

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Химия-биологиялық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Химико-биологическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3544

№ 3 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайгыров университета

Химико-биологическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ84VPY00029266

выдано
Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области химии, биологии, экологии,
сельскохозяйственных наук, медицины

Бас редакторы – главный редактор

Ержанов Н. Т.
д.б.н., профессор

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Ахметов К. К., *д.б.н., профессор*
Камкин В. А., *к.б.н., доцент*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Яковлев Р.В.,	<i>д.б.н., профессор (Россия);</i>
Титов С. В.,	<i>доктор PhD;</i>
Касанова А. Ж.,	<i>доктор PhD;</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>(технический редактор).</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

А. Н. Молдахметова, М. А. Елубай

Торайғыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

**УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ
ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

В данной работе приведены результаты по возможности переработки твердых бытовых отходов – отхода полиэтилентерефталата. Одним из перспективных методов его переработки является получения бетонных композитов с добавлением золы и портландцемента. В статье изучено влияние количества вводимого отхода ПЭТ на выход получаемого модифицированного бетона и их основные характеристики деформации усадки и ползучести. Выявлено, что наиболее лучшие механические характеристики бетонов получены при содержании отхода ПЭТ в количестве 20–30 %, тогда как уменьшение его содержания и увеличение золы в составе бетона приводит к снижению прочности на сжатие с 40 до 34 МПа.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, твердые бытовые отходы, бетон, композиция, деформация.

Введение

Полимерные отходы являются одним из основных ценных компонентов, попадающих в твердые бытовые отходы (ТБО), которые в естественных условиях не разлагаются и не разрушаются в течение многих десятилетий, поэтому назрела необходимость решения технологической задачи извлечения полимерных материалов из ТБО [1].

В настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но и связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом.

Одними из наиболее распространенных пластиковых отходов, требующих рециклинга, являются отходы полиэтилентерефталата,

применяемого для производства различных упаковок для пищевых и фармацевтических веществ, пленок, шин и других отраслях жизнедеятельности.

Анализ научных статей и технической литературы позволил систематизировать информацию о созданных различных композиционных материалах на основе отходов полиэтилентерефталата. В работах [2–3] представлены перспективные исследования в применении отходов ПЭТ в качестве наполнителей в бетонах. Авторами [4] изучены различные проценты замещения ПЭТ в качестве заполнителя бетона и выявлено снижение удельного веса бетона. В работе [5] показано, что в случае 10–50 % замещения ПЭТ установлена замена 20 % заполнителей на ПЭТ и снижение удельного веса бетона, которое приводит к снижению прочности бетона на сжатие на 34–67 %. Сообщается, что причиной этого сокращения является слабая связь между цементной пастой и частицами полимера и более низким пределом прочности самих ПЭТ агрегатов. В работе [6] сделан вывод, что прочность на растяжение в бетонах, состоящих из ПЭТ, ниже, чем у плоских бетон из-за пористой межфазной переходной зоны между ПЭТ агрегатами и цементной пастой. Авторами работы [7] доказано, что потери несущей способности при растяжении в бетонах содержащий ПЭТ из-за увеличения пористости из-за воды, образующейся в межфазной переходной зоны. Однако исследования [8] показывают, что замещения ПЭТ в качестве заполнителя на 20 % приводит к снижению прочности на сжатие около 72 %, в то время как для 5 % замещения полимером снижение прочности на сжатие достигает 23 %.

Результаты исследований [9] подтверждают, что увеличение легкого заполнителя вызывает хрупкость бетона. О данной особенности также свидетельствуют данные [10] оценки поведения разрушения полимербетонов: трещины часто проходят через легкие агрегаты в бетоне. Недавние исследования влияния частиц ПЭТ на разрушение простого бетона показало, что наличие частиц полимера предотвращает рост микротрещин в бетон. Авторы работы [11] экспериментально доказали, что образцы бетонов, содержащие частицы ПЭТ хлопьевидной формы не разрушатся полностью из-за перекрытия.

Не смотря на обширные исследования, проведенные с применением в качестве заполнителя ПЭТ, на данный момент практически отсутствуют эффективные технологии переработки данного вида отходов. В связи с чем, разработка эффективных методов рециклинга отходов полиэтилентерефталата является весьма актуальной задачей, решение которой позволит сделать экономически рентабельным и экологически безопасным производство полиэтилентерефталата и изделий на его основе.

Для решения задачи эффективной переработки отходов ПЭТ, в первую очередь, необходимо изучение их структурных особенностей и характеристик, что и служила целью настоящего исследования.

Материалы и методы

Для изучения структурно- функционального состава отходов ПЭТ привлекли метод ИК- спектроскопии на приборе ИК- Фурье спектрометре Bruker Tensor II в диапазоне частот от 4000 до 400 см^{-1} .

С целью изучения механических характеристик полученных бетонов определяли деформации усадки и ползучести модифицированных образцов бетона согласно ГОСТ 24544-81.

Результаты и обсуждение

Основными материалами в настоящем исследовании были отходы ПЭТ-бутылок для воды, которые сначала отделены, вымыты и измельчены. Характеристика отходов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика ПЭТФ- отходов

Максимальный размер агрегата (см)	0,5	0,3
Кажущаяся объемная плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$)	328	339

Результаты исследований структурно- группового состава отходов ПЭТ представлены на рисунке 1.

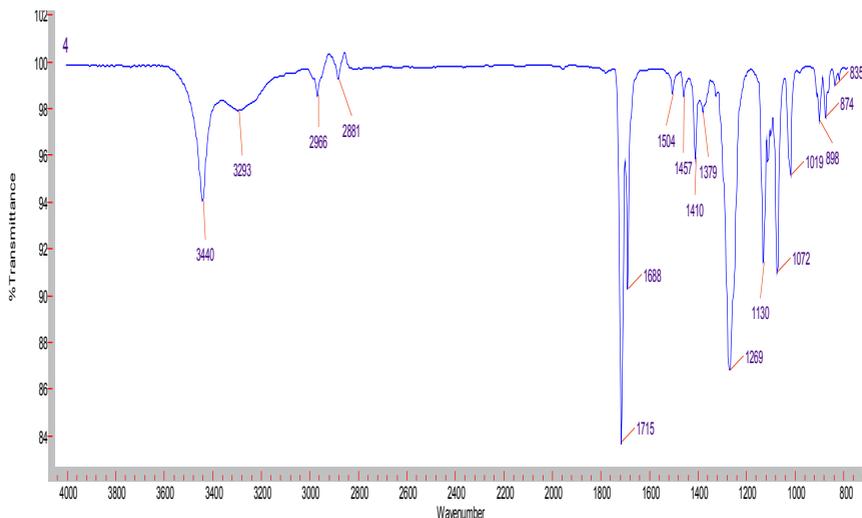


Рисунок 1 – ИК – спектр ПЭТ

На ИК-спектре вторичного полиэтилентерефталата отмечается наличие высокоинтенсивных колебаний карбонильной группы в области 1715 см^{-1} , вместе с тем, валентные колебания группы карбонильной С–О дают сильные полосы поглощения в диапазоне $1300\text{--}1000\text{ см}^{-1}$, для образца ПЭТ отмечается присутствие данной функциональной группы в области 1130 см^{-1} . Полоса поглощения в диапазоне 1666 см^{-1} характерна для двойных С=C связей в ароматических соединениях, также полосы внеплоскостных деформационных колебаний ненасыщенной С–Н связи лежат в области $1000\text{--}800\text{ см}^{-1}$, что подтверждает наличие бензольного кольца в образце ПЭТ.

При 2930 см^{-1} проявляются валентные колебания связи С–Н, имеющие низкую интенсивность. Полосы поглощения средней интенсивности при 3440 см^{-1} и более низких частот при 3290 см^{-1} можно отнести к колебаниям гидроксильной группы. Достаточно интенсивная полоса поглощения в области 1270 см^{-1} связана с плоскими деформационными колебаниями группы О–Н.

Для получения бетонных композитов на основе полиэтилентерефталатных агрегатов необходимо перемешать ингредиенты отходы ПЭТ, поргланецмент (ПЦ) и золу. Содержание ПЭТ агрегатов варьировалось от 0 до 30 %.

Результаты исследования механических характеристик полученных бетонов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика бетона

Состав, масс. %			Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа
ПЦ	ПЭТ	зола		
70	0	30	30-34	8-10
70	10	20	34-38	11-13
70	20	10	36-40	12-14
70	30	0	38-40	11-13

Из таблицы 2 следует, наиболее лучшие механические характеристики бетонов получены при содержании отхода ПЭТ в количестве 20–30 %, тогда как снижение содержания ПЭТ и увеличение золы в составе бетона приводит к снижению прочности на сжатие с 40 до 34 МПа.

Выводы

Таким образом, новый способ синтеза полимер- модифицированных бетонов на отходах ПЭТ значительно расширяет область применения отработанных материалов, положительно влияя на экологическую ситуацию страны. Установлено, что полученные бетоны имеют хорошие значения прочности на сжатие и на растяжение, показатель данных механических характеристик наиболее выше при применении 20 % содержания отхода ПЭТ.

Список использованных источников

- 1 **Доронкина, И. Г.** Оптимизация механических процессов подготовки твердых бытовых отходов к их газификации : дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. – М., 2012.
- 2 **Gu, L., Ozbakkaloglu, T.** Use of recycled plastics in concrete : A critical review // *Waste Management*. – 2016. – 51. – P. 19–42 [англ. яз.].
- 3 **Mohammed, A. A.** Flexural behavior and analysis of reinforced concrete beams made of recycled PET waste concrete // *Construction and Building Materials*. – 2017. – 155. – P. 593–604 [англ. яз.].
- 4 **Choi, Y.-W., Moon, D.-J., Chung, J.-S., Cho, S.-K.** Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete // *Cement and Concrete Research*. – 2005. – 35. – P. 776–781 [англ. яз.].
- 5 **Al-Manaseer, A. A., Dalal, T. R.** Concrete containing plastic aggregates // *Concrete International*. – 1997. – 19. – P. 47–52 [англ. яз.].
- 6 **Kou, S. C., Lee, G., Poon, C. S.** Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes // *Waste Management*. – 2009. – 29. – P. 621–628 [англ. яз.].
- 7 **Albano, C., Camacho, N., Hernandez, M.** Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behavior at diferent w/c ratios // *Waste Management*. – 2009. – 29. – P. 2707–2716 [англ. яз.].
- 8 **Batayneh, M., Marie, I., Asi, I.** Use of selected waste materials in concrete mixes // *Waste Management*. – 2007. – 27. – P. 1870–1876 [англ. яз.].
- 9 **Cui, H. Z., Lo, T. Y., Memon, S. A., Xu, W.** Efect of lightweight aggregates on the mechanical properties and brittleness of lightweight aggregate concrete // *Construction and Building Materials*. – 2012. – 35. – P.149–158 [англ. яз.].
- 10 **Karamloo, M., Mazloom, M., Payganeh, G.** Effects of maximum aggregate size on fracture behaviors of self-compacting lightweight concrete // *Construction and Building Materials*. – 2016. – 123. – P. 508–515 [англ. яз.].
- 11 **Saikia, N.** Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate // *Construction and Building Materials*. – 2014. – 52. – P. 236–244 [англ. яз.].

References

- 1 **Doronkina, I. G.** Optimizatsiya mekhanicheskikh processov podgotovki tverdykh bytovykh othodov k ih gazifikatsii : dis. ... cand. tekhn. nauk : 05.17.08. – Moscow, 2012.

2 **Gu, L., Ozbakkaloglu, T.** Use of recycled plastics in concrete : A critical review. In Waste Management. – 2016. – 51. – P. 19–42.

3 **Mohammed, A. A.** Flexural behavior and analysis of reinforced concrete beams made of recycled PET waste concrete. In Construction and Building Materials. – 2017. – 155. – P. 593–604.

4 **Choi, Y.-W., Moon, D.-J., Chung, J.-S., Cho, S.-K.** Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. In Cement and Concrete Research. – 2005. – 35. – P. 776–781.

5 **Al-Manaseer, A. A., Dalal, T. R.** Concrete containing plastic aggregates. In Concrete International. – 1997. – 19. – P. 47–52.

6 **Kou, S. C., Lee, G., Poon, C. S.** Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes. In Waste Management. – 2009. – 29. – P. 621–628.

7 **Albano, C., Camacho, N., Hernandez, M.** Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behavior at different w/c ratios. In Waste Management. – 2009. – 29. – P. 2707–2716.

8 **Batayneh, M., Marie, I., Asi, I.** Use of selected waste materials in concrete mixes. In Waste Management. – 2007. – 27. – P. 1870–1876.

9 **Cui, H. Z., Lo, T. Y., Memon, S. A., Xu, W.** Effect of lightweight aggregates on the mechanical properties and brittleness of lightweight aggregate concrete. In Construction and Building Materials. – 2012. – 35. – P. 149–158.

10 **Karamloo, M., Mazloom, M., Payganeh, G.** Effects of maximum aggregate size on fracture behaviors of self-compacting lightweight concrete. In Construction and Building Materials. – 2016. – 123. – P. 508–515.

11 **Saikia, N.** Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. In Construction and Building Materials. – 2014. – 52. – P. 236–244.

Материал поступил в редакцию 21.09.20.

А. Н. Молдахметова, М. А. Елубай

Полиэтилентерефталаты қатты тұрмыстық қалдықтарын жою және қайта өңдеу

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 21.09.20 баспаға түсті.

A. N. Moldakhmetova, M. A. Yelubay

Disposal and recycling of solid polyethylene terephthalate waste

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 21.09.20.

Бұл жұмыста қатты тұрмыстық қалдықтарды-полиэтилентерефталат қалдықтарын қайта өңдеу мүмкіндігінің нәтижелері көрсетілген. Оны өңдеудің перспективті әдістерінің бірі – күл мен портландцемент қосылған бетон композиттерін шығару. Мақалада енгізілетін ПЭТ қалдықтары мөлшерінің алынған модификацияланған бетонның шығымына және олардың шоғу мен созылу деформациясының негізгі сипаттамаларына әсері зерттелген. Бетондардың ең жақсы механикалық сипаттамалары ПЭТ қалдықтарының мөлшері 20–30 % болатыны анықталды, ал оның құрамының төмендеуі және бетон құрамындағы күлдің көбеюі қысу беріктігінің 40-тан 34 МПа-ға дейін төмендеуіне әкеледі.

Кілтті сөздер: полиэтилентерефталат, қатты тұрмыстық қалдықтар, бетон, композиция, деформация.

This paper presents the results of the possibility of processing solid household waste – polyethylene terephthalate waste. One of the promising methods of its processing is the production of concrete composites with the addition of ash and portlandcement. The article studies the effect of the amount of PET waste introduced on the yield of the resulting modified concrete and their main characteristics of shrinkage and creep deformation. It was found that the best mechanical characteristics of concretes were obtained with a PET waste content of 20–30 %, while a decrease in its content and an increase in ash in the composition of concrete leads to a decrease in compressive strength from 40 to 34 MPa.

Keywords: polyethylene terephthalate, solid household waste, concrete, composition, deformation.

Теруге 21.09.2020 ж. жіберілді. Басуға 05.10.2020 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

989 КБ RAM

Шартты баспа табағы 6,4

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3718

Сдано в набор 21.09.2020 г. Подписано в печать 05.10.2020 г.

Электронное издание

989 КБ Мб RAM

Усл.п.л. 6,4. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3718

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz