

2012 г.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКОЛЬНОГО БОЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Павлушкина Т.К., канд. техн. наук; Кисиленко Н.Г., канд. техн. наук  
ОАО «Институт стекла», РФ, Москва

Увеличивающиеся из года в год темпы роста капитального и жилищного строительства требуют постоянного наращивания выпуска разработки и применения новых эффективных строительных материалов, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами, долговечностью, повышенными эксплуатационными и художественными показателями, низкой стоимостью. Создание новых дешевых облицовочных материалов способствует существенному снижению стоимости капитального строительства, а также затрат, выделяемых на косметический ремонт зданий и сооружений.

В последние годы при производстве различных строительных материалов и изделий особое внимание уделяется эффективному использованию минеральных ресурсов. Проблема рационального и комплексного использования сырьевых ресурсов неразрывно связана с уровнем развития производства и в настоящее время имеет большое значение для всех промышленно-развитых стран. Создание и внедрение малоотходных и безотходных технологий, совершенствование управления качеством сырья и готовой продукции направлены на сокращение отходов и потерь сырья и материалов на всех стадиях их обработки, хранения и транспортировки и более полное использование в производстве вторичных ресурсов и попутных продуктов.

Стекольный бой – это, прежде всего, ценное сырье. Частичная замена шихты стеклобоем позволяет ощутимо сократить расход сырьевых материалов, часть из которых (например, кальцинированная сода) дефицитна и дорогостоящая. По данным ряда экономистов, утилизация 1 миллиона бутылок позволяет сохранить 300 тн кварцевого стекольного песка и 100 тн .кальцинированной соды. На каждые 100 кг вводимого стеклобоя экономится 126 кг. первичного сырья.

Введение стеклобоя в состав шихты перспективно в целях снижения энергетических затрат и экономии топлива, поскольку процессы силикато- и стеклообразования в расплаве протекают при более низких температурах, что

подтверждается результатами многих исследователей. Так для стекла, полученного путем плавления шихты, энергетические затраты составляют около 2.109 Дж/тн, а для стекла, полученного путем переплавки лишь стеклобоя, эти затраты не превышают 1,5.109 Дж/тн. Расчеты проводились для однотипных печей при одинаковых температурных условиях и составах стекол [ 1 ].

При исследовании возможности экономии энергии в производстве тарного стекла в зависимости от количества вводимого в шихту стеклобоя взамен первичного сырья учитывалась экономия энергозатрат не только на варку и осветление стекломассы, но также на добычу, переработку и транспортировку сырьевых материалов. Установлено, что увеличение количества стеклобоя в шихте на каждые 10% приводит к экономии топлива и электроэнергии соответственно на 4,4 и 1,1%. По другим сведениям, экономия топлива составляет 0,25% на каждый процент вводимого стеклобоя.

Ведущая в Европе немецкая фирма по переработке промышленных отходов Zirre GmbH разработала типовой завод по утилизации стеклобоя [ 2 ], технологическая схема которого легла в основу создаваемых типовых линий.

Поступающий на специальные базы вторичного сырья стеклобой сгружают в бункер, откуда он вибрационным питателем подается на наклонный ленточный конвейер. Оператор может регулировать скорость подачи стеклобоя в зависимости от степени его загрязнения. В конце конвейера установлен электромагнит для отделения металлических включений.

В отделении сортировки операторы вручную на горизонтальном конвейере отбирают инородные включения из керамики, камней, бумаги, полиэтилена и др., которые затем сбрасываются в контейнеры, а стеклобой поступает в молотковую дробилку, где измельчается до размера фракции 8 – 30 мм. Непосредственно под дробилкой расположен грохот, на котором мелкая фракция стекла и прилипший грунт отделяется от остальной массы стеклобоя, а требуемая фракция очищается с помощью вакуумных сопел от легковесных включений (алюминиевых крышечек, фольги). Затем подготовленный стеклобой вторично подвергается электромагнитной обработке для окончательного удаления магнитных примесей и с помощью конвейера загружается в вагоны для отправки потребителям. Производительность таких баз по переработке стеклобоя составляет в среднем 20 – 25 тн/час.

Некоторые стекольные заводы для повышения светопрозрачности своих стеклоизделий применяют дополнительно мокрую очистку дробленого стеклобоя.

По описанной выше технологической схеме чаще всего производится также ручная сортировка стекла по цвету ( бесцветное и окрашенное ). Однако существует ряд технических решений для автоматизации процесса разделения отходов стекла по цвету. Так, в Германии и Англии [ Заявка ФРГ № 3207447 ] для разделения по цвету боя тарного стекла из городских и промышленных отходов предложен способ и устройство с использованием электронно-оптической системы.

Способ основан на измерении интенсивности света, проходящего через стекло, которое находится в жидкости с показателем преломления, близким к показателю преломления стекла в воздухе. В качестве такой жидкости используют воду с добавками сахара, глицерина и поверхностно-активных веществ. Емкость с жидкостью располагают в специальной камере идентификации с механизмом разделения стекла и элеваторами для выгрузки разделенного стеклобоя. В нижнюю часть камеры вертикально встроены две пары излучателей и приемников света. Излучатели связаны световодами с источником света, а приемники – цепью управления с механизмом разделения.

Описанное устройство действует следующим образом: куски стеклобоя через приемную воронку попадают в камеру. При поступлении цветного стекла интенсивность проходящего света изменяется, при этом электронно-оптическая система вырабатывает сигнал, подаваемый механизму разделения, который направляет стекло в соответствующий бункер. Механизм разделения может быть выполнен в механическом или гидродинамическом варианте. Предусматривается одновременное разделение стеклобоя на бесцветный, коричневый и зеленый цвета.

Особый интерес у многих исследователей вызывает проблема выделения и утилизации отходов стекла из городских свалок. Состав твердых бытовых отходов может изменяться в зависимости от географического положения, времени года и климата, уровня развития данного региона.

В городском мусоре содержатся: магнитные и немагнитные металлы 6 – 9%, бумага 35 – 43%, пластик 5 – 12%, текстиль 3 – 4%, пищевые отходы 16 – 19,

керамика, стекло и др. Содержание стекла в среднем составляет 8 – 10% от общего количества отходов [ 3 ].

Вследствие такого состава городского мусора переработка его будет оправдана при условии выделения различных материалов, т. к. выделение одного из них экономически нецелесообразно [ 4 ].

Однако в зависимости от местных условий направления переработки городских отходов могут различаться. Так, в США основной упор делается на получение топлива, магнитных металлов, алюминия и стекла. Интерес к выделению бумаги и картона значительно меньше. В европейских странах большее внимание уделяется получению бумаги и пластика.

Стеклобой, извлеченный из твердых бытовых отходов, содержит неорганические огнеупорные примеси (корунд, муллит, кварц, фарфор и пр.), примеси магнитных и немагнитных металлов (консервные банки, металлические пробки, кольца и др.), а также органические примеси (бумага, картон, пластик).

Частицы огнеупоров при попадании в стекломассу полностью не растворяются в ней, что служит причиной образования массового брака готовых изделий в виде камней различной величины. Металлы и органика, растворяясь в расплаве стекла, могут вызывать нежелательное изменение его окраски. Поэтому стеклобой, выделяемый из городских отходов и предназначенный для вторичного использования, должен подвергаться такой обработке, чтобы при его использовании качество стекла не изменялось. Допустимые пределы содержания примесей в регенерируемом стекле: ферромагнитные металлы - 0,01%, немагнитные металлы – 0,01%, органические включения – 0,05%, неорганические примеси – 0,05%.

В настоящее время практически во всех европейских странах, США, Канаде, Японии и др. принята система сухой сортировки городских отходов, включающая следующие основные стадии: выделение ферромагнитных металлов, отделение и сортировка стекла по цвету, отделение неорганических примесей, включающий алюминий, камни, керамику и пр., отделение органических включений, дробление стекла.

Ферромагнитные металлы отделяют с помощью электромагнитов, установленных, как правило, над ленточным конвейером, по которому пропускают

все поступающие отходы. Часто эта операция повторяется дважды: в начале технологической линии до измельчения стекла и после измельчения.

Отделение легких фракций (бумага, картон, пластики и др.) от более тяжелых (стекло, камни, немагнитные металлы) обычно осуществляют струей отсасываемого воздуха. Отделение камней, керамики, немагнитных металлических включений (главным образом на основе алюминия) от стекла на большинстве действующих заводов производят вручную и часто совмещают с сортировкой стекла по цвету.

Иногда для отделения этих инородных включений применяются механические устройства: вибрационные грохоты, барабаны со спиральной внутренней перегородкой и др. Разделение неорганических включений и стеклобоя возможно также методом гравитационной флотации, при которой для улучшения условий флотации и обеспечения более полного выделения частиц стекла из измельченных твердых городских отходов их поверхность рекомендуется предварительно активировать, добавив водный раствор соединений двух- или трехвалентных металлов (Ba, Ca, Al, Mg и др.). Наибольший эффект от применения ионов-активаторов достигается при значении pH, равным 3–12 для разных металлов. Эффективнее проводить флотацию в смеси воды с сульфонатами (алкилсульфонат, арилсульфонат, алкэнилсульфонат и др.), содержащими более пяти атомов углерода (предпочтительно 10-30). Количество вводимого сульфоната составляет 0,068-0,91 кг на 1 тн отходов. Оптимальный размер частиц стекла менее 2 мм [Патент США № 4213851].

В Великобритании [12] после отделения магнитных включений измельченный материал предлагается пропускать по наклонной поверхности стальной пластины, на которой за счет разницы коэффициентов трения скольжения различных включений осуществляется его сепарация. Далее для полного удаления немагнитных металлов проводили гравитационное разделение в солевой ванне и затем методом пенной флотации получали концентрат, содержащий 99,0% стекла (в качестве примеси преимущественно уголь).

Однако эти способы механической сортировки не получили широкого распространения из-за низкой экономической эффективности.

Наиболее простой и широко распространенный способ утилизации стеклобоя – введение его в состав шихты для варки промышленных стекол (преимущественно тарных). Новым в этом направлении является лишь значительное расширение пределов содержания боя в шихте, которое может быть доведено 90 – 95%. Однако для обеспечения высокого качества получаемого стекла необходимо избегать введения очень больших количеств стеклобоя других цветов и составов. Так, в шихту для получения зеленого стекла допустимо вводить до 25% коричневого стеклобоя, до 10% светлого и не более 1% стеклобоя других цветов.

В последние годы широко проводятся исследования по использованию стеклобоя в других перспективных направлениях.

Измельченный стеклобой может быть использован в качестве заполнителя в дорожных покрытиях в сочетании с асфальтом и битумным бетоном. Наиболее известен асфальт, прошедший испытания в США [5], который возможно эксплуатировать в холодную погоду. Он содержит 60% молотого стекла, 33% каменной муки и 5% асфальта. При его изготовлении можно применять и несортированный стеклобой. Получаемые поверхности имеют хорошие структурные свойства, поскольку стекло хорошо сохраняет тепло, гласфальт можно укладывать при более низких температурах, чем обычные смеси. Однако расход его очень большой. Так, для покрытия дороги длиной около 300 м (Тоledo, штат Огайо) потребовалось 1450 тн стеклобоя.

В МИСИ им. Куйбышева разработаны составы и технология производства бесцветных бетонов повышенной эксплуатационной стойкости (кислотостойкий бетон), облегченных бетонов (ячеистый бетон) на основе различных видов стеклобоя (бой кинескопов и электроламп, оконного и тарного стекла и др.) [Авторское свидетельство СССР № 1102783]. По разработанной технологии можно изготавливать тротуарные плиты, бордюрный камень, кирпич, плиты для облицовки цоколей зданий и пр.

Получаемые изделия можно использовать как плиты полов промышленных, сельскохозяйственных зданий и сооружений с повышенной агрессивностью среды.

Рассеянный на определенные фракции (крупная 6,35-19,0 мм, средняя 1,4 – 6,35 мм, мелкая менее 0,18 мм) стеклобой может использоваться в виде добавки

к портландцементам и полимерам. Состав для получения композиционного материала в сочетании с полимером включает стеклобой различных фракций в следующих соотношениях (вес. %): крупной 45, средней 25, мелкой 30. Среднее содержание стеклобоя составляет примерно 20%, но может достигать и 50% [Заявка Япония № 54-17016].

Для улучшения адгезии стекла с матрицей на основе смолы (или цемента) стеклобой рекомендуется подвергать предварительной обработке. Так при использовании полиэфирных смол поверхность стекла модифицируют с помощью триметоксисиланов общей формулы  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiR}$ , которые взаимодействуют с ОН-группами на поверхности стекла. В случае виниловых полимеров хорошо зарекомендовал себя хлорсодержащий органический комплекс хрома. После модифицирования поверхности стекла его высушивают и смешивают с мономером, связующим агентом, катализатором и промотором, затем формуют и полимеризуют. Конечная прочность материала зависит от зернового состава используемого стеклобоя и в большей степени от предварительной обработки (модифицирования) его поверхности.

В случае использования цементной матрицы наблюдаются те же тенденции. Например, у образца, содержащего 35% стекла в цементной матрице, без каких либо добавок наблюдалось снижение прочности при сжатии на 25% после 18 месяцев хранения при температуре 20<sup>0</sup>С. При введении 3% поливинилацетатной эмульсии при тех же условиях выдержки происходило увеличение прочности образца при сжатии на 40%, хотя начальная прочность была ниже.

Из композиций на основе отходов стекла и полимеров методом отливки можно получать блоки объемом до 0,3 м<sup>3</sup>. При правильно выбранном процентном содержании и определенном зерновом составе стекла растрескивания и деформации отливок за счет выделения тепла при полимеризации смолы не наблюдается.

Возможно получение изделий более сложной конфигурации. Например, из смеси, содержащей частицы стеклобоя размером 0,195 – 1,4 мм, был получен фланец с внутренним диаметром 12 см. Стеклобой перед введением в полиэфирную смолу подвергали предварительной обработке. Указанные пределы размеров частиц стекла были выбраны таким образом, чтобы получить оптимальное сочетание значений прочности при сжатии и растяжении. В

рассматриваемом случае они составили соответственно 1294 и 390 кг/см<sup>2</sup>, что несколько ниже прочностных показателей подобных изделий с наполнителем из стеклянного волокна. В ряде случаев такие изделия вполне удовлетворяют потребителей, т. к. имеют большие преимущества в технике формования. Упомянутый фланец был изготовлен менее чем за 30 мин. Обычная техника формования стекловолокнистых изделий предусматривает нарезку волокон и индивидуальную укладку их в форму. Необходимо уложить 20 или более слоев для получения фланца толщиной 9,5 мм. Нужно произвести не менее трех выдержек в процессе формования, чтобы обеспечить отвод тепла, выделяемого при твердении и полимеризации полиэфирной смолы.

Большим недостатком изделий с наполнителем из стекловолокна является их водопроницаемость: вода проникает в изделие за счет диффузии вдоль волокон, находящихся в контакте друг с другом. При использовании в качестве наполнителя стеклобоя каждая его частица располагается индивидуально и не контактирует с соседними.

Эффективные результаты достигнуты при использовании тонкодисперсного порошка стекла, получаемого путем измельчения стеклобоя.

В качестве наполнителя пластмасс, особенно технических термопластов. Введение стеклопорошка в краски повышает их кроющую способность, стойкость к истиранию и химическому воздействию, придает поверхности определенную текстуру. Порошок стекла может использоваться также в качестве наполнителя резины, увеличивая ее абразивную стойкость и твердость.

Стеклобой в сочетании с полимерами или цементами может использоваться для прессования плиток. Разнообразие и интенсивность окраски плиток обеспечиваются введением красителей в виде растворов либо сухих добавок при помоле. Молекулы красителя адсорбируются на поверхности стекла и не удаляются при воздействии воды и обычных растворителей.

Характер поверхности плиток (глянцевая, матированная, рифленая, шероховатая и пр.) определяется конструкцией формы. В отдельных случаях после отливки предусматривается полировка поверхности плитки алмазной или карборундовой пастой. Такие поверхности характеризуются очень высоким сопротивлением скольжению, царапанию и истиранию.



Соппротивление скольжению, особенно при мокрых испытаниях – важная характеристика плиток. Чем выше его значение, тем больше сопротивление скольжению. По величине коэффициента сопротивления мокрому скольжению материалы для полов в общественных зданиях делятся на следующие категории: 19 и ниже – опасные, не пригодные к применению; 20–39 - нижний допустимый предел, необходимо повысить шероховатость поверхности; 40-74 - удовлетворительные; 75 и выше - очень хорошие. Следует отметить, что сопротивление скольжению плиток с наполнителем из молотого стеклобоя достаточно высокое (70-100).

Соппротивление истиранию плиток с наполнителем из стеклобоя очень высокое: потери (уменьшение толщины) составили 0,584-0,813 мм после 2500 оборотов вращения при скорости испытания 65 об./мин. и нагрузке 1 кг. Для сравнения сопротивление истиранию высококачественного отделочного бетона составляет 0,89-1,53 мм.

Положительное влияние стеклобоя на свойства фасадных керамических плиток отмечено в работах, проводимых в НИИСтройкерамики [ 6 ]. При вводе в прессмассу до 30% молотого стекла интенсифицируется процесс спекания черепка, снижается влажностное расширение плиток, увеличивается их морозостойкость.

Стеклобой может использоваться для производства декоративных панелей. Светопропускание таких панелей на основе полимеров и окрашенного стеклобоя может изменяться в весьма широких пределах, но обычно составляет 10-20% (при  $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ ). Их можно использовать в качестве декоративных перегородок и перекрытий. Многослойные панели с гладкими наружными поверхностями и заполненными в качестве наполнителя дробленным пеностеклом обладают высокими звуко- и теплоизолирующими свойствами и могут быть рекомендованы в качестве стеновых перегородок зданий [ Патент Франция № 2203785 ].

Стеклобой успешно применяется как добавка при изготовлении кирпичей без предъявления к его качеству особых требований. При замене 50% глины стеклобоем температуру обжига кирпича можно понизить с  $1170^{\circ}\text{C}$  до  $900^{\circ}\text{C}$ . При этом производительность печи возрастает ~ на 30%. Качественные кирпичи получаются из смеси: стеклобой -30%, отходы кирпича 60% и глина-10%. Такие

кирпичи имеют высокое сопротивление погодным воздействиям и пригодны для использования в качестве облицовочных материалов.

На основе отходов стекла изготавливают изоляционные материалы: стекловату, различные пеноматериалы. Для производства пористого облицовочного материала используется молотое стекло и пенообразователь, в качестве которого применяют измельченный уголь, мел, известняк, доломит и др. [Патенты РФ № 2290372, № 2291845].

В Японии разработано пеностекло с высокой механической прочностью при сохранении высокой огнеупорности [7]. Этот дешевый материал изготавливается из стекольного порошка, жидкого стекла и слабощелочного шлама. Получаемое пеностекло имеет объемный вес  $0,2 - 1,2 \text{ тн/м}^3$ , прочность при изгибе свыше  $100 \text{ кг/см}^2$  и коэффициент теплопроводности  $0,05 - 1,5 \text{ ккал/м.час.град}$ .

Из стеклобоя можно получать гранулированное пеностекло с оплавленной поверхностью. В этом случае стеклобой измельчают до прохождения через сито 200 меш., увлажняют, гранулируют, опудривают золой и спекают. В зависимости от типа гранул пеностекла перед гранулированием в сырьевую смесь могут быть добавлены зола или отходы пеностекла. Количество золы, диспергированной в гранулах, может составлять до 75% от массы гранул.

Известны другие способы получения ячеистого материала, при котором стеклобой сначала измельчают в шаровой мельнице до размера 4-5 мм (вместе с пенообразующей добавкой, например сажой). Смесь спекают в виде плотного материала в восстановительной атмосфере при температуре  $760^\circ\text{C}$  и охлаждают. Затем спекшуюся массу дробят, просеивают через сито с размером ячеек  $\sim 2 \text{ мм}$  и затем вновь спекают в формах при температуре  $870-900^\circ\text{C}$ , получая ячеистый материал, который после удаления из печи извлекают из формы и отжигают. Плотность материала регулируется изменением температуры и составляет в среднем  $0,144-0,48 \text{ г/см}^3$ . Преимущество описанного способа – в возможности быстрого нагрева до температуры пенообразования.

Пеностекольный гранулят прочностью при сжатии 4-12 МПа, предназначенный для использования в качестве заполнителя легких бетонов и изготовления формованных облегченных строительных материалов, получают из сырьевой смеси, включающей наряду со стеклом до 85% пемзы, лавы или туфа [Патент Швейцария № 637355]. Туф и лава могут вводиться одновременно.

Сырье измельчают, смешивают с органическими порообразующими добавками и формируют сырые гранулы размером 0,1 – 1,5 мм, которые сушат при температуре 600<sup>0</sup>С и вспенивают в вибропечах при 650-900<sup>0</sup>С в течение 5 – 180 сек. Вспененные гранулы удаляют из печи до момента возможного слияния пузырьков в крупные поры. Например, отходы стекла расплавляют и полученный расплав раздувают в волокно, измельчаемое затем в тонкий порошок. Далее составляют смесь, состоящую из: воды – 100%, жидкого стекла – 32%, глицерина 4%, бентонита натрия – 15%. Ее смешивают с 500 масс.ч стеклянной муки и формируют на грануляторе сырые гранулы размером около 1 мм. Их сушат в ленточной сушилке при температуре 600-900<sup>0</sup>С, опудривают порошком Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> во избежание слипания и вспенивают во вращающейся вибропечи при температуре 700<sup>0</sup>С. Размер гранул 0,2-3,0 мм, содержание газовых пор 10<sup>6</sup> – 10<sup>7</sup> см<sup>-3</sup>, насыпная объемная масса 100-500 г/л, наибольший размер пор 0,1 мм.

Японские исследователи считают, что введение стеклобоя улучшает свойства шлаковаты [34]. При замещении доменного шлака отходами стекла (например, боем стеклотары) склонность расплава к расстекловыванию уменьшается и расширяется область температур выработки шлаковаты. Щелочеустойчивость материала, содержащих до 60% стеклобоя, удовлетворительное.

В Институте стекла разработана и внедрена технология производства долговечного и экологически чистого теплоизоляционного материала – пеностекла, в виде плит, блоков и гранул, включая базу стекловарения, а также разработаны и синтезированы стекла для производства высококачественного пеностекла на основе различных видов исходного природного сырья, стеклобоя и отходов промышленных производств [8, 9]. ОАО «Институт стекла» является одним из первых разработчиков технологии получения пеностекла и имеет возможность организовать производство современного теплоизоляционного материала, не уступающего зарубежным аналогам. Технология предусматривает поточное производство с высоким уровнем механизации, отсутствием промышленных отходов, отсутствием вредных выделений в атмосферу. Комплектация производства осуществляется на базе большинства стандартного и нестандартного отечественного оборудования.

Из смеси стеклобоя (в количестве 30-50%), стекл природного происхождения (липарит или вулканическая зола), небольшим количеством глины и 0,1 -5% фторидов можно прессовать плиты и спекать их при температуре 1000-1150<sup>0</sup>С. Водопоглощение получаемых плиток – менее 1%.

Согласно заявке [Болгария № 30061], для получения декоративных плиток стеклобой измельчают до размера 0,8 - 20 мм, насыпают слоем 6-20 мм в металлические формы, обмазанные каолином и спекают в зависимости от состава стекла при температуре 750 – 900<sup>0</sup>С в течение 15 – 25 мин.

Декоративные облицовочные изделия можно получать из смеси, содержащей 89 масс.ч стеклобоя и 1 масс. ч. красителя на основе циркония [Япония № 53-140313]. Из смеси прессуют гладкие диски диаметром 40 мм, которые спекают при температуре 780<sup>0</sup>С в течение 1 часа на лотках из нержавеющей стали.

Авторы работы [10] предлагают использовать стеклобой в смеси с карбонатной рудой для получения безборных, бесфтористых грунтовых эмалей, которые могут быть использованы в качестве покрытий стальных деталей бытовой и газовой аппаратуры.

О способе утилизации отходов бесцветного и цветного свинцового хрусталя описано в работе [11]. Авторами разработана технология использования таких отходов для производства специальных плиток, которые могут применяться для осветительных устройств, декоративных изделий, панно и т. д. Такие плитки, отличающиеся специфическим внешним видом и структурой, получили название «ледяной хрусталь».

Из отходов тарного стекла или боросиликатного пеностекла рекомендуется получать тонкоизмельченный стеклопорошок размером частиц менее 0,044 мм, который в сочетании с инертным наполнителем и связующим в виде золя коллоидной кремнекислоты образуют кислото- и жаростойкий раствор для укладки пеностекляных блоков [Великобритания, патент № 1525777]. Рекомендуемый состав раствора (в масс.%): стеклопорошок 26-60, наполнитель 23-61, связующее 13-45; при соотношении 1,8 : 1-2 : 1. Заполнителем может служить кварцевый песок, измельченное пеностекло или β-сподумен. Блоки, уложенные на таком растворе, обладают высокими термоизоляционными свойствами, механической прочностью, термостойкостью. Прочность на изгиб шва, высушенного при комнатной температуре, достигает 89% прочности самого блока. При

многочисленном термоциклировании от комнатной температуры до 315<sup>0</sup>С прочность на изгиб такого шва понижается только до 80% от прочности самого блока.

В Канаде разработан эффективный строительный материал на основе стекольных отходов с добавкой природной слюды [12]. Для этих целей используется бой тарного стекла, который предварительно подвергается дроблению, а затем помолу до фракции 150 – 300 мкм. Полученный порошок стекла смешивается с порошком молотой слюды такой же гранулометрии и увлажняется до 6%. Из смеси прессуют заготовки, которые затем в течение 60-120 мин. обжигаются в печи при температуре 700 – 1000<sup>0</sup>С. Полученные материалы обладают высокой механической прочностью и морозостойкостью.

Авторами работы [13] установлена целесообразность применения боя электровакуумного стекла для изготовления низковольтного электротехнического фарфора. Он оказывает положительное влияние на такие важнейшие для электрокерамики свойства как тангенс угла диэлектрических потерь, объемное сопротивление, электрическую прочность.

В работе [13] изучалась возможность применения боя известково-натриевого, боросиликатного и других стекол в качестве связки абразивного материала на основе карбида кремния. Стекло измельчали до размера 63 мкм и менее. Для устранения коррозии зерна карбида кремния покрывали пленкой двуокиси титана. Определяли обрабатываемость ряда материалов, в том числе стали марки 55. Максимальная производительность и наименьшая шероховатость поверхности получены в случае применения связки из боросиликатного и известково-натриевого стекол. Подготовка связки не требует дополнительных операций, кроме помола и просеивания. Температура обжига абразива понижается.

В Государственном институте стекла разработана технология производства цветной коврово-мозаичной плитки из отходов стекла, при которой стекломасса при выработке глушится смесью мелкодисперсного глинозема с красителем [15]. Отходы коврово-мозаичной плитки можно использовать для получения декоративной стеклокрошки. Разработаны также технологии получения из молотых отходов стекла смальты для художественно-монументальных работ и гранулированных наполнителей для легких бетонов – стеклокерамзита.

Институтом строительных материалов в Минске на основе отходов тарного стекла и сортовой посуды разработана технология получения облицовочных материалов – стекломрамора и пенодекора [16]. Эти технологии позволяют получать изделия из несортированного утилизируемого стекла без корректирующих добавок.

Ленинским стекольным заводом разработана технология получения эффективного облицовочного материала – стеклокремнезита, получаемого медом спекания смеси стеклогранулята и кварцевого песка с нанесенным декоративным слоем из цветных гранул [17], а также технология порококремнезита, отличающегося от последнего меньшей объемной массой [18].

В НПО «ЭКСТРАСТЕП» выпущена опытная партия эффективного декоративно-облицовочного материала «Экстрагранит» с использованием стеклобоя и кварцевого песка, который обладает высокими эксплуатационными свойствами [Патенты РФ № 2164896, № 2169709]. Наибольший эффект достигается при использовании экстрагранита для облицовки цоколей промышленных, общественных, торговых, культурно-развлекательных, спортивных и др. строений с целью защиты их от внешних вредных воздействий.

В Днепропетровском химико-технологическом институте разработана технология облицовочных плит («авантюрина») на основе отходов стекла с добавками оксидов хрома и меди [19].

В НИИавтостекло разработана технология облицовочных строительных материалов, позволяющая утилизировать безвозвратные отходы производства армированного стекла, триплекса и шлакоситалла. Разработаны составы глушенных цветных стекол и черного цвета – марблит [20-21].

На Борском стекольном комбинате разработан состав и технология производства эффективного теплоизоляционного материала «Кремнепор», в состав которого в виде наполнителя входит молотое стекло. Этот материал прошел успешное испытание на нескольких атомных электростанциях в виде утеплителя на кровлях машинных залов [22].

В Государственном институте стекла на основе стеклобоя разработан новый декоративно-облицовочный материал стеклокерамит. Он представляет собой двухслойный композиционный материал, получаемый путем термообработки при температуре 930 – 960<sup>0</sup>С измельченной смеси стекла и глины. Новый материал по

своим декоративным свойствам аналогичен выпускавшемуся ранее стеклокремнезиту, а по физико-механическим и технико-экономическим показателям существенно превосходит его.

Нижний слой (подложка) стеклокерамита, состоящий из вышеназванных ингредиентов, представляет собой спеченный монолит, имеющий шероховатую поверхность для обеспечения надежного крепления его со строительными конструкциями. Для изготовления подложки может быть использован покупной стеклобой, соответствующий отраслевому стандарту. При этом наличие в незначительных количествах загрязнений неорганического характера (огнеупоры, глина, песок) не играют отрицательной роли при применении стеклобоя в производстве стеклокерамита.

В Институте разработана технология получения декоративной облицовочной плитки, получаемой путем прессования измельченного бесцветного или цветного стеклобоя, однородного или смешанного двух и более видов или однородного с добавкой красителей в массе, обожженная в интервале 700-850°C и характеризующаяся равномерной окраской в массе или разноцветной с неповторяющимся рисунком или с декорированной красками лицевой поверхностью [Патент РФ № 69514]. Также представляет практический интерес разработка новых типов облицовочных на основе отходов стекла, отличающихся разнообразной цветовой гаммой [Патент РФ № 47003] и авантюриновым эффектом [Патент РФ № 96117].

### **Литература**

1. Moore H . Glass container technology. Glass Industry. 1983, vol.64 №2, p.14-17.
2. Moser H. A complete plant. Glass. 1979. vol. 56 , №5 p. 152-157.
3. Emery J.J. Conservation and Recycling. 1978. Vol. 2, №1, p 31-41.
4. Саркисов П.Д., Чернякова Р.М., Петров П.Д. Извлечение стекла из твердых городских отходов. Стекольная промышленность. Э.И. ВНИИЭСМ, 1986г. вып. 8, стр. 13-15.
5. Miller I.J., Bailey M.D. Uses for waste glass a survey . Report №2289, 1981. p.33.
6. Зотов С.Н. и др. Исследование влияния различных видов стеклобоя на свойства керамических изделий. Труды НИИСтройкерамики. 1986 г. вып.58.

7. Уэно Т, Сэки S. «Conkyrito Coreky» 1976 , т.14, №9.
8. Орлов Д.Л. Пеностекло – теплоизоляционный материал XXI века. «Стекло мира», 2003, № 2, с. 69.
9. Осипов А.Н. Пеностекло – эффективный теплоизоляционный материал. Glass Russia. Стекло, 2010, июнь, № 6, с. 30.
10. Саруханишвили А.В., Зедгинидзе И.Г. Исследование отходов промышленности в безборных и бесфтористых грунтовых эмалях. «Стекло и керамика» 1987 г., №4.
11. Джобова Е. и др. Способы утилизации отходов стекла. «Строительные материалы и силикатная промышленность» 1978 г. 19, №2 (Болг.).
12. Low N.M. Новые строительные материалы на основе природной слюды и стекольных отходов. Реферативная информация «Стекольная промышленность». 1983 г. Вып. 1, серия 9.
13. Гаврилова Л.П. и др. Использование боя стекла в электрокерамике.«Стекло и керамика» 1987 г. №7.
14. Mosniak K., Herman D. «Szklo i ceramika», 1985, vol.36, №2 (Польша).
15. Царицын М.А. и др. Производство стеклянной крошки для офактуривания фасадов и интерьеров зданий. «Стекло и керамика» 1978 г.. №7.
16. Демидович Б.К. и др. Новая технология производства отделочного материала из стекла. Экспресс-информация. «Стекольная промышленность. Отечественный опыт »1985 г. Сер. 9, вып. 7.
17. Лясин В.Ф. и др. Стеклокремнезит – новый декоративно-облицовочный материал. «Промышленность строительных материалов Москвы», 1977, №3.
18. Новый декоративно-облицовочный материал – порокремнезит. Реферативная информация «Стекольная промышленность». 1977 г. Вып.9.
19. Щеглова М.Д. и др. Декоративно-облицовочные плитки на основе отходов стекла. Реферативный сборник ВНИИЭСМ «Использование промышленных отходов ...». 1986 г. Серия 11, вып. 8.
20. Алексеева Т.И. и др. Способ переработки отходов армированного стекла для стекловарения. Реферативный сборник «Стекольная промышленность» 1981г. Серия 9, вып.11.
21. Гомозова В.Г. и др. Облицовочные плиты из марблита на основе отходов производства. «Стекло и керамика» 1989 г. №5.
22. Жималов А.Б. Автореферат кандидатской диссертации «Разработка состава и технологии теплоизоляционного материала «кремнепор» М. 1988 г.