

## МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

ТИМОФЕЕВА О.И., БУЗОВА О.В.

*Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова*

**Аннотация:** Одной из важнейших экологических проблем в настоящее время является загрязнение окружающей среды полимерными отходами. Эта проблема играет важную роль не только в жизни населения Республики Казахстан, но и во всей экологической системе страны. Количество полимерных отходов растет с каждым годом. Отходы полимеров засоряют наши города и способствуют появлению множественных проблем со здоровьем у людей и животных. Большее количество полимерных отходов отправляются на специальные полигоны и свалки. На данный момент наблюдается значительный прирост количества полигонов и свалок. Эта ситуация сложилась из-за отсутствия пунктов сортировки во многих регионах Республики Казахстан. Решение всех указанных проблем зависит не только от правительства, но и от нас самих. Если мы будем использовать меньше полимерных изделий в нашей повседневной жизни, перерабатывать их, то мы сделаем окружающую среду чище. В наши дни существуют и модернизируются различные способы по переработке и утилизации полимерных отходов, которые имеют свои преимущества и недостатки. Проблема утилизации полимерных отходов требует новые способы переработки и повторное использование полимеров в замкнутой системе так, чтобы они никогда не становились отходами.

В статье представлен обзор методов переработки полимерных отходов, используемых на предприятиях Республики Казахстан, рассмотрены их преимущества и недостатки, этапы переработки полимерных отходов, требования для утилизации пластика, изделия из пластика. Рассмотрены и предложены к применению некоторые дополнительные устройства для вторичной переработки полимерных отходов.

**Ключевые слова:** полимерные отходы, утилизация, полимер, пластик, измельчители

## ПОЛИМЕРЛІК ҚАЛДЫҚТАРДЫ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІ

**Аңдатпа:** Қазіргі уақытта маңызды экологиялық проблемалардың бірі қоршаған ортаны полимерлі қалдықтармен ластау болып табылады. Бұл проблема Қазақстан Республикасы халқының өмірінде ғана емес, елдің бүкіл экологиялық жүйесінде де маңызды рөл атқарады. Полимер қалдықтарының саны жыл сайын артып келеді. Полимерлердің қалдықтары қалаларымызды ластайды және адамдар мен жануарлардың денсаулығына әсер етеді және көптеген проблемалардың пайда болуына ықпалын тигізеді. Полимерлік қалдықтардың көп мөлшері арнайы полигондарға жіберіледі. Қазіргі таңда полигондар санының айтарлықтай өсуі байқалады. Барлық аталған проблемаларды шешу тек үкіметке ғана емес, өзімізге де байланысты, айтылған жағдай Қазақстан Республикасының көптеген өңірлерінде сұрыптау пункттері болмағандықтан қалыптасты. Егер күнделікті өмірде аз полимерлі өнімдерді қолдансақ, оларды қайта өңдейтін болсақ, онда біз қоршаған ортаны таза ұстаймыз. Қазіргі кезде өзінің артықшылықтары мен кемшіліктері не қарай, полимерлі қалдықтарды қайта өңдеу мен кәдеге жаратудың әртүрлі тәсілдері бар және жетілдірілуде. Полимерлі қалдықтарды жою мәселесі полимерлерді жабық жүйеде қайта өңдеудің және қайта пайдаланудың жаңа тәсілдерін қажет етеді, сондықтан олар ешқашан қалдықтарға айналмайды.

Мақалада Қазақстан Республикасының кәсіпорындарында қолданылатын полимерлік қалдықтарды

қайта өңдеу әдістеріне шолу жасалып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, полимерлік қалдықтарды қайта өңдеу кезеңдері, пластикті, пластиктен жасалған бұйымдарды кәдеге жаратуға қойылатын талаптар ескерілген. Полимерлі қалдықтарды қайта өңдеуге арналған кейбір қосымша құрылғылар қарастырылып, пайдалануға ұсынылды.

**Түйінді сөздер:** полимерлі қалдықтар, қайта өңдеу, полимер, пластик, ұсақтағыштар

## METHODS OF PROCESSING POLYMER WASTE

**Abstract:** One of the most important environmental problems at present is the pollution of the environment with polymer waste. This problem plays an important role not only in the life of the population of the Republic of Kazakhstan, but also in the entire ecological system of the country. The amount of polymer waste is growing every year. Polymer waste clogs our cities and contributes to multiple health problems for humans and animals. More polymer waste is sent to special landfills. At the moment, there is a significant increase in the number of landfills. This situation has developed due to the lack of sorting points in many regions of the Republic of Kazakhstan. The solution to all these problems depends not only on the government, but also on ourselves. If we use less polymer products in our daily lives, recycle them, then we will make our environment cleaner. Nowadays, there are various ways to process and dispose of polymer waste, which have their advantages and disadvantages, and are being modernized. The problem of recycling polymer waste requires new ways to recycle and reuse polymers in a closed system so that they never become waste.

The article presents an overview of the methods of processing polymer waste used at enterprises of the Republic of Kazakhstan, their advantages and disadvantages, stages of processing polymer waste, requirements for recycling plastic, plastic products. Some additional devices for recycling polymer waste are considered and proposed for use.

**Key words:** polymer waste, recycling, polymer, plastic, shredders

Начиная с 1950-х годов производство полимерных изделий значительно возросло. Каждые 15 лет объем производимых полимеров удваивается. Мы можем заметить большое количество производимых полимеров в нашей повседневной жизни. Полимерные изделия можно найти во многих местах нашего современного мира: в наших домах, в автомобилях, работе, в электронике, в детских игрушках, в садах...

Мы начали сталкиваться с проблемой утилизации полимерных отходов, но полимеры настолько укоренились в нашей жизни, что их нелегко устранить.

Одним из самых респектабельных способов остановки производства полимеров является переработка уже произведенных полимерных изделий и использование их для производства новых продуктов. В последние годы переработка полимерных отходов стала более продвинутой и более эффективной.

К счастью, многие виды полимерных отходов можно переработать в новые продукты. Переработка полимерных отходов уменьшает нашу потребность в большом количестве ископаемого топлива, экономит энергию, пространство для свалок и выбросы углекислого газа и других парниковых газов.

По сравнению с европейскими странами, Казахстан перерабатывает лишь 3% полимерных отходов, в то время когда страны Европы перерабатывают более 20% полимерных отходов. В настоящее время в Казахстане действует более 130 предприятий по переработке полимерных отходов, большинство которых задействовано в Алматинской области. Однако количество предприятий растет с каждым годом.

Некоторые компании сотрудничают с ресторанами и кафе, гипермаркетами и магазинами, пунктами приема пластика, что дает им возможность перерабатывать боль-

ше полимерных отходов. На предприятиях Казахстана в целях переработки полимерных отходов используются технологии гранулирования, дробления и пиролиза.

Все методы сводятся к упрощенным этапам и их нельзя назвать высокоэффективными.

Пиролиз является наиболее выгодным методом переработки полимерных отходов, так как этот метод позволяет получать не один, а несколько товарных продуктов одновременно. Возможно использование образующегося газа для поддержания работы оборудования [1]. Основным преимуществом метода пиролиза является необязательная тщательная сортировка.

Также существуют следующие виды утилизации отходов полимерной природы:

- захоронение;
- сжигание;
- гидролиз;
- гликолиз;
- метанолиз;
- вторичная переработка.

Полимерные отходы утилизируются на специально отведенных для этого полигонах. Этот метод нерационален, так как предполагает постоянное загрязнение окружающей среды, при этом эти территории были полностью выведены из хозяйственного оборота на годы. С 1 января 2019г. в Казахстане введен запрет на захоронение пластиковых отходов на полигонах. В том же году был подписан Меморандум о введении платного использования полиэтиленовых пакетов [2].

В некоторых случаях полимерные отходы подвергаются сжиганию. Однако при сжигании некоторых полимерных отходов возможно образование токсичных веществ. К примеру при сжигании ПВХ образуются диоксины. Поэтому необходимо минимизировать сжигание отходов полимеров, используя иные методы утилизации отходов.

Гидролиз – это разложение исходного вещества путем взаимодействия с водой с образованием новых компонентов. Гликолиз представляет собой растворение каталитического агента при нагревании. По сравнению с ги-

дролизом, гликолиз является более экономичным методом разделения полимеров [3].

Метанолиз считается одним из наиболее распространенных и экономически эффективных способов расщепления отходов. Этот процесс термической обработки осуществляется катализаторами при высоких температуре и давлении.

Благодаря переработке полимеров в настоящее время возможно получение вторсырья в целях повторного использования. Этот способ является наиболее приемлемым способом производства в Казахстане. С помощью применяемого метода механического рециклинга, который не требует дорогостоящего оборудования, процесс переработки можно проводить в месте накопления ПЭТ-отходов [4].

С экологической точки зрения наиболее приемлемым и универсальным методом переработки полимерных отходов является термическое разложение в высокотемпературной плазме до атомарного уровня с последующим разделением химических элементов, необходимых для синтеза новых материалов.

В настоящее время перспективными можно считать методы химической деструкции [5] (для получения низкомолекулярных продуктов) и биологические методы, но сегодня их практическое применение весьма ограничено из-за достаточно высоких требований к молекулярной однородности и чистоте отходов.

Основными методами переработки отходов термопластичных полимеров продолжают оставаться экструзионный или вальцево-прессовые методы, а также метод непрерывного литья под давлением, который был разработан специально для переработки материалов с неоднородными реологическими свойствами [5].

Экструзионный или вальцево-прессовый метод переработки полимерных отходов (отходов полиэтилена или поливинилхлорида) в изделия основан на том, что полимерный материал подается из бункера в барабан экструдера. Материал постепенно расплавляется энергией, вырабатываемой вращающимися винтами и нагревателями. Затем расплав-

ленный полимер выталкивается в формирующее отверстие головной части экструдера, которая преобразовывает полимер в необходимую форму, затвердевающую во время охлаждения.

Процесс получения изделий методом непрерывного литья под давлением заключается в непрерывной подаче полимерного вещества в формовочную полость охлажденной формы червячным прессованием, в котором оно затвердевает при заданном давлении. Процесс не требует предварительного гранулирования и позволяет материалу формировать достаточно однородную структуру в длинномерных изделиях открытого профиля со сложным поперечным сечением из высоконагруженных композиций и вторичных полимерных материалов при мягких температурных условиях.

Методом непрерывного литья под давлением можно получать доски, уголки, швеллеры и другие достаточно сложные открытые профили любой длины.

Переработка полимерных отходов разбивается на несколько отдельных этапов. Как правило, эти этапы остаются неизменными для большинства типов установок по переработке отходов, но некоторые этапы могут быть объединены или опущены в некоторых ситуациях.

#### Этап 1: Сбор полимерных отходов

Первый этап в процессе переработки – это сбор полимерных отходов, который должен быть переработан. Специальная лицензия на это не требуется.

Выполнение этого этапа полностью зависит от предприятий, ресторанов и обществественности. Для его осуществления они должны утилизировать свои полимерные отходы правильно. Если полимерные отходы выбрасываются в обычные мусорные баки, то они не будут переработаны, поэтому крайне важно отделить обычные отходы от полимерных.

#### Этап 2: Сортировка

После того, как полимерные отходы собраны и транспортированы на перерабатывающий завод, следующим этапом будет сортировка.

Машины сортируют полимерные отходы в различных областях на основе множества свойств, которые часто зависят от объекта переработки или того, какой конечный продукт производится [6].

Они обычно сортируются несколькими общими способами: по типу полимера (материалу, из которого он сделан), цвету полимера или даже по тому как он был сделан. Это важно, потому что различные типы полимеров должны перерабатываться по-разному, и некоторые перерабатывающие предприятия способны перерабатывать только один тип полимера. Если неправильный тип полимера обрабатывается на неправильном объекте, это может снизить эффективность всего процесса и потребовать, чтобы вся партия была отправлена обратно для повторного использования.

#### Этап 3: Стирка

Как и в случае с одеждой, фруктами/овощами и многими другими вещами, полимерные отходы должны быть вымыты, прежде чем они будут подвергнуты дальнейшей обработке. Цель этого этапа – устранить загрязнения и все, что не сделано из полимера.

Большинство контейнеров и упаковок имеют клей или даже остатки пищи, которые должны быть удалены. Эти неполимерные отходы не могут быть переработаны и могут привести к тому, что конечный продукт будет иметь плохую структурную целостность [7].

#### Этап 4: Изменение размера

Изменение размера состоит из измельчения или гранулирования полимерных отходов на мелкие частицы. Это облегчает его обработку, изменение формы и транспортировку, если это необходимо [6].

Кроме того, это дает перерабатывающим предприятиям последнюю возможность удалить любые неполимерные отходы, которые прошли первые 3 этапа переработки. Это часто делается с помощью металлоискателей или магнитов, которые помогут удалить любой оставшийся металл в смеси.

Для измельчения полимерных отходов используются специальные измельчители. Рассмотрим некоторые из них.



Рис. 1 – Одношахтный измельчитель

### Одношахтный измельчитель

Измельчители с одним валом серии V (рис.1) – это машины для измельчения мелких и средних размеров пластика, подходящие для обработки широкого спектра материалов. Сырье подается через загрузочное окно, а измельченный материал под собственным весом выходит через профилированное сито. Созданные выходные продукты могут быть проданы как есть или отправлены на дальнейшую переработку с помощью дополнительного оборудования (грануляторы, брикетеры и т.д.).

### Двухвальный измельчитель

Шредер серии W двухвальный (рис.2) широко используется в среднем, низкоскоростном и высоком крутящем моменте дробильного оборудования. Системы с двумя роторами отличаются более высокой степенью измельчения. Со стороны загрузки валы вращаются навстречу друг другу. На поверхность вала ротора может быть нанесен сварочный износостойкий слой, что делает измельчитель более подходящим для легко изнашиваемого материала, чтобы повысить скорость использования и производительность истирания.

Этап 5: Идентификация и разделение полимеров

Идентификация и разделение полимеров – это когда теперь уже небольшие полимерные частицы тестируются для определения их качества и класса.



Рис.2 – Двухвальный измельчитель

Первое качество, которое определяют – это плотность. Это делается путем плавления частиц в большом резервуаре с водой. Частицы менее плотные, чем вода, будут плавать, а более плотные – тонуть [4].

Далее определяется их воздушная классификация. Классификация воздуха – это официальный термин, обозначающий толщину или тонкость частиц. Это делается путем сбрасывания частиц в небольшую аэродинамическую трубу. Более мелкие кусочки полетят выше по туннелю, а более крупные останутся ниже.

Этап 6: Компаундирование

Заключительный этап процесса переработки часто считается самым захватывающим, потому что именно тогда полимерные частицы превращаются в переработанные материалы, пригодные для будущего производства. Компаундирование – это когда мелкие частицы разбиваются и расплавляются вместе в полимерные гранулы. Затем гранулы могут быть использованы в производстве других полимерных изделий [6].

За последние 10 лет все больше и больше продуктов начали производиться с использованием переработанных пластмасс. Эти продукты охватывают огромный ассортимент: от скейтбордов до многоразовых сумок и даже солнцезащитных очков [8]. Возможности для большего количества и различных видов переработанных пластиковых изделий практически безграничны.

Количество переработанных пластмассовых изделий постоянно растет. Это признак того, что люди все больше осознают негатив-

ное воздействие пластмасс на окружающую среду и преимущества их переработки.

### Вывод

Почти все полимерные изделия, которые мы используем, становятся отходом, и огромное количество в конечном итоге достигает наших океанов, рек и наземных мест обитания. Мы уже знаем, что эти отходы негативно влияют на наши природные экосистемы, и мы не можем позволить этому продолжаться.

Мы должны признать существование этой проблемы в целях ее дальнейшего устранения. Хорошим началом этой борьбы является переработка полимерных отходов с применением известных и доступных методов.

В данной статье был рассмотрен обзор методов переработки полимерных отходов, а также были рассмотрены некоторые измельчители и принцип их работы, этапы переработки полимерных отходов.

### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев Г.П., Тимофеева О.Г. К вопросу разработки системы управления твердыми бытовыми отходами в рамках устойчивого развития региона // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2012. – № 2. – Ч. 3. – С.286-289.
2. <https://www.zakon.kz/4939689-s-2019-goda-vstupayet-v-silu-zapret-na.html>
3. M.Y. Abdelaal, T.R. Sobahi, and M.S.I. Makki, “Chemical transformation of pet waste through glycolysis”, Construction and Building Materials, vol. 25, no. 8, PP. 3267-3271, 2011.
4. Тимофеев Г.П., Носова И.Ю., Тулупова А.А. Перспективные технологии утилизации отходов резиновых изделий // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. – Курск, 2016. – С.377-382.
5. Патент РФ № 2045404. АС СССР № 1791019.
6. <https://www.plasgranltd.co.uk/how-is-plastic-recycled/>
7. <http://www.norcalcompactors.net/processes-stages-benefits-plastic-recycling/>
8. V. Sinha, M. R. Patel, and J. V. Patel, “Pet waste management by chemical recycling: A review”, Journal of Polymers and the Environment, vol. 18, no. 1, PP.8-25, 2010.