

УДК 666.61

*Л. П. ЩУКІНА, К. Б. БОГДАНОВА, О. В. ПИЛИПЧАТІН, Є. В. КОЛЕСНИК, М. В. ТИХОМИРОВА***ТЕХНОЛОГІЧНА ЯКІСТЬ ПЕГМАТИТІВ ДП «ШПАТ» ЯК ФЛЮСУЮЧОЇ СИРОВИНИ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМОГРАНІТУ**

Досліджена можливість використання пегматитової сировини родовища «Гірне» Житомирської області як флюсуєчого компоненту керамогранітних мас. Визначена відповідність хімічного складу пегматитів вимогам діючого стандарту на кварц-польовошпатову сировину і встановлено, що за показниками калієвого модулю і вмісту оксиду феруму вони є некондиційними. Проаналізовані кількісні показники плавкості дослідних порід: температури повного топлення, поверхневого натягу і в'язкості розплавів, коефіцієнтів, які характеризують активність їх взаємодії з твердою речовиною. Встановлено можливість використання пегматитів як плавнів в енергозберігаючій технології щільноспеченої будівельної кераміки з температурою випалу не вище 1150 °С.

Ключові слова: пегматит, хіміко-мінеральний склад, властивості розплавів, плавкість сировини, щільноспечена будівельна кераміка.

Исследована возможность использования пегматитового сырья месторождения «Горное» Житомирской области как флюсующего компонента керамогранитных масс. Определено соответствие химического состава пегматитов требованиям действующего стандарта на кварц-полевощпатовое сырье и установлено, что по показателям калиевого модуля и содержанию оксида ферума они являются некондиционными. Проанализированы количественные показатели плавкости исследуемых пород: температуры полного плавления, поверхностного натяжения и вязкости расплавов, коэффициентов, характеризующих активность их взаимодействия с твердым веществом. Установлена возможность использования пегматитов как плавней в энергосберегающей технологии плотноспеченной строительной керамики с температурой обжига не выше 1150 °С.

Ключевые слова: пегматит, химико-минеральный состав, свойства расплавов, плавкость сырья, плотноспеченная строительная керамика.

The work is devoted to the important problem of the study of quartz-feldspar raw material extracted by the State Enterprise "Spat", to establish the possibility of its use as a flux in the energy-saving technology of ceramic granite. The possibility of using the pegmatite raw material of the "Gornoye" deposit of the Zhytomyr region as a fluxing component of ceramic granite is investigated. The chemical composition of pegmatite has been determined to meet the requirements of the current standard for quartz-feldspar raw materials, and it has been established that the parameters of the potassium module and the content of the ferric oxide are substandard. On the results of theoretical and practical evaluation of the technological properties of pegmatite samples is the best in terms of fusibility, which is the pegmatite PA, for which the ratio of "albite : quartz" is 1 : 0.72. The theoretical temperature of forming a homogeneous melt of this pegmatite is 1050 °С, in which the melt is characterized by a viscosity of $10^{3.97}$ Pa·s and increased activity. A somewhat worse meltability is predicted for PG pegmatite containing 1.5 times more quartz, forming a homogeneous melt at a temperature of 1100 °С with a viscosity of $10^{4.04}$ Pa·s. The possibility of using pegmatite as flux in the energy-saving technology of densely-sintered construction ceramics with a firing temperature not higher than 1150 °С is established.

Keywords: pegmatite, chemical-mineral composition, properties of melts, fusibility of raw materials, densely-sintered construction ceramics.

Вступ. Виробництво і споживання керамограніту в Україні останніми роками характеризується стійкою позитивною динамікою [1]. Це зумовлено високим рівнем технічних і споживчих характеристик виробів, широкими можливостями їх використання в сучасному інтер'єрі та екстер'єрі. Вітчизняний ринок керамограніту є самодостатнім завдяки тому, що в Україні працюють декілька профільних підприємств, що виробляють конкурентоспроможну продукцію і мають гарний експортний потенціал (ПАТ «Харківський плитковий завод», ПрАТ «Піастрелла», компанії «Атем», «Cersanit-Україна», «Zeus Ceramica»).

Виробництво керамограніту є високотехнологічною, але ресурсо- та енергоємною галуззю, яка споживає великі кількості мінеральної сировини та енергетичних ресурсів. Сучасні керамогранітні маси для забезпечення щільноспеченої структури матеріалу потребують досить високих температур випалу (на рівні 1200 °С) і значної кількості плавнів, яким нале-

жить вирішальна роль в процесі спікання матеріалу.

Як плавні зазвичай використовують польовошпатові концентрати або кварц-польовошпатові матеріали – продукти збагачення польових шпатів, гранітно-пегматитової сировини або лужних каолінів. Україна відноситься до найперспективніших країн світу з точки зору видобутку польовошпатової сировини із загальними запасами близько 16,5 млн. т, але на сьогодні серед врахованих Державним балансом з одинадцяти родовищ розробляється лише шість. Станом на 01 січня 2017 року сумарний видобуток сировини на цих родовищах (Житомирська, Закарпатська, Хмельницька області) становив лише 486 тис. т (3 %) [2]. Тому існує дефіцит вітчизняної польовошпатової сировини, яка для подолання дефіциту завозиться з країн ближнього зарубіжжя в кількості близько 100 тис. т щорічно [3], що робить актуальною задачу імпортозаміщення в цій галузі.

На вітчизняному ринку польовошпатової сиро-

вини найбільш відомим є Дочірнє підприємство «Шпат» холдингу «Агромат» (Житомирська область), яке видобуває і переробляє кварц-польовошпатову сировину з родовища «Гірне» та незбагачений каолін лужний з родовища «Йосипівське». В напрямку переробки кварц-польовошпатової сировини підприємство працює за ТУ У08.9-24705521-001:2013 і виробляє пегматити для тонкої кераміки (марки ПТ), санітарно-технічних виробів, облицювальної плитки (марки ПБ), будівельної кераміки (марки ПВ) і працює над розширенням асортиментного ряду цих мінеральних продуктів. Для кварц-польовошпатових порід внаслідок їх різного генезису характерна мінливість хіміко-мінерального складу зі значними коливаннями вмісту кварцу, що відбивається на технологічних властивостях порід і потребує їх вивчення у прив'язці до конкретної керамічної технології.

Таблиця 1 – Хімічний склад флюсуючої сировини

Сировина	Вміст оксидів, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO + MgO	в. п. п.
ПБ	76,25	13,91	–	1,37	4,06	3,76	–	0,65
ПТ	66,92	16,53	0,34	3,61	5,04	3,99	1,88	1,69

Для теоретичної оцінки характеристик плавкості сировини, зокрема температур існування гомогенних розплавів, використано метод фазових діаграм. При застосуванні цього методу використано потрійну діаграму мінералів «альбіт – мікроклін – кварц», побудовану Шерером [4].

Для розрахунку в'язкості і поверхневого натягу розплавів використовували методику Голеуса В. І. [5], активність розплавів оцінювали за коефіцієнтами,

Метою даної роботи є дослідження кварц-польовошпатової сировини, яку видобуває ДП «Шпат», для встановлення можливості її використання як плавня в енергозберігаючій технології керамограніту з температурою випалу не вище 1150 °С.

Матеріали і методи дослідження. В дослідженні використовували два види пегматитової сировини, яка видобувається на ділянці «Вільха» родовища «Гірне» Житомирської області.

Дослідні сировинні матеріали представляють собою продукти переробки пегматитів цієї ділянки (марки ПТ і ПБ) з хімічним складом, наведеним в таблиці 1.

Вибір дослідних проб обумовлений тим, що згідно з метою роботи необхідно було визначити можливість використання в технології керамограніту двох принципово різних марок пегматитів.

запропонованими авторами робіт [6, 7], їх плавкість – термічною обробкою проб за температури 1200 °С.

Результати досліджень та їх обговорення. На першому етапі дослідження здійснено аналіз хімічного складу порід на предмет його відповідності Технічним умовам підприємства (ТУ У08.9-24705521-001:2013). Хімічні показники порід, які регламентуються цим документом, у порівнянні з фактично визначеними наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Класифікаційні ознаки дослідних порід

Вміст компонентів, мас. %	ПБ		ПТ	
	норма	за фактом	норма	за фактом
Al ₂ O ₃ не менше	13,00	13,4	14,00	16,10
Fe ₂ O ₃ не більше	0,80	1,30	0,35	3,50
Na ₂ O + K ₂ O, не менше	7,00	7,50	8,00	8,80
K ₂ O не менше	4,00	3,90	4,00	4,90
SiO ₂ не більше	78,00	73,3	75,00	65,10

Як можна побачити з таблиці 2, обидва пегматити характеризуються високим вмістом Fe₂O₃, кількість якого перевищує нормативні показники для марки ПБ в 1,6 разів і для марки ПТ – в 10 разів. Це робить їх некондиційними за кількістю оксиду феруму. Усі інші показники знаходяться в межах норми, визначеної Технічними умовами.

В ряду технологічних властивостей флюсуючих матеріалів в першу чергу розглядалася їх плавкість, під якою розуміється здатність сировини утворювати

розплав за різних температур. Оцінка плавкості за хімічним складом сировини полягала у визначенні двох кількісних показників, що характеризують особливості хімічного складу. Перший показник (калієвий модуль K₂O / Na₂O) характеризує відношення більш тугоплавкого польового шпату (мікрокліну) до менш тугоплавкого (альбіту) і для личкувальних плиток має становити 0,5 або 0,7 залежно від марки кварц-польовошпатового матеріалу згідно з ГОСТ 15 045-78.

Оксидне співвідношення $\Sigma(\text{RO}, \text{R}_2\text{O}, \text{Fe}_2\text{O}_3) /$

$\Sigma(\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3)$, запропоноване авторами роботи [7] стосовно низькотемпературного фарфору, враховує різну функціональну роль оксидів у складі плавнів. За цим відношенням чисельник відображає кількість флюсів, а знаменник – кількість тугоплавких компонентів. Останні при топленні польових шпатів переходять у розплав, роблячи його більш в'язким, і таким чином впливають на швидкість його накопичення, а отже й на плавкість сировини. Чим більшим є значення цього показника, тим кращою виявляється його плавкість.

Розрахункові показники плавкості є наступними: калієвий модуль для пегматиту ПБ складає 1,08, а співвідношення $\Sigma(\text{RO}, \text{R}_2\text{O}, \text{Fe}_2\text{O}_3) / \Sigma(\text{SiO}_2,$

$\text{Al}_2\text{O}_3) - 0,10$; для пегматиту ПТ – 1,26 і 0,17 відповідно.

З цих даних можна зробити висновок, що жоден з плавнів за калієвим модулем не задовольняє вимоги стандарту на таку сировину. Виходячи зі значень оксидного відношення, плавкість пегматиту ПТ є кращою у порівнянні з пегматитом ПБ.

Уточнення характеристик плавкості сировини здійснювали із залученням діаграми Шерера, для чого на основі її хімічного складу сировини визначено вміст в ній основних породоутворюючих мінералів (альбіту, мікрокліну, кварцу). Розрахований мінеральний склад сировини і мінеральний склад, приведений до діаграми Шерера, наведений в таблиці 3.

Таблиця 3 – Вміст породоутворюючих мінералів у сировині

Сировина	Розрахунковий мінеральний склад, мас. %			Приведений мінеральний склад, мас. %		
	альбіт	мікроклін	кварц	альбіт	мікроклін	кварц
ПБ	31,90	28,21	38,73	32,30	28,50	39,20
ПТ	33,84	29,87	24,30	38,50	33,90	27,60

Розрахований мінеральний склад порід, зокрема вміст в них кварцу, вказує на те, що проба ПБ належить, скоріш за все, до гранітних пегматитів. На рисунку 1 наведено положення фігуративних точок складів сировини, приведених до діаграми Шерера.

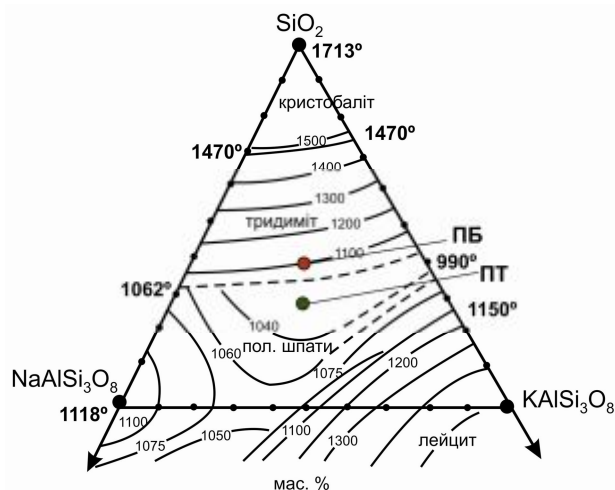


Рис. 1 – Положення точок приведенного мінерального складу сировини на діаграмі Шерера

Як виходить з даних рисунку 1, обидва плавні є відносно легкотопкими. Температури їх повного топлення знаходяться на рівні 1100 °С для пегматиту ПБ і 1050 °С – для пегматиту ПТ. Видно, що останній характеризується кращою плавкістю, і це узгоджується з результатами аналізу плавкості, отриманими з використанням кількісних критеріїв їх хімічного складу.

Головною умовою ефективного використання

плавнів є можливість створення за необхідних температур випалу розплаву із значенням в'язкості в межах $10^2 - 10^3$ Па·с та поверхневим натягом не вище ніж 0,35 Н/м. Розрахункові значення цих властивостей розплавів, отриманих за температур повного топлення, свідчать про відповідність поверхневого натягу розплаву означеним вимогам і дещо підвищені значення в'язкості розплавів, що дозволить отримувати вироби без ознак високотемпературної деформації. Для пегматиту ПБ логарифм в'язкості (Па·с) становить 4,04, для пегматиту ПТ – 3,97.

В технології щільноспеченої кераміки найкращим механізмом формування матеріалу є рідкофазне спікання, при якому розплав взаємодіє з твердою фазою. Саме такий механізм забезпечує максимальний рівень спікання матеріалу під час випалу та позитивно впливає на властивості готового продукту. При формуванні структури за таким механізмом важливою характеристикою розплаву є його активність.

В теорії та практиці кам'яно-керамічних матеріалів на сьогодні не існує розрахункових методів, за якими можна було б апіорі оцінювати активність розплаву.

В той же час в технології вогнетривів з тією ж самою метою досить широко використовуються різні розрахункові показники, за якими технологи прогнозують шлакостійкість алюмосилікатних вогнетривів.

Один з таких показників для розплавів кислого характеру, якими і є розплави кварц-польовошпатової сировини, запропонований Зальмангом і розраховується за формулою [6]:

$$K = \frac{R_2O + RO}{R_2O_3 + RO_2 + R_2O_5}$$

В чисельник формули включаються оксиди, які діють на шамот «роз'їдаючим» чином, знаменник містить оксиди, які не реагують з вогнетривом.

Для розплаву пегматиту ПБ коефіцієнт Зальманга знаходиться на рівні 0,08, для розплаву пегматиту ПТ він становить 0,13.

Така відмінність коефіцієнтів вказує на більшу активність розплаву пегматиту ПТ з точки зору його взаємодії з твердою фазою випалюваного матеріалу.

Експериментальне вивчення флюсоуючої здатності дослідної сировини проводили шляхом випалу сформованих з них зразків у формі плиток за температури 1200 °С.

При цьому тонина помелу проб була однаковою і відповідала повному проходженню порошку крізь сито № 0063.

Візуально аналізувався зовнішній вигляд випалених зразків, зокрема ступінь їх оплавленості, а також колір розплавів. Зовнішній вигляд випалених зразків пегматитів наведений на рисунку 2.



Зразок ПБ

Зразок ПТ

Рис. 2 – Вогневі проби плавнів, отримані за температури 1200 °С

Як видно з наведеного рисунку, розплави плавнів мають різні кольори, які узгоджуються з їх хімічним складом – темніше забарвлення характерне для пегматиту ПТ, який містить більшу кількість оксиду феруму. Якість розплаву – чистий, без «мушки».

Ступінь оплавленості зразків є високим (з ознаками «кипіння») і приблизно однаковим, але все ж таки дещо більшим для пегматиту ПТ, що містить більшу кількість альбіту з температурою топлення 1118 °С і найменшу – вільного кремнезему (температура топлення 1726 °С).

Логічно припустити, що співвідношення цих мінералів буде в найбільшому ступені впливати на плавкість дослідних

Виходячи з даних таблиці 3, для пегматиту ПБ порід співвідношення «альбіт : кварц» становить 1 : 1,2, для пегматиту ПТ – 1 : 0,72.

З цього виходить, що за однієї і тієї самої температури більшої кількості розплаву слід очікувати саме від пегматиту ПТ, для якого на одну частину легкоплавкого мінералу альбіту приходить менша частина тугоплавкого кварцу.

Оплавленість форми зразків і відсутність деформації свідчить про підвищену в'язкість отриманих розплавів, що узгоджується з розрахунковими даними щодо цієї властивості.

Важливо зазначити, що згідно з ГОСТ 15045-78 – єдиним нормативним документом, в якому прописані вимоги до кварц-польовошпатової сировини, призначеної для щільноспечених плиток з низькотемпературного фарфору, жодна з дослідних проб пегматитів в повній мірі не відповідає цим вимогам.

До того ж хімічний склад проб не відповідає вимогам діючих на ДП «Шпат» технічних умов, а отже така сировина може вважатися некондиційною.

Але, незважаючи на це, за характеристиками плавкості вона може бути використана як флюсоуюча сировина в технології керамограніту з температурою випалу не більше 1150 °С.

Висновки.

За результатами теоретичної і практичної оцінки технологічних властивостей пегматитових проб ДП «Шпат» найкращим з точки зору плавкості є пегматит ПТ, для якого співвідношення «альбіт : кварц» становить 1 : 0,72.

Теоретична температура утворення гомогенного розплаву цього пегматиту становить 1050 °С, за якої розплав характеризується в'язкістю $10^{3,97}$ Па·с і підвищеною активністю.

Дещо гірша плавкість прогнозується для пегматиту ПБ, який містить у півтора рази більшу кількість кварцу, утворює гомогенний розплав за температури 1100 °С з в'язкістю $10^{4,04}$ Па·с.

Обидві пегматити слід вважати некондиційними і такими, що не відповідають вимогам діючого стандарту на кварц-польовошпатові матеріали для щільноспеченої будівельної кераміки (ГОСТ 15045-78) за калієвим модулем і вмістом оксиду феруму.

В той же час, базуючись на розглянутих кількісних показниках та експериментально визначеній плавкості порід, можна стверджувати, що обидві пегматити можуть бути використані як плавні в енергозберігаючій технології керамограніту, для якого світлий колір матеріалу не є принциповим.

Список літератури

1. Луців Н. В. Товарознавчі аспекти дослідження вітчизняного ринку керамічної плитки / Н. В. Луців, М. С. Тус // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Т. 27, № 3. – С. 148 – 153.
2. Мінеральні ресурси України, 2017 рік: щорічник / Держ. науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України» / відп. за вип. Н. В. Корпан. – К.: ДНВП «Геоінформ України», 2017. – 268 с.
3. Гурський Д. С. Металічні і неметалічні корисні копалини України: в 3 т. / [Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін та ін.]. – Київ-Львів: Центр Європи, 2006. – Т. 2. Неметалічні корисні копалини. – 552 с.
4. Минералы. Справочник. Диаграммы фазовых равновесий: в 2 т. / под ред. В. Ф. Чухрова, В. В. Лапина, Н. И. Овсянниковой. – М.: Наука, 1974. – Т. 2. Фазовые равновесия, важные для технического минералообразования. – 490 с.
5. Голєус В. І. Основи хімічних технологій скла, скловиробів та склопокривів / В. І. Голєус. – Дніпропетровськ: Літограф, 2016. – 192 с.
6. Зальманг Г. Физико-химические основы керамики / Г. Зальманг. – М.: Госстройиздат, 1959. – 395 с.
7. Рищенко М. І. Щільноспечена кераміка для виготовлення жаростійкого хіміко-лабораторного посуду / [М. І. Рищенко, Л. П. Щукіна, Л. О. Міхеєнко та ін.] // Збірник наукових праць ПАТ «УКРНДІ ВОГNETРИВІВ ІМ. А. С. БЕРЕЖНОГО». – 2014. – № 114. – С. 116 – 123.
8. Bulletin of UNFU, Lviv, RVV UNFU Publ., 2017, Vol. 27, No. 3, pp. 148 – 153.
9. *Mineral'ni resursy Ukrainy, 2017 rik: Shchorichnyk* [Mineral Resources of Ukraine, 2017: yearbook] vidp. za vyp. N. V. Korpan. Kyiv, DNVP «Heinform Ukrainy» Publ., 2017, 268 p.
10. Hurs'kyu D. S., Yesypchuk K. Yu., Kalinin V. I., Kulish Ye. O., Chumak D. M., Shumlyans'kyu V. O. *Metalichni i nemetalichni korysni kopalyny Ukrainy: v 3 t. T. 2. Nemetalichni korysni kopalyny* [Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine: in 3 Vols. Vol. 2. Nonmetallic minerals]. Kyiv-L'viv, Tsentr Yevropy Publ., 2006, 552 p.
11. *Mineraly. Spravochnik. Diagrammy fazovyh ravnovesij: v 2 t. pod red. V. F. Chuhrova, V. V. Lapina, N. I. Ovsyannikovej. T. 2. Fazovye ravnovesiya, vazhnye dlya tekhnicheskogo mineraloobrazovaniya* [Minerals. Directory. Diagrams of phase equilibria: 2 Vols. Vol. 2. Phase equilibria important for technical mineral formation] pod red. V. F. Chuhrova, V. V. Lapina, N. I. Ovsyannikovej. Moscow, Nauka Publ., 1974, 490 p.
12. Holeus V. I. *Osnovy khimichnykh tekhnolohiy skla, sklovyroviv ta sklopokryttiv* [Basis of chemical technologies of glass, glassware and glass coverings]. Dnipropetrovsk, Litohraf Publ., 2016, 192 p.
13. Zal'mang G. *Fiziko-himicheskie osnovy keramiki* [Physicochemical basis of ceramics]. Moscow, Gosstrojizdat Publ., 1959, 395 p.
14. Ryshchenko M. I., Shchukina L. P., Mikheyenko L. O., Tsovm V. V., Vernyhora K. P. *Shchil' nospechena keramika dlya vyhotovlennya zharo-stiykoho khimiko-laboratornoho posudu* [Dense sintered ceramics for the production of heat-resistant chemical and laboratory utensils]. Zbirnyk naukovykh prats' PAT «UKRNDI VOHNTRYVIV IM. A. S. BEREZHNOHO» [Collection of scientific works of the PJSC "URI of Refractories named after A. S. Berezhnoi"], Kharkov, 2014, No. 114, pp. 116 – 123.

References (transliterated)

1. Lutsiv N. V., Tys M. S. *Tovaroznachni aspekty doslidzhennya vitchyznyanoho rynku keramichnoyi plytky* [Some commodity aspects of the domestic ceramic tile market research]. Scientific

Надійшла (received) 20.12.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Технологічна якість пегматитів ДП «Шпат» як флюсоуючої сировини для виробництва керамограніту / Л. П. Щукіна, К. Б. Богданова, О. В. Пилипчатін, Є. В. Колесник, М. В. Тихомирова // Вісник НТУ «ХП». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 49 (1270). – С. 94 – 99. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Технологическое качество пегматитов ГП «Шпат» как флюсоующего сырья для производства керамогранита / Л. П. Щукіна, Е. В. Богданова, А. В. Пилипчатин, Е. В. Колесник, М. В. Тихомирова // Вісник НТУ «ХП». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 49 (1270). – С. 94 – 99. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Technological quality of pegmatites of the SE “Spat” as a fluxing raw material for the production of ceramic granite / L. P. Shchukina, K. B. Bohdanova, O. V. Pylypchatin, Ye. V. Kolesnyk, M. V. Tykhomyrova // Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, chemical technology and ecology. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2017. – No 49 (1270). – P. 94 – 99. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Щукіна Людмила Павлівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, м. Харків; тел.: (067) 577-10-63; e-mail: milinvest@meta.ua

Щукіна Людмила Павлівна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, г. Харьков; тел.: (067) 577-10-63; e-mail: milinvest@meta.ua

Shchukina Liudmyla Pavlivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv; Professor of Department Technology of ceramics, refractories, glass and enamels, Kharkiv; tel.: (067) 577-10-63; e-mail: milinvest@meta.ua

Богданова Катерина Борисівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», науковий співробітник, м. Харків; тел.: (099) 264-56-10; e-mail: Caterine@i.ua

Богданова Екатерина Борисовна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», научный сотрудник, г. Харьков; тел.: (099) 64-56-10; e-mail: Caterine@i.ua

Bohdanova Kateryna Borysivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Researcher, Kharkiv, tel.: (099) 264-56-10; e-mail: Caterine@i.ua

Пилипчатін Олександр Вікторович – Товариство з обмеженою відповідальністю «Плінфа», керівник дослідного відділу, м. Харків; тел.: (063) 472-22-21; e-mail: o.pylypchatin@plinfainfo

Пилипчатин Александр Викторович – Общество с ограниченной ответственностью «Плинфа», начальник исследовательского отдела, г. Харьков; тел.: (063) 472-22-21; e-mail: o.pylypchatin@plinfainfo

Pylypchatin Oleksandr Victorovych – Limited liability company “Plinfa”, headman of the Research department, Kharkiv; tel.: (063) 472-22-21; e-mail: o.pylypchatin@plinfainfo

Колесник Євгенія Володимирівна – Товариство з обмеженою відповідальністю «Плінфа», інженер-технолог дослідного відділу, м. Харків; тел.: (063) 731-29-89; e-mail: o.kolesnik@plinfainfo

Колесник Евгения Владимировна – Общество с ограниченной ответственностью «Плинфа», инженер-технолог исследовательского отдела, г. Харьков; тел.: (063) 731-29-89; e-mail: o.kolesnik@plinfainfo

Kolesnyk Yevheniia Volodymyrivna – Limited liability company “Plinfa”, process engineer of the Research department, Kharkiv; tel.: (063) 731-29-89; e-mail: o.kolesnik@plinfainfo

Тихомирова Марина Володимирівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент, м. Харків; тел.: (073) 218-63-94; e-mail: Tmmarinka@gmail.com

Тихомирова Марина Владимировна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент, г. Харьков; тел.: (073) 218-63-94; e-mail: Tmmarinka@gmail.com

Tykhomyrova Maryna Volodymyrivna – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Student, Kharkiv, tel.: (073) 218-63-94; e-mail: Tmmarinka@gmail.com