

DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-11-18

*Бессмертный В.С., доктор технических наук, профессор,  
Пучка О.В., кандидат технических наук, профессор,  
Бондаренко Д.О. \*, аспирант,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,  
Антропова И.А., старший преподаватель,  
Белгородский университет кооперации экономики и права, Россия,  
Брагина Л.Л., доктор технических наук, профессор,  
Харьковский политехнический институт, Украина*  
\*Ответственный автор E-mail: di\_bondarenko@mail.ru

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТЕНОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аннотация:** целью работы является исследование воздействия высокотемпературного плазменного факела на процессы фазовых превращений и послойного изменения структуры защитно-декоративного покрытия на бетоне с использованием в качестве наполнителя смеси кварцевого песка и полых стеклянных микросфер. Основные задачи включали: исследование процессов испарения и термодиффузии оксидов оплавленного плазмой покрытия; исследование фазовых превращений в расплаве и его последующей кристаллизации в процессе быстрого самопроизвольного остывания оплавленного защитно-декоративного покрытия; исследование влияния натриевого жидкого стекла на процессы полиморфных превращений оксида алюминия и образование микроликваций за счет интенсивной диффузии оксида натрия; исследование эксплуатационных характеристик защитно-декоративных покрытий. Установлено, что исходными фазами в защитно-декоративном покрытии являются  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO}\cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), а жидкое натриево-стекло в покрытии приводит дополнительно к образованию  $\text{Na}_2\text{O}\cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ . Верхний слой защитно-декоративного покрытия представлен  $\text{Na-Ca-Al-Si}$  стеклом с областями неоднородностей, содержащих повышенное содержание оксида натрия. Содержание оксида алюминия в составе защитно-декоративного покрытия на основе боя высокоглинозёмистого огнеупора составляло 95,1 %. Введение в состав покрытия натриевого жидкого стекла минимизирует процессы дегидратации вяжущего компонента и изменяет химический состав защитно-декоративного покрытия. Снижение содержания оксида алюминия до 83,0 % влияет на показатели микротвердости. Микротвердость поверхности бетона за счет введения жидкого стекла снижается с 2510 HV до 887 HV.

**Ключевые слова:** плазмохимическое модифицирование, защитно-декоративные покрытия, модификации оксида алюминия, жидкое стекло, микротвердость, полые стеклянные микросферы

### Введение

На современном этапе развития жилищное строительство в России в свете положений программы президента РФ «Доступное жилье гражданам России» весьма интенсивно развивается. При строительстве зданий особое внимание уделяется их внешней облицовке. В настоящее время используется значительное количество различных дорогостоящих отделочных строительных материалов, которые в общем объеме затрат существенно увеличивают стоимость 1 м<sup>2</sup> жилой площади.

По стоимостным и эксплуатационным показателям бетоны значительно превосходят ряд традиционных стройматериалов, таких как керамический и силикатный кирпич. Для повышения эстетических свойств бетонных панелей и других строительных силикатных материалов на их лицевую поверхность наносят покрытия [1–3]. Декоративные покрытия значительно превосходят по срокам службы традиционные полимерцементные, кремнийорганические, водоземulsionные, эпоксидные и другие составы [4–6].

Технология плазменного напыления и оплавления позволяет получить покрытия, обладающие высокой химической устойчивостью и прочностными показателями [7]. Основным процессом, формирующим эксплуатационные показатели оплавленных плазменной струей покрытий, является интенсивная кристаллизация расплавов при его самопроизвольном быстром остывании [8].

Традиционные технологии получения стекловидных покрытий на бетонах с использованием экранных печей являются энергоёмкими и низкопроизводительными [9]. Использование в качестве высокотемпературного источника плазменной струи позволяет сократить технологический цикл, снизить энергозатраты, повысить эксплуатационные и эстетические свойства бетонов с защитно-декоративными покрытиями [10]. Однако, несмотря на целый комплекс положительных сторон, плазмохимическое модифицирование обладает одним достаточно существенным недостатком. Высокотемпературное воздействие плазменного факела

ла даже при кратковременном воздействии на бетон вызывает в нем дегидратацию гидросиликатов, разупрочнение бетона и образование микротрещин. Это приводит к снижению прочностных характеристик декоративного слоя [11-13].

Для снижения жесткости термоудара и интенсивности процессов дегидратации используют целый ряд различных компонентов, которые наносятся на бетон при формировании «лицом вниз» или «лицом вверх» [14-16]. Так, в составе защитно-декоративных покрытий используют керамзит, шамот, шлаковую пемзу, стеклобой, перлит, гранит, аглопорит, туф, отходы обогащения железистых кварцитов КМА и др. [17-9]. Введение в состав защитно-декоративных покрытий жидкого стекла или предварительная пропитка жидким стеклом при плазмохимическом модифицировании за счет образования эвтектических расплавов в покрытии устраняет микротрещины и упрочняет декоративное покрытие [20-21]. Актуальным решением является использование в качестве основных компонентов защитно-декоративного покрытия боя высокоглинозёмистого огнеупора с жидким стеклом и красящими солями металлов на бетоне, в качестве наполнителя которого применяется смесь кварцевого песка и полых стеклянных микросфер (ПСМ).

### Материалы и методы

Перед плазмохимическим модифицированием формовали мелкозернистый бетон, использовали металлические формы размером 20×20×20 мм. Для приготовления защитно-декоративного покрытия использовали бой высокоглинозёмистого огнеупора, который мололи в шаровых мельницах и рассеивали на ситах на фракцию 0,8-1,25 мм. Перед формированием боя высокоглинозёмистого огнеупора увлажняли 60% водным раствором натриевого жидкого стекла по ГОСТ 13078-81. Декоративный слой на бетон наносили при его формировании.

После 28 суток мелкозернистый бетон обрабатывали плазменным факелом. Высокотемпературным источником служил электродуговой плазмотрон «Горыныч». Параметры электродугового плазмотрона были следующие: температура плазмы на расстоянии 2 мм от среза плазменной горелки составлял 6000°C, ток – 6,5 А, напряжение – 165 В.

Оплавление лицевого слоя мелкозернистого бетона осуществляли на лабораторной установке, позволяющей регулировать расстояние от среза плазменной горелки до поверхности декоративного слоя и скорость движения пламенного факела по мелкозернистому бетону.

Оксидный химический состав декоративного покрытия до и после плазмохимического модифицирования исследовали рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре APL 9900 «Thermo scientific». Фазовый состав различных слоев декоративного покрытия исследовали на дифрактометре ARL XTRA (РФА). Микроструктуру изучали с применением растровой электронной микроскопии на микроскопе «TESCAN MIRA 3LMU» (РЭМ). Микротвердость защитно-декоративных покрытий определяли по методу Виккерса на твердомере «NEXUS 4504-IMP».

Эксплуатационные характеристики мелкозернистого бетона с покрытиями определяли по стандартным методикам.

Для расширения цветовой гаммы защитно-декоративных покрытий использовали водные растворы красящих солей кобальта, меди, никеля, хрома, железа, титана, олова, которыми покрывали лицевую поверхность бетона перед плазмохимическим модифицированием.

### Результаты и обсуждение

Плазмохимическое модифицирование бетонных кубиков с крошкой молотого высокоглинозёмистого огнеупора без жидкого стекла и крошкой молотого высокоглинозёмистого огнеупора, увлажненного жидким стеклом с красящими солями металлов оплавливали плазменной струей со скоростью 10-12 мм/с. На поверхности бетона, разогретого до 2100°C, образовывался расплав. Цвет покрытия характеризовался широкой цветовой гаммой в зависимости от применяемой красящей соли металлов и ее концентрации. Различные зеленые оттенки давали соли хрома. От светло-голубых до темно-синих – соли кобальта. Различные оттенки красных цветов давали соли меди. Покрытие без красящих солей металлов обладало высокой белизной, достигающей 61%.

Поле плазмохимического модифицирования послойно сошлифовывали оплавленное покрытие и определяли в нем содержание оксидов. Покрытие с расплавленной крошкой высокоглинозёмистого огнеупора обогащалось оксидом алюминия с 95,05 до 96,09 %, а содержание оксида кальция снижалось в среднем на 0,85%. Фазовый состав защитно-декоративного покрытия был представлен  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и незначительным количеством CaO·6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\beta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (рис. 1).

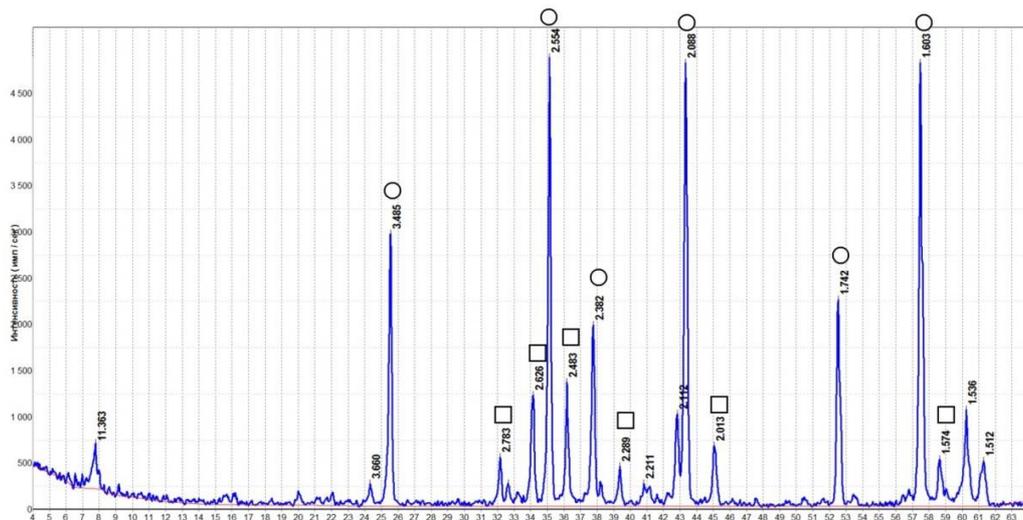


Рис. 1. Порошковая рентгеновская дифрактограмма декоративного покрытия на мелкозернистом бетоне: ○ –  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , □ –  $\text{CaO}\cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$

Fig. 1. Powder X-ray diffractogram of decorative coatings on fine-grained concrete: ○ –  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , □ –  $\text{CaO}\cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$

В покрытии имеется незначительное количество микротрещин, которые могут снижать прочность сцепления с основой. Введение в состав защитно-декоративного покрытия натриевого жидкого стекла способствует «залечиванию» микротрещин. Это снижает жесткость термоудара при оплавлении плазмой лицевой поверхности бетона и интенсивность дегидратации этtringита и других гидросиликатов.

Усредненный химический состав расплава толщиной 2000 мкм декоративного покрытия на основе оплавленной крошки высокоглинозёмистого огнеупора и жидкого стекла с красящими солями кобальта представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав расплава**

Table 1

**Chemical composition of fusion**

Химический состав, масс. %						
$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Co}_3\text{O}_4$
82,55	9,31	4,29	2,14	0,67	0,53	0,51

Микроструктура декоративного покрытия на основе крошки молотого высокоглинозёмистого огнеупора и жидкого стекла представлена на рисунке 2.

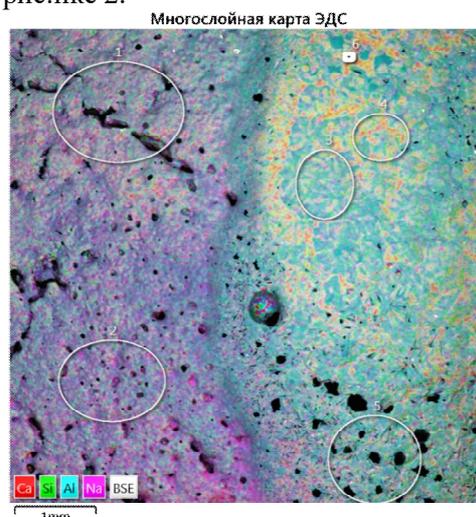


Рис. 2. Микроструктура декоративного покрытия: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – исследуемые зоны покрытия

Fig. 2. Microstructure of decorative coating: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – test areas of coating

Значительные температуры плазмы вызывают интенсивное протекание процессов термодиффузии и испарения. Наиболее подвижным является катион натрия. Его концентрация изменяется по глубине с 9,87 (рис. 3, а) до 5,65 % (рисунок 3, б). Содержание катиона кремния по глубине защитно-декоративного покрытия увеличивается с 10,35 (рис. 3, а) до 17,76 % (рис. 5, в).

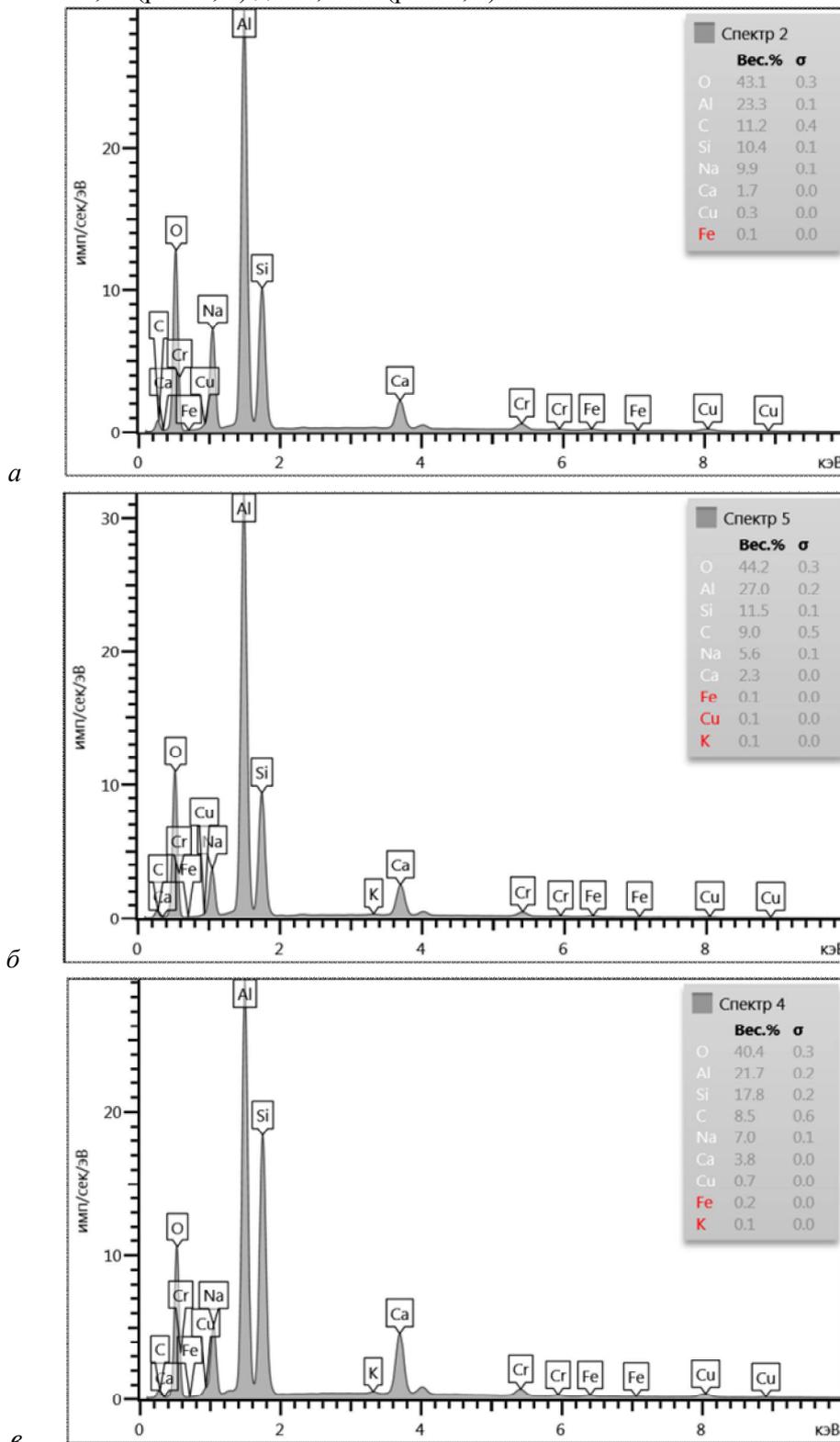


Рис. 3. Энергодисперсионные спектры декоративного покрытия:  
а – исследуемой зоны 2; б – исследуемой зоны 5; в – исследуемой зоны 4

Fig. 3. Energy dispersion spectrum of decorative coating:  
a – investigated area 2; b – investigated area 5; c – investigated area 4

В процессе быстрого самопроизвольного остывания покрытие частично кристаллизуется с образованием  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Рентгенофазовый анализ также показал наличие незначительного количества  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $11,30 \text{ \AA}^\circ$ ;  $5,63 \text{ \AA}^\circ$ ;  $2,68 \text{ \AA}^\circ$ ). При остывании с  $2100$  до  $400^\circ\text{C}$  за  $600$ – $620$  секунд кристаллизация остается незавершенной. В декоративном покрытии обнаружены участки, представленные  $\text{Na}$ – $\text{Ca}$ – $\text{Al}$ – $\text{Si}$  стеклом. Микроструктура покрытия представлена на рис. 4.

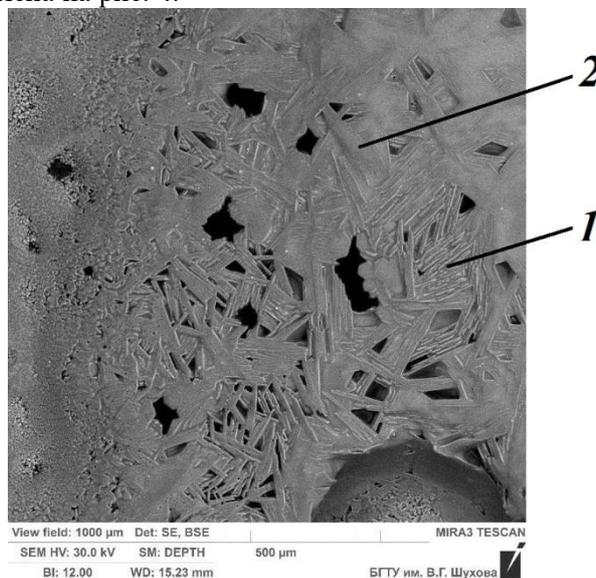


Рис. 4. Микроструктура декоративного покрытия на бетоне: 1 –  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2 – аморфная фаза  
Fig. 4. Decorative coating microstructure on concrete: 1 –  $\alpha$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2 – an amorphous phase

Декоративное покрытие на основе крошки молотого высокоглинозёмистого огнеупора обладало твердостью по Виккерсу  $2510 \text{ HV}$ . Введение в состав декоративного покрытия натриевого жидкого стекла снижало микротвердость по Виккерсу до  $887 \text{ HV}$ . На лицевой поверхности образовывались области микроликваций, представляющие собой аморфную фазу с повышенным содержанием  $\text{SiO}_2$  и пониженным содержанием (по сравнению с исходным химическим составом)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Так, содержание оксида натрия в областях микроликваций лежало в пределах  $9$ – $11\%$ , а содержание оксида алюминия составляло  $55$ – $62\%$ .

Прочность сцепления с основой достигала  $2,4 \text{ МПа}$ , морозостойкость –  $55$  циклов замораживания-оттаивания.

#### Выводы

Установлена закономерность формирования декоративных покрытий на основе крошки высокоглинозёмистого огнеупора и натриевого жидкого стекла при плазмохимическом модифицировании бетона, заключающаяся в послойном изменении фазового состава и структуры. Верхний слой защитно-декоративного покрытия представлен аморфной фазой с областями микроликваций, нижний представлен стеклокристаллической фазой, включающей  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2724.2018.8

#### Литература

1. Akulova M.V., Fedosov S.V. Atmospheric and corrosion resistance increase of concrete by plasma spaying of zink // Problemy naukowo-badawcze budownictwa: XLIII Konferencja naukowa. Poznan: Krynia, 1997. VI. P. 5 – 7.
2. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочника Ю.А., Подлзный Э.Д., Науменко Н.Н. Плазменное оплавление строительных композитов. М.: Изд-во АСВ; Иваново: ИГАСУ, 2009. 228 с.
3. Bessmertnyi V.S., Krokhin V.P., Panasenko V.A., Nikiforov V.M., Shvyrkina O.N. Glazed wall ceramics using krawaste // Glass and ceramics. 1998. V. 55. Issue 7-8. P. 222 – 223.
4. Волошко Н.И., Ковальченко Н.А., Здоренко Н.М., Купавцев Э.И. Повышение коррозионной стойкости бетонных изделий методом плазменной обработки // Международный журнал экспериментального образования. 2017. №1. С. 114.
5. Bessmertnyi V.S., Seroshtan M.V., Lyashko A.A., Krokhin V.P., Parshin N.M. Glazed wall ceramics with improved physicommechanical and decorative propenties // Glass and ceramics. 1999. V. 57. Issue 5-6. P. 169 – 171.

6. Zdorenko N.M., Bondarenko N.I., Borisov I.N., Izofatova D.I., Dorokhova E.S. Increase of competitiveness of wall construction materials with use of plasma technologies // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2014. Issue 2. 2 p.
7. Bolelli G., Lusvarghi L., Maufredini T., Siligardi C. Influence of the manufacturing process of the crystallization behavior of a Czs glass system. // Journal of Non-Crystalline Solids. 2005. V. 351. Issue 30-32. P. 2537 – 2546.
8. Bolelli G., Cannillo V., Lusvarghi T., Manfredini T., Siligardi C., Bartuli C., Loreto A., Valente T. Plasma – sprayed glass-ceramic coatings on ceramic tiles: microstructure, chemical resistance and mechanical properties // Journal of the European Ceramic Society. 2005. V. 25. Issue 11. P. 1835 – 1853.
9. Гердвис И.А. Научные основы технологии керамического глазурования бетонных изделий // Тр. НИИ «Стройкерамика», 1973. Вып. 37. С. 83 – 101.
10. Bessmertny V.S., Min'ko N.I., Bondarenko N.I., Simachev A.V., Zdorenko N.M., Rozdolskaya I.V., Bondarenko D.O. Evaluation of the competitiveness of wall building materials with glassy protective-decorative coatings obtained by plasma fusing // Glass and Ceramics. 2015. V. 72. Issue 1-2. P. 41 – 46.
11. Буянтуев С.Л., Былкова Н.В., Заяханова М. Е. Защитно-декоративные покрытия на строительных изделиях с использованием сырьевых материалов Бурятии // Строительные материалы. 2002. №8. С. 22 – 23.
12. Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Burlakov N.M. Plasma-chemical modification of concrete processed by colorific metal salts // Advances in Engineering Research. 2017. V. 133. P. 128 – 134.
13. Здоренко Н.М., Изотова И.А., Строкова В.В., Бондаренко Д.О., Гащенко Э.О., Антропова И.А. Плазмохимическое модифицирование стеклокристаллического композиционного материала // Международный журнал экспериментального образования. 2017. №8. С. 50.
14. Федосов С.В., Акулова М.В., Кошелев Е.В. Закрепление плазмооплавленного стекловидного декоративного слоя на бетоне с помощью пропиток // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. №3. С. 44 – 49.
15. Ковальченко Н.А., Здоренко Н.М., Бурлаков Н.М., Карайченцев Р.С. Плазменное напыление цветных металлов на изделиях стеновой керамики // Международный журнал экспериментального образования. 2016. №11-1. С. 81.
16. Здоренко Н.М., Ильина И.А., Бондаренко Н.И., Борисов И.Н., Изофатова Д.И. Формирование качества и конкурентоспособности стеновых строительных материалов автоклавного твердения // Современные наукоемкие технологии. 2014. №10. С. 120.
17. Баженов Ю.М., Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Акулова М.В. Высокотемпературная отделка бетона стекловидными покрытиями. М.: Изд-во АСВ, 2005. 128 с.
18. Zdorenko N.M., Kovalchenko N.A., Izofatova D.I. Innovative plasma technology of receipt of protective and decorative coverings on the block foamglass // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. №2. P. 19.
19. Здоренко Н.М., Ильина И.А., Бондаренко Н.И., Гащенко Э.О., Бондаренко Д.О., Изофатова Д.И. Защитно-декоративные покрытия для стеновых строительных материалов автоклавного твердения // Международный журнал экспериментального образования. 2015. №9. С. 81 – 82.
20. Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Борисов И.Н., Тимошенко Т.И., Буршина Н.А. Бетоны с защитно-декоративными покрытиями на основе алюминатных огнеупоров, оплавленные плазменной струей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016. №2. С. 181 – 185.
21. Федосов С.В., Акулова М.В., Федосов С.В., Слизнева Т.Е., Ахмадулина Ю.С., Падохин В.А., Базанов А.В. Свойства огнеупорных композитов на механоактивированном растворе силиката натрия // Вестник МГСУ. 2012. №1. С. 57 – 62.

## References

1. Akulova M.V., Fedosov S.V. Atmospheric and corrosion resistance increase of concrete by plasma spraying of zink. Problemy naukowo-badawcze budownictwa: XLIII Konferencja naukowa. Poznan: Krynia, 1997. VI. P. 5 – 7.
2. Fedosov S.V., Akulova M.V., SHЧepochnika YU.A., Podloznyj EH.D., Naumenko N.N. Plazmennoe oplavlenie stroitel'nyh kompozitov. M.: Izd-vo ASV; Ivanovo: IGASU, 2009. 228 p. (rus.)
3. Bessmertnyi V.S., Krokhin V.P., Panasenko V.A., Nikiforov V.M., Shvyrkina O.N. Glazed wall ceramics using kma waste. Glass and ceramics. 1998. 55 (7-8). P. 222 – 223.

4. Voloshko N.I., Koval'chenko N.A., Zdorenko N.M., Kupavcev E.H.I. Povyshenie korrozionnoj stojkosti betonnyh izdelij metodom plazmennoj obrabotki. *Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya*. 2017. 1. P. 114. (rus.)
5. Bessmertny V.S., Seroshtan M.V., Lyashko A.A., Krokhin V.P., Parshin N.M. Glazed wall ceramics with improved physicomechanical and decorative propenties. *Glass and ceramics*. 1999. 57 (5-6). P. 169 – 171.
6. Zdorenko N.M., Bondarenko N.I., Borisov I.N., Izofatova D.I., Dorokhova E.S. Increase of competitiveness of wall construction materials with use of plasma technologies. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2014. 2.
7. Bolelli G., Lusvarghi L., Maufredini T., Siligardi C. Influence of the manufacturing process of the crystallization behavior of a Czs glass system. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 2005. 351 (30-32). P. 2537 – 2546.
8. Bolelli G., Cannillo V., Lusvarghi T., Manfredini T., Siligardi C., Bartuli C., Loreto A., Valente T. Plasma – sprayed glass-ceramic coatings on ceramic tiles: microstructure, chemical resistanace and mechanical pro-prties. *Jonnral of the Eukopean Ceranic Sociaty*. 2005. 25 (11). P. 1835 – 1853.
9. Gerdvis I.A. Nauchnye osnovy tekhnologii keramicheskogo glazurovaniya betonnyh izdelij. *Tr. NII «Strojkeramika»*, 1973. 37. P. 83 – 101. (rus.)
10. Bessmertny V.S., Min'ko N.I., Bondarenko N.I., Simachev A.V., Zdorenko N.M., Rozdolskaya I.V., Bondarenko D.O. Evaluation of the competitiveness of wall building materials with glassy protective-decorative coatings obtained by plasma fusing. *Glass and Ceramics*. 2015. 72 (1-2). P. 41 – 46.
11. Buyantuev S.L., Bylkova N.V., Zayahanova M. E. Zashchitno-dekorativnye pokrytiya na stroitel'nyh izdeliyah s ispol'zovaniem syr'evykh materialov Buryatii. *Stroitel'nye materialy*. 2002. 8. P. 22 – 23. (rus.)
12. Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertny V.S., Burlakov N.M. Plasma-chemical modification of concrete processed by colorific metal salts. *Advances in Engineering Research*. 2017. 133. P. 128 – 134.
13. Zdorenko N.M., Izotova I.A., Strokova V.V., Bondarenko D.O., Gashchenko E.H.O., Antropova I.A. Plazmohimicheskoe modifitsirovanie steklokristallicheskogo kompozitsionnogo materiala. *Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya*. 2017. 8. P. 50. (rus.)
14. Fedosov S.V., Akulova M.V., Koshelev E.V. Zakreplenie plazmooplavlennogo steklovidnogo dekorativnogo sloya na betone s pomoshch'yu propitok. *Nauchnyj Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2008. 3. P. 44 – 49. (rus.)
15. Koval'chenko N.A., Zdorenko N.M., Burlakov N.M., Karajchencev R.S. Plazmennoe napylenie cvetnyh metallov na izdeliyah stenovoj keramiki. *Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya*. 2016. 11-1. P. 81. (rus.)
16. Zdorenko N.M., Il'ina I.A., Bondarenko N.I., Borisov I.N., Izofatova D.I. Formirovanie kachestva i konkurentosposobnosti stenovykh stroitel'nykh materialov avtoklavnogo tverdeniya. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2014. 10. P. 120. (rus.)
17. Bazhenov YU.M., Fedosov S.V., SHCHepochkina YU.A., Akulova M.V. Vysokotemperaturnaya odelka betona steklovidnymi pokrytiyami. M.: Izd-vo ASV, 2005. 128 p. (rus.)
18. Zdorenko N.M., Kovalchenko N.A., Izofatova D.I. Innovative plasma technology of receipt of protective and decorative coverings on the block foamglass. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2016. 2. P. 19. (rus.)
19. Zdorenko N.M., Il'ina I.A., Bondarenko N.I., Gashchenko E.H.O., Bondarenko D.O., Izofatova D.I. Zashchitno-dekorativnye pokrytiya dlya stenovykh stroitel'nykh materialov avtoklavnogo tverdeniya. *Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya*. 2015. 9. P. 81 – 82. (rus.)
20. Bondarenko N.I., Bessmertny V.S., Borisov I.N., Timoshenko T.I., Burshina N.A. Betony s zashchitno-dekorativnymi pokrytiyami na osnove alyuminatnykh ogneuporov, oplavlennyye plazmennoj struej. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. SHuhova*. 2016. 2. P. 181 – 185. (rus.)
21. Fedosov S.V., Akulova M.V., Fedosov S.V., Slizneva T.E., Ahmadulina YU.S., Padohin V.A., Bazanov A.V. Svoystva ogneupornykh kompozitov na mekhanoaktivirovannom rastvore silikata natriya. *Vestnik MGSU*. 2012. 1. P. 57 – 62. (rus.)

**Bessmertny V.S., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,  
Puchka O.V., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Professor,  
Bondarenko D.O. \*, Postgraduate,  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,  
Antropova I.A., Senior Lecturer,  
Belgorod University of Cooperation, Economics & Law, Russia,  
Bragina L.L., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,  
Kharkiv Polytechnic Institute, Ukraine**  
\*Corresponding author E-mail: di\_bondarenko@mail.ru

## PLASMOCHEMICAL MODIFICATION OF WALL BUILDING MATERIALS

**Abstract:** the aim of the work is to study the effect of a high-temperature plasma torch on the processes of phase transformations and layer-by-layer modification of the protective and decorative coating on concrete using as a filler a mixture of quartz sand and hollow glass microspheres. The main tasks included: investigation of the processes of evaporation and thermal diffusion of oxides of plasma-coated coatings; study of phase transformations in the melt and its subsequent crystallization in the process of rapid spontaneous cooling of the fused protective and decorative coating; study of the effect of sodium liquid glass on the processes of polymorphic transformations of alumina and the formation of micro-wicks due to the intense diffusion of sodium oxide; study of operational characteristics of protective and decorative coatings. It was established that the initial phases in the protective-decorative coating are  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{CaO}\cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\beta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), and the liquid sodium glass in the coating leads additionally to the formation of  $\text{Na}_2\text{O}\cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ . The top layer of the protective and decorative coating is Na–Ca–Al–Si glass with regions of heterogeneities containing an increased content of sodium oxide. The content of aluminum oxide in the protective and decorative coating based on the battle of high-alumina refractory was 95.1 %. The introduction into the coating composition of sodium liquid glass minimizes the processes of dehydration of the binding component and changes the chemical composition of the protective and decorative coating. Reduction of the aluminum oxide content to 83.0 % affects the microhardness indicators. Microhardness of the concrete surface due to the introduction of liquid glass is reduced from 2510 HV to 887 HV.

**Keywords:** plasma-chemical modification, protective-decorative coatings, alumina modifications, liquid glass, microhardness, hollow glass microspheres

**Для цитирования:** Бессмертный В.С., Пучка О.В., Бондаренко Д.О., Антропова И.А., Брагина Л.Л. Плазмохимическое модифицирование стеновых строительных материалов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 11 – 18. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-11-18

**For citation:** Bessmertny V.S., Puchka O.V., Bondarenko D.O., Antropova I.A., Bragina L.L. Plasmochemical modification of wall building materials. Construction Materials and Products. 2018. 1 (2). P. 11 – 18. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-11-18

Поступила в редакцию 2 февраля 2018 г.  
Принята в доработанном виде 27 марта 2018 г.  
Одобрена для публикации 25 мая 2018 г.

Received: February 2, 2018.  
Revised: March 27, 2018.  
Accepted: May 25, 2018.