

УДК 666.1

## ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ СТЕКЛА КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Чупрова Л.В.

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: lvch67@mail.ru*

В статье рассматриваются возможные пути решения проблемы утилизации стекольных отходов и использование их в качестве сырья для производства новых качественных материалов для различных отраслей промышленности. Основная цель разработки новых материалов - создание энергоэкономичных, малоотходных технологий, позволяющих использовать отходы стекольной, тароупаковочной, металлургической, химической промышленности, а также создание на их основе материалов с высокими эксплуатационными и декоративными свойствами. Показано, что перспективным направлением утилизации стеклобоя является использование его как самостоятельного вида сырья при производстве стеклотары, стекла и строительных материалов различного назначения. Описывается технологический процесс производства стеклотары с применением отходов стекла. Одним из важных направлений утилизации является использование первичного и вторичного стеклобоя для получения декоративно-отделочных материалов, усовершенствование известных технологий и разработка новых видов строительных материалов, предназначенных для наружной и внутренней облицовки стен зданий и покрытий полов, стеклокремнезита строительного назначения, а также теплоизоляционных, водостойких и экологически чистых материалов.

**Ключевые слова:** отходы, утилизация отходов, стеклобой, шихта, стеклотара, стеклокремнезит, теплоизоляционные материалы

## PRODUCTION WASTES AND GLASS CONSUMPTION AS RAW MATERIALS FOR RECEIPT OF HIGH-QUALITY PRODUCTS

Chuprova L.V.

*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: lvch67@mail.ru*

In article possible solutions problems of utilization of glass waste and their use as raw materials for production of new high-quality materials for various industries are considered. A main objective of development of new materials - creation of the energy-efficient, low-waste technologies allowing to use waste of the glass, packaging, metallurgical, chemical industry, and also creation on their basis of materials with high operational and decorative properties. It is shown that the perspective direction of utilization of a cullet is its use as independent type of raw materials in case of production of a glassware, glass and construction materials of different function. Engineering procedure of production of a glassware using glass waste is described. One of the important directions of utilization is use of primary and secondary cullet for receipt of decorative and finishing materials, enhancement of the known technologies and development of new types of the construction materials intended for external and internal facing of walls of buildings and coverings of floors, a steklokremnezit of construction appointment, and also heat-insulating, waterproof and environmentally friendly materials.

**Key words:** waste, waste recycling, a cullet, furnace charge, a glassware, steklokremnezit, heat-insulating materials

Проблема размещения и утилизации отходов производства и потребления в последние годы выходит на первый план в большинстве стран мира. В связи с отсутствием мест для захоронения отходов в развитых странах Запада заговорили о «кризисе отходов» или «кризисе свалок». Например, в японских гаванях насыпаны «мусорные острова» из гор бытовых отходов, производимых в метрополиях; в США города на Северо-Восточном побережье отправляют свой мусор в другие страны в океанских баржах.

В России проблема размещения и утилизации отходов стоит так же остро, как и во всем мире. Отходы превращаются в проблему, представляющую реальную угрозу экологической безопасности Российской Федерации. Отходы являются источником

более 60% неблагоприятных воздействий на человека и природу. Они крайне отрицательно влияют на окружающую природную среду и вредно сказываются на земельных ресурсах, на состоянии недр, вод, лесов и иной растительности, на среде обитания животных, воздушной среде, а также наносят вред здоровью человека, угрожая его жизни. Однако, эффективная система управления отходами в стране отсутствует, современные инструменты управления не применяются, поэтому проблемы, связанные с отходами, практически не решаются. Несмотря на это, решение проблемы отходов необходимо, так как это ведёт, с одной стороны, к уменьшению их отрицательное воздействие на окружающую среду, а с другой – решаются задачи сбережения ресурсов при производстве различных материалов,

разрабатываются новые материалы на основе вторичного сырья, которые находят свои области применения в отраслях промышленности [3, 15].

В последние годы в России и за рубежом всталла проблема утилизации отходов стекла, так как они практически не утилизируются известными методами [11].

Стеклобой стекольных предприятий и твёрдых бытовых отходов (ТБО) состоит в основном из стеклотары и промышленного стекла. Применение стеклобоя в качестве возвратного сырья при производстве тарного стекла является доминирующим.

Основная цель разработки новых материалов - создание энергоэкономичных, малоотходных технологий, позволяющих использовать отходы стекольной, тароупаковочной, металлургической, химической промышленности, а также создание на их основе материалов с высокими эксплуатационными и декоративными свойствами [9]. Использование вторичного сырья и отходов производства, совершенствование технологий их переработки существенно расширяют ресурсы промышленности, создают дополнительные резервы экономии материальных и трудовых затрат, снижают издержки производства [9].

В настоящее время формируется нормативно-правовая база в области упаковки и упаковочных отходов, которая представлена отдельными нормами Гражданского кодекса РФ, Федерального закона «Об отходах производства и потребления», а также государственными и отраслевыми стандартами, техническими условиями на материалы тароупаковочной продукции [7].

Товар не может быть допущен на Европейский рынок, если противоречит требованиям Европейской директивы «Об упаковке и упаковочных отходах» №94/62 ЕС, целью которой является гармонизация законодательства об обращении упаковки и упаковочных отходов, применение вторичной переработки и других форм утилизации. При вступлении России во Всемирную торговую организацию, одним из условий было обязательное участие в процессах утилизации отходов и уменьшения их влияния на окружающую среду.

Нормативно-правовые документы направлены на решение следующих задач:

- создание системы финансирования раздельного сбора, сортировки и утилизации упаковочных отходов (в том числе стеклобоя);

- определение ответственности производителей, занятых в сфере обращения упаковки;

- ведение государственного учета упаковочных отходов;

- оценка потенциала утилизации и вторичного использования отходов упаковочных материалов;

- развитие производственной базы по выпуску оборудования для сбора использованной стеклотары.

Перспективным направлением утилизации стеклобоя является использование его как самостоятельного вида сырья. Частичная замена шихты стекольным боем ускоряет процесс варки стекла, снижает удельный расход топлива, приводит к экономии щелочно-содержащего сырья и продлению срока службы стекловаренных печей [12].

В настоящее время основным потреблением стеклобоя является производство стеклотары, стекла и строительных материалов различного применения.

*Производство стеклотары и стекла.* При производстве стеклотары и промышленного листового стекла основным технологическим процессом является стекловарение. В современной технологии стекловарения наряду с использованием собственного боя, который образуется на отдельных стадиях производства изделий из стекла, применяется вторичный или привозной бой, поставляемый пунктами приема стеклотары, базами вторсырья [12].

Стеклобой не требует дополнительных затрат на процесс стеклообразования. Его применение снижает температуру варки стекломассы, ускоряет технологический процесс.

Производство стеклянной тары с использованием стеклобоя подразделяется на три основные технологические операции: приготовление смеси шихты со стеклобоем, которая при плавлении образует стекло; плавление в специальных печах и выработка стеклянной тары. В состав шихты входят: кварцевый песок, кальцинированная сода, доломит, поташ; для обесцвечивания добавляются – селен, оксид кобальта; сульфат натрия, селитра, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, поваренная соль. Однородность стекла зависит от качества шихты, которое достигается предварительной сушкой и тонким измельчением входящих в ее состав материалов; для чего используются сушильные барабаны, дробилки и различного типа мельницы. Посто-

янно ужесточаются требования к предназначенному для варки стекла стеклобоя. При переработке стеклобоя выполняются следующие операции: магнитная сепарация крышек, пробок, банок, ручное удаление крупных включений, удаление кусков алюминия, бумаги с помощью пневматического отсоса, удаление включений цветных металлов путем индукционного распознавания. При необходимости стеклобой сортируют по цвету, полученный продукт подвергается измельчению для обеспечения нужного размера частиц боя после дробления [12]. С помощью весового дозирования шихты и стеклобоя обеспечивается заданное соотношение исходных материалов. Стекломасса получается в специальных стекловаренных печах при температуре 1430-1480 С.

Традиционно содержание стеклобоя в шихте составляет 10-30%. При производстве бутылок из коричневого и зеленого стекла количество используемого стеклобоя в шихте может достигать 45 и 80% соответственно [12]. Средний удельный расход стеклобоя в производстве тары за рубежом в %: в Великобритании – 15, в Венгрии – 20, в США – 20-30, в Чехии – 24, в Германии – 30, в Нидерландах – 40. В Швейцарии работает стекловаренная печь, производящая 200 т/сут зеленого стекла. Шихта содержит 80 – 85% стекла. На стекловаренных заводах США количество стеклобоя в шихте может составлять 30 – 60% [12].

Таким образом, на стекловаренных заводах по производству стеклотары используются различные технологические схемы, которые отличаются составом шихты, соотношением шихта/стеклобой, способом их помолы и загрузки в печь, температурным режимом стекловарения, устройством варочных печей и способом формирования изделий, но при любом технологическом процессе использование стеклобоя необходимо.

*Производство строительных материалов.* Промышленное и гражданское строительство требует постоянного увеличения производства различных строительных материалов. В настоящее время актуально использование не дефицитного сырья и отходов для их производства [8].

Одним из важных направлений утилизации отходов является использование первичного и вторичного стеклобоя для получения декоративно-отделочных материалов, усовершенствование известных технологий и разработка новых видов строительных ма-

териалов, предназначенных для наружной и внутренней облицовки стен зданий и покрытий полов [2]. В основном эти отделочные материалы являются композиционными, состоящими из стекловидной, газовой и кристаллической фаз. Большинство из них получено на основе или с использованием непрозрачных или глушенных стекол [4].

Впервые в стране был создан и получен на основе стеклобоя новый вид облицовочного материала - стеклокремнезит строительного назначения [9]. Была разработана технология подготовки стеклобоя, состоящего из отходов стекла, и его грануляции для введения в состав рабочих смесей декоративного и основного слоя, а также процесса спекания отходов стекла различного химического состава [9].

Для получения стеклогранулята стеклобой измельчают в дробилке, отделяют фракцию 1-5 мм, так как стеклобой такой фракции не используется стеклотарными заводами. Металлические, керамические включения, этикетки отделяют в процессе переработки стекла в стеклогранулят. Температурный интервал спекания 860-960 соответствует технологическим параметрам двухъярусной туннельной печи.

Для получения стеклокремнезита в керамическую огнеупорную форму засыпается сначала слой кварцевого песка толщиной 2 мм, затем слой увлажненной смеси кварцевого песка и стеклогранулята (1:5) толщиной 10 мм, количество воды 2 масс.%. Верхняя часть формы заполняется слоем цветного или бесцветного стеклогранулята в смеси с красителями.

В условиях данного технологического процесса производства стеклокремнезита необходимо применение гранулированных отходов стекла в количестве 60-75% в составе рабочих смесей. Замена глушеного стеклогранулята гранулированным стеклобоем приводит к снижению себестоимости отделочного материала.

Стеклокремнезит выпускается по ТУ 400-1-72-80 в виде прямоугольных плит с различными цветовыми оттенками и размерами толщиной 15-20 мм и является отличным декоративно-облицовочным материалом для внутренней и наружной облицовки зданий и сооружений [10].

Коврово-мозаичные плиты из разноцветных стекол широко применяются для отделки наружных стен зданий, для худо-

жественного оформления вестибюлей и других помещений.

Они могут изготавливаться способом прокатки или прессования порошкообразных компонентов из цветного, белого, глушеного и прозрачного стекла с добавкой песка в качестве наполнителя [2, 8, 14]. Производство стеклянной коврово-мозаичной плитки способом прессования наиболее экономично, так как при этом используются стеклобой и различные стекольные отходы. Продолжительность самого процесса прессования, а также расход топлива при этом, значительно ниже, чем при изготовлении плиток путем варки в стекловаренной печи с последующим прокатыванием.

Значительное повышение требования к уровню теплозащиты зданий, трубопроводов, холодильных установок приводит к необходимости широкого использования эффективных утеплителей. Решение поставленной проблемы направлено на разработку теплоизоляционных, водостойких и экологически чистых материалов.

Не все применяемые в настоящее время теплоизоляционные материалы полностью отвечают комплексу функциональных свойств: «низкая плотность – коррозионная стойкость – повышенная температуростойкость – индустриальность – экономичность». В частности, полимерные теплоизоляционные материалы не отвечают требованиям пожарной безопасности и долговечности.

В промышленности строительных материалов все большее применение находят неорганические теплоизоляционные материалы с вовлечением стеклянного боя по энергосберегающей технологии. К таким материалам относятся пеностекло, пенокремнезит, пенобетон, перлитокремнезит, стеклопенокремнезит, пеностеклокристаллические материалы и др. [6].

Пеностекло представляет собой стекловидный материал, пронизанный многочисленными равномерными порами. Для него характерны такие ценные свойства, как малый объемный вес, низкий коэффициент теплопроводности, малое водопоглощение. Пеностекло может быть получено бесцветным, окрашенным, покрытым глазурью для декорирования фасадов зданий. Производят его в виде плит разных размеров.

Сырьевым материалом для производства пеностекла служат отходы стекольного производства, стеклобой и эрклез, которые предварительно подвергают грубому дроблению

в щековой дробилке и более тонкому измельчению на молотковой мельнице [1, 13].

Пеностекло обладает высокими эксплуатационными характеристиками: негорючее, нетоксичное, с низкой теплопроводностью, долговечно. Организация производства пеностекла дает возможность эффективно решать проблему утилизации стеклобоя, так как цвет стекла не оказывает существенного влияния на качество продукта.

Одним из наиболее эффективных материалов для ограждающих конструкций современных зданий является неорганический ячеистый бетон – пенобетон на основе стеклобоя [6, 9]. Отходы стекла с высоким содержанием SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> используются для приготовления пеностеклокристаллических материалов [4, 5, 9].

Оптимальное содержание стеклобоя в керамической массе, позволяющее получать стеновые керамические материалы, удовлетворяющие требованиям государственного стандарта по водопоглощению (для полнотелого кирпича не менее 8% и пустотелого не менее 6%) с улучшенными механическими свойствами, составляет 15-20%.

Заводской кирпич марки 100 значительно уступает по физико-механическим свойствам кирпичу с добавлением стеклобоя, добавка которого способствует увеличению количества жидкой фазы в материале, что приводит к снижению пористости и водопоглощения, повышению механической прочности.

В Германии разработана технология использования отходов обогащения каолина в производстве силикатного кирпича [5]. В качестве сырья применяются песок, полученный в процессе обогащения каолина, и измельченный стеклобой. Добавку измельченного стеклобоя используют для введения SiO<sub>2</sub> с целью увеличения количества образующихся при гидротермальной обработке гидросиликатов и повышения прочности кирпича.

Таким образом, отходы производства и потребления – это одна из основных современных экологических проблем, которая несет в себе потенциальную опасность для здоровья людей, а также опасность для окружающей природной среды. Все отрасли материального производства дают отходы, что актуализирует проблему их утилизации. Большинство предприятий, сталкиваясь с этой проблемой, ищет пути её решения.

Отходы стекла можно использовать как сырьё для получения новой качественной продукции. За последние годы в нашей стране и за рубежом накоплен значительный опыт использования стеклобоя в различных отраслях народного хозяйства, однако, поиск и разработка новых направлений использования стекольных отходов продолжается.

#### Список литературы

1. Горская А.Я., Лазуткина Г.А. Использование вторичного боя оконного стекла // *Стекло и керамика*. 1984. №4. С.30.
2. Егорова Л.С., Ярокер Х.Г. Использование промышленных отходов в производстве цветных декоративно-строительных материалов // *ВНИИЭСМ. Сер. 9. Вып.7*. М., 1986. С.15-17.
3. Ершова О.В., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.В. Исследование зависимости свойств древесно-полимерных композитов от химического состава матрицы // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 2. – С. 26
4. Зайцева Е.И. О некоторых направлениях утилизации стеклобоя в промышленности стройматериалов // *Стройка*. 2000. №4. С.6.
5. Использование стеклобоя в кирпичной промышленности // *ВНИИЭСМ. Реферативная информация. Использование отходов, попутных продуктов для изготовления строительных материалов, изделий и конструкций*. М., 1975. №6. С.15
6. Казанцева Л.К., Верещагин В.И., Овчаренко Г.И. Вспененные стеклокерамические теплоизоляционные материалы из природного сырья // *Строительные материалы*. 2001. №4. С.3-4.
7. К вопросу развития нормативно-правовой базы в области обогащения упаковочных отходов // *Ресурсосберегающие технологии. Экспресс-информация*. 2002. №15. С.17-24.
8. Лясин В.Ф., Сариков П.Д. Новые облицовочные материалы на основе стекла. М.: Стройиздат, 1987. С.193.
9. Мелконян Р.Г. Использование промышленных отходов при производстве новых строительных материалов // *ЦНИИТЭИМС. Сер.1. Экономия и рациональное использование сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов*. М., 1986. Вып.2. С.45-49.
10. Мелконян Р.Г., Сычева Н.Г. и др. Стеклокремнезит на основе попутного стеклобоя // *ВНИИЭСМ. Экспресс-информация. Сер.11. Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды*. М., 1985. №2. С.12-15.
11. Мелконян Р.Г. Стеклобой: необходимо наращивать объемы утилизации // *Стекло мира*. 1998. №4. С.23-25.
12. Назаренко В.Л. Варка стекла с повышенным содержанием боя // *Стекло*. 1987. №11. С.29.
13. Пальгунов П.П., Сумароков Н.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат, 1990. 347 с.
14. Петров С.В. Промышленные отходы для производства облицовочных материалов // *Стекло и керамика*. 1990. №1. С.31.
15. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.В., Ершова О.В. Исследование возможности получения композиционных материалов на основе вторичных полимеров // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 4. – С. 212