

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/article\_5ca1f6331ec888.51255959

<sup>1,\*</sup>Бессмертный В.С., <sup>2</sup>Соколова О.Н., <sup>3</sup>Бондаренко Н.И., <sup>3</sup>Бондаренко Д.О.,  
<sup>4</sup>Брагина Л.Л., <sup>1</sup>Макаров А.В., <sup>2</sup>Кочурин Д.В.

<sup>1</sup>Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Россия, 309516, г. Старый Оскол, Белгородская обл., микрорайон Макаренко, 42

<sup>2</sup>Белгородский университет кооперации, экономики и права  
Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а

<sup>3</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

<sup>4</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
Украина, 61002, Харьков, ул. Кирпичева, д.2

\*E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ БЛОЧНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ДЕКОРАТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ

**Аннотация.** Исследовано воздействие плазмы электродугового плазмотрона на плазмохимическую модификацию двухслойного термостойкого декоративного покрытия на ограждающих блоках пеностекла. Определены оптимальные технологические параметры плазменной обработки ограждающих блоков пеностекла с предварительного на основе тонкоизмельченной стеклотары и боя сортовых стекол. Показана, что на фактуру и качество двухслойного термостойкого декоративного покрытия существенно влияют скоростные характеристики факела плазмы. Экспериментально установлено, что при скорости оплавления электродуговой плазмой – 5 мм/с на поверхности блока пеностекла образуется сплошное волнистое покрытие, а при 10 мм/с – сплошное покрытие с ровным разливом.

Разработаны промежуточные термостойкие и основные составы декоративного поверхностного двухслойного покрытия для плазмохимического модифицирования ограждающих блоков теплоизоляционных материалов. Промежуточный термостойкий состав включал следующие ингредиенты: термостойкий глиноземистый цемент, измельченный и фракционированный высокоглиноземистый огнеупор и жидкое стекло. Основной состав включал смесь тонкомолотого стеклопорошка из тарных и сортовых стекол с измельченным фракционированным высокоглиноземистым огнеупором.

Исследованы такие эксплуатационные показатели блоков пеностекла с двухслойным термостойким декоративным покрытием как прочность сцепления покрытия с матрицей: морозостойкость, микротвердость, кислотостойкость, водостойкость, стираемость, влагостойкость и стойкость к соляному нейтральному туману.

**Ключевые слова:** блочное пеностекло, декоративное термостойкое декоративное покрытие, плазмохимическое модифицирование.

**Введение.** В настоящее время различные блочные теплоизоляционные изделия в современном гражданском и промышленном строительстве приобретают всё большее значение [1–3]. Это связано прежде всего с тем, что проблема по экономии и сбережению энергоресурсов, необходимых для поддержания оптимального температурного режима в помещениях, приобретает особую остроту [4–6].

Одним из наиболее эффективных теплоизоляционных материалов является блочное пеностекло, которое по своим теплоизоляционным показателям не уступает природным и искусственным материалам, а по ряду таких важнейших свойств, как пожаробезопасность и огнестойкость, экологическая безопасность и высокая коррозионная биостойкость превосходит

практически все органические теплоизоляционные материалы [7–9].

Утепление ограждающих конструкций теплоизоляционными материалами в процессе строительства требует в дальнейшем использование различных отделочных и облицовочных материалов (стеклокристаллических, стеклоэмалевых), которые существенно удорожают себестоимость 1 м<sup>2</sup> жилья. С этой целью были разработаны опытно-промышленные одностадийные и двухстадийные технологии глазурирования блочного пеностекла с использованием традиционных теплотехнических агрегатов [10–12].

Наиболее энергосберегающей в настоящее время технологией является получение стекловидных покрытий на различных стеновых материалах с использованием плазменных струй

электродуговых или индукционных плазменных установок [13–15].

Плазменное оплавление или плазмохимическое модифицирование лицевой поверхности легких и тяжелых бетонов, стеновых керамических материалов, стеновых материалов автоклавного твердения, многослойных композиционных: органических и силикатных материалов с наполнителями из полых стеклянных микросфер приводили к значительному повышению как эстетических, так и физико-химических свойств [16–20]. В связи с вышеизложенным разработка эффективной технологии плазмохимического модифицирования блочного пеностекла является актуальным направлением исследований.

**Методология.** Для получения блочного пеностекла в лабораторных муфельных печах использовали бой тарных стёкол, который мололи в шаровой фарфоровой мельнице в течение 5 часов. Тонкодисперсный порошок усредняли с пенообразователем. В качестве пенообразователя использовали сажу в количестве 1,2 %. Смесь на одну треть укладывали в металлические формы. Подъем температуры до 840 °С производили со скоростью 5 град/мин. Выдержка при максимальной температуре составляла 2 часа. Охлаждение до температуры 600 °С на стадии стабилизации производили со скоростью 2,5 град/мин. Замедленное охлаждение с 600 °С до 400 °С производили в течение 6 часов. В дальнейшем производили быстрое охлаждение. Извлекали из форм блочное пеностекло и обрабатывали алмазным кругом с получением ровной горизонтальной лицевой поверхности. На лицевую поверхность наносили промежуточный слой на основе смеси глиноземистого цемента, измельченного фракционированного высокоглиноземистого огнеупора жидкого стекла. Затем на незатвердевшую поверхность промежуточного слоя наносили декоративный слой на основе смеси стеклопорошков цветных тарных и сортовых стёкол. После твердения декоративный слой подвергали плазмохимическому модифицированию с использованием электродугового плазмотрона «Горыныч» со среднемассовой температурой плазменной струи 5500 °С. После плазмохимического модифицирования определяли прочность сцепления стекловидного покрытия с матрицей блочного пеностекла с использованием разрывной машины М-1.

Химический состав цветных тарных стёкол и сортовых стёкол, а также оплавленного стекловидного слоя определяли рентгенофлуорисцентным методом с использованием спектрометра APL9900 «Thermoscientific».

Распределение температур по толщине декоративного слоя определяли платино-платинородиевыми термопарами, которые запрессовывали на глубину 2000 мкм и 4000 мкм при формировании покрытий. Температуру образовавшегося на лицевой поверхности силикатного расплава определяли оптическим параметром «Проминь». Микротвердость покрытий определяли с использованием твердомера «NEXUS 4504-IMP» по методу Виккерса. Морозостойкость блочного пеностекла со стекловидным покрытием определяли в соответствии с требованиями нормативного документа ГОСТ 7025-91. Кислотостойкость стекловидного покрытия определяли по ГОСТ 54179-2010 на наличие цветных пятен и разводов. Испытания декоративного покрытия на влагостойкость проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54179-2010. Устойчивость на истирание проводили на аттестованном приборе по ГОСТ Р 54179-2010. Водостойкость декоративного покрытия исследовали по ГОСТ 101134.1-82.

Стойкость к воздействию нейтрального соляного тумана проводили в специальной распылительной камере по ГОСТ 54179-2010.

**Основная часть.** Высокие температуры плазменной струи при их воздействии на лицевой слой различных силикатных материалов, в том числе и теплоизоляционных, вызывают значительный термоудар. Плавление поверхностных слоёв и их разогрев до температур порядка 2000 °С, вызывает значительный температурный градиент, который приводит к образованию напряжений в материале, способных привести не только к снижению прочности сцепления покрытия с основой, но и его самоотслоению.

Для снижения последствий термоудара были разработаны составы промежуточного термостойкого слоя на основе термически-устойчивого глиноземистого цемента и измельченного фракционированного высокоглиноземистого огнеупора.

Были разработаны следующие составы промежуточного слоя (табл. 1):

- глиноземистый цемент: измельченный фракционированный высокоглиноземистый огнеупор при массовом соотношении 1:3 и фракционным составом высокоглиноземистого огнеупора 0,25–0,63 мм; 0,63–0,80 мм; 0,80–1,25 мм;
- глиноземистый цемент: бой высокоглиноземистого огнеупора при массовом соотношении 1:3 и жидким натриевым стеклом, вводимом с водой затвердения в качестве 5 %;
- глиноземистый цемент: бой высокоглиноземистого огнеупора при массовом соотношении 1:3 и жидким натриевым стеклом, вводимом с водой затвердения в количестве 10 % (табл. 1).

Таблица 1

## Составы промежуточного слоя защитно-декоративного покрытия

№ состава	Массовое содержание, %		
	Глиноземистый цемент ВГЦ-1	Измельченный фракционированный высокоглиноземистый огнеупор, мм	Содержание жидкого стекла
1	25	75 (0,25–0,63)	–
2	25	75 (0,25–0,63)	5
3	25	75 (0,25–0,63)	10
4	25	75 (0,63–0,80)	–
5	25	75 (0,63–0,80)	5
6	25	75 (0,63–0,80)	10
7	25	75 (0,80–1,25)	–
8	25	75 (0,80–1,25)	5
9	25	75 (0,80–1,25)	10

Разработаны декоративные составы смесей (табл. 2):

- цветные тарные и сортовые стекла и бой глиноземистого огнеупора фракционного состава 0,25-0,63 мм при массовом соотношении 7:3;

- цветные тарные и сортовые стёкла и бой высокоглиноземистого огнеупора фракционного состава 0,25–0,63 мм при массовом соотношении 4:1;

- цветные тарные и сортовые стекла и бой высокоглиноземистого огнеупора фракционного состава 0,63–0,80 мм.

Таблица 2

## Составы основного слоя защитно-декоративного покрытия

№ состава	Массовое содержание, %		
	Тонкомолотый слой цветных тарных и сортовых стёкол	Измельченный фракционированный высокоглиноземистый огнеупор, мм	Увлажняющий 10 % водный раствор жидкого стекла
10	70	30 (0,25–0,63)	-
11	70	30 (0,25–0,63)	+
12	70	30 (0,63–0,80)	+
13	80	20 (0,25–0,63)	-
14	80	20 (0,25–0,63)	+
15	80	20 (0,63–0,80)	+

Химический состав цветных и сортовых стёкол представлен в таблице 3 и 4.

Таблица 3

## Химический состав сортовых стёкол

№ п/п	Наименование	Содержание компонентов, мас.%,									
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cd	S
1.	Кадмиевый рубин	67,0	1,0	–	3,5	13,0	6,0	–	3,5	0,5	0,5
2.	Сортовое синее стекло*	68,6	6,3	9,3	–	14,8	1,0	–	–	–	–
3.	Сортовое зелёное стекло**	72,7	–	6,8	2,0	15,0	2,0	–	1,0	–	–
4.	Сортовое молочное стекло	66,6	6,3	6,3	–	14,8	1,0	5,0	–	–	–

\* – содержание оксида кобальта составляло 0,15 %

\*\* – содержание оксида хрома составляла 0,2 %

Таблица 4

## Химический состав тарных стёкол

Наименование	Содержание компонентов, масс %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Тарное зелёное стекло	70,5	3,3	10,0	2,0	0,2	13,0	0,3	-	0,4	0,3
Тарное коричневое стекло	71,7	1,9	8,0	4,0	0,3	13,2	0,7	-	-	0,2
Тарное синее стекло	67,5	5,2	4,7	2,2	0,9	17,2	2,0	0,062	0,031	0,115

Перед оплавлением на блоки пеностекла наносили термостойкий и декоративный слой, а затем обрабатывали блоки плазмой со скоростью 2,5, 10 и 15 мм/с. В процессе оплавления плазмой

блоков фиксировали температуру расплава и максимальную температуру на глубине 2000 мкм и 4000 мкм.

Таблица 5

## Распределение температур в декоративном слое при различных скоростях плазменной обработки

№	Скорость плазменной обработки, мм/с	Температура расплава на поверхности	Температура на глубине 2000 мкм	Температура на глубине 4000 мкм	Состояние поверхности органолептическая оценка
1	2	2050	1508	453	Вспененная поверхность
2	5	2000	1395	367	Волнистая поверхность
3	10	1960	1181	284	Поверхность с ровным разливом
4	15	1820	964	120	Бугристая не равномерная поверхность

Состояния поверхности оценивали органолептическим методом.

После оплавления исследовали физико-химические и физико-механические показатели качества двухслойного термостойкого декоративного покрытия (табл. 6).

Таблица 6

## Показатели качества блочного пеностекла с защитно-декоративным покрытием (скорость обработки 10 мм/с, толщина 4000 мкм)

№	Показатели качества	Размерность	Значения показателей качества
1	Прочность сцепления	МПа	0,74
2	Морозостойкость	Циклы	0,50
3	Микротвердость	HV	740±20
4	Кислотостойкость	-	Пятна и разводы отсутствуют
5	Водостойкость	Гидролитический класс	III
6	Истираемость	-	Соответствует ГОСТ 54179-2010
7	Влагостойкость	-	Пятна и разводы отсутствуют
8	Стойкость к соляному нейтральному туману	-	Пятна и разводы отсутствуют, помутнение отсутствует

Результаты исследований эксплуатационных показателей свидетельствует о высоком качестве стекловидного двухслойного термостойкого декоративного покрытия с широкой цветовой гаммой.

**Выводы:** разработана инновационная технология плазмохимического модифицирования блоков пеностекла с двухслойным термостойким декоративным покрытием. Исследованы эксплуатационные свойства блоков пеностекла с двухслойным термостойким декоративным покрытием на основе цветных тарных и сортовых стёкол и измельченного фракционированного огнеупора.

*Источник финансирования. Грант Президента для научных школ НШ-2724.2018.8.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ryabova A.V., Yatsenko E.A., Klimova L.V., Goltsman B.M., Fanda A.Yu. Protection of steel pipelines with glass-enamel coatings based on silica-containing raw materials of the far east of Russia // International Journal of Mechanical Engineering and Technology 2018. Volume 9. Issue 10. pp. 769–774.
- Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Smoliy V.A., Yatsenko L.A. Perspective and Experience of Use of

Glass Fraction of Solid Municipal Waste in the Production of Silicate Heat-Insulating Materials // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference "Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development", WASTE 2018. 2018. P. 46–48

3. Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Anna V. Ryabova A.V., Smolii V.A. Peculiarities of the use of siliceous raw materials of the Russian Far East in the integrated pipeline protection // MATEC Web of Conferences. 2018. Volume 242. № 01016.

4. Yatsenko E.A., Smolii V.A., Gol'tsman B.M., Ryabova A.V., Klimova L.V., Gol'tsman N. S. Optimal Fractional Composition of Batch for Synthesis of Foam-Glass Materials Based on Diatomite from the Chernoyarskoe Deposit // Glass and Ceramics. В данный момент доступно только online <https://link.springer.com/article/10.1007/s10717-019-00092-8>.

5. Пучка О.В., Сергеев С.В., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные стеклокомпозиты на основе техногенного сырья. Плазмохимические методы нанесения покрытий на поверхность пеностекла: монография. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. 186 с.

6. Минько Н.И., Пучка О.В., Степанова М.Н., Вайсера С.С. Неорганические теплоизоляционные материалы Научные основы и технология: монография. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. 263 с.

7. Рябова А.В., Яценко Е.А., Керимова В.В., Климова Л.В. Перспективы использования кремнеземсодержащего сырья дальневосточного региона в производстве стекломатериалов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. № 4. С. 104–109.

8. Минько Н.И., Пучка О.В. Основные направления развития технология производства и применения пеностекла // Строительные материалы. № 5. (Строительные материалы. № 9. Technology). 2007. С.17–20.

9. Пучка О.В., Наумова Я.Г., Степанова М.Н. Оценка качества и стоимости теплоизоляционных материалов для ограждающих конструкций зданий и сооружений // Строительные материалы. 2008. №12. С. 42–44.

10. Яценко Е.А., Рябова А.В., Климова Л.В., Фанда А.Ю., Керимова В.В., Яценко Л.А., Чумаков А.А. Исследование химических процессов, обеспечивающих прочность сцепления стеклоэ-

малевого покрытия со стальными трубопроводами // Бутлеровские сообщения. 2018. № 11. Том 56. С. 122–127.

11. Минько Н.И., Пучка О.В., Бессмертный В.С., Семенов С.В., Крахт В.Б., Мелконян Р.Г. Пеностекло. Научные основы и технология: монография. Воронеж: Научная книга, 2008. 168 с.

12. Пучка О.В., Степанова М.Н., Кузьменко А.А. Новый композиционный теплоизоляционный материал на основе пеностекла с покрытием на лицевой поверхности // Известия ВУЗов. Строительство. №9. 2007. С. 16–19.

13. Пучка О.В. Вайсера С.С., Сергеев С.В. Плазмохимические методы получения покрытий на поверхности пеностекла // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 147–150.

14. Минько Н.И., Пучка О.В., Степанова М.Н. Композиционный теплоизоляционный материал с защитно-декоративным покрытием по лицевой поверхности // Стекло и керамика. №2. 2009. С. 3–5.

15. Пучка О.В., Кузьменко А.А., Степанова М.Н. Новый композиционный теплоизоляционный материал на основе пеностекла с покрытием на лицевой поверхности // Известия вузов. Строительство. 2007. №11. С. 53–55.

16. Бессмертный В.С., Пучка О.В., Крахт В.Б., Бахмутская О.Н., Выскребенец Л.Н., Зимовина Н.Н. Пеностекло с защитно-декоративным покрытием // Фундаментальные исследования. 2009. №1. Т.1. С. 21–23

17. Пучка О.В., Степанова М.Н. Композиционный теплоизоляционный материал с защитно-декоративным покрытием // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сб. статей международной научно-технической конференции. Пенза, 2008 г. С. 146–149.

18. Минько Н.И., Пучка О.В., Кузьменко А.А., Степанова М.Н. Перспективы развития технологии производства и применения пеностекла // Стекло Мира. 2006. №4. С. 91–92.

19. Бессмертный В.С., Кочурин Д.В., Бондаренко Д.О., Брагина Л.Л., Яловенко Т.А. Стекловидные защитно-декоративные покрытия на древесно-стружечных плитах // Строительные материалы и изделия. 2018. Т. 1. № 4. С. 4–12.

20. Здоренко Н.М., Бессмертный В.С., Дюмина П.С., Бондаренко Д.О., Кочурин Д.В. Плазмохимическое модифицирование блочных теплоизоляционных материалов // Фундаментальные исследования. 2018. № 6. С. 9–14.

#### Информация об авторах

**Бессмертный Василий Степанович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии оборудования машиностроения и металлургии. E-mail: vbessmertnyi@mail.ru. Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиала) Национального исследовательского технологического университета "МИСиС". Россия, 309516, г. Старый Оскол, Белгородская обл., микрорайон Макаренко, 42.

**Соколова Оксана Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы. E-mail: sokolovakseny@rambler.ru. Белгородский университет кооперации, экономики и права. Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

**Бондаренко Надежда Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Бондаренко Диана Олеговна**, кандидат технических наук, кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: di\_bondarenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Брагина Людмила Лазаревна**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей. E-mail: bragina\_l@ukr.net. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». Украина, 61002, Харьков, ул. Кирпичева, д.2.

**Макаров Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии оборудования машиностроения и металлургии. E-mail: makarov.av@mail.ru. Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиала) Национального исследовательского технологического университета "МИСиС". Россия, 309516, г. Старый Оскол, Белгородская обл., микрорайон Макаренко, 42.

**Кочурин Дмитрий Владимирович**, магистрант. E-mail: dmitrii.kochurin@mail.ru. Белгородский университет кооперации, экономики и права. Адрес: Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

Поступила в январе 2019 г.

© Бессмертный В.С., Соколова О.Н., Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Брагина Л.Л., Макаров А.В., Кочурин Д.В., 2019

<sup>1,\*</sup>*Bessmertnyy V.S.*, <sup>2</sup>*Sokolova O.N.*, <sup>3</sup>*Bondarenko N.I.*, <sup>3</sup>*Bondarenko D.O.*, <sup>4</sup>*Bragina L.L.*,  
<sup>1</sup>*Makarov A.V.*, <sup>2</sup>*Kochurin D.V.*

<sup>1</sup>*Stary Oskol Institute of Technology of A.A. Ugarov (branch)  
of National University of Science and Technology "MISIS"*

*Russia, 309516, Stary Oskol, Belgorod Region, Residential district of Makarenko, 42*

<sup>2</sup>*Belgorod university of cooperation, economy and right  
Russia, 308023, Belgorod, Sadovaya St., 116a*

<sup>3</sup>*Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov  
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukov St., 46*

<sup>4</sup>*National technical university "Kharkiv Polytechnical Institute"  
Ukraine, 61002, Kharkiv, Kirpichev St., 2*

*\*E-mail: vbessmertnyi@mail.ru*

## PLASMACHEMICAL MODIFICATION OF THERMAL INSULATED BLOCKS WITH DECORATIVE COATING

**Abstract.** *The impact of plasma of an arc plasmatron on plasmachemical modification of a two-layer heat-resistant decorative covering on the protecting foam glass blocks is investigated. The optimum technological parameters of plasma processing of such blocks with a preliminary basis of finely divided glass containers and high-quality glass breakage are determined. It is shown that the texture and quality of a two-layer heat-resistant decorative covering are affected by speed characteristics of the plasma torch. It is established experimentally that when the arc-plasma reflow rate is 5 mm /s, a continuous wavy coating is formed on the surface of the foam glass block, and at 10 mm /s – a continuous coating with even spill.*

*Intermediate heat-resistant and basic compositions of decorative two-layer coating for plasma-chemical modification of enclosing blocks of heat-insulating materials have been developed. The intermediate heat-resistant structure includes the following ingredients: heat-resistant aluminous cement, crushed and fractioned high-aluminous refractory material, liquid glass. The basic structure includes mixture of fine ground glass powder of tare and high-quality glasses with the crushed high-aluminous refractory material.*

*The following performance indicators are investigated: adhesion strength of the coating with the matrix, frost resistance, microhardness, acid resistance, water resistance, abrasion resistance, moisture resistance and resistance to neutral salt spray test.*

**Keywords:** *block foamglass, decorative heat-resistant covering, plasmachemical modifying.*

## REFERENCES

1. Ryabova A.V., Yatsenko E.A., Klimova L.V., Goltsman B.M., Fanda A.Yu. Protection of steel pipelines with glass-enamel coatings based on silica-containing raw materials of the far east of Russia. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018, vol. 9, issue 10, pp. 769–774
2. Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Smolii V.A.; Yatsenko L.A. Perspective and Experience of Use of Glass Fraction of Solid Municipal Waste in the Production of Silicate Heat-Insulating Materials. *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference "Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development"*, WASTE 2018, 2018, pp. 46–48.
3. Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Ryabova A.V., Smolii V.A. Peculiarities of the use of siliceous raw materials of the Russian Far East in the integrated pipeline protection. *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 242, pp. 01016.
4. Yatsenko E.A., Smolii V.A., Gol'tsman B.M., Ryabova A.V., Klimova L.V., Gol'tsman N.S. Optimal Fractional Composition of Batch for Synthesis of Foam-Glass Materials Based on Diatomite from the Chernoyarskoe Deposit. *Glass and Ceramics*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10717-019-00092-8>
5. Puchka O.V., Sergeyev S.V., Kalashnikov N.V. Highly effective heat-insulating steklokompozita on the basis of technogenic raw materials. *Plasmochemical methods of drawing coverings on the surface of foamglass: monograph*. Belgorod: BSTU named after V.G. Shukhov, 2013, 186 p.
6. Minko N.I., Puchka O.V., Stepanov M.N., Waisera S.S. *Inorganic heat-insulating materials Scientific bases and technology: monograph*. Belgorod: BSTU named after V.G. Shukhov, 2014, 263 p.
7. Ryabov A.V., Yatsenko E.A., Kerimov V.V., Klimov L.V. The prospects of use of kremnezem-soderzhashchy raw materials of the Far East region in production of steklomaterial. *News of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Technical science*, 2018, no. 4, pp. 104–109.
8. Minko N.I., Puchka O.V. Main directions of development production technology and use of foamglass. *Construction materials*, no. 5, (*Construction materials No. 9, Technology*), 2007, pp. 17–20.
9. Puchka O.V., Naumova Ya.G., Stepanova M.N. Evaluation of the quality and cost of thermal insulation materials for enclosing structures of buildings and structures. *Construction materials*, 2008, no. 12, pp. 42–44.
10. Yatsenko E.A., Ryabova A.V., Klimova L.V., Fanda A.Yu., Kerimov V.V., Yatsenko L.A., Chumakov A.A. A research of the chemical processes providing durability of coupling of a stekloemalevy covering with steel pipelines. *Butlerovsky messages*, 2018, no. 11, vol. 56, pp. 122–127.
11. Minko N.I., Puchka O.V., Bessmertny V.S., Semenenko S.V., Krakht V.B., Melkonyan R.G. *Foamglass. Scientific bases and technology: monograph*. Voronezh: Scientific book, 2008, 168 p.
12. Puchka O.V., Stepanova M.N., Kuzmenko A.A. New composite heat-insulating material on the basis of a penokstekl with a covering on a front surface. *News of higher education institutions. Construction*, 2007, no. 9, pp. 16–19.
13. Puchka O.V., Waisea S.S., Sergeyev S.V. *Plasmochemical methods of receiving coverings on the surface of foamglass Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2013, no. 3, pp. 147–150.
14. Minko N.I., Puchka O.V., Stepanova M.N. Composite heat-insulating material with a protective and decorative covering on a front surface. *Glass and ceramics*, 2009, no. 2, pp. 3–5
15. Puchka O.V., Kuzmenko A.A., Stepanova M.N. New composite heat-insulating material on the basis of a foamglass with a covering on a front surface. *News of higher education institutions. Construction*, 2007, no. 11, pp. 53–55.
16. Bessmertny V.S., Puchka O.V., Krakht V.B., Bakhmutskaya O.N., Vyskrebenets L.N., Zimovina N.N. *Foamglass with a protective and decorative covering. Basic researches*, 2009, no. 1, pp. 21–23
17. Puchka O.V., Stepanova M.N. Composite heat-insulating material with a protective and decorative covering. *Composite construction materials. Theory and practice: collection of articles of the international scientific and technical conference*, Penza, 2008, pp. 146–149.
18. Minko N.I., Puchka O.V., Kuzmenko A.A., Stepanova M.N. Prospects of development of the production technology and use of foamglass. *World Glass*, 2006, no.4, pp. 91–92.
19. Bessmertny S.V., Kochurin D.V., Bondarenko D.O., Bragina L.L., Yalovenko T.A. Vitreous protective and decorative coverings on wood-shaving plates. *Construction materials and products*, 2018, vol. 1, no. 4, pp. 4–12.
20. Zdorenko N.M., Bessmertny S.V., Dyumina P.S., Bondarenko D.O., Kochurin D.V. *Plasmochemical modifying of block heat-insulating materials. Basic researches*, 2018, no. 6, pp. 9–14.

*Information about the authors*

**Bessmertny, Vasily S.** DSc, Professor. E-mail: vbessmertnyi@mail.ru. Stary Oskol Institute of Technology of A.A. Ugarov (branch) National University of Science and Technology "MISIS". Russia, 309516, Stary Oskol, Belgorod Region, Residential district of Makarenko, 42.

**Sokolova, Oksana N.** PhD, Associate professor. E-mail: sokolovakseny@rambler.ru. Belgorod university of cooperation, economy and right. Russia, 308023, Belgorod, Sadovaya St., 116a.

**Bondarenko, Nadezhda I.** Candidate of Technical Sciences, associate professor of technology of glass and ceramics. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Belgorod state technological university of V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukov St., 46.

**Bondarenko, Diana O.** PhD. E-mail: di\_bondarenko@mail.ru. Belgorod state technological university of V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukov St., 46.

**Bragina, Lyudmila L.** DSc, Professor. E-mail: bragina\_1@ukr.net. National technical Address university "Kharkiv Polytechnical Institute": Ukraine, 61002, Kharkiv, Kirpichev St., 2.

**Makarov, Alexey V.** PhD, Associate professor. E-mail: makarov.av@mail.ru. Stary Oskol Institute of Technology of A.A. Ugarov (branch) of National University of Science and Technology "MISIS". Russia, 309516, Stary Oskol, Belgorod Region, Residential district of Makarenko, 42.

**Kochurin, Dmitry V.** Undergraduate. E-mail: dmitrii.kochurin@mail.ru. Belgorod university of cooperation, economy and right. Address: Russia, 308023, Belgorod, Sadovaya St., 116a.

---

*Received in January 2019*

**Для цитирования:**

Бессмертный В.С., Соколова О.Н., Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Брагина Л.Л., Макаров А.В., Кочурин Д.В. Плазмохимическое модифицирование блочных теплоизоляционных материалов с декоративным покрытием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 3. С. 85–92. DOI: 10.34031/article\_5ca1f6331ec888.51255959

**For citation:**

Bessmertnyy V.S., Sokolova O.N., Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Bragina L.L., Makarov A.V., Kochurin D.V. Plasmachemical modification of thermal insulated blocks with decorative coating. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 3, pp. 85–92. DOI: 10.34031/article\_5ca1f6331ec888.51255959