

4. Mimura, T. Homeostasis and transport of inorganic phosphate in plants / T. Mimura // Plant and cell physiology. – 2015. – Vol. 36. – №. 1. – P. 1-7.
5. Almeida, D. M. Regulation of Na⁺ and K⁺ homeostasis in plants: towards improved salt stress tolerance in crop plants / D. M. Almeida, M. M. Oliveira, N. J. M. Saibo // Genetics and molecular biology. – 2017. – Vol. 40. – P. 326–345.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE COMPOSITION OF POLYMER WASTE AND THE POSSIBILITY OF THEIR PROCESSING

С. И. Пупликов, Е. А. Шушкет
S. Puplikov, K. Shushket

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, Shushket@iseu.by*
*International Sakharov Environmental Institute of the Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

В данной статье проведен анализ существующих методов оценки объемов отходов полимерных материалов, оценены объемы накопления и варианты переработки отходов.

This article analyzes the existing methods for estimating the volume of waste polymer materials, assessing the volume of accumulation and options for waste recycling.

Ключевые слова: отходы, методика оценки, управление отходами, полимеры, сортировка.

Keywords: waste, assessment methodology, waste management, polymers, sorting.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-37-40>

Каждый год в Республике Беларусь образуется 4 миллиона тонн твердых коммунальных отходов (из них около 320 тысяч тонн пластика).

Производство полимеров представляет собой одну из наиболее развивающихся отраслей промышленности. Значительную долю объемов производства составляет продукция кратковременного использования (упаковка пищевых продуктов, напитков, посуда одноразового использования и др.), которая практически сразу после использования переходит в отходы. К этим видам полимерных отходов присоединяются изделия среднего срока использования (корпуса бытовых приборов, полимерные изделия в транспортном машиностроении и др.). Изделия длительного пользования (например, полимерные трубы, срок эксплуатации которых составляет 30–50 лет) имеют пока еще меньшее влияние на общий объем отходов полимерной продукции.

Методика оценки объема отходов.

В настоящее время выделяют четыре основных подхода к оценке объемов образования отходов (в определенной степени взаимосвязанных между собой):

- прямой расчет на основе данных материального баланса использования в конкретном технологическом процессе (или производстве) исходного сырья и получения продукции;
- расчет с использованием удельных показателей (или нормативов) образования отходов по данным потребления сырья или выпуска продукции;
- расчет по формулам, составленным на основе данных конструкторской и технологической документации, рецептов, регламентов на изготовление продукции или выполнение ремонтно-эксплуатационных работ, либо заготовительных работ;
- определение объемов образования отходов, на основе производственного опыта и анализа отчетно-статистических данных о фактическом образовании отходов за ряд лет.

Для определения объемов образования отходов в общем виде необходимо:

- выявить источники образования отходов;
- изучить номенклатуру образующихся отходов;
- изучить отчетные данные за ряд лет об объемах образования отходов либо материальный баланс производства;
- определить (когда это возможно) значения удельных показателей образования отходов, наиболее характерных для вида производств с учетом применяемых технологий (во многих случаях целесообразно принятие «коридора» значений);

- рассчитать объемы образования отходов на основании имеющихся формул и справочных данных по входящим в них параметрам.

Методы оценки объемов образования отходов производства и потребления включают, как правило, следующие методы:

- метод оценки на основе данных материально-сырьевого баланса (платежного баланса в части данных его текущего счета экспортно-импортных операций);
- метод оценки по удельным показателям образования отходов;
- метод индексации опорных данных по динамике выпуска (потребления) продукции;
- экспериментальный метод;
- метод оценки по среднестатистическим данным образования отходов;
- расчетно-параметрический метод.

Выбор метода определяется видом объекта, в отношении которого должны оцениваться показатели образования отходов (регион, муниципальное образование, отрасль, хозяйствующий субъект), наличием исходных данных, а также требуемой степенью точности оценки. Так, для оценки объемов образования какого-либо отхода в разрезе региона или отрасли предпочтительней использовать метод оценки по удельным показателям, а для оценки объемов образования того же отхода на конкретном предприятии предпочтительней использование расчетно-параметрического метода, как наиболее точного, поскольку в дальнейшем предприятие осуществляет платежи за конкретные объемы отходов, подлежащих хранению, захоронению или обезвреживанию. То есть, в зависимости от поставленных задач эти методы могут быть и взаимозаменяемы.

Все вышеизложенные методы определения морфологического состава конкретного вида отходов достаточно активно можно применить для объекта «вторичные полимерные материалы» или «отходы полимеров». Вторичные полимерные материалы составляют ту часть полимерных отходов, которая может быть выделена из их общей массы и переведена в материальный ресурс, пригодный для дальнейшего использования.

В зависимости от места образования полимерные отходы подразделяются на три группы.

Технологические отходы полимеров производства образуются при синтезе и переработке термопластов и других видов пластмасс. Технологические отходы бывают устранимые и неустраиваемые.

Устранимые отходы образуются вследствие несовершенства технологии синтеза и переработки пластмасс и несоблюдения технологических режимов (брак производства), а также в процессе переработки полимеров в изделия (кромки, высечки, облои, литники, обрезь и т. д.). Устранимые отходы представляют собой высококачественное сырье, по своим свойствам не отличающееся от исходного материала. Применение устранимых отходов как вторичного сырья не требует дополнительной переработки, специального оборудования.

Неустраиваемые отходы – сложные многокомпонентные отходы, содержащие помимо полимеров другие материалы, использование которых в качестве вторичного полимерного сырья требует специального оборудования и технологий.

Отходы производственного потребления образуются в результате выхода из строя или прекращения срока использования полимерных изделий (отходы упаковки, многооборотная полимерная тара, сельскохозяйственная пленка и т.д.). Эти виды отходов обычно имеют стабильный состав, мало загрязнены и могут быть дополнительным источником вторичного сырья, пригодного для повторного использования.

Отходы потребления – полимеры, которые накапливаются в процессе жизнедеятельности населения. В конечном итоге они переходят в смешанные полимерные отходы, которые являются одним из компонентов ТКО. Смешанные полимерные отходы утилизируют вместе с ТКО на свалки или мусоросжигательные заводы.

По экспертным оценкам [1] отходы полимеров составляют до 7,0 % всего городского мусора, и их доля увеличивается с ростом уровня жизни людей. Использование смешанных полимерных отходов из ТКО в качестве вторичного сырья представляет наибольшие трудности. Это связано с технологической несовместимостью полимеров, входящих в состав смешанных полимерных отходов, и их большой загрязненностью.

Однако существует ряд компонентов смешанных полимерных отходов, которые можно выделить из городского мусора и использовать в качестве вторичного сырья.

Практически полностью перерабатываются в собственном производстве отходы литевых изделий, производства труб и листов из полиолефинов, полистирола и конструкционных пластиков. Высок уровень переработки отходов производства пленки из полиэтилена и полипропилена (до 80 %). Значительно меньше объемы переработки отходов производства вакуумформования из полистирола. Практически не перерабатывают отходы производства литья из пластикатов поливинилхлорида, вакуумформования из жесткого поливинилхлорида.

Большое число предприятий используют полимерные материалы, полуфабрикаты и комплектующие для выпуска основной продукции. В первую очередь это предприятия по выпуску пищевой продукции (упаковка), предприятия по выпуску строительных материалов и конструкций, мебели, предприятия по выпуску автомобилей, машиностроительные предприятия.

Основные типы полимерных отходов, образующиеся на этих предприятиях: упаковочная пленка (полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокой плотности), литевые изделия, полистирол, поливинилхлорид.

Неперерабатываемые отходы этих предприятий: упаковочная пленка (полиэтилен низкой плотности), пищевой полистирол (вырубка от вакуумформования), жесткая пленка поливинилхлорида, отходы искусственных кож, мягкая поливинилхлоридная пленка, полиуретан.

Основные полимерные отходы промышленного потребления: тара и упаковка, образующиеся на предприятиях торговли при обработке грузов. В основном это достаточно чистые отходы пленки полиэтилена низкой плотности, полимерной многооборотной тары (полиэтилен высокой плотности), упаковочные пенопласты на основе пенополистирола, которые можно легко переработать во вторичное полимерное сырье.

Основная масса полимерных отходов, содержащихся в ТКО, составляет 4,0 - 5,5 % общей массы.

Состав полимерных отходов в ТКО приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав полимерных отходов в ТКО

Полимерный материал	Полимерный отход	Доля полимерных отходов в общей массе, %
Полиэтилен - низкой плотности (ПЭНП) - высокой плотности (ПЭВП)	Упаковочные материалы, сельскохозяйственная пленка	40–50 10–15
Полипропилен (ПП)	Упаковочные материалы	3-5
Поливинилхлорид (ПВХ)		10–15
Полистирол (ПС)	Упаковка, полимерные бутылки, одноразовая посуда	5-7
Полиэтиленрефталат (ПЭТФ)		12–15
Прочие		7-20

Объемы накопления вторичного сырья из отходов промышленного производства зависят от многих факторов.

Полимерные отходы общественного потребления практически не собирают и не перерабатывают. Учитывая возрастающее использование их в общественном потреблении (упаковочные пленочные материалы, полимерные емкости, одноразовая посуда, пищевая индустрия), можно ожидать увеличения полимерных отходов общественного потребления на 0,1 - 0,5 % в год.

В Республике Беларусь сформулированы предложения по возможностям дальнейшего обращения с отходами полимеров, входящих в состав ТКО, и их вторичного использования.

На основе анализа мировых практик [2] обращения с полимерными отходами выделены основные направления работы с ними - сортировка и сжигание.

Сортировка – позволяет извлекать из твердых бытовых отходов часть материалов, которые могут использоваться в качестве вторичных материальных ресурсов. Установлено, что в результате сортировки объем отправляемых на захоронение отходов уменьшается на 10–20 %.

Сжигание. Данный способ помогает существенно сократить объемы отходов и требует наименьшей подготовки их к процессу сжигания.

Данный метод переработки ТБО имеет свои преимущества:

- возможно получение энергии (200–300 кВтч/т отходов);
- уменьшение объема отходов до 10 раз;
- снижение риска загрязнения почвы и воды отходами;
- возможность рекуперации образующегося тепла.

К недостаткам данного метода можно отнести следующее:

- опасность загрязнения атмосферы;
- уничтожение ценных компонентов;
- высокий выход золы и шлаков (около 30 % по массе), которые требуют специальных мер при захоронении;
- низкая эффективность восстановления черных металлов из шлаков;
- сложность стабилизации процесса сжигания;
- высокий процент химического и механического недожога,
- большой объем отходящих дымовых газов (на 1 кг отходов требуется 6-8 кг воздуха), что усложняет и удорожает их очистку;

- возможность образования диоксинов и фуранов, т.к. температура процесса сжигания составляет 800–1100 °С.

В Республике Беларусь необходимо внедрять, наряду с действующей термомеханической технологией переработки отходов полимеров - термохимические, деструктивные и биологические технологии, что позволит увеличить уровень переработки полимерных отходов и созданию дополнительных рабочих мест.

Исследование морфологического состава полимерных отходов и изучение технологических этапов на объектах по сортировке ТКО позволило сделать вывод о необходимости введения в эксплуатацию на мусороперерабатывающих сортировочных заводах, технологических линий для выполнения переработки вторичных ресурсов в полуфабрикаты для изготовления конечного продукта.

Для успешной реализации процесса вторичной переработки полимерных отходов с образованием пригодных для использования веществ должны быть решены следующие вопросы:

- уменьшено многообразие марок пластических масс, в том числе смесевых материалов;
- используемым ПМ должны с максимальной точностью присваиваться знаки вторичной переработки в соответствии с нормами DIN EN ISO11469 или VDA 460 (петля Мебиуса);
- должны быть разработаны специальные маркировочные средства для ПМ, облегчающие их сортировку;
- ПМ различных видов должны легко разделяться и сортироваться;
- при отсутствии возможности разделения следует использовать сочетаемые друг с другом ПМ, например, поликарбонат (ПК) и АБС-пластик;
- изделия должны конструироваться с учетом возможности их вторичной переработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Минск. – Режим доступа: [http:// www.pravo.by/](http://www.pravo.by/) – Дата доступа: 08.2023.
2. Пупликов, С.И. Мировые тренды организации экологического обеспечения жилищного фонда в области реализации работы с твердыми коммунальными отходами (Промежуточный отчет)/ Ин-т жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; рук. темы В.О. Китиков. -Минск, 2018.-315 с. -№ ГР 20181813 от 02.11.2018 г.
3. Пупликов С.И. “Резервы инновационных трансформаций в жилищно-коммунальном хозяйстве Республики Беларусь”/С.И. Пупликов/ “Система ”наука-технологии-инновации”: методология, опыт, перспективы”, материалы Международной науч.-практ. конф., Минск 23–24 сентября 2021 г. /Центр системного анализа и прогнозирования НАН Беларуси. – Минск, 2021. – С. 391–392.
4. Пупликов, С.И. Финансы и финансовый рынок: учеб.-метод. комплекс / авт.-сост. С.И.Пупликов, В.Ф.Карпович- Минск.: изд-во УО ”Институт предпринимательской деятельности”, 2022.- 255с.
5. Пупликов, С.И. Микроэкономика: учеб.-метод. комплекс / авт.-сост. С.И.Пупликов, В.Ф.Карпович- Минск.: изд-во УО ”Институт предпринимательской деятельности”, 2023.- 353с.

ОПЫТ УДМУРТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО СОЗДАНИЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДКИ ПО БИОПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ EXPERIENCE OF UDMURT STATE UNIVERSITY IN CREATING A RESEARCH AND PRODUCTION SITE FOR BIOPROCESSING OF ORGANIC WASTE

И. Л. Бухарина¹, А. Г. Ковальчук¹
I. L. Bukharin¹, A. G. Kovalchuk¹

*¹Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия,
buharin@udmlink.ru
Udmurt State University, Izhevsk, The Russian Federation*

В статье представлен опыт создания научно-производственной площадки по биопереработке органических отходов. Показаны цель создания научно-производственной площадки, направления деятельности, экономические и экологические перспективы развития.

The article presents the experience of creating a research and production site for the bioprocessing of organic waste. The purpose of creating a research and development enterprise, areas of activity and development prospects are shown.

Ключевые слова: органические отходы, биопереработка, научно-производственная площадка, технологии, система обращения с отходами.

Keywords: organic waste, bioprocessing, research and production site, technology, waste management system.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-40-41>

Научно-производственная площадка (НПП) по промышленной отработке, апробированию инновационных технологий переработки органических отходов и производству продуктов на их основе создана в ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» в рамках реализации программы «Приоритет –2030», участником которой университет стал в 2021 г. Программа «Приоритет –2030» включает несколько стратегических проектов, один из которых «Новое качество жизни: ответ на современные биоэкологические вызовы» направлен на решение следующих задач: разработка пакета уникальных решений в области глобальных задач экологии,