

---

---

## VII. ТОВАРОВЕДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА, КАЧЕСТВО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТОВАРОВ

---

---

УДК 66.092

**Е. Л. Антонова** ([viramaina3@yandex.by](mailto:viramaina3@yandex.by)),  
аспирант

**В. Е. Сыцко** ([val19-10@mail.ru](mailto:val19-10@mail.ru)),  
д-р техн. наук, профессор  
Белорусский торгово-экономический  
университет потребительской кооперации

**В. М. Шаповалов** ([v.shapovalov@tut.by](mailto:v.shapovalov@tut.by)),  
д-р техн. наук, профессор, зав. отделом

**С. В. Зотов** ([zotov-1969@mail.ru](mailto:zotov-1969@mail.ru)),  
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник  
Институт механики металлополимерных систем  
имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси  
г. Гомель, Республика Беларусь

### ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЦЕЛЕВОЙ ДЕСТРУКЦИИ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

В данной статье подвергнут анализу вопрос использования и переработки вторичных полимеров.

This article analyzes the issue of the use and processing of secondary polymers.

*Ключевые слова:* полимеры; отходы; деструкция; рециклинг.

*Key words:* polymers; wastes; degradation; recycling.

Технологический процесс получения вторичного сырья из отходов потребления значительно сложнее процесса получения сырья из отходов производства. Он отличается более сложной системой сбора отходов, кроме того, дополнительно включает такие операции, как сортировка по видам полимерного сырья с идентификацией полимеров, мойка и сушка измельченных отходов. Эти операции обязательны, без них невозможно получить из отходов потребления качественное вторичное сырье. Переработка вторичного сырья является актуальной задачей текущего времени. Начата разработка научно-технологических принципов, в соответствии с которыми комплекс свойств вторичных полимеров может быть целевым образом использован для повышения их физико-химической активности с целью дальнейшего применения в композитах в качестве активных добавок. Выдвинута гипотеза о том, что одним из наименее затратных методов получения активных функциональных аддуктов такого типа может явиться глубокая целевая (контролируемая) термическая и термоокислительная деструкция вторичных полимеров.

В настоящее время для очистки окружающей среды от пластмассовых отходов активно разрабатываются два основных подхода: захоронение и утилизация. Кроме того, под полигоны и свалки твердых бытовых отходов ежегодно отчуждается до 10 тыс. га земель, в том числе плодородных, изымаемых из сельскохозяйственного оборота. Возможные пути сокращения гигантских отходов синтетического пластика – это утилизация, которую можно разделить на ряд главных направлений (сжигание, пиролиз, рециклизация и переработка). Как сжигание, так и пиролиз отходов тары, упаковки, пластмасс, кардинально не улучшают экологическую обстановку. Более того, сжигание – это дорогостоящий процесс, приводящий к образованию высокотоксичных, а также супертоксициных (таких, как фураны и диоксины) соединений.

Повторная переработка пластмасс в определенной степени решает этот вопрос, но это требует значительных трудовых и энергетических затрат, так как для этого необходимы следующие действия: отбор из бытового мусора пластиковой тары и упаковки, разделение сорванных отходов по виду пластика, мойка, сушка, измельчение и только затем переработка в новое полимерное изделие.

В основных положениях проекта Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы указано следующее: для использования твердых коммунальных отходов (ТКО) будут созданы производства по их сортировке и переработке. Новым трендом развития промышленности станет ее экологизация. Необходимо снизить негативное воздействие на окружающую среду, вторично вовлекать в хозяйственный оборот отходы (бумаги, стекла, пластика, аккумуляторов и др.), а также увеличить выпуск и потребление экологически безопасной (перерабатываемой) продукции [1].

В нижеприведенной таблице приведены статистические данные Республики Беларусь по отходам производства по показателям за период 2010–2020 гг.

#### Образование и использование отходов

Показатели	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
<i>ТКО</i>											
Образование ТКО, 1 000 т/год*	3 689,9	3 832,2	3 728,0	3 681,7	3 722,8	3 734,6	3 794,0	3 801,4	3 795,3	3 784,8	4 070,4
Использование ТКО, т/год*	328,4	344,9	372,8	441,8	539,8	582,6	599,5	653,8	714,3	850,9	1 018,7
Доля использованных ТКО в общей массе образовавшихся ТКО, %*	8,9	9,0	10,0	12,0	14,5	15,6	15,8	17,2	18,8	22,5	25,0
<i>Отходы производства</i>											
Образование отходов производства, 1 000 т/год**	43 775,4	44 307,5	40 847,1	40 305,0	52 529,3	49 865,3	49 448,2	55 506,0	60 723,4	60 836,8	61 183,4
Использование отходов производства, 1 000 т/год**	13 646,8	12 670,2	13 066,4	20 058,7	16 653,9	12 163,8	13 213,0	15 798,3	20 106,0	18 433,1	21 628,7
Доля использованных отходов производства в общей массе образовавшихся отходов производства, %**	31,2	28,6	32,0	49,8	31,7	24,4	26,7	28,5	33,1	30,3	35,4
<i>Отходы производства 1–3-го классов опасности</i>											
Образование опасных отходов производства, 1 000 т/год**	918,2	943,2	1 322,8	1 415,4	1 724,0	1 207,8	1 626,6	1 668,1	2 199,4	2 065,3	2 286,6
Использование опасных отходов производства, 1 000 т/год**	774,9	827,6	1 324,3	1 091,7	1 242,2	889,8	1 201,6	1 047,9	2 041,9	1 505,2	1 759,6
Доля использованных отходов производства в массе образовавшихся отходов производства, %**	84,4	87,7	100,1	77,1	72,1	73,7	73,9	62,8	92,8	72,9	77,0
<i>Отходы производства 4-го класса опасности (малоопасные)</i>											
Образование опасных отходов производства, 1 000 т/год**	32 334,6	33 654,7	30 585,3	27 598,9	39 310,0	40 019,4	40 018,0	44 904,2	48 242,5	48 167,0	49 617,5
Использование опасных отходов производства, 1 000 т/год**	3 562,0	3 723,4	4 197,1	9 184,2	7 232,3	4 820,3	5 623,7	6 562,7	8 504,7	7 268,2	11 252,0
Доля использованных отходов производства в массе образовавшихся отходов производства, %**	11,0	11,1	13,7	33,3	18,4	12,0	14,1	14,6	17,6	15,1	22,7
<i>Неопасные отходы производства</i>											
Образование неопасных отходов производства, 1 000 т/год**	10 522,6	9 709,6	8 939,1	11 290,8	11 495,7	8 638,2	7 803,6	8 933,8	10 281,5	10 604,5	9 279,4
Использование неопасных отходов производства, 1 000 т/год**	9 309,8	8 119,2	7 545,0	9 782,9	8 179,4	6 453,6	6 387,7	8 187,7	9 559,4	9 659,7	8 617,2
Доля использованных отходов производства в массе образовавшихся отходов производства, %**	88,5	83,6	84,4	86,6	71,2	74,7	81,9	91,6	93,0	91,1	92,9
* По данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь.											
** По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.											
Примечание – Источник [2].											

Масса использованных отходов производства отражена с учетом частичного использования ранее накопленных отходов.

В соответствии с Общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОК РБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» опасные отходы производства классифицируются следующим образом: 1-й класс опасности – чрезвычайно опасные; 2-й класс опасности – высокоопасные; 3-й класс опасности – умеренно опасные; 4-й класс опасности – малоопасные.

По данным таблицы со статистическими данными за период с 2010 по 2020 гг. установлено, что образование и использование отходов с каждым годом увеличиваются. Твердых бытовых отходов в 2010 г. было образовано 3 869,9 тыс. т/год, в 2020 г. – 4 070,4 тыс. т/год. В 2010 г. использовано 328,4 тыс. т/год, в 2020 г. – 1 018,7 тыс. т/год. В 2010 г. было образовано 43 775,7 тыс. т/год отходов производства, в 2020 г. – 61 183,4 тыс. т/год. В 2010 г. использовано 13 646,8 тыс. т/год, в 2020 г. – 21 628,7 тыс. т/год.

Структурная неоднородность и остаточные примеси во вторичных полимерах присутствуют даже в том случае, если вторичный материал был тщательно рассортирован и очищен. В ходе первой стадии переработки исходного полимера и первого срока службы выполненного из него изделия в полимерной цепи всегда происходят необратимые изменения, вызванные механохимическим воздействием при эксплуатации, химическим воздействием внешней среды, а также термической, тепло- и фотоокислительной деструкцией. В совокупности это провоцирует протекание реакций диспропорционирования и деполимеризации с образованием активных групп, взаимодействие между которыми ведет к рекомбинации низкомолекулярных фрагментов, вторичной сшивке и иницированию реакций окисления. Помимо структурных неоднородностей, вторичные материалы содержат микроколичества примесей – разного типа стабилизаторов (термо-, свето-), антиоксидантов и др. [3].

Деструкция полимеров обычно сопровождается уменьшением молекулярной массы и изменением реологических свойств, что приводит к уменьшению деформационно-прочностных показателей полимерных материалов. В связи с этим в последнее время все большую актуальность приобретают исследования свойств вторичного полимерного сырья, модифицированного различными способами [4].

Целевая термоокислительная деструкция некоторых вторичных полимеров может явиться одним из наименее затратных методов получения активных функциональных добавок, способных участвовать в физико-химических процессах модифицирования других вторичных полимеров и (или) их смесей. Современные технологии позволяют использовать в композициях несовместимые полимеры при помощи специальных добавок. Новые методы регулируемого рециклинга вторичных полимеров могли бы обеспечить получение новых химических продуктов с высокой конкурентоспособностью на рынках.

### Список использованной литературы

1. **Основные** положения проекта Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.economy.gov.by/uploads/files/macro-prognoz/Osnovnye-polozhenija-proekta-PSER-na-2021-2025.pdf>. – Дата доступа : 25.02.2022.

2. **Охрана** окружающей среды в Республике Беларусь : стат. сб. // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/i-othody/i-3-ispolzovanie-otkhodov/>. – Дата доступа : 27.02.2022.

3. **Целевая** деструкция вторичных полимеров как перспективный вариант рециклинга / Е. Л. Антонова [и др.] // Молодежь в науке и предпринимательстве : сб. науч. ст. VIII Междунар. форума молодых ученых, посвящ. 55-летию ун-та, Гомель – Ранчо, 15–17 мая 2019 г., под науч. ред. канд. экон. наук, доцента Н. В. Кузнецова. – Гомель : Бел. торгово-экон. ун-т потреб. кооп., 2019. – С. 357–359.

4. **Сутягин, В. М.** Химия и физика полимеров : учеб. пособие / В. М. Сутягин, Л. И. Бондалетова. – Томск : ТПУ, 2003. – 208 с.