

Л.В. ИЛЬИНА¹, Л.Н. ТАЦКИ¹, Л.А. БАРЫШОК¹¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,
г. Новосибирск, Россия

КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ С ДОБАВКОЙ ОТХОДОВ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА

Аннотация. Высокая стоимость керамических пигментов способствует расширению исследований по их замене на многотоннажные промышленные отходы. Опробованы составы шихты на основе низкокачественного глинистого сырья с добавками волластонита дисперсностью 10 мкм (ООО «Технохим», г. Новосибирск) и отход ферросиликомарганца, оседающего в рукавных фильтрах (Западно-Сибирский электрометаллургический завод г. Новокузнецк). Установлено, что введение в шихту 9 мас. % волластонита и 5 мас. % отхода при полусухом прессовании приводит к содержанию в черепке 15 мас. % волластонита – 2М с достижением максимальной прочности образцов 45,5 МПа и водопоглощения 14 мас. %. Отказ от использования добавки волластонита с увеличением дозировки отхода до 10 мас. % позволил без потери прочности снизить водопоглощение до 11,5 мас.%. Цвет черепка темно-шоколадный.

Ключевые слова: низкокачественное глинистое сырье, полусухое прессование, добавки волластонита и отхода ферросиликомарганца, фазовый состав черепка, физико-технические свойства.

L.V. ILINA¹, L.N. TACKY¹, L.A. BARSHOK¹¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia

CERAMIC BRICK BASED ON LOW-QUALITY CLAY RAW MATERIAL WITH WASTE ADDITION FERROSILICOMANANTS

Abstract. The high cost of ceramic pigments contributes to the expansion of research on their replacement with large-tonnage industrial waste. Charge compositions based on low-quality clay raw materials with additions of wollastonite with a dispersion of 10 microns (OOO Tekhnokhim, Novosibirsk) and waste of ferrosilicomanganese deposited in bag filters (West Siberian electrometallurgical plant, Novokuznetsk) were tested. It was found that the introduction of 9 wt. % wollastonite and 5 wt. % waste in semi-dry pressing leads to a content of 15 wt. % wollastonite - 2M with a maximum specimen strength of 45.5 MPa and water absorption of 14 wt. %. Refusal to use the addition of wollastonite with an increase in the dosage of the waste to 10 wt. % made it possible to reduce water absorption to 11.5 wt.% without loss of strength. The color of the che-turnip is dark chocolate.

Keywords: low-quality clay raw materials, semi-dry pressing, additions of wollastonite and ferrosilicomanganese waste, phase composition of the shard, physical and technical properties.

Введение

Керамический кирпич - востребованный стеновой материал. Выпуск стеновых керамических изделий в Центральном федеральном округе составляет до трети от общего количества, в Приволжье – 23 %, а в Сибири – около 18 % [1 - 5]. В индивидуальном строительстве и в реставрационных работах в последние годы находит применение керамический лицевой кирпич. Известно, что этот вид продукции может быть ангобированным, двухслойным, глазурированным и объемного окрашивания. Основные

преимущества последнего в его большей долговечности и в сохранении однородности окраски в объеме [6 - 8].

Большинство предприятий выпускает лицевой керамический кирпич объемного окрашивания способом пластического формования. Передовой в России является группа компаний «Голицынский кирпич», выпускающая изделия более десятка цветов [9].

В г. Новосибирск лицевой кирпич объемного окрашивания выпускают КЗ «Ликолор». На данном предприятии осветляют керамический черепок, сочетая местное красножгущее сырье с привозным беложгущимся и получая абрикосовый цвет черепка. ООО «Стройкерамика» по заказу потребителей производит кирпич с осветленным черепком за счет введения в шихту тонкомолотого мела МТД-2 и изделия черного цвета за счет использования добавки пигмента MnO_2 .

Производство керамических пигментов затратно, поэтому в настоящее время проводятся работы по их замене на техногенные отходы, содержащие хромофорные компоненты. Под руководством А.Ю. Столбоушкина создано новое научное направление: «Строительные керамические материалы матричной структуры на основе техногенного и природного сырья». Практическая реализация идеи направлена на формирование матричной структуры керамики, состоящей из двух частей: ядра из недоспеченного материала и плотно спеченной оболочки [10, 11]. Апробированы отходы обогащения железных руд, углистых аргиллитов, марганцевых руд и т.д. [12 - 14]. Выпущены опытные партии кирпича из отходов [15, 16].

Сибирский регион не располагает качественным глинистым сырьем для производства керамического кирпича пластического формования. Глинистые породы характеризуются низким содержанием глинистых частиц (< 5 мкм) 7-14 об. % и высоким – пылеватых фракций (5 - 50 мкм) 65 - 75 об. % [17 - 20]. Следствием этого является высокая чувствительность сырья к сушке.

Н.Г. Гуров рекомендует перевод промышленности на выпуск кирпича полусухого прессования с включением в технологическую схему измельчительно-сушильной установки (ИСУ). В этом агрегате происходит сушка с частичной дегидратацией сырья, его помол и механотермическая активация. В результате снижается чувствительность глинистой породы к сушке и устраняется вредное влияние карбонатных включений. Следующей обязательной операцией является грануляция шихты. Н.Г. Гуров считает, что завод III поколения позволит выпускать кирпич, в том числе объемного окрашивания [21].

В публикации [17] введение в шихту на основе Барышевского месторождения (НСО) 10 мас. % охры позволило получить красно-коричневый цвет черепка с повышением прочности с 24,2 МПа до 31 МПа при практически не изменившемся водопоглощении (13,1-13,7 мас. %). Интересный результат получен при введении 10 мас. % редоксайда совместно с 5 мас. % плавня (молотое стекло): цвет черепка вишневый, предел прочности при сжатии возрос на 27 %, а водопоглощение снизилось на 13 % (до 11,4 мас. %) по сравнению с контрольным составом.

Таким образом, целью работы явилось изучение фазового состава керамического черепка из шихт с добавками отхода ферросиликомарганца Западно-Сибирского электрометаллургического завода (г. Новокузнецк) в увязке с физико-техническими свойствами обожженных образцов.

Сырьевые материалы

В качестве основного глинистого сырья использован пылеватый умеренно-пластичный суглинок Каменского месторождения, являющийся сырьевой базой кирпичного завода ООО «Стройкерамика» г. Новосибирска. Глинистая порода является полиминеральной: смешаннослойные минералы, гидрослюда, каолинит. В качестве примесей присутствуют кварц, полевошпат, карбонаты [22 - 24].

В качестве добавок использовались волластонит и отход ферросиликомарганца Западно-Сибирского электрометаллургического завода в г. Новокузнецк, оседающий в рукавных фильтрах.

Волластонит рассматривается как микроармирующая добавка ($S = 250 \text{ м}^2/\text{кг}$) [24]. Использовался волластонит производства ООО «Технохим» (г. Новосибирск) дисперсностью 10 мкм. Химический состав отхода ферросиликомарганца представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав ферросиликомарганца

Содержание, мас.% на сухое вещество										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO*	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	S	п.п.п
37,22	2,05	0,43	5,63	4,11	33,53	1,35	3,58	2,21	0,23	0,59

Примечание: *содержание марганца учтено в виде двухвалентного оксида марганца

Приведенные данные показывают, что максимальное количество приходится на оксиды SiO₂ и MnO; оксид Fe₂O₃ содержится в количестве 0,43 мас. %. Размер частиц отхода изменяется от 0,38 мкм до 119 мкм. На графике гранулометрического состава отхода (рисунок 1) отмечено два пика с максимумами при размере частиц около 3 мкм и 38 мкм, т.е. материал представляет собой пылевидный продукт. Минеральный состав отхода весьма сложен. Результаты рентгенофазового анализа приведены на рисунке 2.

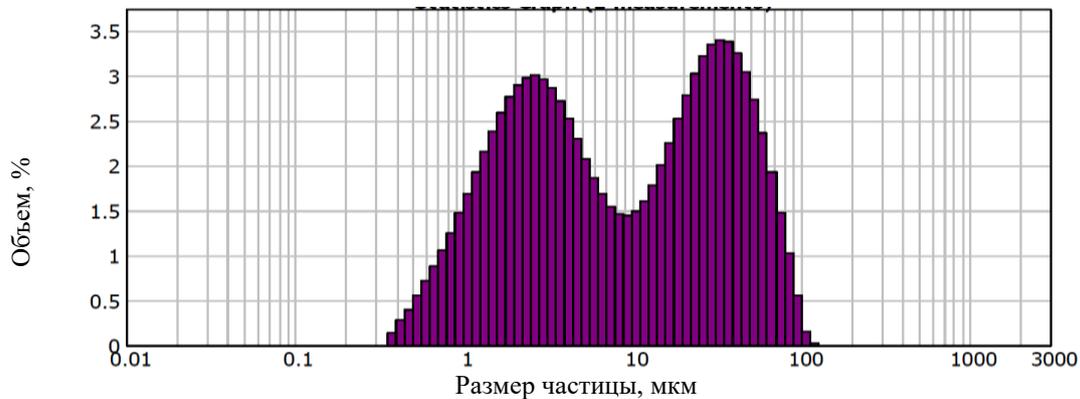


Рисунок 1 – Гранулометрический состав отхода ферросиликомарганца

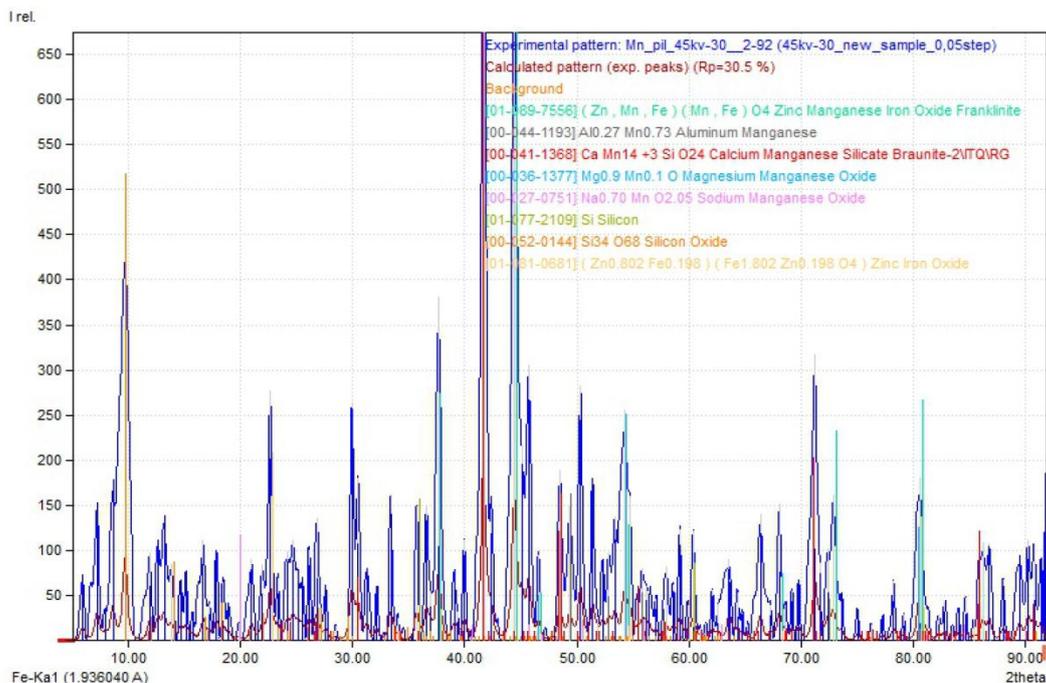


Рисунок 2 – Результаты рентгенофазового анализа отхода ферросиликомарганца

По результатам рентгенофазового анализа выявлено, что пылевидный отход имеет сложный минеральный состав. Окрашивающих черепок компонентов два: соединение, содержащее кальций, марганец, силикат и браунит (черная окраска) и содержащее магний и оксид марганца – светло-желтая окраска. В комбинации с глинистым сырьем при обжиге получен керамический черепок темно-шоколадной окраски.

Методы исследования

Технология изготовления образцов полусухого прессования заключалась в следующем. Сырье высушивалось и измельчалось в шаровой мельнице в течение 2 часов. Затем вводились добавки, смесь перемешивалась сначала в сухом состоянии, а затем во влажном. Смесь пропускали через сито 1,25 мм, имитируя процесс грануляции. Влажность пресс порошка 12 мас. %, давление прессования 25 МПа. Образцы диаметром 40 мм, массой по 80 г, прессовались в две стадии: 1 стадия – давление составляло 50 % от максимального. Образцы высушивались 3 суток под влажной тканью, 1 сутки без нее и затем в сушильном шкафу при 100-105 °С. Обжиг осуществлялся в лабораторной электропечи при температуре 1050 °С в течение 8 часов с выдержкой при максимальной температуре 1 час. Морозостойкость ориентировочно оценивалась по коэффициенту структурности, т.е. по соотношению водопоглощения при кипячении в течение 1 часа к водопоглощению за 48 часов насыщения.

У обожженных образцов определялись средняя плотность, предел прочности при сжатии, водопоглощение за 48 часов. Рентгенограммы керамического черепка образцов получены на порошковом дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Германия). Количественный анализ проведен методом Ритвельда (безэталоный метод), расчет выполнен в программе для профильного и структурного анализа Topas 4.2 (Bruker AXS, Германия). Присутствующие фазы установлены по базе данных порошковых дифрактограмм ICDD PDF-4, выпуск 2011 г. [25].

Результаты экспериментов

Для проведения исследования изготавливались экспериментальные образцы составов с добавками и без добавок (контрольный состав). Содержание добавок в составах приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Вещественный состав

№ состава	Вещественный состав, мас. %		
	глинистая порода	отход ферросиликомарганца	волластонит
1	100	0	0
2	96	1	3
3	92	5	3
4	86	5	9
5	90	10	0

Общий вид рентгенограмм составов с увеличенной областью фона представлена на рисунке 3. Выполнена расшифровка рентгенограмм образцов по межплоскостным расстояниям. В таблице 3 представлен фазовый состав образцов.

Таблица 3 - Фазовый состав образцов (мас.%)

Номер состава	SiO ₂ кварц	K ₅ Na ₅ AlSi ₃ O ₈ полевой шпат	Fe ₃ O ₄ магнетит	(Na,Ca) Al (Si,Al) ₃ O ₈ альбит	Na _{6,8} (Al _{6,3} Si _{9,7} O ₃₂) нефелин	Fe ₂ O ₃ гематит	Mn _x Ca _{3-x} (SiO ₃) ₃ волластонит - 2 М	Mn _x Fe _{3-x} O ₄
1	42	21	-	32	1	4	-	-
2	39	13	-	38	-	4	6	-
3	38	8	6	39	-	1	8	-
4	36	10	-	34	-	5	15	-
5	35	12	4	40	-	1	-	8

Примечание: общая формула: (Na,Ca, K) Al(Si,Al)₃O₈, т.е. соединение имеет формулу ABC₃O₈, где вместо А могут быть элементы Na,Ca,K или любая их комбинация, не превышающая единицу, вместо В стоит Al, вместо С - Si и/или Al, либо их комбинация, не превышающая 3.

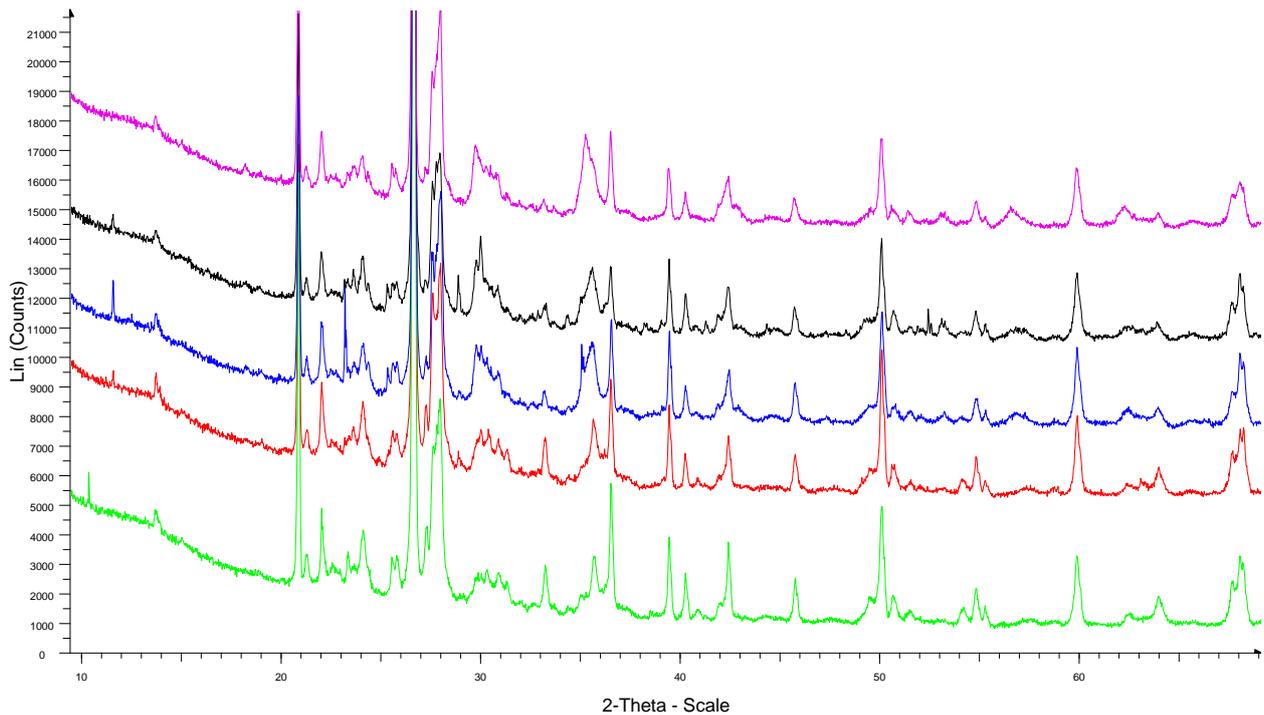


Рисунок 3 - Общий вид рентгенограмм составов:
 №1 - обозначен зеленым цветом, №2 - красным, №3 - синим, №4 – черным, 5 - цветом фиолетового

Состав без добавок содержит наибольшее количество кварца и полевого шпата и наименьшее – альбита по сравнению с другими образцами. Идентифицировать 1 мас.% нефелина по межплоскостным расстоянием не удалось. Установлено присутствие оксида железа Fe_2O_3 в количестве 4 мас.%.

Кварц выявлен по характеристическим линиям с $d/n = 0,334; 0,182$ и $0,154$ нм, а также по линиям с $d/n = 0,426; 0,369; 0,245; 0,228; 0,212; 0,166; 0,138; 0,137$ нм. Ортоклаз - $K(AlSi_3O_8)$ по линиям с $d/n = 0,403; 0,381; 0,319; 0,299; 0,294; 0,285; 0,251; 0,228; 0,177; 0,145$ нм. Альбит - $Na(Al, Si_3O_8)$ - $d/n = 0,322; 0,295; 0,255; 0,182; 0,145$ нм. Гематит Fe_2O_3 $d/n = 0,269; 0,251; 0,220; 0,184; 0,169; 0,148$ нм.

Состав 2 содержал 3 мас.% волластонита $Ca_3(Si_3O_9)$ и 1 мас. % отхода ферросиликомарганца. По сравнению с контрольным образцом увеличилось содержание альбита и уменьшилось – полевого шпата. Вероятно, Na – содержащая часть полевого шпата пополнила количество альбита. Содержание гематита осталось без изменения. Волластонит обогатился марганцем и приобрел формулу $Mn_xCa_{3-x}(SiO_3)_3$ – волластонит– 2 М.

В составе 3 гематит Fe_2O_3 восстановился до магнетита Fe_3O_4 ($d/n = 0,255; 0,210; 1,71; 1,61$) нм. Последний обладает большой реакционной способностью. Незначительно (на 1 мас.%) увеличилось содержание альбита. Остается не выясненной причина резкого снижения содержания полевого шпата. Интенсивность основного кварцевого пика с $d/n = 0,334$ нм в образце 3 снизилась, незначительно, а содержание полевого шпата уменьшилось в 1,6 раза по сравнению с составом 2. Появился (только в образце 3) эффект с $d/n = 0,383$ нм. Причина этого требует дополнительных исследований.

В таблице 4 представлены физико-технические свойства обожженных составов и цвет керамического черепка.

Таблица 4 - Свойства обожженных составов

№ состава	Наименование показателя				Цвет керамического черепка
	средняя плотность	прочность при сжатии, МПа	водопоглощение	коэффициент структурности	
1	1890	39,1	13,5	1,19	светло-коричневый
2	1847	35,6	12,4	1,29	темно-коричневый
3	1885	43,6	13,7	1,04	темно-шоколадный
4	1882	45,5	14,0	1,12	темно-шоколадный
5	1980	44,8	11,5	1,15	темно-шоколадный

Примечание. Формовочная влажность 12 мас.%, давление прессования 25 МПа, температура обжига 1050 °С.

Состав 4 содержал (мас. %): 5 – отхода и 9 – волластонита. В результате обжига резко возросло содержание волластонита – 2 М (таблица 3). Прочность образцов максимальная при незначительном увеличении водопоглощения.

При отсутствии в составе 5 волластонита образовалось при обжиге максимальное количество плавня – альбита, что позволило снизить водопоглощение черепка с 13,5 до 11,5 мас.% (таблица 4). Прочность по сравнению с составом 4 практически не изменилась.

Таким образом, отказавшись от добавки волластонита в пользу повышения содержания в шихте отхода – ферросиликомарганца удалось повысить прочность керамического черепка на 16,9 % и снизить водопоглощение с 13,5 до 11,5 мас. %. Темно-шоколадная окраска обогатит архитектурные возможности применения продукции. Ориентировочная оценка морозостойкости по коэффициенту структурности подтверждает пригодность лицевого кирпича всех составов для работы в сибирских условиях.

Выводы

В связи с дефицитом высококачественного глинистого сырья в Сибирском регионе оправдана рекомендация перехода на технологию полусухого прессования кирпича. Изучен фазовый состав керамического черепка образцов различных составов, что позволило сделать следующие выводы:

- наличие в сырье свободного кварца и примеси полевого шпата явилось основанием для содержания в керамическом черепке не только этих компонентов, но и повышения количества альбита;
- введение в шихту 3 мас.% добавки волластонита и всего 1 мас.% пылевидного отхода ферросиликомарганца Западно-Сибирского металлургического завода приводит к появлению в черепке 6 мас. % волластонита – 2 М $[Mn_xCa_{3-x}(SiO_3)_3]$;
- повышение содержания в шихте волластонита до 9 мас. % способствует увеличению количества в черепке до 15 мас. % волластонита – 2 М и достижению максимальной прочности обожженных образцов при неизменном водопоглощении;
- отказ от использования добавки волластонита и повышение содержания в шихте до 10 мас. % отхода ферросиликомарганца позволило повысить прочность на 16,9 % и снизить водопоглощение с 13,5 до 11,5 мас.%;

Формирование в керамическом черепке ферросиликомарганцевого новообразования $(Mn_xFe_{3-x}O_4)$ при одновременном повышении содержания альбита (плавня) способствует углублению процесса спекания, сопровождающегося снижением водопоглощения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Integrated Cross-disciplinary Approach to Dating the Architectural Heritage Objects. Based on Abkhazia and Chechnya Architectural Monuments Dating back from 2nd to 11th Centuries. 2nd International Conference on Art Studies: Science, Experience, Education (ICASSEE 2018) «Advances in Social Science, Education and Humanities Research». Vol. 284. Pp. 613–617. DOI: <https://doi.org/10.2991/icassee-18.2018.121>.
2. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Modern techniques of research of medieval lime mortars for carrying out dating of monuments (on the example of objects of Abkhazia of the 2-11th c.). Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (Траце 2018). 2019. Vol. 91. Articler Number 02006. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102006>.

3. Vereshchagin V.I., Khabas T.A., Proskurdina O.A., Starosvetskiy S.I., Proskurdin D.V. Increase in strength of porous alumina ceramic by additives of aluminum oxide nanopowder // *Inorganic Materials: Applied Research*. 2016. T. 7. No 1. Pp. 29-33. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2075113316010275>.
4. Тематические новости: «Рынок керамики, керамогранита и кирпича РФ» [Электронный ресурс]. URL: <http://infoline.spb.ru/shop/Tematicheskie-novosti/page.php?ID=151971> (Дата обращения: 21.02.2021).
5. Буйко О.В., Котенёва П.И. Анализ и тенденции развития рынка строительства и производства стеновых строительных материалов // *Ползуновский альманах*. 2017. № 4. Т. 2. С. 20-24. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30722108>.
6. Stolboushkin A., Fomina O., Fomin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 124. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016>
7. Dovzhenko I.G. Light-tone ceramic facing brick manufacture using ferrous-metallurgy by-products // *Glass and Ceramics*. 2011. Vol. 68. No. 7–8, pp. 247–249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10717-011-9364-2>.
8. Brook R.I. Principles for the production of ceramics with improved chemical characteristics // *British Ceramic Society*. 1982. No. 32.
9. В Голицыно – за кирпичом // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2004. № 1. С. 10-11.
10. Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 24-28. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-758-4-24-28>.
11. Stolboushkin A., Akst D., Fomina O., Ivavov A. Structure and properties of ceramic brick colored by manganese-containing wastes. 4th international young researchers conference on youth, science solutions: ideas and prospects. 2017. P. 02009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714302009>.
12. Prim S.R., Folgueras M.V., M.A. de Lima, D. Hotza Synthesis and characterization of hematite pigment obtained from a steel waste industry // *Journal of Hazardous Materials*. 2011. Vol. 192. P.1307-1313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.034>.
13. Andreola F. Agricultural waste in the synthesis of coral ceramic pigment / Fernanda Andreola, Luisa Barbieri, Federica Bondioli // *Dyes and Pigments*. 2012. Vol. 94. P. 207-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.01.007>.
14. Fomina O.A., Stolboushkin A.Yu. Firing of ceramics from granulated foam-glass // *Materials Science Forum*. 2020. T. 992 MSF. pp. 265-270. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.992.265>.
15. Акст Д.В., Дружинин М.С., Столбоушкин А.Ю. Исследование влияния отходов обогащения марганцевых руд на объемное окрашивание керамических изделий // *Сб. Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России. Труды всероссийской научно – практической конференции с международным участием. Сибирский государственный индустриальный университет, Архитектурно-строительный институт. Новокузнецк: СибГИУ*. 2016. С. 124-128.
16. Stolboushkin A.Y., Vereshchagin V.I., Fomina O.A., Phase composition of the core–shell transition layer in a construction ceramic matrix structure made from non-plastic raw material with clay additives // *Glass and Ceramics*. 2019. Vol. 76. pp. 16-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10717-019-00124-3>.
17. Тацки Л.Н., Ильина Л.В., Филин Н.С. Технологические принципы повышения качества керамического кирпича полусухого прессования из низкокачественного сырья // *Известия вузов. Строительство*. 2019. № 7. С. 35- 49. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2019-7-35-48>.
18. Ilina L., Tatski L., Baryshok L. Quality Improvement of semi-dry pressing ceramic bricks from low-quality raw materials by the directional additives // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 962 (2020). P. 022007 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/2/022007>.
19. Тацки Л.Н., Ильина Л.В. Разработка составов шихт из низкокачественного глинистого сырья в технологии стеновой керамики объемного окрашивания // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2020. № 1 (733). С. 87 – 101. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-733-1-87-101>.
20. Guryeva V.A., Doroshin A.V. Building Ceramics Based on Carbonate-Containing Raw Materials // *Solid State Phenomena*. 2018. Vol. 284. Pp. 910–915. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.910>.
21. Гуров Н.Г. Заводы керамических стеновых материалов III поколения как современная база жилищного строительства в Российской провинции // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 6-8. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16692026>.
22. Глины и глинистые минералы Сибири / под ред. Ю.П. Казанского. Новосибирск: Наука. 1965. 132 с.
23. Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Мушарапова С.И., Сергеев А.А. Влияние карбоната кальция на формирование фазового состава керамики на основе легкоплавких и тугоплавких глин при обжиге // *Известия вузов. Строительство*. 2018. № 2. С. 21-29. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35161583>.
24. Тацки Л.Н., Ильина Л.В. Влияние состава шихты из низкокачественного сырья на свойства осветленного керамического черепка // *Строительство и реконструкция*. 2020. №2 (88). С.114-122. DOI: [10.33979/2073-7416-2020-88-2-114-122](https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-88-2-114-122).
25. База данных порошковых дифрактограмм ICDD PDF-4, выпуск 2011 г. [Электронный ресурс]. <https://www.icdd.com/pdf-4> (Дата обращения: 21.02.2021).

REFERENCES

1. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Integrated Cross-disciplinary Approach to Dating the Architectural Heritage Objects. Based on Abkhazia and Chechnya Architectural Monuments Dating back from 2nd to 11th Centuries. 2nd International Conference on Art Studies: Science, Experience, Education (ICASSEE 2018) «Advances in Social Science, Education and Humanities Research». Vol. 284. Pp. 613–617. DOI: <https://doi.org/10.2991/icassee-18.2018.121>.
2. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Modern techniques of research of medieval lime mortars for carrying out dating of monuments (on the example of objects of Abkhazia of the 2-11th c.). Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (Траце 2018). 2019. Vol. 91. Article Number 02006. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102006>.
3. Vereshchagin V.I., Khabas T.A., Proskurdina O.A., Starosvetskiy S.I., Proskurdin D.V. Increase in strength of porous alumina ceramic by additives of aluminum oxide nanopowder // Inorganic Materials: Applied Research. 2016. T. 7. No 1. Pp. 29-33. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2075113316010275>.
4. Tematicheskie novosti: «Rynok keramiki, keramogranita i kirpicha RF» [Thematic news: “The market of ceramics, porcelain stoneware and brick of the Russian Federation”] [Online]. URL: <http://infoline.spb.ru/shop/Tematicheskie-novosti/page.php?ID=151971> (date of the application: 21.02.2021). (rus)
5. Buiko O.V., Koteneva P.I. Analiz i tendencii razvitiya rynka stroitel'stva i proizvodstva stenovykh stroitel'nykh materialov [Analysis and development trends of the construction market and production of wall building materials] *Polzunovskiy Almanac*. 2017. No. 4. Vol. 2. Pp. 20-24. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30722108>. (rus)
6. Stolboushkin A., Fomina O., Fomin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 124. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016>
7. Dovzhenko I.G. Light-tone ceramic facing brick manufacture using ferrous-metallurgy by-products // Glass and Ceramics. 2011. Vol. 68. No. 7–8, pp. 247–249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10717-011-9364-2>.
8. Brook R.I. Principles for the production of ceramics with improved chemical characteristics // British Ceramic Society. 1982. No. 32.
9. V Golitsyno – za kirpichom [In Golitsyno - behind a brick] *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2004. No. 1. Pp. 10-11. (rus)
10. Stolboushkin A.YU. Perspektivnoe napravlenie razvitiya stroitel'nykh keramicheskikh materi-alov iz nizkokachestvennogo syr'ya [A promising direction for the development of building ceramic materials from low-quality raw materials] *Stroitel'nye materialy*. 2018. No. 4. Pp. 24-28. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-758-4-24-28>. (rus)
11. Stolboushkin A., Akst D., Fomina O., Ivavov A. Structure and properties of ceramic brick colored by manganese-containing wastes. 4th international young researchers conference on youth, science solutions: ideas and prospects. 2017. P. 02009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714302009>.
12. Prim S.R. Synthesis and characterization of hematite pigment obtained from a steel waste industry / S.R. Prim, M.V. Folgueras, M.A. de Lima, D. Hotza // Journal of Hazardous Materials. 2011. Vol. 192. P.1307-1313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.034>.
13. Andreola F. Agricultural waste in the synthesis of coral ceramic pigment / Fernanda Andreola, Luisa Barbieri, Federica Bondioli // Dyes and Pigments. 2012. Vol. 94. P. 207-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.01.007>.
14. Fomina O.A., Stolboushkin A.Yu. Firing of ceramics from granulated foam-glass // Materials Science Forum. 2020. T. 992 MSF. pp. 265-270. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.992.265>.
15. Akst D.V., Druzhinin M.S., Stolboushkin A.YU. Issledovanie vliyaniya othodov obogashcheniya mangansevyykh rud na ob"emnoe okrashivanie keramicheskikh izdelij [Investigation of the influence of manganese ore dressing wastes on the volumetric coloration of ceramic products] *Aktual'nye voprosy sovremennogo stroitel'stva promyshlennyykh regionov Rossii. Trudy vseros-sijskoj nauchno – prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Sibirskij gosudarstvennyj industrial'nyj universitet, Arhitekturno-stroitel'nyj institut. Novokuzneck: SibGIU*. 2016. Pp. 124-128. (rus)
16. Stolboushkin A.Y., Vereshchagin V.I., Fomina O.A., Phase composition of the core–shell transition layer in a construction ceramic matrix structure made from non-plastic raw material with clay additives // Glass and Ceramics. 2019. Vol. 76. pp. 16-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10717-019-00124-3>.
17. Tacky L.N., Ilina L.V., Filin N.S. Tekhnologicheskie principy povysheniya kachestva keramicheskogo kirpicha polusuhogo pressovaniya iz nizkokachestvennogo syr'ya [Technological principles for improving the quality of semi-dry pressed ceramic bricks from low-quality raw materials] *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2019. No. 7. Pp. 35-49. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2019-727-7-35-48>. (rus)
18. Ilina L., Tatski L., Baryshok L. Quality Improvement of semi-dry pressing ceramic bricks from low-quality raw materials by the directional additives // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 962 (2020). P. 022007 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/2/022007>.

19. Tacky L.N., Ilina L.V. Razrabotka sostavov shiht iz nizkokachestvennogo glinistogo syr'ya v tekhnologii stenovoj ke-ramiki ob"emnogo okrashivaniya [Development of charge compositions from low-quality clay raw materials in the technology of bulk-colored wall ceramics] *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2020. No. 1 (733). Pp. 87 – 101. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-733-1-87-101>. (rus)
20. Guryeva V.A., Doroshin A.V. Building Ceramics Based on Carbonate-Containing Raw Materials // *Solid State Phenomena*. 2018. Vol. 284. Pp. 910–915. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.910>.
21. Gurov N.G. Zavody keramicheskikh stenovykh materialov III pokoleniya kak sovremennaya baza zhilishchnogo stroitel'stva v Rossijskoj provincii [Factories of ceramic wall materials of the III generation as a modern housing base in the Russian province] *Stroitel'nye materialy*. 2011. No. 4. Pp. 6-8. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16692026>. (rus)
22. Gliny i glinistyie mineraly Sibiri [Clays and clay minerals of Siberia] / ed. Yu.P. Kazansky. - Novosibirsk: Science. 1965. 132 p. (rus)
23. Buruchenko A.E., Kharuk G.N., Musharapova S.I., Sergeev A.A. Vliyanie karbonata kal'ciya na formovanie fazovogo sostava keramiki na osnove legkoplavkih i tugo-plavkih glin pri obzhige [The effect of calcium carbonate on the formation of the phase composition of ceramics based on low-melting and refractory clays during firing] *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2018. No. 2. Pp. 21-29. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35161583>. (rus)
24. Tacky L.N., Ilina L.V. Vliyanie sostava shihty iz nizkokachestvennogo syr'ya na svoystva osvetlennogo keramicheskogo cherepka [Influence of the composition of the charge made of low-quality material on the properties of the clarified ceramic shard] *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2020. No. 2 (88). Pp.114-122. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-88-2-114-122. (rus)
25. Baza dannyh poroshkovykh difraktogramm ICDD PDF-4, vypusk 2011 g. [ICDD powder diffractogram database PDF-4, edition 2011] [Электронный ресурс]. <https://www.icdd.com/pdf-4> (date of the application: 21.02.).

Информация об авторах:

Ильина Лилия Владимировна

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия, доктор технических наук, профессор, декан факультета инженерных и информационных технологий. E-mail: l.ilina@sibstrin.ru

Тацки Людмила Николаевна

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительных материалов, стандартизации и сертификации. E-mail: sqsc@sibstrin.ru

Барышок Леонид Алексеевич

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия, студент группы 161 маг. E-mail: leonid_baryshok@mail.ru

Information about authors:

Ilina Liliia V.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, doctor of technical sciences, professor, dean of the faculty of engineering and information technologies. E-mail: l.ilina@sibstrin.ru

Tacky Lyudmila N.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, candidate of technical sciences, associate professor, professor of the department of building materials, standardization and certification. E-mail: sqsc@sibstrin.ru

Baryshok Leonid A.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, student group 161 mag. E-mail: leonid_baryshok@mail.ru