

**В.В. ЦОВМА**, мол. наук. співроб., НТУ «ХПІ»,  
**Л.П. ЩУКІНА**, канд. техн. наук., проф., НТУ «ХПІ»,  
**Г.В. ЛІСАЧУК**, д-р техн. наук., проф., НТУ «ХПІ»

## **РЕСУРСОЗАОЩАДЖУЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ФАСАДНОЇ КЕРАМІКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТОНКИХ ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ**

Досліджена можливість зниження температури випалу фасадної кераміки з високим вмістом відходів флотації вугілля за рахунок регулювання параметрів напівсухого пресування мас. Побудовані компресійні криві ущільнення прес-порошків на основі термічно оброблених відходів вуглезбагачення. Встановлена можливість отримання лицьової цегли за ресурсозаощаджуючою технологією при температурі випалу 970 °С. Запропонована технологічна схема отримання лицьової цегли з високим ступенем утилізації відходів флотації вугілля.

**Ключові слова:** високовуглецеві відходи флотаційного збагачення вугілля, термічна підготовка відходів, параметри напівсухого пресування, фасадна кераміка.

**Постановка проблеми.** У зв'язку із суттєвим зменшенням запасів якісної природної сировини бережливе та раціональне використання природних ресурсів у наш час набуває особливого значення. Вирішення цієї важливої екологічної та соціально-економічної задачі передбачає створення промислових технологій, які б базувалися на комплексному використанні природної сировини та вторинних матеріальних ресурсів, що одночасно із ресурсозбереженням сприятиме зниженню гостроти величезної екологічної проблеми, яка пов'язана з накопиченням техногенних відходів.

Перспективним ресурсом техногенної сировини для промисловості керамічних будівельних матеріалів є відходи паливно-енергетичної промисловості, зокрема відходи флотаційного збагачення вугілля. Ці відходи за своїм хіміко-мінеральним складом наближені до глинистої сировини і представляють собою практично готовий до використання органо-мінеральний продукт. На сьогодні відходи флотаційного збагачення вугілля мають недостатній попит в керамічних технологіях за різних причин, головною з яких є високий вміст в них вуглецю (в деяких випадках до 40 мас. %). В той же час за умови застосування ефективних заходів по зменшенню вмісту у відходах органічної складової ця органо-мінеральна сировина могла б служити основою для створення ресур-

© В.В. Цовма, Л.П. Щукіна, Г.В. Лісачук, 2014

сурсозберігаючих та екологічно орієнтованих технологій керамічних будівельних матеріалів. У зв'язку з цим розробка технології фасадної кераміки з високим ступенем утилізації відходів флотації вугілля є актуальною і знаходиться у повній відповідності з основними напрямками державної політики у сфері обігу техногенних відходів.

**Аналіз опублікованих результатів.** Відомі розробки, що дозволяють максимально залучати тонкі відходи флотації вугілля у технологічний процес виготовлення будівельної кераміки і отримувати рядову і ефективну цеглу [1 – 4]. Для фасадних керамічних матеріалів, вимоги до яких є більш високими, такі розробки нечисельні, що пояснюється обмеженими можливостями використання відходів в технологічних сумішах як основної сировини, а також високою температурою випалу (1100 °С і більше).

Ефективним технологічним прийомом, який дозволяє максимально утилізувати відходи флотації вугілля при використанні способу напівсухого пресування мас, є проведення їх попередньої термічної обробки в інтервалі температур 500 ÷ 550 °С. Це забезпечує зменшення надлишкового вмісту вуглецю у відходах при виконанні ним в подальшому функції паливного компоненту мас і можливість збільшення вмісту відходів в керамічних масах. До того ж попередня термічна підготовка відходів активує їх мінеральну частину, за рахунок чого прискорюються процеси спікання і формування керамічних матеріалів при основному випалі напівфабрикатів [5].

**Постановка задачі дослідження.** Отримання якісних фасадних керамічних матеріалів з використанням термооброблених відходів за технологією напівсухого пресування вимагає використання підвищених температур випалу. Тому необхідність зниження цього технологічного параметру є важливою технологічною і виробничою задачею. Відомо, що збільшення тиску пресування приводить до ущільнення пресовки і покращення спіклівості матеріалів при тих же самих температурах випалу. Певний вплив на спіклівість матеріалів чинить і вологість прес-порошку так само через щільність пресовки. Тому необхідним є проведення досліджень щодо визначення оптимальних значень технологічних параметрів напівсухого формування прес-порошків (вологість, тиск пресування) з метою зниження температури випалу напівфабрикатів.

**Основна частина.** Дослідження здійснювали при використанні у складах мас 80 мас. % термічно оброблених відходів флотації пісного вугілля ТОВ «Моспінське вуглезбагачувальне підприємство» (Луганщина), а також

20 мас. % легкотопкого запісоченого полімінерального суглинку Сватківського родовища (Полтавщина) [6 – 7]. Відходи пройшли попередню підготовку при температурі 500 °С протягом 35 хвилин, що забезпечило вміст вуглецю в масах 3 мас. %. Суглинок сватківський обрано з використанням спеціально розроблених авторами діаграм, що ілюструють взаємозв'язок між мінеральним складом глинистої сировини і властивостями керамічних будівельних матеріалів [8]. Хімічний склад сировинних матеріалів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Матеріал	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	в.п.п.
Вуглевідходи	43,5	15,3	5,5	0,7	1,9	0,7	2,2	0,5	29,7
Глина	63,5	17,2	7,6	3,1	2,4	1,3	0,8	–	4,1

Для проведення дослідження використовувався класичний експеримент, ступінь ущільнення порошків з різною вологістю при використанні різних зусиль пресування оцінювався за таким показником, як осадка прес-порошку. Цей показник визначався як різниця між висотою засипки порошку у прес-формі та висотою сформованого напівфабрикату. Тиск пресування змінювався в межах від 20 до 180 кгс/см<sup>2</sup>, вологість прес-порошку – від 7 до 11 %. За результатами такого експерименту побудовані компресійні криві, представлені на рис. 1.

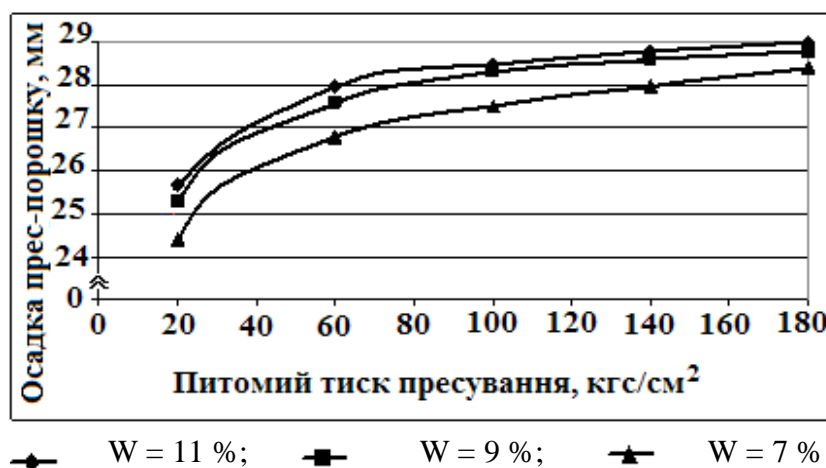


Рис. 1 – Компресійні криві осадки розроблених керамічних мас

Як видно з наведеного рисунку, зі збільшенням тиску пресування і вологості прес-порошків осадка змінюється експоненціально. Прес-порошки при зміні вологості від 9 до 11 % поведуть себе майже однаково, приріст осадки є

несуттєвим. Це дозволяє зупинитися на оптимальній вологості 9 % як такій, при якій можна отримати більш щільну пресовку, ніж при вологості 7 %, але майже такої ж щільності, як і при вологості 11 %. Оптимальним значенням тиску пресування відповідають точки переходу компресійних кривих у прямі ділянки. Як видно з рис. 1, для дослідних прес-порошків ці точки знаходяться в області високих значень зусиль пресування. В той же час на залежностях існують досить подовжені ділянки компресійних кривих, близькі до лінійних. Ці ділянки, особливо для більш зволжених порошків, відповідають інтервалу пресового тиску  $90 \div 150$  кгс/см<sup>2</sup>. Саме цей інтервал значень тиску пресування досліджувався далі при вивченні його впливу на випалювальні властивості зразків.

Напівфабрикати для такого дослідження були сформовані в обраному інтервалі тиску пресування з кроком 20 кгс/см<sup>2</sup>. Температура випалу зразків становила 970 °С і 1000 °С. Для випалених матеріалів були досліджені основні експлуатаційні властивості, що регламентуються для лицьової цегли: водопоглинання (%), межа міцності при стиску (МПа) та морозостійкість [9]. Результати вивчення цих властивостей приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Властивості керамічних зразків, отриманих при різних тисках пресування і температурах випалу

Питомий тиск пресування, кгс/см <sup>2</sup>	Властивості матеріалів при різних температурах випалу					
	Водопоглинання, %		Межа міцності при стиску, МПа		Морозостійкість, цикли	
	970 °С	1000 °С	970 °С	1000 °С	970 °С	1000 °С
90	15,0	9,5	30,0	41,0	65	67
110	12,5	10,0	37,0	46,0	75	75
130	13,2	10,6	35,0	51,0	73	75
150	14,0	13,0	33,0	40,0	67	71

Серед наведених в таблиці даних можна виділити значення питомого тиску пресування 110 кгс/см<sup>2</sup>, яке дозволило забезпечити кращий рівень властивостей керамічних зразків. При такому тиску, вочевидь, утворюється більш щільна бездефектна пресовка, що позитивно відображається на усіх випалювальних властивостях зразків. Кращі значення експлуатаційних властивостей матеріалів для отримання лицьової цегли можна забезпечити за умови застосування обох дослідних температур випалу, в тому числі й температури за 970 °С. При такій температурі матеріали характеризуються таким

рівнем значень властивостей, який необхідний для лицьової цегли.

За результатами проведених досліджень, а також з урахуванням встановлених раніше параметрів попередньої термічної обробки відходів запропонована технологічна схема виготовлення лицьової цегли з високим ступенем утилізації відходів збагачення вугілля, яка представлена на рис. 2.

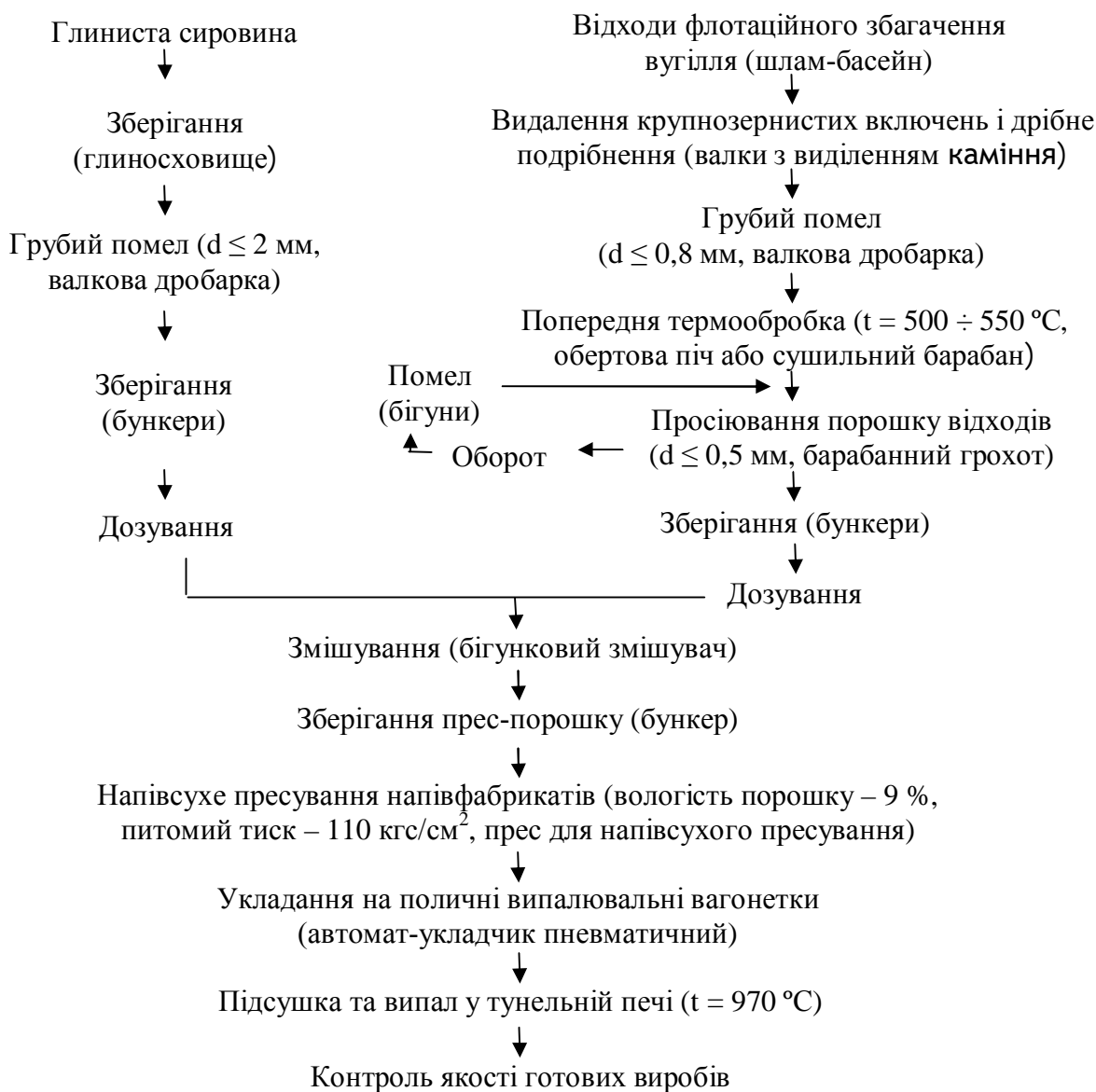


Рис. 2 – Технологічна схема виготовлення фасадної кераміки з високим ступенем утилізації відходів флотації вугілля

У відповідності до розробленої схеми термічна обробка високовуглецевих відходів вуглезбагачення проводиться при температурах видалення з них летких сполук, продуктів їх піролізу та первинного вигорання вуглецю ( $500 \div 550$  °С). Продукт, отриманий після термічної обробки, підлягає просіюванню крізь тонке сито № 05 для отримання дисперсної фракції відходів

для кращого вигорання з них залишкового вуглецю під час випалу напівфабрикатів [10].

Глина проходить підготовку за схемою, прийнятою в технології грубої будівельної кераміки, її кількість в масі становить 20 мас. %. Контроль вологості глини здійснюється перед її подачею у змішувач, вологість прес-порошку контролюється під час змішування. Пресування напівфабрикатів здійснюється при встановлених вище параметрах з використанням пресу напівсухого пресування, який забезпечує заданий питомий тиск. Підсушка та випал напівфабрикатів здійснюється у тунельній печі з подовженою зоною підігріву за звичайним режимом випалу без використання проміжних ізотермічних витримок.

Для здійснення технологічних процесів підготовки відходів, глинистої сировини та отримання прес-порошку використовується типове для виробництва стінової кераміки обладнання, зазначене на схемі (рис. 2).

Запропонована технологія пройшла промислову апробацію з позитивними результатами, що дозволяє рекомендувати її вуглезбагачувальним фабрикам для організації власних допоміжних виробництв з метою переробки відходів у ліквідну керамічну продукцію.

### **Висновки.**

За результатами досліджень визначені основні технологічні параметри виробництва лицьової цегли методом напівсухого пресування.

Пропонується сировинна композиція, що включає 80 мас. % відходів у термічно обробленому вигляді і 20 мас. % полімінерального суглинку.

Відпрацьовані оптимальні технологічні параметри напівсухого пресування напівфабрикатів, які за температури випалу 970 °С забезпечують отримання керамічних матеріалів з водопоглинанням 12,5 %, марками за механічною міцністю М 350 і морозостійкістю F 75.

Запропонована технологія, заснована на застосуванні термічно підготовлених високовуглецевих відходів флотації вугілля, дозволяє залучати такі відходи у виробництво фасадної кераміки як основну керамічну сировину, що сприяє заощадженню природних мінеральних ресурсів.

**Список літератури:** 1. Карпачева А.А. Использование отходов углеобогащения в производстве керамических изделий / А.А. Карпачева // Ресурсосберегающие технологии. Экспресс-информация. ВИНТИ. – 2011. – № 17. – С. 6 – 8. 2. Пат. 23024 Україна, МПК С04В 33/02 (2006). Спосіб підготовки відходів гравітаційного вуглезбагачення для використання у виробництві стінової

кераміки / *Войтенко Б.І., Рубчевський В.М., Чернишов Ю.О., Шмиговський М.Я., Хлопков Л.П., Чернишов Б.Ю.*; заявник та власник Відкрите акціонерне товариство «Запоріжжкокс». – № 94107288; заявл. 18.10.94; опубл. 30.06.98, Бюл. № 3. **3.** *Виговская А.П.* Температурный режим обжига стеновых керамических изделий из отходов флотации углей: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.07 / *Виговская Анна Павловна.* – К., 1986. – 164 с. **4.** Пат. 23024 Российская Федерация, МПК С04В33/00. Сырьевая смесь для изготовления облицовочной керамической плитки / *Панова В.Ф., Столбоушкин А.Ю., Веселовская Т.Е., Баева Е.Ф.*; заявитель и патентообладатель Сибирский Государственный индустриальный университет. – № 2258684; заявл. 29.13.03; опубл. 20.08.05, Бюл. № 23. **5.** *Лисачук Г.В.* Отримання фасадної кераміки на основі відходів флотації вугілля / *Г.В. Лисачук, Л.П. Щукіна, В.В. Цовма* // Хімія та сучасні технології: VI Міжнар. наук-техн. конф., 24-26 квіт. 2013 р.: тези доп. (II том). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 196. **6.** Сировина глиниста органічно-мінеральна з відходів вуглевидобутку та вуглезбагачення для керамічних виробів. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-9-94. – [Чинний від 1994-04-01]. – К.: Міністерство України у справах будівництва і архітектури, 1994. – 7 с. – (Державний стандарт України). **7.** Будівельні матеріали. Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів. Класифікація: ДСТУ Б В.2.7-60-97. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1997. – 15 с. – (Державний стандарт України). **8.** *Лисачук Г.В.* Оценка пригодности глинистого сырья для производства стеновой и фасадной керамики / [*Г.В. Лисачук, Л.П. Щукіна, В.В. Цовма и др.*] // Стекло и керамика. – 2013. – № 3. – С. 14 – 19. **9.** Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-61-97. – [Чинний від 2010-01-01]. – К.: Укрархбудінформ, 2009. – 27 с. **10.** *Лисачук Г.В.* Розробка технологічних параметрів виробництва лицьової цегли на основі відходів флотаційного збагачення вугілля / [*Г.В. Лисачук, Л.П. Щукіна, В.В. Цовма та ін.*] // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2013. – № 2 (21). – (Серія: Хімія і хімічна технологія). – С. 145 – 149.

**Referens:** **1.** *Karpacheva A.A.* Ispol'zovanie othodov ugleobogashheniya v proizvodstve keramicheskikh izdelij / *A.A. Karpacheva* // Resursosberegajushhie tehnologii. Jekspres-informacija. VINITI. – 2011. – № 17. – S. 6 – 8. **2.** Пат. 23024 Ukrayina, MPK S04V 33/02 (2006). Sposib pidhotovky vidkhodiv hravitatsiynoho vuhlezbahachennya dlya vykorystannya u vyrobnytstvi stinovoyi keramiky / *Voytenko B.I., Rubchevs'kyu V.M., Chernyshov Yu.O., Shmyhovs'kyu M.Ya., Khlopkov L.P., Chernyshov B.Yu.*; zayavnyk ta vlasnyk Vidkryte aksionerne tovarystvo «Zaporizhkoks». – № 94107288; zayavl. 18.10.94; opubl. 30.06.98, Byul. № 3. **3.** *Vigovskaja A.P.* Temperaturnyj rezhim obzhiga stenovykh keramicheskikh izdelij iz othodov flotacii uglej: dis. ... kandidata tehn. nauk: 05.13.07 / *Vigovskaja Anna Pavlovna* – Kiev, 1986. – 164 s. **4.** Пат. 23024 Rossijskaja Federacija, MPK S04V33/00. Syr'evaja smes' dlja izgotovlenija oblicovochnoj keramicheskoy plitki / *Panova V.F., Stolboushkin A.Ju., Veselovskaja T.E., Baeva E.F.*; zajavitel' i patentoobladatel' Sibirskij Gosudarstvennyj industrial'nyj universitet. – № 2258684; zajavl. 29.13.03; opubl. 20.08.05, Bjul. № 23. **5.** *Lisachuk H.V.* Otrymannya fasadnoyi keramiky na osnovi vidkhodiv flotatsiyi vuhillya / *H.V. Lisachuk, L.P. Shchukina, V.V. Tsovma* // Khimiya ta suchasni tekhnolohiyi: VI Mizhnar. nauk-tekhn. konf., 24-26 kvit. 2013 r.: tezy dop. (II tom). – Dnipropetrovs'k, 2013. – S. 196. **6.** Syrovyna hlynysta orhano-mineral'na z vidkhodiv vuhlevydobutku ta vuhlezbahachennya dlya keramichnykh vyrobiv. Tekhnichni umovy: DSTU B V.2.7-9-94. – [Chynnyy vid 1994-04-01]. – Kyiv: Ministerstvo Ukrayiny u spravakh budivnytstva i arkhitektury, 1994. – 7 s. – (Derzhavnyy standart Ukrayiny). **7.** Budivel'ni materialy. Syrovyna hlynysta dlya vyrobnytstva keramichnykh budivel'nykh materialiv. Klasyfikatsiya: DSTU B V.2.7-60-97. – [Chynnyy vid 1997-01-01]. – Kyiv: Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny, 1997. – 15 s. – (Derzhavnyy standart Ukrayiny). **8.** *Lisachuk G.* Assessment of clayey raw material suitability for wall and façade ceramic production / [*G. Lisachuk,*

*L. Shchukina, V. Tsovma et all.] // Glass & Ceramics. – 2013. – № 7. – Vol. 70. – P. 89 – 94. 9. Tsehla ta kameni keramichni ryadovi i lyts'ovi. Tekhnichni umovy: DSTU B V.2.7-61-97. – [Chynnyy vid 2010-01-01]. – Kyiv: Ukrarkhbudinform, 2009. – 27 s. 10. Lisachuk G.V. Rozrobka tekhnolohichnykh parametriv vyrobnytstva lyts'ovoyi tsehly na osnovi vidkhodiv flotatsynoho zbahachennya vuhillya / [G.V. Lisachuk, L.P. Shchukina, V.V. Tsovma et all.] // Naukovi pratsi Donets'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. – 2013. – № 2 (21). – (Seriya: Khimiya i khimichna tekhnolohiya). – S. 145 – 149.*

*Надійшла до редколегії (Received by the editorial board) 10.07.14.*

УДК 666.635

**Ресурсозаощаджуюча технологія фасадної кераміки із застосуванням тонких відходів вуглезбагачення / В.В. ЦОВМА, Л.П. ЩУКІНА, Г.В. ЛИСАЧУК // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 52 (1094). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 147 – 154. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0821.**

Исследована возможность снижения температуры обжига фасадной керамики с высоким содержанием отходов флотации углей за счет регулирования параметров полусухого прессования масс. Построены компрессионные кривые уплотнения пресс-порошков на основе термически обработанных отходов углеобогащения. Установлена возможность получения лицевого кирпича по ресурсосберегающей технологии при температуре обжига 970 °С. Предложена технологическая схема получения лицевого кирпича с высокой степенью утилизации отходов флотации углей.

**Ключевые слова:** высокоуглеродистые отходы флотационного обогащения углей, термическая подготовка отходов, параметры полусухого прессования, фасадная керамика.

UDC 666.635

**Resource-saving technology of facade ceramics with using thin waste coal / V.V. TSOVMA, L.P. SHCHYKINA, G.V. LISACHYK // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 147 – 154. – Bibliogr.: 10 names. – ISSN 2079-0821.**

The possibility of reducing the firing temperature of facade ceramics with a high content of waste coal flotation by adjusting the parameters of dry-pressed masses was investigated. Compression curves constructed seal press powders based on thermally treated waste coal has been constructed. Technological parameters of manufacturing of ceramic materials have been determined: compaction pressure 110 kg/cm<sup>2</sup>, humidity of press-powder 9 mass %. The possibility of obtaining face brick on the resource-saving technology at a temperature of firing 970 °C was set. Materials developed by this technology have high values of performance properties: water absorption of face brick up to 12.5 %, ultimate compressive strength 37 MPa, frost resistance over 75 cycles. A flow scheme for facing bricks with a high degree of waste coal flotation was proposed.

**Keywords:** high-carbon coal flotation waste, heat treatment of wastes, parameters of dry pressing, facade ceramics.