



Journal of Chemistry and Technologies

pISSN 2663-2934 (Print), ISSN 2663-2942 (Online).

journal homepage: <http://chemistry.dnu.dp.ua>



UDC 666.7

INFLUENCE OF SODIUM SALT ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF COATINGS CONTAINING INDUSTRIAL WASTE

Yaroslava I. Koltsova

Ukrainian State Chemical-Technological University, 8, Gagarina str., Dnipro, 49000, Ukraine
Received 18 February 2021; accepted 23 March 2021; available online 25 April 2021

Abstract

The paper investigates the effect of sodium salt additives on the optical-color properties of coatings containing glass cullet, clay materials and production waste: granulated blast furnace slag, dump slag from ferrosilicon manganese production, fuel slag and fly ash from a thermal power plant, as well as granite screening. For the research, sodium salts were selected: Na_2CO_3 , NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , which were introduced in an amount corresponding to the content of 1.5; 3 and 6 parts by weight Na_2O . It is established that the increase in the content of Na_2O salts introduced over 1.5 wt. including deteriorates the rheological properties of the slip and the quality of coatings. It was determined that the type of anion (CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) with a constant Na^+ cation of the studied salts insignificantly affects the optical-color properties of the coatings, but the introduction of Na_2O with Na_2CO_3 provides a better surface coating. Additions of sodium salts contribute to a slight lightening of the color of the experimental coatings, but do not increase the gloss at a firing temperature of 1000 °C, except for the original coating without the content of industrial waste.

Keywords: building ceramics; ceramic tiles; glass cullet; production waste; slag; coatings; sodium salts.

ВПЛИВ ДОБАВОК СОЛЕЙ НАТРІЮ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТІВ З ВМІСТОМ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ

Ярослава І. Кольцова

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», просп. Гагаріна, 8, Дніпро, 49000, Україна

Анотація

У роботі досліджено вплив добавок солей натрію на оптико-колірні властивості покриттів, що вміщують бій скла, глинисті матеріали та відходи виробництв: гранульований доменний шлак, відвальний шлак виробництва феросилікомарганцю, паливний шлак та золу-унесення теплоелектростанції, а також гранітний відсів. Для проведення досліджень було обрано солі натрію: Na_2CO_3 , NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , які вводили в кількостях, що відповідають вмісту 1.5; 3 та 6 мас. ч. Na_2O . Встановлено, що підвищення вмісту введеного солями Na_2O понад 1.5 мас. ч. погіршує реологічні властивості шлікеру та якість покриттів. Визначено, що вид аніону (CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) при незмінному катіоні Na^+ досліджених солей незначно впливає на оптико-колірні властивості покриттів, але більш якісну поверхню покриттям надає введення Na_2O за допомогою Na_2CO_3 . Добавки солей натрію сприяють незначному освітленню кольору дослідних покриттів, але не призводять до підвищення блиску за температури випалу 1000 °C, крім вихідного покриття без вмісту відходів виробництв.

Ключові слова: будівельна кераміка; керамічна плитка; бій скла; відходи виробництв; шлак; покриття; солі натрію.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СОЛЕЙ НАТРИЯ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВ

Ярослава И. Кольцова

ГБУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», просп. Гагарина, 8, Днепр, 49000, Украина

Аннотация

В работе исследовано влияние добавок солей натрия на оптико-цветовые свойства покрытий, содержащих бой стекла, глинистые материалы и отходы производств: гранулированный доменный шлак, отвальный шлак производства ферросиликомарганца, топливный шлак и золу-уноса теплоэлектростанции, а также гранитный отсев. Для проведения исследований были выбраны соли натрия: Na_2CO_3 , NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , которые вводили в количествах, соответствующих содержанию 1.5; 3 и 6 мас. ч. Na_2O . Установлено, что повышение содержания введенного солями Na_2O сверх 1.5 мас. ч. ухудшает реологические свойства шликера и качество покрытий. Определено, что вид аниона (CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) при неизменном катионе Na^+ исследованных солей незначительно влияет на оптико-цветовые свойства покрытий, но более качественную поверхность покрытиям придает введение Na_2O с помощью Na_2CO_3 . Добавки солей натрия способствуют незначительному осветлению исследуемых покрытий, но не приводят к повышению блеска при температуре обжига 1000°C , кроме исходного покрытия без содержания отходов производств.

Ключевые слова: строительная керамика; керамическая плитка; бой стекла; отходы производств; шлак; покрытия; соли натрия.

Вступ

У наш час будівельна галузь набуває обертів: впроваджуються нові технологічні схеми виробництва і збільшується асортимент продукції. При виробництві різних видів будівельних матеріалів та виробів велика увага приділяється ефективному використанню мінеральних ресурсів. Раціональне використання природних ресурсів у наш час має особливе значення. Вирішення цієї актуальної проблеми передбачає розробку ефективних безвідходних виробництв за рахунок комплексного використання вторинної сировини.

Проблема утилізації промислових відходів поєднує питання охорони навколишнього середовища та ресурсозбереження. Найбільш раціональним методом утилізації відходів є використання їх для одержання різного виду продукції, передусім у будівельній галузі, оскільки будівництво використовує близько третини маси усієї матеріальної продукції [1–3].

Відходи промисловості – це всі види залишків виробництва, більшість з яких мають споживчу цінність і можуть бути використані у виробництві. Найбільше значення для будівельної індустрії мають шлаки чорної і кольорової металургії, золи і шлаки теплових електростанцій. Використання промислових відходів забезпечує виробництво майже не скінченним джерелом дешевої та, найчастіше, вже підготовленої сировини.

Відходи промисловості є сировиною для одержання різних будівельних матеріалів [4–21]. Такі відходи дуже часто містять оксиди

металів, які здатні надавати того чи іншого кольору склопокриттям. Зокрема, нами були проведені роботи, спрямовані на отримання декоративних покриттів для будівельної кераміки (плитки, цегли) різної кольорової гамми з використанням відходів виробництв та без введення вартісних керамічних пігментів [22–25], що значно знижує їх собівартість. При цьому розроблені покриття зазвичай були матовими та мали незначний блиск (не вище 13 %).

Зважаючи на вищесказане, метою даної роботи було дослідження впливу солей металів, здатних знижувати температуру плавлення, на оптико-колірні властивості покриттів, що вміщують відходи виробництв.

Експериментальна частина

Для проведення досліджень було обрано раніше розроблені та опубліковані склади покриттів, які відрізнялися цікавими кольоровими характеристиками та не мали дефектів [22–25]. Матеріальний та хімічний склади досліджуваних покриттів наведені в таблицях 1 та 2, а їх оптико-колірні властивості – в таблиці 3.

В якості сировинних матеріалів для виготовлення покриттів використовували: бій віконного скла, вогнетривку глину ПЛГ-С Полозького родовища Запорізької області, червоно-буру глину та суглинок Сурсько-Покровського родовища Дніпропетровської області, гранульований доменный шлак ПАТ «Євраз ДМК ім. Петровського» (ДШ), відвальний шлак виробництва ферросиликомарганцю ВАТ «Запорізький завод феросплавів» (ФСМ), паливний шлак та золу-унесення Придніпровської теплоелектростанції (ТЕС), гранітний відсів.

Table 1

Material compositions of the studied coatings

Табл. 1

№ складу	Вміст сировини, мас.%								
	Бій скла	ДШ	Зола ТЕС	Шлак ТЕС	Шлак ФСМ	Гран. відсів	Суглино к	Ч/б глина	Глина ПЛГ-С
1	67	-	-	-	-	-	13	15	5
2	-	67	-	-	-	-	13	15	5
3	67	40	-	-	-	-	13	15	5
4	22.4	-	44.6	-	-	-	13	15	5
5	-	22.4	44.6	-	-	-	13	15	5
6	22.4	-	-	44.6	-	-	13	15	5
7	-	22.4	-	44.6	-	-	13	15	5
8	-	-	-	-	67	-	13	15	5
9	-	44.6	-	-	22.4	-	13	15	5
10	22.4	-	-	-	-	44.6	13	15	5

Table 2

Chemical compositions of the studied coatings

Табл. 2

№ складу	Вміст оксидів, мас. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
1	71.73	6.19	1.12	0.13	-	6.41	3.16	-	10.02	0.97	0.26
2	49.41	10.29	1.62	0.11	-	34.30	2.61	-	0.24	0.63	0.76
3	62.24	6.72	1.04	0.08	-	18.39	3.18	-	7.16	0.68	0.51
4	62.89	16.72	6.20	0.47	0.45	5.00	2.25	-	4.40	1.19	0.40
5	55.43	18.10	6.36	0.47	0.45	14.32	2.07	-	1.13	1.08	0.56
6	63.56	16.05	2.19	0.11	5.13	4.78	1.90	-	4.40	1.54	0.31
7	56.10	17.43	2.35	0.11	5.13	14.10	1.72	-	1.13	1.43	0.47
8	57.95	10.90	1.04	0.11	0.14	13.00	3.76	11.48	0.24	0.63	0.72
9	52.27	10.50	1.42	0.11	0.05	27.17	2.99	3.84	0.24	0.63	0.75
10	72.83	11.52	2.00	0.18	4.25	1.57	72.83	-	5.41	2.10	0.14

Для приготування глазурних суспензій попередньо подрібнені сировинні матеріали змішували та здійснювали сумісний мокрий помел сировинної суміші у кульовому млині до залишку частинок на контрольному ситі № 0063 не більше 0.03 %. Після старіння протягом доби досліджувані суспензії наносили на керамічну плитку утильного випалу ПрАТ «Інтеркерама» (м. Дніпро) методом поливу. Покриті зразки після

сушіння випалювали у муфельній електричній печі. Для досліджуваних покриттів за допомогою фотоелектричного блискоміру ФБ-2 та компаратору кольору КЦ-3 визначали оптико-колірні характеристики: коефіцієнт дзеркального відбиття (блиск, %), коефіцієнт дифузного відбиття (КДВ, %), колірний тон (довжина хвилі, нм) та чистоту кольору (%), а також проводили візуальну оцінку їх якості.

Table 3

The results of determining the optical-color characteristics of the studied coatings

Табл. 3

Результати визначення оптико-колірних характеристик досліджуваних покриттів				
№ складу (Т випалу, °С)	Довжина хвилі, нм	Чистота кольору, %	КДВ, %	Блиск, %
1 (1000)	594	16	48	5
1 (1100)	586	17	50	13
2 (1100)	588.5	20	56	5.5
3 (1000)	512'	5	37	2.5
4 (1100)	598.5	36	15.5	2
5 (1100)	594	37	31	3.5
6 (1100)	606	38	16.5	2
7 (1100)	598	35	20	2.5
8 (1100)	592	26	14	2
9 (1100)	598	15	34	4
10 (1100)	592	26	23	3

' – довжина хвилі знаходиться в пурпурній області спектру.

З огляду патентної літератури [26–28] було встановлено, що для досягнення блиску покриттів до їх складу зазвичай вводять солі натрію. Ігнатовим В.Б. і Бухаловою Г.А. [29], було розроблено глазур для виробництва фасадних плиток, до складу якої входять шлак ТЕС в кількості 60–90 мас.% та легкоплавкі солі NaPO_3 і суміш NaPO_3 та NaCl – 10–40 мас.%.

У даній роботі для проведення досліджень було обрано такі солі натрію: Na_2CO_3 , NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl . Випал покриттів з їх вмістом здійснювали за максимальної температури випалу 1000 °C впродовж години.

Результати та їх обговорення

На першому етапі вводили Na_2CO_3 у кількості, що відповідає 3 та 6 мас. ч. вмісту Na_2O . Для всіх досліджуваних складів глазурних суспензій із вмістом Na_2CO_3 , що відповідає 6 мас.ч. вмісту Na_2O , після вистоювання протягом доби спостерігалось загусання. У процесі висихання покритих глазурною суспензією зразків, у результаті дифузії соляного розчину з внутрішніх шарів на зовнішні відбувалося наростання кристалів солі на їх поверхні. Особливо дане явище було характерним для зразків складів № 6 та № 8. Після випалу солі на поверхні утворювали плямисту фактуру, що погіршувало якість покриття. Для покриття складу № 3, яке відрізняється більш низьким сумарним вмістом тугоплавких оксидів (табл. 2), відбувалось скіпання поверхні за рахунок підвищення легкоплавкості.

За умови зменшення в складі досліджуваних покриттів кількості Na_2O з 6 до 3 мас. ч. спостерігалась аналогічна тенденція, хоча дещо в меншому обсязі.

У подальших дослідженнях концентрація Na_2O в складі покриттів була зменшена до 1.5 мас. ч., а введення його здійснювалось за допомогою Na_2CO_3 та інших солей, таких як NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl .

Слід зазначити, що за введення Na_2O за допомогою

- Na_2CO_3 , глазурні суспензії вкривали плитку рівним тонким шаром та практично не мали дефектів. Після випалу покриття мали матову рівну шорстку поверхню;

- NaNO_3 , суспензія вкривала плитку тонким шаром, але на поверхні деяких зразків спостерігались дефекти у вигляді наколів, які залишились після випалу;

- Na_2SO_4 , після висихання нанесеної суспензії спостерігався білий наліт. Після випалу покриття мали місце дефекти у вигляді наколів та в більшості випадків покриття були недостатньо спеченими;

- NaCl , після висихання нанесеної суспензії покриття в більшості випадків мали нерівномірність відтінку кольору. Після випалу покриття мали наколи та були недостатньо спеченими.

Оптико-колірні характеристики дослідних зразків, що вміщують 1.5 мас. ч. Na_2O , який введений за допомогою різних солей, наведено в табл. 4–7.

Table 4
The results of determining the optical-color characteristics of coatings with a content 1.5 parts by weight Na_2O , which is entered with Na_2CO_3

Табл. 4
Результати визначення оптико-колірних характеристик покриттів з вмістом 1.5 мас. ч. Na_2O , що вводиться за допомогою Na_2CO_3

№ складу	Координати кольорності		Довжина хвилі, нм	Чистота кольору, %	КДВ, %	Блиск, %
	x	y				
1	0.4686	0.4105	586.5	18	48	7.5
2	0.4656	0.4111	589	15	54	4.5
3	0.4545	0.4081	508'	5	39	3
4	0.5384	0.3954	599	54	27	1.5
5	0.5108	0.4053	594	44	35	2
6	0.5355	0.3902	601	48	23.5	1
7	0.5086	0.4003	597	38	27	2
8	0.4814	0.4116	590	29	20	1
9	0.4644	0.4049	597	10	40	3
10	0.5104	0.3975	598.5	36	33	2

Table 5

The results of determining the optical-color characteristics of coatings with a content 1.5 parts by weight Na₂O, which is entered with NaNO₃

Табл. 5

Результати визначення оптико-колірних характеристик покриттів з вмістом 1.5 мас. ч. Na₂O, що вводиться за допомогою NaNO₃

№ складу	Координати колірності		Довжина хвилі, нм	Чистота кольору, %	КДВ, %	Блиск, %
	x	y				
1	0.4704	0.4049	591	16	48	8
2	0.4702	0.4124	589	19	59	4.5
3	0.4559	0.4070	504'	5	44	3
4	0.5232	0.4002	596	48	35	2.5
5	0.5042	0.4060	594	39	37	3
6	0.5356	0.3888	602	42	25	0.75
7	0.5172	0.3958	599	40	27	1.5
8	0.4884	0.4047	595	25	24	1
9	0.4661	0.4061	597	10	38	2.5
10	0.5049	0.4000	597	35	36	2.5

Table 6

The results of determining the optical-color characteristics of coatings with a content 1.5 parts by weight Na₂O, which is entered with Na₂SO₄

Табл. 6

Результати визначення оптико-колірних характеристик покриттів з вмістом 1.5 мас. ч. Na₂O, що вводиться за допомогою Na₂SO₄

№ складу	Координати колірності		Довжина хвилі, нм	Чистота кольору, %	КДВ, %	Блиск, %
	x	y				
1	0.4702	0.4082	593	16	51	6
2	0.4669	0.4096	592	15	58	3.5
3	0.4593	0.4088	660	8	43	3
4	0.5368	0.3920	599	50	30	2
5	0.5106	0.4060	594	44	42	2
6	0.5396	0.3887	601	48	23	0.8
7	0.5155	0.3986	598	34	32	1.5
8	0.4849	0.4036	595	24	17	0.5
9	0.4696	0.4049	597	12	40	3
10	0.5202	0.3950	599	40	39	2

Table 7

The results of determining the optical-color characteristics of coatings with a content 1.5 parts by weight Na₂O, which is entered with NaCl

Табл. 7

Результати визначення оптико-колірних характеристик покриттів з вмістом 1.5 мас. ч. Na₂O, що вводиться за допомогою NaCl

№ складу	Координати колірності		Довжина хвилі, нм	Чистота кольору, %	КДВ, %	Блиск, %
	x	y				
1	0.4732	0.4072	593	17	50	4
2	0.4643	0.4111	598	15	61	5
3	0.4593	0.4084	510'	6	48	3
4	0.5252	0.4005	598	49	30	2
5	0.4950	0.4077	594	35	40	3
6	0.5347	0.3923	599	48	23	1.5
7	0.5061	0.4029	594	39	34	2
8	0.4759	0.4054	595	24	28	1
9	0.4705	0.3996	608	7	42	3
10	0.5097	0.3987	598	36	35	3

Введення 1.5 мас. ч. Na₂O різними солями дозволило встановити вплив аніонів (CO₃²⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻) при незмінному катіоні Na⁺ на властивості досліджуваних покриттів. Отримані результати свідчать, що аніони солей натрію незначно впливають на оптико-колірні властивості покриттів. У порівнянні з

вихідними зразками, введення солей спричиняє незначне освітлення їх кольору, при цьому NaNO₃ та NaCl освітлюють більше, ніж Na₂CO₃ та Na₂SO₄. Добавки солей дозволяють отримати зразки з чистотою кольору 40–50 %. Введення солі NaCl підвищує КДВ всіх зразків, особливо зразка

складу № 2 (з 56 % (табл. 2) до 61 % (табл. 7)). При цьому досягти бажаного результату, а саме збільшення блиску покриттів, за рахунок введення солей натрію не вдалося.

Слід зазначити, що зразки складів № 2, 4, 5, 6, 7, 9 були недостатньо спеченими. Зразки складів № 3, 8, 10 мали більший ступінь спікання, особливо зі вмістом Na_2CO_3 . Зразок складу № 1 був спеченим, проте недостатньо оплавленим. Аналізуючи покриття № 1, можна відмітити, що солі по-різному впливають на шорсткість поверхні. Найбільш гладку поверхню надає введення Na_2CO_3 , гіршу - NaNO_3 , Na_2SO_4 і більш шорстку має зразок з вмістом NaCl . Це може свідчити про низьку температуру випалу ($1000\text{ }^\circ\text{C}$).

Дослідні покриття з вмістом 1.5 мас. ч. Na_2O характеризувалися гарним зчепленням з керамічним черепком.

Висновки

За отриманими даними було встановлено, що введення Na_2CO_3 в перерахунок на 1.5, 3 та 6 мас. ч. Na_2O не впливає на оптико-колірні характеристики дослідних покриттів зі вмістом вторинної сировини. Найкращу якість покриттів забезпечує вміст Na_2O в кількості 1.5 мас. ч. Підвищення вмісту натрій оксиду, введеного за допомогою солей, погіршує реологічні властивості шлікеру та якість покриттів.

Визначено, що вид аніону (CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) при незмінному катіоні Na^+ досліджуваних солей незначно впливає на оптико-колірні властивості покриттів, але більш якісні покриття можна отримати введенням Na_2CO_3 .

Введення солей натрію сприяє незначному освітленню їх кольору, але не підвищує блиск покриттів, крім вихідного. Тому добавка таких солей у покриття із вмістом відходів з метою зниження температури їх випалу до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ не є доцільною.

Bibliography

- [1] Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 363 с.
- [2] Лемешев В.Г. Утилизация техногенных продуктов в производстве керамических строительных материалов / В.Г. Лемешев, С.В. Петров, О.В. Лемешев // Стекло и керамика. – 2001. – № 3. – С. 17–20.
- [3] Утилизация металлургических шлаков в производстве стеновой керамики / М.И. Рыщенко, Л.А. Белостоцкая, Л.П. Щукина, Ю.Д. Трусова, Л.В. Павлова, Я.О. Галушка // Вісник національного технічного університету «ХПІ» Серія Хімія, хімічна

- технологія та екологія. – Харків. – 2017. – № 2 (51). – С. 78–84.
- [4] Семенов М.А. Зола и шлаки ТЭС – ценное минеральное сырье для силикатной отрасли / М.А. Семенов, С.Д. Джумагулов // Стекло и керамика. – 2003. – № 8. – С. 22–23.
- [5] Павлушкина Т.К. Использование стекольного боя в производстве строительных материалов / Т.К. Павлушкина, Н.Г. Кисиленко // Стекло и керамика. – 2011. – № 5. – С. 27–34.
- [6] Зайчук А.В. Черные керамические пигменты на основе мартеновского шлака / А.В. Зайчук, Я.И. Белый // Стекло и керамика. – 2012. – № 3. – С. 32–37.
- [7] Красные шламы глиноземного производства – сырье для цветных глазурей / Я.И. Белый, А.В. Зайчук, Н.А. Минакова, Я.И. Кольцова // Стекло и керамика. – 2004. – № 5. – С. 27–29.
- [8] Смолий В.А. Шлаки ТЭС – основной сырьевой компонент пеношлакостекла / В.А. Смолий, Е.А. Яценко // Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів імені А.С. Березного». – 2010. – № 110 – С. 466–471.
- [9] Ковальченко Н.А. Декоративные глазури для фасадной керамики с использованием отходов / Н.А. Ковальченко, З.В. Павленко // Стекло и керамика. – 2006. – № 1. – С. 24–26.
- [10] Лазарева Е.А. Синтез жаростойких стеклокристаллических покрытий с использованием высокоглиноземистого отхода / Е.А. Лазарева, Ю.С. Мамаева, М.О. Татарина // Стекло и керамика. – 2009. – № 3. – С. 21–23.
- [11] Синтез стекол для получения шлакосталлов на основе шлаков ТЭС / Е.А. Яценко, О.С. Красникова, Е.Б. Земляная, И.С. Грушко // Стекло и керамика. – 2009. – № 9. – С. 8–9.
- [12] Яценко Н.Д. Использование отходов химводоочистки электростанций шахт для изготовления керамики / Н.Д. Яценко, В.П. Ратькова // Стекло и керамика. – 2004. – № 7. – С. 30–31.
- [13] Перспективы использования золошлаковых материалов для производства строительной теплоизоляционной керамики / Л.П. Щукина, Я.О. Галушка, А.С. Савенков, А.А. Хлопицкий // Вопросы химии и химической технологии. – 2020. – № 3 – С. 215–224.
- [14] Розробка комплексної вигоряючої добавки для виробництва поризованої будівельної кераміки з підвищеною міцністю / О.С. Хоменко, Н.М. Срібняк, С.О. Грецай [та ін.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2019. – № 3. – С. 166–175.
- [15] Склокристалічні покриття для лицьової керамічної цегли / М.І. Рищенко, Л.О. Білостоцька, Ю.Д. Трусова [та ін.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2017. – № 5 – С. 58–64.
- [16] Смолий В.А. Ячеистое стекло на основе золошлаковых отходов для изготовления энергоэффективных трехслойных строительных панелей / В.А. Смолий, А.С. Косарев, Е.А. Яценко // Стекло и керамика. – 2019. – № 3. – С. 28–32.
- [17] Смолий В.А. Порообразователи для ячеистого стекла на основе золошлаковых материалов ТЭС / В.А. Смолий, А.С. Косарев, Е.А. Яценко // Стекло и керамика. – 2020. – № 3. – С. 18–21.
- [18] Щербина Н.Ф. Использование отходов обогащения железорудных месторождений в производстве керамических изделий / Н.Ф. Щербина, Т.В.

- Кочеткова // Стекло и керамика. – 2016. – № 1.– С. 24–26.
- [19] Zaichuk A.V. Blue-green spinel-type ceramic pigments prepared from the slag of aluminothermal production of ferrotitanium / A.V. Zaichuk, A.A. Amelina // Вопросы химии и химической технологии. – 2019. – № 4. – С. 46–54.
- [20] Zaichuk A.V. Production of uvarovite ceramic pigments using granulated blast-furnace slag / A.V. Zaichuk, A.A. Amelina // Glass and Ceramics. – 2017. – № 3-4. – P. 99–103.
- [21] Zaichuk A.V. Blue-green ceramic pigments in the system CaO-MgO-Al₂O₃-CoO-Cr₂O₃ based on granulated blast-furnace slag / A.V. Zaichuk, A.A. Amelina // Вопросы химии и химической технологии. – 2018. – № 6. – С. 120–124.
- [22] Білий Я.І. Кольорові склокристалічні покриття для будівельної кераміки з використанням промислових відходів / Я.І. Білий, Я.І. Кольцова, О.А. Оніщенко // Вопросы химии и химической технологии. – 2013. – № 3. – С. 191–194.
- [23] Belyi Y. Glass-crystalline surfaces for building ceramics from power station waste / Y. Belyi, Y. Koltsova, S. Nikitin // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2015. – V. 50(1). – P. 97–103.
- [24] Кольцова Я.І. Кольорові склокристалічні покриття для будівельної кераміки з використанням вторинної сировини / Я.І. Кольцова // Вісник національного технічного університету «ХПІ» Серія Хімія, хімічна технологія та екологія. – Харків. – 2016. – №22(1194). – С. 91–95.
- [25] Кольцова Я.І. Кольорові покриття для будівельної кераміки з використанням відходів металургійних виробництв // Вопросы химии и химической технологии. – 2016. – № 2 (106). – С. 74–78.
- [26] Пат. 2385844 Россия, МПК⁷ С 03 С8/14. Глазурь / Щепочкина Ю.А. (Россия); заявник та патентовласник Щепочкина Ю.А. №2008140783/03; заявл. 14.10.08; опубл. 10.04.10.
- [27] Пат. 2430035 Россия, МПК⁷ С 04 В41/86. Шихта для приготовления глазури / Щепочкина Ю.А. (Россия); заявник та патентовласник Щепочкина Ю.А. – №2010117908/03; заявл. 04.05.10; опубл. 27.09.11.
- [28] Пат. 2430039 Россия, МПК⁷ С 04 В41/86. Шихта для приготовления глазури / Щепочкина Ю.А. (Россия); заявник та патентовласник Щепочкина Ю.А. №2010117909/03; заявл. 04.05.10; опубл. 27.09.11.
- [29] А.с. 986911 СССР, МКІ³ С03С9/00. Глазурь / Игнатов В.Б., Бухалова Г.А. (СССР). №3257689/29-33; Заявлено 11.03.81; Опубл. 07.01.83. Бюл.№1. – 3с.
- [4] Semin, M.A., Dzhumagulov, S.D. (2003). [Ash and slags from TPPs are valuable mineral raw materials for the silicate industry]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (8), 22-23 (in Russian).
- [5] Pavlushkina, T.K., Kisilenko, N.G. (2011). [The use of glass breakage in the production of building materials]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (5), 27-34 (in Russian).
- [6] Zaychuk, A.V., Belyy, Y.I. [Black ceramic pigments based on open-hearth slag]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (3), 32-37 (in Russian).
- [7] Belyy, Y.I., Zaychuk, A.V., Minakova, N.A., Koltsova, Y.I. (2004). [Red mud of alumina production - raw material for colored glazes]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (5), 27-29 (in Russian).
- [8] Smolyi, V.A., Yatsenko, E.A. (2010). [TPP slags - the main raw material component of foamed slag glass]. *Zbirnyk naukovykh prats' VAT «UkrNDIVohetryriv imeni A.S. Berezhnoho» - Collection of scientific works of OJSC "UkrNDIVognetriv named A.S. Berezhnyh"*, (110), 466-471 (in Russian).
- [9] Kovalchenko, N.A., Pavlenko, Z.V. (2006). [Decorative glazes for front ceramics using waste]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (1), 24-26 (in Russian).
- [10] Lazareva, E.A., Mamayeva, Yu.S., Tatarina, M.O. (2009). [Synthesis of heat-resistant glass-crystalline coatings using high-alumina waste]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (3), 21-23 (in Russian).
- [11] Yatsenko, E.A., Krasnikova, O.S., Zemlyanaya, E.B., Grushko, I.S. (2009). [Synthesis of glasses for production of slag-silicates based on TPP slags]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (9), 8-9 (in Russian).
- [12] Yatsenko, N.D., Ratkova, V.P. (2004). [The use of waste chemical water treatment of power plants of mines for the manufacture of ceramics]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (7), 30-31 (in Russian).
- [13] Shchukina, L.P., Galushka, Ya.O., Savenkov A.S., Khlopitskiy, A.A. (2020). [Prospects for the use of ash and slag materials for the production of building thermal insulation ceramics]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii - Issues of Chemistry and Chemical Technology*, (3), 215-224 (in Russian).
- [14] Khomenko, O.S., Sribnyak, N.M., Hretsay, S.O., Telyushchenko, I.F., Ivchenko, V.D., Dushyn, V.V. (2019). [Development of a complex burning additive for the production of porous building ceramics with high strength]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii - Issues of Chemistry and Chemical Technology*, (3), 166-175 (in Russian).
- [15] Ryshchenko, M.I., Bilostotska, L.O., Trusova, Yu.D., Shchukina, L.P., Pavlova, L.V. (2017). [Glass-crystalline coatings for facing ceramic bricks]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii - Issues of Chemistry and Chemical Technology*, (5), 58-64 (in Russian).
- [16] Smoliy, V.A., Kosarev, A.S., Yatsenko, E.A. (2019). [Cellular glass based on ash and slag waste for the manufacture of energy-efficient three-layer building panels]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (3), 28-32 (in Russian).
- [17] Smoliy, V.A., Kosarev, A.S., Yatsenko, E.A. (2020). [Blowing agents for cellular glass based on ash-and-slag materials from TPP]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (3), 18-21 (in Russian).
- [18] Shcherbina, N.F., Kochetkova, T.V. (2016). [Use of wastes of enrichment of iron ore deposits in the production of ceramic products]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (1), 24-26 (in Russian).

References

- [1] Dvorkin, L.I., Dvorkin O.L. (2007). [Construction materials from industrial waste]. Rostov-na-Donu, Russia: Feniks. (in Russian).
- [2] Lemeshev, V.G., Petrov, S.V., Lemeshev, O.V. (2001). [Utilization of man-made products in the production of ceramic building materials]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (3), 17-20 (in Russian).
- [3] Ryshchenko, M.Y., Belostotskaya, L.A., Shchukyna, L.P., Trusova, Y.D., Pavlova, L.V., Halushka, Y.O. (2017). [Utilization of metallurgical slags in the production of wall ceramics]. *Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPI» Seriya Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ekolohiya - Bulletin of the National Technical University "KhPI" Series Chemistry, Chemical Technology and Ecology*, 51(2), 78-84 (in Russian).

- [19] Zaichuk, A.V., Amelina, A.A. (2019). [Blue-green spinel-type ceramic pigments prepared from the slag of aluminothermal production of ferrotitanium]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*, (4), 46-54.
- [20] Zaichuk, A.V., Amelina, A.A. (2017). [Production of uvarovite ceramic pigments using granulated blast-furace slag]. *Steklo i keramika - Glass and ceramics*, (3-4), 99-103.
- [21] Zaichuk, A.V., Amelina, A.A. (2018). [Blue-green ceramic pigments in the system CaO-MgO-Al₂O₃-CoO-Cr₂O₃ based on granulated blast-furace slag]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*, (6), 120-124.
- [22] Belyi, Y.I., Koltsova, Y.I., Onishchenko, O.A. (2013). [Colored glass-crystalline coatings for building ceramics using industrial waste]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*, (3), 191-194 (in Ukrain).
- [23] Belyi, Y., Koltsova, Y., Nikitin, S. (2015). Glass-crystalline surfaces for building ceramics from power station waste. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 1(50), 97-103.
- [24] Koltsova, Y.I. (2016). [Colored glass-crystalline coatings for building ceramics with usage of waste]. *Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPI» Seriya Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ekolohiya - Bulletin of the National Technical University "KhPI" Series Chemistry, Chemical Technology and Ecology*, 22 (1194), 91-95 (in Ukrain).
- [25] Koltsova, Y.I. (2016). [Colored coatings for building ceramics using waste from metallurgical industries]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*, 106 (2), 74-78 (in Ukrain).
- [26] Shchepochkina, Yu.A. (2010). *Russian Patent No. 2385844*. Moscow, Russia.
- [27] Shchepochkina, Yu.A. (2011). *Russian Patent No. 2430035*. Moscow, Russia.
- [28] Shchepochkina, Yu.A. (2011). *Russian Patent No. 2430039*. Moscow, Russia.
- [29] Ignatov, V.B., Bukhalova, G.A. (1983). *USSR a.s. No. 986911*.