



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

Московский пр., д.24-26/29 лит. А, г. Санкт-Петербург, 190013,
телеграф: Санкт-Петербург, Л-13, Технолог,
факс: ректор (812) 710-6285, общий отдел (812) 712-7791,
телефон: (812) 710-1356,
E-mail: office@technolog.edu.ru

14.12.2023 № 2998-01-03

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский
государственный
технологический институт
(технический университет)»,

д-р тех. Наук

Шевчук А.Л. Шевчук

«13» декабря 2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)»
на диссертационную работу **Бондаренко Марины Алексеевны**
на тему: **«Ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочных
материалов на основе стеклобоя»**, представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью
разработки ресурсо-энергосберегающей технологии облицовочных
материалов с использованием стеклянных бытовых отходов и техногенных
отходов промышленности.

Отсутствие нормативной базы и непостоянство химического состава
бытовых и техногенных отходов промышленности весьма затрудняет их
использование в различных отраслях промышленности. Этим объясняется,
что в настоящее время по оценкам специалистов только около 10%
различных твердых отходов находят применение в строительной индустрии,
стекольной и керамической промышленности, а также в других отраслях
промышленности.

Выбранное автором направление исследований полностью вписывается в ряд национальных проектов РФ, направленных на решение как экологических, так и экономических вопросов.

Разработка эффективных облицовочных материалов с широкой цветовой гаммой и высокими эстетико-потребительскими свойствами, а также замена дефицитных сырьевых материалов на бытовые и техногенные отходы промышленности, позволит производить конкурентоспособную продукцию и снизить энергозатраты на её производство. В этой связи тема диссертационного исследования Бондаренко М.А. является современной и актуальной и представляет, как теоретический, так и практический интерес.

Структура и содержание работы

Диссертация включает введение, пять глав, заключение и приложения. Диссертационная работа изложена на 190 страницах машинописного текста, включающего 36 таблиц, 53 рисунка, список литературы из 249 источников, 13 приложений.

Работа построена логически верно и имеет последовательную структуру, главы соответствуют цели и задачам исследования. Положения, выносимые на защиту, полностью отражают содержание диссертационного исследования.

В диссертации приведен обширный литературный обзор в области использования стеклянных бытовых отходов в технологии силикатных материалов и в составе композиционных вяжущих. Особое внимание уделено вопросам взаимодействия стекол щелочами и плазмохимическому модифицированию.

Выполнен значительный объем экспериментальных исследований в области разработки ресурсо- и энергосберегающей технологии облицовочных материалов на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного щелочами. Разработана технология композиционного вяжущего с использованием механоактивированного стеклобоя. Выявлены особенности структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного гидроксидами натрия и калия, а также в составе композиционного вяжущего и с отходами обогащения железистых кварцитов КМА.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечена анализом значительного объема известных в научной литературе сведений по исследуемой теме, выполнением комплексных экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с использованием

современного аттестованного и поверенного оборудования. Использование стандартных и оригинальных методик исследований позволяет с уверенностью заключить, что полученные данные имеют высокую воспроизводимость и сходимость и не противоречат имеющимся в научной литературе сведениям в данной области.

Научная новизна

Разработаны научно-технологические решения получения облицовочных материалов на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного гидроксидами щелочных металлов, а также в составе композиционного вяжущего и с отходами обогащения железистых кварцитов КМА.

Разработана технология облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя в количестве 77,5-80 %, модифицированного NaOH и KOH в количестве 3,0-3,5 %, при совместном усреднении и последующей тепловлажностной обработке при 85 °С, обеспечивающая получение конечного продукта с высокими эксплуатационными показателями.

Установлены закономерности структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя модифицированного KOH, заключающиеся в образовании в межпоровом пространстве столбчатых и игольчатых кристаллов первого типа размером 20-150 мкм и второго типа размером 2-5 мкм, растущие с поверхности механоактивированных частиц, что обеспечивает получение облицовочного материала с прочностью, на сжатие $25,8 \pm 0,2$ МПа, плотностью 1835 кг/м^3 и коэффициентом размягчения 0,89.

Установлен характер влияния огневой полировки высококонцентрированными источниками энергии облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного NaOH и KOH, заключающийся в образовании зон ликвации, обогащенных оксидом кремния, что обеспечивает его высокую долговечность за счет повышения твердости с 489 до 539 HV, водостойкости с 4/98 до 3/98 гидролитического класса, кислотостойкости с 98,2 % до 98,8 % и щелочестойкости с 97,1 % до 97,5 % огненнополированной поверхности.

Установлены закономерности структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя в составе композиционного вяжущего, заключающиеся в образовании цеолитоподобных натриево-кальциевых гидроалюмосиликатов типа гмеленита состава $(\text{Na}, \text{Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и томсонита $\text{NaCaAl}_2\text{Si}_5\text{O}_{20} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Установлены закономерности структурообразования и фазового состава облицовочного материала на основе стеклобоя, отходов обогащения железистых кварцитов КМА и жидкого стекла, заключающиеся в образовании при термической обработке пересыщенного оксидами железа расплава, с последующей кристаллизацией из расплава гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) и гиперстена ($\text{MgSiO}_3 \cdot \text{FeSiO}_3$).

Научная и практическая ценность диссертации

Соискателем предложен механизм структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного щелочами, заключающийся в том, что диффузионно-контролируемый процесс взаимодействия щелочей с механоактивированными частицами стекла смещается в кинетическую область в условиях интенсивного перемешивания и повышенных температур с образованием зародышей кристаллизацией и последующим ростом силикатов натрия и калия состава: Na_2SiO_3 , $\text{Na}_6\text{Si}_{40}\text{O}_{83}$, Na_4SiO_4 , $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$, $\text{K}_6\text{Si}_2\text{O}_7$, K_4SiO_4 , $\text{K}_4\text{Si}_8\text{O}_{18}$, $\text{K}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, K_2SiO_3 .

Сформулированы теоретические представления о принципах разработки технологии облицовочных материалов на основе механоактивированного стекла, модифицированного гидроксидами KOH и NaOH .

Дополнены теоретические представления о процессах структуро- и фазообразования облицовочного материала на основе механоактивированного боя стекла, модифицированного KOH и NaOH .

Разработана и запатентована ресурсо- и энергосберегающая технология и составы облицовочных материалов на основе механоактивированного тонкодисперсного стекла, модифицированного KOH и NaOH .

Разработана ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочного материала на основе механоактивированного стекла в составе композиционного вяжущего. Разработанные составы позволяют заменить часть дорогостоящего цемента на стеклобой.

Разработаны и запатентованы составы на основе СБО, отходов обогащения железистых кварцитов КМА и жидкого стекла. Показано, что жидкое стекло способствует интенсивному образованию стеклофазы, уплотнению материала и существенно снижает температуру термообработки.

Разработанные технологии рекомендованы к широкому промышленному внедрению на действующих технологических линиях с использованием только отечественного оборудования.

Апробация результатов работы

Апробация технологии облицовочных материалов осуществлялась на ООО «ПЛАЗМИКА» и ООО «ПОИСК-НАУКА». Для внедрения результатов

работы были разработаны технологические регламенты. Представленные в диссертационной работе акты внедрения свидетельствуют о высокой эффективности разработанной технологии облицовочных материалов на основе механоактивированного стекла, модифицированного щелочами. Результаты испытаний огневой полировки показали, что облицовочные материалы с огненнополированной поверхностью обладают повышенными эксплуатационными свойствами.

Основные положения диссертационной работы были представлены на Международных научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки в современном мире» (г. Уфа, 2019г.); XVII Международная научно-практическая конференция преподавателей, ученых, специалистов, аспирантов, студентов (Н. Новгород: Мининский университет, 2019г.); XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство» (г. Белгород, 2020г.); Международная научно-практическая конференция молодых ученых (г. Белгород, 2020г.); Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии и инновации (XXIV научные чтения)» (г. Белгород, 2021г.); Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук (г. Белгород, 2022г.).

Теоретические положения и результаты научно-исследовательской работы используются в учебном процессе при подготовке студентов по направлению «Химическая технология».

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Бондаренко М.А. представляют интерес для использования на предприятиях строительной индустрии на действующих технологических линиях с использованием только отечественного оборудования.

В гражданском строительстве в архитектурную моду вошли облицовочные материалы с повышенными эстетико-потребительскими свойствами, что существенно повышает архитектурно-художественные достоинства зданий и сооружений и одновременно стоимость 1 м² жилья. В связи с этим ресурсо-и энергосбережение при производстве облицовочных материалов позволит снизить их себестоимость.

Разработанные технологии облицовочных материалов за счет ресурсо-и энергосбережения позволят выпускать эффективные конкурентоспособные как на внутреннем, так и на внешнем рынках, облицовочные материалы. Их использование в гражданском строительстве позволит существенно снизить стоимость 1 м² жилья.

Работа полностью вписывается в реализацию национальных проектов РФ «Доступное жилье гражданам России» и «Экология» и затрагивает как экономические, так и экологические аспекты.

Кроме того, полученные данные как в теоретическом, так и в практическом плане могут быть использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Химическая технология» и «Строительство», а также специалистов, специализирующихся в области строительной индустрии.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В работе нет аргументированного объяснения установленным фактам образования пластинчатых кристаллов при модификации стеклобоя NaOH и игольчатых и столбчатых кристаллов при модификации стеклобоя КОН.

2. Имеется несогласованность и нет единообразия приведенных терминов (стр. 105): «тонкость помола» – «удельная поверхность».

3. В работе (2 глава) не указано, какие значения ТКЛР имеют сортавые стекла, хотя для тарных и листовых стекол значения ТКЛР приведены.

4. Не указано, какие процессы происходят при огневой полировке облицовочного материала при его плазмохимическом модифицировании плазменной струей.

5. В работе при изучении элементного состава ликваций, образовавшихся под воздействием плазменной струи, установлено повышенное содержание кремния, но не дается объяснений такому широкому разбросу его значений (стр. 98, рис. 3.24).

6. Имеются редакционные неточности по тексту диссертации (стр. 4, 150).

Заключение

Диссертация **Бондаренко Марины Алексеевны** на тему: «**Ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочных материалов на основе стеклобоя**» является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой **содержится решение научной задачи**, заключающееся в создании ресурсо- и энергосберегающей технологии облицовочных материалов на основе стеклобоя, **имеющей существенную значимость** для развития соответствующей области химической технологии стекла, стеклокристаллических и композиционных вяжущих материалов. Полученные научные результаты, выводы и рекомендации, обладают новизной, теоретической и практической значимостью. Текст диссертации написан грамотным техническим языком, материал изложен в логической последовательности.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует критериям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Бондаренко Марина Алексеевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», протокол № 20 от 7 декабря 2023 г.

Доктор технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), профессор, заведующий кафедрой химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»



Пантелеев Игорь Борисович

11 декабря 2023 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

Адрес: 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49 лит. А.

Телефон: +7(812)710-1356

E-mail: office@technolog.edu.ru

Сайт: <http://technolog.edu.ru>

Подпись *Пантелеев Игорь Борисович*
Начальник отдела кадров

