

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ / CONSTRUCTION MATERIALS

DOI: <https://www.doi.org/10.18454/mca.2023.3.34.002>

УТИЛИЗАЦИЯ И ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ И СТЕКЛОБОЯ

Научная статья

Севостьянов А.В.^{1*}, Ерофеев А.В.², Пашутин А.А.³

^{1,2,3} Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

* Корреспондирующий автор (sevo-andrey[at]yandex.ru)

Аннотация

Одним из актуальных направлений экономического и социального развития страны на сегодняшний день является использование вторичных материальных, топливно-энергетических ресурсов, бытовых отходов, а также попутных продуктов.

В статье рассмотрены основные способы утилизации, вторичного использования и сфера применения стеклянной тары, отходов стекольной промышленности и боя стекла.

Стеклянная тара и стеклянные отходы могут быть переработаны тремя способами: использование в качестве вторичного сырья при производстве стеклянной тары; использование в качестве одного из компонентов-наполнителей в различных работах, например, в качестве наполнителя для бетона, асфальтобетона, плитки и т.п., использование тонких порошков стекла в качестве заполнителя в красках и пластиках; утилизируются как бытовые отходы.

Ключевые слова: утилизация, вторичное использование, стеклобой, бой стекла, стеклянная тара.

UTILIZATION AND RECYCLING OF GLASS CONTAINERS AND GLASS FRAGMENTS

Research article

Sevostyanov A.V.^{1*}, Erofeev A.V.², Pashutin A.A.³

^{1,2,3} Tambov State Technical University, Tambov, Russia

* Corresponding author (sevo-andrey[at]yandex.ru)

Abstract

One of the current directions of the country's economic and social development today is the use of secondary material, fuel and energy resources, household waste, as well as by-products.

The article examines the main methods of utilization, recycling and application of glass fragments, glass industry waste and broken glass.

Glass containers and glass waste can be recycled in three ways: use as a secondary raw material in the production of glass containers; use as one of the filler components in various works, for example, as a filler for concrete, asphalt concrete, tiles, etc., use of fine glass powders as a filler in paints and plastics; utilization in the same way as household waste.

Keywords: utilization, recycling, cullet, broken glass, glass containers.

Введение

Одним из актуальных направлений экономического и социального развития страны на сегодняшний день является использование вторичных материальных, топливно-энергетических ресурсов, бытовых отходов, а также попутных продуктов [1]. Одним из материалов, используемым для переработки является стеклянная тара и стеклобой или бой стекла.

Сбор, транспортировка и сортировка стеклянных отходов требует больших затрат. Уровень этих затрат в значительной степени определяет экономическую эффективность и целесообразность переработки стеклобоя [2].

Основная часть

В последние годы повторное использование и переработка стеклобоя доказали свою экономическую и экологическую эффективность как в нашей стране, так и за рубежом. Экспертные исследования Европейского экономического сообщества показали, что на каждую тонну использованных отходов стекла, а увеличение количества стеклобоя в шихте на каждые 10 % экономит 2 % энергии [1].

Для увеличения использования отходов стекла необходимо создать эффективные системы сбора отходов у населения.

Стеклянная тара и стеклянные отходы могут быть переработаны тремя способами:

- используется в качестве вторичного сырья при производстве стеклянной тары;
- используется в качестве одного из компонентов-наполнителей в различных работах;
- утилизируется как бытовые отходы.

Переработка стеклянной тары и отходов стекла в настоящее время является одной из наиболее актуальных проблем в связи с тем, что:

- производство изделий из стекла требует большого количества энергозатрат;
- сложность утилизации стеклобоя.

Одной из технологически сложной частью переработки стеклобоя является отделение его от других твердых бытовых и промышленных отходов. При сборе боя стекла на предприятиях по выпуску стеклянной продукции данная проблема отсутствует, по причине того, что практически весь стеклобой используется стекольными заводами, исключением является бой армированного стекла, триплекса, зеркал и некоторых излишков сортовой посуды из бесцветного стекла [1].

Различные технологические решения для переработки отходов стекла можно разделить на четыре группы в соответствии с их основными физико-механическими характеристиками, то есть дисперсному состоянию и свойствам стекла при повышенных температурах [3]. Такая классификация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные направления вторичного использования отходов стекла

Применение	Используемые свойства стекла как материала	Заменяемое вещество в продукте
Подстилающие слои дорожного полотна (основа для дорог, дренажей в земле, закладки)	Кусковое стекло, частицы более 0,5–1 мм. Высокие декоративные свойства, хорошая адгезия к силикатным материалам. высокая прочность	Щебень
Декоративный элемент		Щебень, гравий
Кусковой наполнитель в бетоне		Щебень, гравий.
Стекло-асфальт		Щебень
Абразивный элемент	Грубодисперсный порошок, частицы в пределах от 0,05–0,1 до 0,5–1,0 мм. Высокая химическая инертность, высокая прочность на истирание	Кварцевый песок, корунд, абразивные частицы металлов, оксидная и металлическая дробь, шлаки
Фрикционный материал для спичек и боеприпасов		Кварцевый песок, абразивные частицы
Фильтрационная среда		Кварцевый песок и антрацит
Добавка в литейном деле для форм		Высококачественный кварцевый песок
Заполнитель в краске и пластмассе	Средне и мелкодисперсный порошок, частицы менее 0,1 мм. Активные свойства поверхности, вяжущие свойства	Глина, карбонаты
Абсорбент и катион-обменный материал		Природная глина и цеолиты Летучая зола – гидрат кремнекислого кальция
Добавка в клинкер до и после обжига		Частичная замена портландцемента и пуццолана
Добавка в цемент		Частичная или полная замена цемента
Связующий компонент в керамике и кирпиче	Пиропластичные свойства стекла выше 680–850°C	Минеральные связующие, такие как глина
Декоративные и отделочные материалы термического получения		Шлаки и плавкие силикаты
Теплоизоляционные материалы волокнистого или ячеистого строения		Шлаки и плавкие силикаты

Стеклобоя и отходы стекла используются для производства стекломозаичной плитки, штапельного стекловолокна, стеклотары, облицовочной плитки, кровельных материалов, напольной плитки, искусственного шифера, мрамора, заполнителя в бетонах, дренажах и других системах.

Известно применение стеклобоя как подстилающей, дренажной, основы, например, в качестве слоя в дорожных одеждах или дренажного материала при отведении вод [4]. В этом случае стеклобой заменяют по функциональному назначению другой инертный материал такой же фракции, например, гранитный щебень. В пользу такого технического решения говорит близкая стоимость материала к стоимости гранитного щебня, устойчивость к высоким нагрузкам и дренажные свойства. Против этого решения выступает влияние прочностных характеристик от состава стеклобоя и наличие на рынке строительных материалов более дешевых материалов с аналогичными характеристиками.

Помимо дренажного назначения, указанная фракция стеклобоя может использоваться в качестве заполнителя в асфальтобетоне с получением стеклоасфальта. В данном случае замена заполнителя из щебня на заполнитель из стеклобоя приводит к экономии средств за счет снижения стоимости заполнителя. Помимо этого, стоит отметить, что возможность лучшей отражающей способностью такого дорожного полотна и снижение его массы вследствие более применения стекла с более низкой плотности по сравнению с гранитным заполнителем.

Интенсивное использование стеклоасфальта приводит к истиранию поверхности и повреждению шин автотранспорта, а в некоторых случаях усиленное отражение света от поверхности дорожного полотна ухудшает видимость.

Известным функциональным применением отходов стекла является их использование для производства элементов мощения [5].

Использование отходов стекла в облицовочных конструкциях, а именно использования его декоративных свойств вместо природного щебня или гравия, позволяет получать новые цветовые решения конструкций при сохранении прочностных характеристик материала и относительно невысокой стоимости, однако требуются дополнительные затраты на удаление органических и неорганических примесей.

Использование стеклобоя в качестве заполнителя в бетоне позволяет полностью или частично заменить крупный заполнитель (гравий или щебень), а иногда портландцемент и пуццолановые добавки [6]. Положительными сторонами этого технического решения являются низкая стоимость стеклобоя и богатство его цветов, а отрицательными – возможное возникновение щелочей и силикатов [7], что может привести к снижению прочностных характеристик и разрушению готовых изделий.

Ко второй группе методов переработки стеклянных отходов следует отнести переработку грубодисперсной фракции стеклобоя с размерами от $0,05 \div 0,1$ до $0,5 \div 1,0$ мм. Такие порошки характеризуются высокой химической стойкостью к истиранию [8].

Наиболее простым способом вторичного применения такого материала является использование его абразивных свойств. В этом случае типичные абразивные материалы, такие как кварцевый песок, металлическая дробь, гранитный порошок, металлургических шлаков и оксидов, например, оксида хрома (III) или алюминия [9].

Широкое использование стеклянного порошка в качестве фрикционного материала при производстве спичек и боеприпасов, где стекло используется уже более столетия.

В качестве заполнителя в красках и пластиках возможно использование тонких порошков стекла, как инертных добавок, что позволяет в ряде случаев заменить тонкодисперсные порошки глины, оксидов и карбонатов при получении качественных продуктов. Однако недостатком такого метода вторичного использования стекла следует признать необходимость тонкого измельчения стекла, что резко повышает стоимость тонкого порошка стекла в сравнении с коммунальным стеклобоем [10].

За последние 20 лет в США, Канаде, Германии созданы технологии, предусматривающие использование отходов стекла при строительстве автомобильных дорог. На строительном факультете Университета в Миссури (США) разработан материал «гласфальшт», состоящий из 60 % молотого стекла, 5 % асфальта, 35 % каменной муки и других наполнителей. Этот материал был опробован при строительстве нескольких автомобильных дорог [11].

В России с 2001 г. на базе Воронежского электролампового завода (АО «ВЭЛТ», г. Воронеж) начато производство пеностекла. Пеностекло — это теплоизоляционный материал, представляющий собой вспененную стекломассу, обладающий высокими теплотехническими характеристиками. Данный материал используется для теплоизоляции: перекрытий, стен, кровли, трубопроводов. Он является альтернативой материалам на основе фенольных связующих, из-за вредных выделений применение данного материала в жилых помещениях вызывает большие опасения экологов. Пеностекло обладает высокими эксплуатационными характеристиками, такими как: нетоксичность, негорючесть, низкая теплопроводность, долговечность [11].

Заключение

Таким образом, можно сказать, что стеклянная тара, стеклобой и стеклянные отходы могут быть переработаны тремя способами: использование в качестве вторичного сырья при производстве стеклянной тары; использование в качестве одного из компонентов-наполнителей в различных материалах, например, в качестве наполнителя для бетона, асфальтобетона, плитки и т.п., использование тонких порошков стекла в качестве заполнителя в красках и пластиках; утилизируются как бытовые отходы.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

Список литературы / References

1. Губанов Л.Н. Переработка и утилизация отходов упаковочных материалов: учебное пособие / Л.Н. Губанов, А.Ю. Зверева, В.И. Зверева // Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. — 117 с.
2. Мелконян Р. Г. Экологические и экономические проблемы использования стеклобоя в производстве стекла: учебное пособие / Р. Г. Мелконян, С. Г. Власова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. — 100 с.
3. Pascoe R.D. Autogenous grinding of glass cullet in a stirred mill / R.D. Pascoe, R.W. Barley, P.R. Child // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. — P. 15-27.
4. Meland I. Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability / I. Meland, P.A. Dahl // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. — P. 167-177.
5. Воронин К.М. Элементы мощения из отходов стекла и кварцевой пыли / К.М. Воронин, С.А. Некрасова, Н.И. Зубулина // Стекло и керамика. — 2014. — № 3. — С. 11-12.
6. Byars E.A. Use of waste glass for construction products: legislative and technical issues / E.A. Byars, H. Zhu, C. Meyer // Recycling and Reuse of Waste Materials: Proceedings of the International Symposium 9-11 September 2003, Dundee UK. — P. 827-838.
7. Dyer T.D. Use of glass cullet as a cement component in concrete / T.D. Dyer, R.K. Dhir // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. — P. 157-166.
8. Власова С. Г. Основы химической технологии стекла: учеб. пособие / С. Г. Власова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. — 108 с.

9. Румянцев Б.М. Получение теплоизоляционных материалов из стеклобоя / Б.М. Румянцев, Е.И. Зайцева // Изв. вузов. Строительство. — 2002. — № 8. — С. 24-27.
10. Кетов П.А. Минимизация негативного воздействия на окружающую среду отходов стекла путем использования в строительстве: дис... канд. техн. наук / П.А. Кетов. — М., 2019. — 154 с.
11. Букин А.А. Тара и ее производство: учебное пособие / А.А. Букин, С.Н. Хабаров, П.С. Беляев [и др.]. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. — Ч. 1. — 88 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gubanov L.N. Pererabotka i utilizaciya otkhodov upakovochnykh materialov [Processing and disposal of packaging materials waste]: textbook / L.N. Gubanov, A.Yu. Zvereva, V.I. Zvereva // Nizhegorod State Architectural-builds. un-t. — N. Novgorod: NNGASU, 2015. — 117 p. [in Russian]
2. Melkonyan R. G. Ehkologicheskie i ehkonomicheskie problem ispolzovaniya stekloboya v proizvodstve stekla [Ecological and economic problems of the use of cullet in glass production] / R. G. Melkonyan, S. G. Vlasova. — Yekaterinburg: Ural University Publishing, 2013. — 100 p. [in Russian]
3. Pascoe R.D. Autogenous grinding of glass cullet in a stirred mill / R.D. Pascoe, R.W. Barley, P.R. Child // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. — P. 15-27.
4. Meland I. Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability / I. Meland, P.A. Dahl // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. — P. 167-177.
5. Voronin K.M. Ehlementy moshcheniya iz otkhodov stekla i kvarcevoj pyli [Paving elements from glass waste and quartz dust] / K.M. Voronin, S.A. Nekrasova, N.I. Zabelina // Glass and ceramics. — 2014. — No. 3. — P. 11-12 [in Russian].
6. Byars E.A. Use of waste glass for construction products: legislative and technical issues / E.A. Byars, H. Zhu, C. Meyer // Recycling and Reuse of Waste Materials: Proceedings of the International Symposium 9-11 September 2003, Dundee UK. — P. 827-838.
7. Dyer T.D. Use of glass cullet as a cement component in concrete / T.D. Dyer, R.K. Dhir // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. — P. 157-166.
8. Vlasova S. G. Osnovy khimicheskoy tekhnologii stekla: ucheb. Posobie Fundamentals of glass chemical technology [Fundamentals of glass chemical technology]: textbook / S. G. Vlasova. — Yekaterinburg: Ural University Publishing, 2013. — 108 p. [in Russian]
9. Rummyantsev B.M. Poluchenie teploizolyatsionnykh materialov iz stekloboya [Obtaining heat-insulating materials from cullet] / B.M. Rummyantsev, E.I. Zaitseva // News of universities. Construction. 2002. — No. 8. — P. 24-27 [in Russian].
10. Ketov P.A. Minimizatsiya negativnogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu otkhodov stekla putem ispolzovaniya v stroitelstve [Minimization of the negative impact on the environment through the use in construction]: dis...of PhD in tech. sciences. — М., 2019. — 154 p. [in Russian]
11. Bukin A.A. Tara i ee proizvodstvo [Packaging and its production]: a textbook / A.A. Bukin, S.N. Khabarov, P.S. Belyaev [et al.]. — Тамбов: Publishing House of the Tambov State Technical University, 2006. — Part 1. — 88 p. [in Russian]