обслуживание собственным транспортом;

- наличие весового оборудования достаточной точности;

- наличие кадров, получающих невысокую бюджетную зарплату.

Конечно, при выполнении работ по приёму от населения чисто вымытых БПО у предприятия «Почта ЛНР» появится серьёзная проблема, связанная с уменьшением объёма, занимаемого сырьём. Решение этой проблемы должно взять на себя крупное перерабатывающее предприятие, которое может быть создано, например, в пустующих корпусах бывшего предприятия военно-промышленного комплекса, например, «Завод Кратон» в г. Алчевске или завод «Юность» в г. Краснодон и др.

В обозримом будущем в сёлах и небольших посёлках альтернативная замена почтовым отделениям связи по приёму от населения БПО вряд

ли произойдёт. Необходимо отметить, что в последние несколько лет и само предприятие «Почта ЛНР» также начало продавать в своих почтовых отделениях ряд товаров в полимерной упаковке. В городах же, по мере расширения сети крупных торговых супермаркетов, возможно подключение к проблеме сбора у населения чистых БПО, а может быть (в недалёком времени) и бутылочного стеклобоя, также и указанных структур, как основных «поставщиков» бытового мусора. Как вариант, кроме почтовых отделений к работе по приёму у населения чистых БПО, могут быть привлечены различные конторы коммунальных служб, вывозящие ТБО на полигоны.

Важным фактором для подключения государственного предприятия «Почта ЛНР» к программе утилизации БПО является внесение изменений в уставные документы этого предприятия. Кроме экономических стимулов в этом вопросе, необходимо иметь в виду, что дополнительный вид деятельности не должен препятствовать почтовым отделениям выполнять свою основную работу по доставке и отправке почтовой корреспонденции. Для этого городские и поселковые коммунальные службы должны будут разместить рядом с каждым почтовым отделением (со стороны двора) металлический киоск площадью 4÷6 кв.м для приёмки и временного складирования мешков с БПО.

Попытки организации работ по утилизации БПО в крупных городах, используя опыт западных государств, начали предприниматься давно и продолжаются, однако результат получается, к сожалению, ниже ожидаемого. Так, в соответствии с Законом Украины «Об отходах» [4] и Приказа по вопросам Европейской интеграции [5] «Об утверждении порядка сбора, сортировки, транспортировки, обработки и утилизации используемой упаковки», одним из путей решения проблемы предполагается установка возле высотных домов на специально отведенных местах контейнеров для раздельного сбора вторичного сырья (полимеров, боя стекла, макулатуры, металлических банок и крышечек). Кроме наличия немалых денежных средств для выполнения указанного мероприятия, ещё потребуется время, чтобы приучить население к этому новшеству, т.е. – выработать гражданскую сознательность. В указанном вопросе очень важным фактором является поддержка государственных структур и согласованная работа с коммунальными предприятиями, которые занимаются сейчас вывозом мусора.

Примером может являться Белоруссия, в которой на основании Указа [6], подписанного президентом Лукашенко А.Г., создан Фонд организации сбора и использования отходов в качестве вторсырья. Он формируется за счет уплаты соответствующего сбора юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, производящими и (или) импортирующими товары в

стеклянной таре и таре на основе бумаги, картона и др. Средства фонда направляются на развитие системы сбора и переработки отходов, возмещение затрат, которые не компенсируются денежными средствами, получаемыми от реализации отходов упаковки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Далее рассмотрим основные технико-экономические аспекты утилизации БПО на примере ЛНР при создании в городе Алчевске перерабатывающего предприятия, потребляющего, уменьшенные в объеме БПО, поступающие со всей республики. Планируемое количество потребления такого сырья принимаем, для начала работы, двадцать тонн в сутки.

Перерабатывающее предприятие будет осуществлять:

1. Измельчение или прессование БПО для сжижения занимаемого объема. Для этого предприятие должно создать во всех городах республики, имеющих городские или районные почтовые Узлы связи, участки предварительной переработки (УПП), оборудованные агломераторами, термопрессами и дробилками БПО.

2. Гранулирование измельченного и доставленного в город Алчевск сырья, значительно уменьшенного в объеме.

3. Изготовление из полученного гранулята упаковочной пленки и хозяйственных товаров (тазы, ведра, трубы и др. бытовые товары).

В перспективе развития указанного предприятия, возможны, как альтернатива, следующие варианты использования вторичного полимерного сырья:

1. Изготовление дешёвых волоконных материалов бытового и технического назначения (фильтры, нетканые материалы, автомобильные сидения, сумки, рюкзаки и пр.).

2. Производство строительных материалов (полимербетоны, черепица и т.п.).

3. Изготовление пленок технического назначения, бандажных лент.

4. Выпуск тары технического назначения, не предназначенной для контакта с пищевыми продуктами, а также различных бытовых изделий (ящиков, коробок, вешалок, подставок).

5. Изготовление связующих компонентов и наполнителей для композиционных материалов при изготовлении автомобильных пластиковых кузовов и т.п.

**Цели и задачи деятельности перерабатывающего предприятия республиканского масштаба:**

1. Защитить окружающую природную среду от «нашествия полимерной эпидемии».

2. Возвратить населению стоимость полимерной упаковки, в которой продаются продовольственные и непродовольственные товары, а также товары бытовой химии.

3. Создать новые рабочие места и широкий ассортимент дешёвых хозяйственных товаров местного производства.

**Финансовые аспекты рассматриваемого вопроса.**

Согласно информации, из журнала «Vinyl Siding Recycling. A How-To guide.» - American Plastics Council, 1997 г. (стр.18), в США цена утилизации БПО составляет (10,0 - 17,5) цента за фунт, что составляет при нынешнем курсе доллара (14,4 - 25,03) руб/кг. Цена переработки БПО до уровня сырья, пригодного для полимерного производства, составляет (13,0 - 21,0) цента за фунт, что соответственно равно (18,6 - 30,0) руб/кг.

Далее используются для расчетов технико-экономических показателей, достаточно важного социально-экологического проекта, нижние уровни цен, принятые в США: утилизации БПО – 6,27 руб/кг и переработки – 5,52 руб/кг. Принимая во внимание разные условия утилизации, которые существуют в США и в ЛНР, обусловленные особенностями национального менталитета, к указанной цене утилизации необходимо прибавить стоимость оплаты населению за собранные и сданные чистые БПО (вымытые без этикеток и крышечек бутылки и флаконы). Результаты проведенного эксперимента в г.Алчевске показывают, что при цене 2,5 грн/кг (сейчас в ЛНР - 6,03 руб/кг), население достаточно активно может подключиться к этой работе. Следовательно, цена сырья, поставляемого в город Алчевск предприятием «Почта ЛНР» будет составлять:  $6,27 + 5,52 + 6,03 = 17,82$  руб/кг. В указанную сумму входят:

-оплата населению за собранные и сданные чистые БПО – 6,03 руб/кг;

-оплата труда приёмщика (взвешивание, упаковка в мешки и погрузка в почтовую машину) – 2,17 руб/кг, при ожидаемом среднесуточном поступлении БПО в количестве 20 кг, в городских почтовых отделениях, чистая прибавка к зарплате почтового работника составит 43,4 руб. в день (в соответствии с «Законом об отходах», принятым ещё в Украине, этот вид деятельности не должен облагаться налогами);

-оплата почте попутных транспортных перевозок мешков с БПО к месту нахождения УПП (дробильно-измельчающего участка), расположенного при каждом городском или районном Узле связи – 4,1 руб/кг;

-оплата электроэнергии, работ по сортировке и измельчению БПО, амортизация оборудования – 5,52 руб/кг.

Реализацию проекта предлагается осуществлять поэтапно, чтобы снизить влияние, так называемого, «неучтённого фактора», который обязательно присутствует в любом новом деле. В ЛНР этапов предполагается выделить четыре, по количеству транспортных магистралей, связывающих г. Алчевск с городами и посёлками республики. Ориентироваться по транспортным направлениям наиболее целесообразно, т.к. по этим маршрутам

будет поставляться измельчённое полимерное сырьё на перерабатывающее предприятие, расположенное в черте г. Алчевска или в его окрестностях. Транспортные направления по городам ЛНР можно выделить следующие:

- 1.Первомайск – Кировск – Стаханов – Брянка – Алчевск;
- 2.Ровеньки – Антрацит – Красный луч – Петровское – Перевальск – Алчевск;
- 3.Свердловск – Краснодон – Молодогвардейск – Лутугино – Алчевск;
- 4.Луганск – Алчевск.

На освоение первого транспортного направления потребуется более года, что необходимо для накопления опыта организации процесса утилизации и появления дополнительных средств от продажи гранулята (промежуточного сырья при утилизации) или бытовых товаров собственного производства. Другие транспортные направления будут организовываться по примеру первого. Во всех указанных пунктах каждого направления необходимо организовать участки предварительной переработки (УПП) пластика, т.е. дробильно-измельчающие участки, которые должны быть оснащены, как минимум, одной линией переработки упаковочной полимерной пленки и линией переработки полимерных бутылок, банок и флаконов. Такие линии выпускаются серийно предприятиями Российской Федерации, Украины, Белоруссии.

Определить бюджет всего проекта и сроки его окупаемости весьма проблематично. Это связано с большой масштабностью проекта и, как следствие, не менее чем трехлетним сроком его выполнения. Из-за плохо контролируемого уровня инфляции, расчеты приводятся ниже лишь для первого этапа, т.е. для первого транспортного направления – Первомайского.

Доставку сырья (дроблёнки) в г.Алчевск выгодно осуществлять еженедельными транспортными маршрутами, арендованного автотранспорта фургонного типа грузоподъемностью 6-8 тонн. Маршрут должен проходить по четырём городам: Первомайск – Кировск – Стаханов – Брянка, с участков предварительной переработки которых должны вывозиться измельчённые БПО. Протяженность указанного маршрута (в обе стороны) по отношению к Алчевску составляет, примерно, 200 км. При

стоимости перевозки 9,64 руб/км и количестве загружаемого в мешках дроблёного сырья 6 тонн, стоимость доставки сырья составит 0,325 руб/кг.

Годовые эксплуатационные затраты по вводу в действие и эксплуатацию одного УПП определяем из условия приобретения, например, в городе Харькове двух серийно выпускающихся линий гранулирования пластмасс ТУ.У 05815333-004-2000, предназначенных для получения гранулята из вторичных полимерных материалов (регранулята), с производительностью одной линии – 30 кг/ч. При двухсменной работе с коэффициентом загрузки оборудования  $K_z = 0,8$  и шестидневной рабочей неделе, производительность двух линий составит 250 тонн гранул в год.

Стоимость линии для агломерации отходов из полимерной пленки ТУ.У 05815333-002-2000 составляет 115,68 тыс. руб.

Стоимость линии для дробления твердых полимерных отходов ТУ.У 05815333-003-2000 составляет 69,41 тыс.руб.

Расходы по ремонту помещения и монтажу электрических линий на арендуемых площадях – 144,6 тыс.руб

Спецодежда (халаты, перчатки) для работников почтовых отделений, обменные мешки для упаковки чисто вымытых и без этикеток БПО – 9,64 тыс.руб

**Итого единоразовые затраты составят, примерно, 340 тыс. руб.**

Учитывая плату за аренду помещения (площадью не менее 100 кв.м), зарплату рабочих, оплату за электроэнергию и амортизацию оборудования, **годовые эксплуатационные затраты составят, около, 118 тыс. руб.**

Для работы УПП должен быть директор, бухгалтер-учётчик, по одному квалифицированному рабочему на каждую из двух линий переработки, грузчик, а также ночной сторож. Удельный расход по зарплате основных и вспомогательных работников составит – 2,275 руб/кг.

Затраты на эксплуатацию установленных двух линий гранулирования пластмасс, определяем исходя из паспортной потребляемой электрической мощности равной 18 кВт и нормы расхода воды 0,2 м<sup>3</sup>/ч, приняв, как указывалось выше, двухсменную работу агрегатов с коэффициентом загрузки  $K_z = 0,8$ .

Одна линия потребляет за год:

- электроэнергия: 18 кВт x 16 час x 0,8 x 312 дн. x 1,26 руб.= 90575 руб.

- вода: 0,2 м<sup>3</sup>/ч x 16 час x 0,8 x 312 дн. x 21,74 руб. = 17364 руб.

**Итого: 107939 руб.**

Удельные затраты на эксплуатацию двух линий составляют:

$107939 \times 2 / 250000 = 0,864$  руб/кг

Амортизационные отчисления принимаем 12% от стоимости линий, что равняется:

$185100 \times 0,12 = 22212$  руб.

Удельные амортизационные отчисления будут:  $22212 / 250000 = 0,089$  руб/кг.

**Таблица 1.** Удельные затраты промежуточной переработки БПО  
**Table 1.** Unit costs of intermediate processing of BPO

| № п/п | Наименование составных частей затрат                                   | Цена продукции, руб/кг |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1.    | Сырьё – агломерат и дроблёнка                                          | 17,82                  |
| 2.    | Доставка сырья в г.Алчевск                                             | 0,325                  |
| 3.    | Зарплата основных и вспом. рабочих с начислениями                      | 2,275                  |
| 4.    | Затраты на эксплуатацию оборудования (эл.энергия, вода, сжатый воздух) | 0,864                  |
| 5.    | Амортизационные отчисления                                             | 0,089                  |
| 6.    | Общехозяйственные затраты                                              | 0,15                   |
| 7.    | Итого, стоимость производства гранулята                                | 21,52                  |

Общехозяйственные затраты включают в себя: аренду помещения для размещения перерабатывающего предприятия, отопление и освещение его, оформление документов на организацию данного вида деятельности, отчисления в бюджетные и позабюджетные фонды как-то: коммунальный налог, «штрафы» пожарным, санстанции и др. службам, на что резервируем – 0,15 руб/кг.

Себестоимость гранулята (при работе перерабатывающего участка с двумя линиями по выпуску агломерата и дроблёнки с загрузкой их на полную годовую проектную мощность) сводим в таблицу 1.

## ВЫВОДЫ

При рыночной стоимости гранулята, произведенного из вторичных полимерных материалов, не менее 25,7 руб/кг, прибыль по перерабатывающему предприятию составит:  $25,7 - 21,52 = 4,18$  руб/кг, что при полной проектной производительности двух линий позволит получить годовую прибыль не менее 1 млн. 45 тыс. руб.

*При расчете прибыли не учтены НДС и налог на прибыль, т.к., согласно постановлению Кабинета министров Украины № 1197 от 03.08.2000 г., утилизация полимерных отходов, как вторичного сырья, освобождается от НДС, а доходы от налогообложения. Аналогичное постановление, вероятно, должно быть принято и Министрствами финансов ЛНР и ДНР.*

Срок окупаемости средств, инвестированных в четыре УПП (этап № 1), расположенных в городах: Кировске, Первомайске, Стаханове и Брянке, составит

$$340000 \times 4 / 1045000 = 1,3 \text{ года}$$

Полученный срок окупаемости, является очень даже небольшим. При выполнении последующих этапов описанного экологического проекта, перерабатывающее предприятие сможет за счет собственных средств расширить своё производство до уровня выпуска из произведенного и поставленного в г.Алчевск агломерата и дроблёного пластика, товаров народного потребления. Это значительно повысит уровень рентабельности производства и уменьшит срок окупаемости инвестиций. Для этого предприятию должны быть

выделены льготные кредиты на приобретение экструдеров и литьевых пресс-форм, а также линий для производства канализационных труб и другой строительной продукции. Произведённые бытовые товары (вёдра, тазы и пр.), а также строительная продукция может поставаться и продаваться предприятием «Почта ЛНР» через свои почтовые отделения, а это значит, что БПО начнут свою безвредную для людей и природы «вторую жизнь».

К сожалению, финансирование утилизации твёрдых бытовых отходов традиционно производится, начиная из советских времён и до настоящего времени, по остаточному принципу из бюджетных средств. Например, у молодой ЛНР, имеющей большое количество разрушений при ведении боевых действий, бюджетных средств явно не достаточно. Из вышеприведенного материала статьи следует, что средства для начала работ по остановке роста полигонов ТБО нужны сравнительно небольшие, однако необходимо преодолеть, прежде всего, чиновничью неразбериху между Министерствами Республики.

В соответствии с результатами научно-практической конференции [7], состоявшейся 14-15 ноября 2019 г. в Донецком медицинском университете, проблема с БПО в Донецкой Народной Республике (ДНР), практически, не отличается от аналогичной проблемы в ЛНР. Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что в Народных Республиках Донбасса очистку территории от БПО решено возлагать, вероятно, только на коммерческие структуры, которые приглашаются со своими инвестициями. Авторы, со своей стороны, кроме местных инвесторов также приглашает инвесторов из Крыма и Российской Федерации для работы по программам утилизации «чистых» и «грязных» БПО и гарантирует передачу своих технических разработок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка технологии и оборудования для пиролиза экологически опасных отходов / В.В.Калужный, А.И.Сердюк, В.А.Кравец, Е.В.Лысенко и др. // Отчет по НИР № 190-ГБ, ГР № 0110U000108. – Алчевск: ДонГТУ, 2011. – 98 с.
2. Патент на корисну модель UA 22609, МПК (2006) C10G 9/28. Пристрій для піролізу

пластикових відходів / Заблудський М.М., Калюжний В.В., Кононов Ю.О., Окалєлов В.М.; заявник та патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т. – Опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5.

3. К. Мюллер, Ф Велес. Бутылка из бутылки. – Интернет-журнал «Твердые бытовые отходы», № 8, 2006, изд. «Отраслевые ведомости».

4. Про відходи - Законодавство України - Верховна Рада / <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-vr>.

5. Про затвердження Порядку збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації використаної тари (упаковки). Наказ № 224 від 02.10.2001. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 5 жовтня 2001 р. за N 866/6057.

6. Указ Президента Республики Беларусь № 437 от 10 июля 2006 г. «О некоторых мерах по совершенствованию организации сбора (заготовки) и использования отходов в качестве вторичного сырья». – Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., № 109, 1/7730. <P30600437>.

7. К вопросу создания в населённых пунктах оптимальных систем сбора и утилизации бытовых полимерных отходов / С.В.Капранов, В.В.Калюжний // «III Международный форум Донбасса: «Наука побеждать болезни». Тезисы докладов. – Донецк, Медуниверситет им. М. Горького, 2019. – С. 200.

## BIBLIOGRAPHY

1. Development of technology and equipment for the pyrolysis of environmentally hazardous waste / VV Kalyuzhny, AI Serdyuk, VA Kravets, EV Lysenko, etc. // Report on research work No. 190-GB, GR No. 0110U000108. - Alchevsk: DonSTU, 2011. -- 98 p.

2. Patent for corisna model UA 22609, IPC (2006) C10G 9/28. Pristriy for pirolizu plastic vidhodiv / Zabludskiy MM, Kalyuzhny VV, Kononov Yu.O., Okalulov VM; applicant and patent holder Donbas. holding tech. un-t. - Publ. 04/25/2007, Bul. No. 5.

3. K. Müller, F. Veles. Bottle from bottle. - Internet magazine "Solid household waste", No. 8, 2006, ed. "Industry Gazette".

4. About entrance - Ukrainian Legislation - Verkhovna Rada / <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-vr>.

5. About hardening The order of picking, sorting, transporting, recycling and disposing of vikoristan tar (packaging). Order No. 224 dated 02.10.2001. Registered in the Ministry of Justice of Ukraine, June 5, 2001 for N 866/6057.

6. Decree of the President of the Republic of Belarus No. 437 of July 10, 2006 "On some measures to improve the organization of collection (preparation) and use of waste as secondary raw materials". - National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus, 2006, No. 109, 1/7730. <P30600437>.

7. On the issue of creating optimal systems for collection and disposal of household polymer waste in settlements / SV Kapranov, VV Kalyuzhny // "III International Forum of Donbass: "Science to Conquer Disease ". Abstracts of reports. - Donetsk, Medical University. M. Gorky, 2019. -- P. 200.

## DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF RECYCLING HOUSEHOLD POLYMER WASTE ON THE EXAMPLE OF THE LUGANSK AND DONETSK PEOPLE'S REPUBLICS

Lysenko<sup>1</sup> E.V., Serdyuk<sup>2</sup> A.I.

<sup>1</sup>GOU VPO "Donbassky State Technical Institute ", LPR, Alchevsk, Lenin Ave., 16, e-mail: STF\_Kamerton@mail.ru

<sup>2</sup>GOU VPO "Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture", DPR, Makeevka, st. Derzhavin, 2, e-mail: ecoalserdiuk@rambler.ru

**Summary:** Household polymeric waste is a raw material for many industrial technologies, however, it has a small mass with a significant occupied volume, which is a big problem when transporting it to the location of a processing enterprise of a republican scale. The article describes the most difficult stage of recycling - collection of cleanly washed ("clean") polymer waste by the population, and also provides a sketch drawing of a mobile reactor for pyrolysis of "dirty" polymer waste concentrated in solid waste landfills. Investors are invited to address the issues of disposal of household polymer waste in the Donbass.

**Subject of research:** Improvement of methods for the disposal of household polymer waste, both cleanly washed with removed labels, and dirty, concentrated in thousands of tons at urban solid waste landfills.

**Materials and methods:** Identification of possible participants from the composition of state and commercial structures for the effective disposal of household polymer waste collected in cities and villages of the People's Republics of Donbass, in order to load the state processing enterprise of medium capacity.

**Results:** The calculations of economic efficiency were carried out when investing funds in a project for the utilization of clean waste, from which it is imperative to begin work to improve the technogenic safety of any territorial entities, since its successful implementation dramatically reduces the growth of solid waste landfills. Calculations convincingly show the feasibility of investing finance to protect the natural environment and return funds to the population, which they spend when buying goods in polymer packaging: in bottles, cans, bags, etc.).

**Conclusions:** If there is even an incomplete recycling cycle of household polymeric waste (up to the stage of obtaining crushed and agglomerate), it is possible to obtain a project payback period of 1.3 years.

**Key words:** waste, polymers, disposal.