

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОБОЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ

Минько Н.И., Добринская О.А.

Статья посвящена технологическим особенностям использования стеклового боя в технологии стекла и стекломатериалов; обозначены основные проблемы, которые необходимо учитывать при использовании стеклового боя. В статье представлены конкретные примеры использования стеклового боя в качестве компонента стекловой шихты в производстве. Приведены результаты исследования влияния содержания стеклового боя в шихте на выход годной продукции

Ключевые слова: стекломатериалы, стеклобой, энергосбережение, ресурсосбережение, неоднородность, примеси, обогащение, стекловарение

«Стратегическое сырье», «Ключевой сырьевой материал», «доступный компонент», «основной сырьевой материал» - все эти определения ученых и производителей к одному компоненту стекловой шихты – стеклобою, обеспечивающего ресурс- и энергосбережение в стекловых технологиях. В РФ вопросы использования стеклового боя особенно актуальны. Согласно проекту Правительства РФ «Об утверждении перечня видов отходов, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается», стеклобой и изделия из стекла входят в этот перечень [1].

Ежегодно в России количество отходов стекла оценивается около 1,2 млн. тонн [2]. В муниципальных ТБО России стекловых отходы составляют до 18%, в США – до 9%, в Японии – до 5% [3].

Стеклобой – ценное сырье не только в технологиях стекломатериалов, но и в строительном материаловедении, в композиционных материалах [4].

В практике промышленного стекловарения известны неоднократные ситуации, когда использование стеклового боя приводило к длительному браку продукции и нарушению всего технологического процесса. Срабатывал принцип: «Стеклобой загрузишь – стеклобой получишь». Поэтому в настоящей работе представлена не только положительная роль стеклового боя, но и рассмотрены проблемы, приводящие к негативным последствиям, и возможные пути их предотвращения.

Положительная роль стеклового боя как энерго- и ресурсосберегающего сырьевого компонента в стекловых технологиях.

1. Энергосбережение.

1.1. Производство стекла требует огромных энергозатрат, так как максимальная температура варки большинства составов стекол 1500°C и выше. Затраты энергии при получении стекла на основе традиционных сырьевых материалов составляют 2,7 ГДж/тонну стекломассы, для расплавления стеклового боя – 1,9 ГДж/тонну. Каждая тонна стеклового боя позволяет экономить 0,25% топлива на 1% боя в шихте [5].

Ниже приводятся данные различных источников. К сожалению, далеко не всегда указываются условия их получения, стекловаренная печь, производительность, температурные режимы, составы, сырье.

При введении стеклового боя 50-60% вместо шихты на сырьевых материалах экономия энергозатрат составляет 30-40% [6]. По данным [7] теоретический расход топлива снижается на 4,5 и 9% при добавлении в шихту соответственно 40 и 70% стеклового боя. Экономия энергии при введении 1% боя в технологии тарного стекла составляет 10⁷Дж. При полной замене компонентов шихты боем экономия тепла может составить 10⁹Дж [8].

По мнению авторов, оптимальным является введение 40-60% стеклового боя в шихту, но имеются заводы, работающие на 100% боя.

1.2. В шихте с боем при более низкой температуре появляется расплав. Добавка 40% боя к шихте Na-Ca-Si-стекла способствует снижению температуры силикато- и стеклообразования на 30-70 град и уменьшению содержания остаточного кварца в 1,2 раза по сравнению с шихтой без боя [8, 9].

По данным [10] время растворения кварца при 1000°C составляет 51 час; при соотношении шихта : бой = 33,3:66,7 – 38 час. При температуре 1300°C в шихте без боя время растворения кварца составляет 3,8 часа, при соотношении шихта : бой = 50:50 – 3,5 часа.

Влияние содержания стеклового боя в шихте на изменение характерных температур стекловарения наглядно иллюстрирует таблица 1 [10].

Таблица 1 - Влияние содержания стеклового боя в шихте на изменение характерных температур стекловарения

Содержание стеклового боя в шихте, мас. %	Характерные температуры, °C		
	начало оплавления	каплеобразование	растекание
1. Шихта без боя	940-1000	1100-1120	1380-1400
2. 30% боя	920-940	1050-1100	1370-1400
3. 50% боя	880-910	1040-1080	1280-1300
4. 100% бой	820-840	920-950	1200

1.3. Энергетическая эффективность стеклового боя еще в большей степени проявляется при использовании подогретого стеклового боя, что может быть в печи с подковообразным пламенем или использование тепла отходящих газов. Подтверждением являются следующие примеры.

Печь производительностью 182 т/сутки, работающая с добавлением 50% стеклового боя, за счет подогретого стеклового боя смогла увеличить производительность до 234 т/сутки [11].

По данным [11] при введении в шихту 10% холодного боя выработка стекломассы составляла в среднем 255 т/сутки. Увеличение содержания холодного боя в шихте до 20% позволила увеличить выработку до 268 т/сутки; при введении 50% боя – до 290 т/сутки. С введением 20% подогретого до 480°C боя выработка возросла до 290 т/сутки, а при повышении содержания боя до 50% - до 340 т/сутки. При этом температура, поступающего в печь стеклового боя составляла 430°C. Предполагается, эта температура может быть повышена до 590°C.

На заводе фирмы Foster-Forbes (США) подогреватель стеклового боя ($T_{\text{подогрева}} = 260^\circ\text{C}$) был установлен на печи тарного стекла производительностью 217 т/сутки. Зарегистрировано

снижение затрат топлива на 10% [12]. Подогрев стеклобоя до 482°C и 50% его введения в шихту производительность печи повысилась на 17% по сравнению с работой печи на не подогретом бое.

1.4. Вследствие меньшей реакционной способности шихты со стеклобоем, возможности снижения температуры варки стекла увеличивается срок службы огнеупоров и межремонтный период стекловаренной печи.

2. Ресурсосбережение.

2.1. Стеклобой является ценным сырьем. Частичная замена шихты стеклобоем позволяет сократить расход традиционных сырьевых материалов в технологии стекла, часть из которых, к тому же, дефицитны. Тонна стеклобоя заменяет 1,2 тонны природного сырья.

2.2. На каждую тонну производимого Na-Ca-Si-стекла крупнотоннажного производства (листовое, тарное) требуется примерно 550-700 кг обогащенного песка, 200 кг кальцинированной соды, 40 кг мела и доломита, 5 кг глиноземсодержащего сырья типа полевошпатового или нефелинового концентрата. Это может быть компенсировано 50-60% стеклобоя аналогичного состава в шихте.

2.3. По данным НПО «Хрусталь» введение в шихту 50% стеклобоя в производство стаканов позволило ежемесячно экономить в тоннах: соды – 33, поташа – 4, натриевой селитры – 7, доломита – 13, мела – 11, кварцевого песка – 105.

2.4. Использование стеклобоя способствует повышению коэффициента использования стекломассы, снижению себестоимости продукции.

Негативные моменты при использовании стеклобоя в технологии стекломатериалов, их предупреждение.

Следует различать «свой» или **возвратный** стеклобой, как отход конкретного производства и **привозной** (покупной).

Представленные выше расчетные и практические данные, а также некоторые результаты научных исследований по энерго- и ресурсосбережению реальны при использовании «своего» стеклобоя, т.е. данного производства. Такой стеклобой по химическому составу, как правило, не отличается от состава стекла в стекловаренной печи, хотя технологические особенности его использования, о чем будет сказано ниже, следует соблюдать. Основная задача при использовании «своего» стеклобоя – не допустить его загрязнения при хранении и транспортировке.

Привозной стеклобой в РФ, как правило, смешанный по химическому составу и цвету, содержит примеси не только по цвету, но и природе (керамика, фарфор, металлы, тугоплавкие и цветные стекла, органические вещества, бумага и пр.).

Согласно ГОСТ Р 52233-2004 «Тара стеклянная. Стеклобой. Общие технические условия» [13] стеклобой подразделяется на марки (5 марок) сортности (2 сорта) в зависимости от цвета, количества примесей и их природы. Установлены допуски по этим показателям.

В РФ отсутствует селективный сбор стеклобоя, технологические линии по его очистке, дроблению, помолу, усреднению и контролю качества, привозной стеклобой, как правило, загрязнен и нестабилен по

химическому составу. Загрязненного стеклобоя в РФ больше чем «своего», возвратного. Например, количество стеклобоя в ТБО в России 12-18%, тогда как в Европе, Японии – около 5% и тот извлекается, переплавляется для усреднения и используется в технологии строительных материалов [3].

Его использование приводит, в основном, к негативным последствиям – неоднородности стекломассы, появлению пороков в виде камней, свилей, газообразных включений.

Если сравнивать требования к стеклобою по немецким стандартам [14], то в последних речь идет о переработанном стеклобое и требования по качеству относятся к определенной партии весом около 250 тонн с определенным химическим составом.

Необходимость обогащения, собранного стеклобоя, существенно меняет экономическую выгоду по энерго- и ресурсосбережению при использовании стеклобоя в шихте. Поэтому в дальнейшем излагается материал применительно к «своему» (возвратному) стеклобою или очищенному и переработанному привозному. Себестоимость привозного очищенного стеклобоя может быть выше себестоимости шихты.

В связи с дополнительными затратами на обработку привозного стеклобоя, приведенные выше расчетные и практические данные НИР по энерго- и ресурсосбережению будут отличаться в сторону меньшей эффективности.

Например, в технологии зеленого тарного стекла применяли шихту содержащую 90-95%стеклобоя. Расход энергии снизился на 25% [12]. Если учитывать энергозатраты не только на стекловарение, но также на добычу, переработку и транспортировку то увеличение количества стеклобоя в шихте на каждые 10% приводит к экономии топлива на 4,4%, электроэнергии – на 1,1%. Тем не менее, учитывая ценность стеклобоя, как сырьевого материала и трудности его утилизации, необходимо профессионально его использовать.

Технологические особенности использования стеклобоя относятся к «своему» (возвратному) стеклобою или очищенному переработанному и усредненному по химическому составу привозному, отвечающему требованиям ГОСТа.

В первую очередь, следует учитывать, что стеклобой – источник неоднородности стекломассы даже, если отличия в химических составах стекломассы в ванной печи и вводимого «своего» стеклобоя находятся на уровне единиц или долей процента. Усредненный и обогащенный привозной стеклобой, как правило, характеризуется большим отличием по химическому составу и это требует корректировки рецепта шихты.

Неоднородность стекломассы обуславливает снижение термостойкости, механической прочности и химической устойчивости вырабатываемого стекла. Наиболее высокие требования по однородности предъявляются к оптическому стеклу. Увеличению однородности стекломассы способствует применение измельченного стеклобоя до уровня дисперсности кварцевого песка, применение электроподогрева, барботажа и перемешивание. Последнее широко используется в технологии оптического стекла.

Во вторых, неоднородность может быть обусловлена тем, что даже «свой» стеклобой имеет

другой химический состав, вследствие дополнительного улетучивания щелочных оксидов при фактически повторном расплавлении.

Например, Московским хрустальным заводом совместно с ГИС в производстве стеклянной тары установлено, что при увеличении введения в шихту собственного стеклобоя на каждые 5% сверх 35%, установленных заводскими нормами, содержание Na_2O в стекле уменьшается на 0,11-0,12 мас. %.

По данным [19] с увеличением количества стеклобоя в шихте с 30 до 70% содержание Na_2O уменьшается на 1,34%, содержание CaO и MgO остается постоянным, но увеличивается содержание SiO_2 на 1,22% (таблица 2).

Постепенное обеднение стекломассы щелочесодержащими компонентами приводит к увеличению вязкости стекломассы и требует корректировки всего режима стекловарения и формования.

Таблица 2 - Уменьшение Na_2O с увеличением стеклобоя в шихте [15]

В-третьих, увеличение количества стеклобоя в

Обра зец	Кол-во боя стекла в шихте, %	Содержание оксидов в стекле, %			
		SiO_2	Na_2O	CaO	MgO
1	30	74,15	14,99	6,65	4,20
2	35	74,23	14,88	6,71	4,18
3	40	74,18	14,84	6,78	4,20
4	45	74,23	14,80	6,77	4,20
5	50	74,46	14,51	6,80	4,23
6	55	74,71	14,24	6,83	4,22
7	60	74,95	14,00	6,85	4,20
8	65	75,13	13,90	6,79	4,18
9	70	75,16	13,81	6,81	4,22
10	75	75,27	13,65	6,85	4,23

шихте приводит не только к уменьшению щелочного компонента в составе стекла. По данным [12] на стадии силикатообразования стеклобой вначале реагирует с содой, что в дальнейшем затрудняет растворение остаточного кварца на стадии стеклообразования, что влечет за собой усиление неоднородности стекломассы.

В-четвертых, с увеличением количества стеклобоя в шихте изменяется окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) стекломассы. Поэтому с повышением количества стеклобоя необходима тщательная обработка рецепта шихты для повышения ОВП стекломассы.

От ОВП стекломассы и окислительно-восстановительной атмосферы в стекловаренной печи зависит смещение равновесия $\text{Fe(II)} \leftrightarrow \text{Fe(III)}$. Соотношение этих форм железа изменяется с увеличением стеклобоя в шихте. Смещение равновесия в ту или иную сторону влияет не только на изменение светопропускания и окраски готового стекла, но и влечет за собой изменение теплопрозрачности стекломассы, прогрев нижних слоев, изменение конвекционных потоков в печи и соответственно усилению неоднородности, появлению газовых пузырей, вследствие нарушения равновесия между газами, растворенными в стекломассе и газами печного пространства.

Даже если используется «свой» стеклобой, следует обращать внимание на мельчайшее визуально

различное изменение окраски. Например, в технологии листового стекла вырабатывается стекло с желтовато-зеленым оттенком, что свидетельствует о смещении равновесия в сторону Fe(III) , т.е. стекло, преимущественно окисленное за счет введения окислителей в шихту, более низким ОВП шихты при варке стекла в окислительной среде.

В настоящее время листовое стекло различной толщины вырабатывается в виде полированного на расплаве олова (флоат-метод). На одном из заводов производится стекло для авиации, космической техники. К такому стеклу предъявляются повышенные требования по светопропусканию в видимой области спектра. Для этого в шихту в небольших количествах (<1мас.%) вводятся окислители (оксиды мышьяка, сурьмы) для смещения равновесия железа в сторону Fe(III) и варка осуществляется в окислительной среде. Если на завод поступил стеклобой с другой флоат-линии, вырабатывающей стекло, преимущественно, для строительства (например, оконное) без добавок в шихту окислителей, имеющий голубой цвет. Такой стеклобой обычно бывает собран на строительных промплощадках.

Смещение окисленного и восстановленного стеклов может вызвать не только усиление неоднородности стекломассы, но и газовых включений в стекле (преимущественно «мошки»), что влечет за собой снижение выхода готовой продукции.

Стеклобой является источником пороков стекла. В привозном стеклобое могут быть примеси керамики, металла, бумаги, пластика, органических веществ.

Охрана окружающей среды. С экологической точки зрения стеклобой является неорганическим материалом, стекла массового крупнотоннажного производства не содержат токсичных компонентов, пожаробезопасны, устойчивы к воде, многим реагентам, обладают высокой твердостью.

Например, состав листового флоат-стекла, мас. %: 72 SiO_2 , 14 Na_2O , 9 CaO , 3,4 MgO , 1,5 Al_2O_3 . Исходные сырьевые природные материалы: кварцевый песок, сода, мел (известняк), доломит, глинозем или полевошпатовый концентрат. Составы тарных стекол отличаются от состава листового стекла на доли процентов.

При использовании шихт такого состава в атмосферу выделяется CO_2 , CO и оксиды азота, как результат горения топлива. При использовании сульфата натрия, наряду с содой (обычно около 2 мас.%) дополнительно выделяются SO_2 , SO_3 .

При увеличении стеклобоя в шихте уменьшается количество отходящих газов при стекловарении. Например, при производстве стеклотары с 10% боя в шихте снижается содержание в выбросах микрочастиц на 8%, окиси азота на 4%, двуокиси серы на 10% [16].

Имеются отдельные составы стекол, содержащие токсичные вещества в значительном количестве. Согласно ГОСТ Р 52233-2004 [16] стандарт не распространяется на стеклобой, содержащий в своем составе оксиды бора, бария, свинца, стронция, фосфора, а также стеклобой декорированных, глушенных и закристаллизованных изделий.

С экологической точки зрения стекло считается трудно утилизируемым отходом, так как не

подвергается разрушению под воздействием атмосферных осадков, солнечной радиации, перепаду температур, устойчив к коррозии, не разрушается в присутствии сильных и слабых кислот, солей, грибов, бактерий, а осколки стекла травмоопасны.

Т.е. для сохранения значения стеклобоя, как ресурсо- и энергосберегающего сырьевого материала для стекольной промышленности, необходимо учитывать и предотвращать негативные последствия, снижающие выход годной продукции.

Следует отметить, что размер частиц стеклобоя, который рекомендовали применять на протяжении последних 70 лет, колебался в очень больших пределах - от долей миллиметра до 100 мм. Это зависит, прежде всего, от способов загрузки боя в стекловаренную печь. Практикуется несколько вариантов введения боя в печь:

- смешивание стеклобоя с шихтой в смесителе. Для этого бой должен быть измельчен до кусков размером не более 10 - 15мм.;

- подача боя отдельно от шихты. В этом случае бой и шихта поступают в печь слоями, а дисперсность стеклобоя может находиться в пределах 0-50 мм и другие.

Известно, что при нагреве шихты, начиная со сравнительно низких температур, протекает ряд твердофазовых реакций. Ход этих реакций в существенной степени зависит от способа приготовления шихты. К числу таких методов приготовления шихты относятся: увлажнение, брикетирование, гранулирование, фриттование и другие.

Понятие метода приготовления шихты подразумевает определенное воздействие на компоненты шихты перед началом процесса стекловарения, которое в конечном итоге приводит к уменьшению потерь материалов (пыления), ускорению варки шихты или экономии топлива. Выбор метода уплотнения стекольной шихты и его эффективность зависят от гранулометрического состава и степени формуемости исходной шихты. Наиболее важными характеристиками стекольной шихты является их способность оказывать сопротивление изменению объема, целостность, форма, прочностные и другие характеристики, определяющие условия разрушения ее структуры и перехода в динамическое состояние.

В определенных случаях тот или иной метод может оказать влияние на расход тепла, скорость гомогенизации расплава и его технологические свойства.

Наиболее старым методом является измельчение компонентов шихты, в частности измельчение для процесса брикетирования шихты. В результате этого процесса зерна отдельных компонентов сближаются между собой, увеличиваются их контактирующие поверхности, сокращается объем содержащегося в шихте воздуха и, в случае применения для брикетирования высоких давлений, частично измельчаются зерна отдельных компонентов. Увеличение площадей поверхностей соприкосновения между компонентами способствует началу химических реакций еще в твердых фазах и повышает теплопроводность шихты, чему в значительной степени

благоприятствует частичное удаление из шихты воздуха, являющегося плохим проводником теплоты.

Впервые брикетирование обычной стекольной шихты было осуществлено в середине XIX века. В дальнейшем различным аспектам брикетирования был посвящен ряд исследований.

На основании изучения большого количества работ, посвященных данной проблеме, были сделаны выводы о том, что брикетированию может быть подвергнута любая шихта. Но в ходе экспериментов практика изготовления брикетов из шихты, содержащей стеклобой, оказывалась неэффективной и в настоящее время достаточно неизучена. Поэтому представляет интерес изучение степени формуемости стеклобоя в шихте.

Как показывает практика стеклоделия, использование боя в производстве стекла находит достаточно широкое применение. Тем не менее, механизм его воздействия на процессы силикато- и стеклообразования до настоящего времени изучен недостаточно и поэтому является актуальным.

Несмотря на явную выгоду, применение стеклобоя в России и странах СНГ до сих пор носит весьма ограниченный характер [17]. Основная причина этого – абсолютно низкое качество этого вторичного стекольного сырья, которое существует теперь на рынке, что затрудняет его сбыт. Среди всех примесей наиболее серьезными являются фарфор, камни и керамика. Множество производственных проблем в процессе производства следуют из этого низкого качества. Сбор, транспортировка и особенно сортировка, и переработка отходов: на их долю приходится до 75% общей суммы расходов на переработку.

В составе городских твердых бытовых отходов стекло занимает третье место и очень важно создавать эффективные системы сбора стеклобоя. В настоящее время практикуются два основных метода заготовки стеклобоя: селективный, предусматривающий сбор и сортировку отходов на месте их образования, и централизованный, предусматривающий выделение стекла из смешанных отходов на специализированных предприятиях.

Эксперименты по селективному сбору проводились с начала 70-х годов во многих промышленно развитых странах. Один из основных видов такой заготовки – сбор стеклобоя в контейнеры, расположенные в специально отведенных для этого местах. Инициаторами селективного сбора, как правило, являются фирмы производители стекла.

За рубежом, в странах Западной Европы (Германия, Франция, Англия, Италия и других), где бой стекла стал основным сырьевым материалом, применяемом в производстве стеклотары, реализованы эффективные системы сбора стеклобоя, разработаны законодательство и технологии его утилизации, сортировки, очистки, переработки и использования. В результате чего, за последние 25 лет, в Западной Европе существенно возросло количество стеклобоя, собираемого у населения, из которого производится до 50% стеклотары.

Большинство предприятий жалуется на недостаток бесцветного стеклобоя. Это вполне естественно, так как

сегодня в СНГ никто специально стеклобой не сортирует, в основном собирают в общие кучи. Заводы, производящие бесцветную стеклотару, зачастую используют полубелый стеклобой.

Специализированные предприятия, занимающиеся сбором и переработкой стеклобоя, в регионах

практически отсутствуют. Поэтому необходимо изучение этой проблемы с реализацией проектов его утилизации.

Литература:

1. Об утверждении Перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 № 1589-р // Правительство Российской Федерации: [сайт, 2018]. URL: <http://government.ru/docs/28768/> (дата обращения 12.04.2018).
2. Отходы стекла и проблемы их переработки // Стекло. 2011. №1. С.26-27
3. Рынок переработки стекла в России // Стекло. 2010. №7. С.26-28
4. Зайцева Е.И. Строительные безобжиговые композиты на основе боя технических стекол // Российский химический журнал. 2003. Т.47. №4. С.26-31
5. Степанчикова И.Г., Деревянко А.В., Зайцев В.А. Актуальные вопросы обращения с отходами стекла в России // Безопасность жизнедеятельности. 2010. №10. С.28-31
6. Рынок переработки стеклобоя. Research.Techart // Стекло. Glass Russia. 2010. №3. С.31-33
7. Обработка, подготовка и использование стекловых отходов. Аналитическая справка // Центр информации и экономических исследований в стройиндустрии. Серия «Стекольная промышленность». М.: ВНИИЭСМ, 1995. 11с.
8. Попова Г.А. Влияние стеклобоя на процессы варки и некоторые физико-химические свойства тарных стекол // Сб. трудов ГИС «Исследования по рациональному использованию сырьевых и топливно-энергетических ресурсов в стекольной промышленности». М. 1984. С.82-84.
9. Бартковская Т.В. Влияние стеклобоя на процесс стеклообразования // Сб. трудов ГИС «Исследование химически устойчивых волокон и материалов на их основе». М. 1985. С.125-128.
10. Горина И.Н., Жильцов А.Б. Предварительная подготовка шихты для интенсификации производства листового стекла // Стекольная промышленность. М.: ВНИИЭСМ, 1989. Вып.2. С.1-10.
11. Подогрев стеклобоя – способ повышения производительности стекловаренной печи GRX's Research Projects // American Glass. 1987. V.108. №11-12. P. 7-8.
12. Минько Н.И., Добринская О.А., Гридякин К.Н., Булгаков А.С. Системный подход к использованию вторичных продуктов в технологии стекломатериалов // Стекло и керамика. 2017. №5. С. 3-6.
13. ГОСТ Р 52233-2004 Тара стеклянная. Стеклобой. Общие технические условия, М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
14. Директива «Требования к качеству по бою стекла для использования в стеклотарной промышленности» // Издатели: Федеральная

References:

1. About approval of the list of types of wastes of production and consumption, composed of the useful components, dumping of which is prohibite [Elektronnyj resurs]: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 iyulya 2017 № 1589-r // Pravitel'stvo Rossijskoj federacii: [sajt, 2018]. URL: <http://government.ru/docs/28768/> (data obrashcheniya 12.04.2018).
2. Glass waste and problems of its processing // Steklyannaya tara. 2011. №1. S.26-27.
3. Glass processing market in Russia // Steklyannaya tara. 2010. №7. S.26-28.
4. Zaitseva E. I. Construction of chemically bonded composites on the basis of the battle of technical glasses // Rossijskij himicheskij zhurnal. 2003. T.47. №4. S.26-31.
5. Stepanchikova I. G., Derevyanko A. V., Zaitsev V. A. Topical issues of glass waste management in Russia // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2010. №10. S.28-31.
6. The market for cullet processing. Research.Techart // Steklo. Glass Russia. 2010. №3. S.31-33.
7. Processing, preparation and use of glass waste. Analytical information // Centr informacii i ehkonomicheskikh issledovanij v strojindustrii. Seriya «Stekol'naya promyshlennost'». M.: VNIIEHSM, 1995. 11s.
8. Popova G. A. The influence of cullet on the processes of cooking and some physical and chemical properties of container glasses // Sb. trudov GIS «Issledovaniya po racional'nomu ispol'zovaniyu syr'evykh i toplivno-ehnergeticheskikh resursov v stekol'noj promyshlennosti». M. 1984. S.82-84.
9. Bartkowski T. V. The effect of cullet on the process of glass formation // Sb. trudov GIS «Issledovanie himicheskii ustojchivyh volokon i materialov na ih osnove». M. 1985. S.125-128.
10. Gorina I. N., Zhil'cov A.B. Preliminary preparation of furnace charge for intensification of the production of sheet glass // Stekol'naya promyshlennost'. M.: VNIIEHSM, 1989. Vyp.2. S.1-10.
11. Heating cullet-a way to improve the performance of glass furnace GRX's Research Projects // American Glass. 1987. V.108. №11-12. P. 7-8.
12. Min'ko N. I., Dobrinskaya O. A., Gridyakin K. N., Bulgakov A. S. Systematic approach to secondary products implementation in glass-making // Steklo i keramika. 2017. №5. S. 3-6.
13. GOST R 52233-2004 Tara steklyannaya. Stekloboj. Obshchie tekhnicheskie usloviya, M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2004.
14. Directive "Quality requirements for glass fighting for use in the glass industry" // Publishers: Federal Association of glass industry, Dusseldorf; BDE German Federation of waste, water and raw materials management industry, Berlin; Federal Association for

Ассоциация стекольной промышленности, Дюссельдорф; VDE Немецкая федерация промышленности управления отходами, водными ресурсами и сырьем, Берлин; Федеральная ассоциация для вторичного сырья и утилизации, Бонн. 2014.

15. Бартковская Т.В. Подшихтовка содой в шихте тарного стекла при увеличении содержания стеклобоя // Стекло и керамика. 1989. №8. С.

16. Линия обработки привозного стеклобоя. Патент 9М166.П. // РЖ-Химия. Силикатные материалы. 19М. 1982. №9. С.393.

17. Йенс Розенталь. Подготовка возвратного и привозного стеклобоя // Стекло и керамика. 2008. №4. С.4-7.

secondary raw materials and recycling, Bonn. 2014.

15. Bartkowski T. V. Podshilova soda in the mixture container glass with increasing content of glass cullet // Steklo i keramika. 1989. №8. S.

16. Processing line imported cullet. Patent 9M166.P // RZH-Himiya. Silikatnye materialy. 19M. 1982. №9. S.393.

17. Jens Rosenthal. Preparation of return and imported cullet // Podgotovka vozvratnogo i privoznogo stekloboya // Steklyannaya tara. 2008. №4. S.4-7.

Минько Нина Ивановна, доктор технических наук, профессор – ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова)

E-mail: minjko_n_i@mail.ru

Добринская Ольга Александровна, инженер – ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова)

E-mail: krola87@mail.ru