

УДК 622.333; 666.7-128; 666.3.015.4

О.Ю. ФЕДОРЕНКО, к.т.н., доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КЛІНКЕРНИХ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУВАННЯ

Запропоновано технологію виготовлення клінкерних керамічних виробів для потреб будівельної індустрії, що базується на комплексному підході, який поєднує принципи раціонального використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки та дозволяє одночасно отримати корисний продукт та утилізувати відходи вуглевидобування.

**клінкерні будівельні вироби, відходи вуглевидобування, технологічні параметри, оптимізація термообробки**

Груба протидія законам природи, існування яких не залежить від бажання людини, зокрема закону про біосферу та можливість її саморегуляції [1], вже призвела до того, що в Україні, особливо у Донбасі, склалася вельми напружена екологічна ситуація. На сьогодні саме у Донбасі утворюються 53 % промислових відходів вітчизняних виробництв.

У значній мірі еколого-геохімічний стан цього регіону визначається величезною кількістю відходів вугільної, гірничовидобувної, металургійної, хімічної та енергетичної галузей промисловості, які накопичені у відвалах, териконах, шламовідстійниках і не лише наносять шкоди природному ландшафту, але й негативно позначаються на навколишньому природному середовищі та здоров'ї населення. У Донбасі до цього часу налічується близько 1260 териконів, в яких накопичено більше двох мільярдів тонн відходів вуглевидобування та вуглезбагачення. Оскільки вугілля є основним енергоносієм в Україні, його видобування продовжуватиметься і надалі. При цьому слід враховувати той факт, що видобування кожної тисячі тонн вугілля шахтним способом призводить до нагромадження на прилеглих до шахти територіях близько 140 м<sup>3</sup> відвальних порід, а збагачення тисячі тонн вугілля викликає необхідність складати біля 120 м<sup>3</sup> відходів збагачення [2]. Таким чином, складна екологічна ситуація, яка виникла в цьому регіоні України, вимагає вирішення багатьох питань охорони та відновлення навколишнього природного середовища, одним з яких є утилізація відходів вугільної промисловості.

На сьогодні рівень використання відходів вуглевидобування в Україні не перевищує 9 %, тоді як цей показник для промислово розвинених країн сягає 70–80 % [3]. У той самий час відходи вуглевидобування слід розглядати як техногенну сировину, оскільки продукти вугленосної товщі містять значну кількість Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а також доміш-

ки кольорових, рідких та благородних металів. Зазвичай кількість останніх у перерахунку на прожарену речовину знаходиться у межах 0,1–1,0 % [4]. Огляд спеціальної літератури з питань утилізації та використання вуглевідходів свідчить про можливість їх застосування у технології високоякісних поруватих заповнювачів для легких бетонів [5], стінових будівельних матеріалів [6], а також джерела Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – для отримання глинозему [7].

Метою наданої роботи є дослідження можливості застосування відходів вугільної промисловості як основної сировини у керамічному виробництві та розробка технології виготовлення клінкерних будівельних матеріалів на основі відходів вуглевидобування.

Вуглевідходи традиційно класифікують на тверді (вскришні та вміщуючі породи), пластичні (відходи збагачення), рідкі (шахтні та кар'єрні води, а також стічні води вуглезбагачувальних фабрик) та пилогазоподібні (пил, сірчаний ангідрид та ін.) [8]. У більшості випадків вскришні породи вугільних пластів Донбасу подані переважно метаморфізованими аргилітами, алевролітами і алевролітовими сланцями, які характеризуються порівняно високою щільністю і твердістю за шкалою Моосу – від 2 до 3,5. Хімічний склад цих порід близький до складу глинистої сировини, яка застосовується для виробництва керамічної цегли. Дослідження цілого ряду відвальних порід вуглезбагачувальних фабрик довело, що за хімічним складом мінеральна частина відходів аналогічна напівкислій глинистій сировині з середнім і високим вмістом забарвлюючих оксидів. Сірка присутня переважно у вигляді сульфатів. Органічна речовина, вміст якої змінюється в межах 10–35 %, знаходиться у вигляді дисперсної форми (керогену), який надає породам чорного кольору [9].

Для дослідження можливості використання вуглевідходів Чумаковської ЦЗФ у технології керамічних будівель-



них матеріалів було вивчено шість видів матеріалів, що отримані на різних ділянках родовища та етапах технологічного циклу: горілі породи, алевроліти, аргіліти, відходи поточного виходу. Усі матеріали, за виключенням горілих порід та відходів поточного виходу, мають чорний колір та каменеподібний вигляд. Горілі породи – суміш агломератів різної дисперсності та кольору, а відходи збагачення вугілля поточного виходу – волога маса темно-сірого кольору із кам'янистими включеннями. Дослідженнями радіаційних властивостей дослідних вуглевідходів встановлено, що питома радіоактивність природних радіонуклідів  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  для них становить 58, 63 та 748 Бк/кг відповідно, а ефективна питома активність  $C_{\text{эф}}$  = 204 Бк/кг. За існуючою класифікацією, ці матеріали відносяться до 1 класу ( $C_{\text{эф}} \leq 370$  Бк/кг) і можуть без обмежень використовуватися у будівельній індустрії.

Результати хімічного аналізу складу вуглевідходів надані у табл. 1 (у подальшому для зручності викладення результатів досліджень використовується нумерація проб, яку надано у табл. 1). Проведений хімічний аналіз показав, що дослідні матеріали відрізняються, в основному, за вмістом  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а також за кількістю вигоряючих компонентів. Аргіліти, алевроліти та алевролітові сланці більш близькі за складом, зокрема за вмістом оксидів, які визначають властивості керамічної сировини:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ . Проба № 4 виділяється високим вмістом сульфідної сірки, що свідчить про проблематичність її застосування для отримання виробів за шлікерною технологією. Максимальними втратами при прожарюванні характеризуються проби № 1 та № 3 (25,3 і 33,9 % відповідно), що вказує на можливо високу поруватість виробів, які отримані на їх основі.

Вміст вуглецю у складі матеріалів визначали за стандартною методикою (спалювання у струмені кисню при температурі 1250 °C). Максимальним вмістом вуглецю характеризується проба № 3 (21,7 мас. %), що свідчить про можливість його використання як вигоряючої добавки для отримання матеріалів з низькою теплопровідністю. Вміст С (в мас. %) у складі дослідних матеріалів складає: № 1 – 2,95; № 2 – 6,88; № 3 – 21,7; № 4 – 3,23; № 5 – 0,97; № 6 – 7,77.

Таблиця 1 – Хімічний склад дослідних вуглевідходів

| № проби | Найменування матеріалу              | Масова частка компонента, % |                         |                         |              |              |                       |                      |               |       |
|---------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|---------------|-------|
|         |                                     | $\text{SiO}_2$              | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{SO}_2$ | в.п.* |
| 1       | горілі породи                       | 35,8                        | 15,7                    | 15,30                   | 1,71         | 0,27         | 0,60                  | 2,00                 | 1,90          | 25,3  |
| 2       | алевроліти з відвалів               | 53,0                        | 20,2                    | 4,40                    | 0,10         | 0,95         | 0,68                  | 2,36                 | 0,02          | 16,6  |
| 3       | поточний вихід (відходи флотації)   | 38,7                        | 18,3                    | 3,60                    | 0,45         | 0,68         | 0,72                  | 2,25                 | 0,08          | 33,9  |
| 4       | поточний вихід (відходи гравітації) | 55,2                        | 20,0                    | 6,40                    | 0,26         | 1,73         | 1,00                  | 1,80                 | 1,21          | 11,0  |
| 5       | аргіліти з відвалів                 | 79,9                        | 10,8                    | 2,19                    | 0,05         | 0,38         | 0,27                  | 0,92                 | 0,05          | 4,60  |
| 6       | алевролітові сланці                 | 51,2                        | 19,5                    | 5,32                    | 0,54         | 1,26         | 0,7                   | 2,30                 | 0,19          | 17,4  |

\*в.п. – втрати при прожарюванні

Якісний мінералогічний склад дослідних матеріалів визначався із залученням рентгенофазового аналізу (РФА). Рентгенограми знімали на дифрактометрі ДРОН-3М з  $\text{CuK}_\alpha$ -випромінюванням та нікелевим фільтром при стандартних умовах його роботи. У результаті РФА у складі дослідних матеріалів були ідентифіковані основні породоутворюючі компоненти – глинисті мінерали (гідрослюда і каолінит), а також домішки польових шпатів і карбонатних мінералів (сидериту, доломіту, кальциту). Отримані відомості дозволяють віднести досліджувані матеріали до каолініто-гідрослюдистого типу, що припускає їх хороші кераміко-технологічні властивості.

У разі застосування відходів вуглезбагачення для отримання виробів за керамічною технологією основними властивостями, що визначають їх технологічність і якість готової продукції, є дисперсність і характеристики спікання. Вивчення кераміко-технологічних властивостей проводилось з використанням стандартних методик згідно з ДСТУ Б В.2.7.-60-97. Проведеними дослідженнями, що спрямовані на вивчення подрібнюваності каменеподібних вуглевідходів (проби №№ 2, 4, 5, 6), було встановлено, що при вмісті органічного компоненту до 20 % породи подрібнюються дуже інтенсивно і легко досягають тонкодисперсного стану. Встановлено, що у результаті подрібнення в кульових млинах протягом 6 годин ступінь подрібнення матеріалу характеризується залишком на ситі № 0056 до 3 %. При більш високому вмісті органічної речовини спочатку відбувається активне подрібнення матеріалу, яке істотно сповільнюється після досягнення частками розміру 0,06–0,07 мм внаслідок їх злипання і агрегації.

Дослідження кераміко-технологічних властивостей продуктів подрібнення вуглистих аргілітів та алевролітів показали, що за числом пластичності тонкоподрібнених матеріалів ( $P = 9,8 - 11,7$ ) їх можна віднести до групи помірно пластичної глинистої сировини. Водночас, матеріали № 1 та № 3 відносяться до малопластичної сировини ( $P = 3,5 - 5,2$ ), тому у виготовленні напівфабрикатів можливе застосування як напівсухого пресування, так і пластичного формування. Встановлено також, що всі дослідні вуглевідходи є нечутливими до сушки.

Дослідженнями характеристик спікання встановлено, що водопоглинання всіх матеріалів (за виключенням проб № 1, № 3) після випалу при 1000 °С знаходяться у межах 11–14 %, що свідчить про придатність каменеподібних вуглеводів (проби №№ 2, 4, 5, 6) для виготовлення стінової кераміки достатньо високої марки. У той самий час зразки, що отримані на основі проб № 1 та № 3, мають занадто високе водопоглинання і можуть знайти використання лише для отримання високопоруватих теплоізоляційних виробів.

Цікавим виявився той факт, що дослідні аргілітові та алевролітові породи (проби №№ 2, 4, 5, 6) здатні спікатися до водопоглинання менше 6 % при температурі 1100 °С, яка відповідає середньостатистичній температурі випалу клінкерної цегли, однак зразки зазнають деформації внаслідок спучування матеріалів при термообробці. Слід усе-таки зазначити, що рівень спікання отриманих зразків є високим і за показниками водопоглинання отримані вироби відповідають вимогам до клінкерної цегли. Тому для отримання бездефектних виробів на основі вуглеводів необхідно є розробка спеціальної технології.

З метою вивчення поведінки дослідних матеріалів при термообробці були здійснені термогравіметричні дослідження із залученням диференційно-термічного методу аналізу, який був реалізований з використанням дериватографу системи «Паулік-Паулік-Ердей» (ВНР) в інтервалі температур 20–1000 °С при масі наважки 0,5–1,0 г та швидкості підйому температури 10 °С/хв.

Ця методика дозволяє не лише ідентифікувати породоутворюючі компоненти, але й визначити температурні інтервали протікання найважливіших, з точки зору формування матеріалу, процесів. На рис. 1 наведено термограми проб дослідних матеріалів.

Порівняльний аналіз отриманих термограм дозволяє зробити висновок, що процеси, які супроводжують термообробку матеріалу № 1, якісно відрізняються від таких для всієї решти матеріалів. На термограмах матеріалів №№ 2, 3, 4, 5, 6 відзначаються ендоефекти великої інтенсивності в інтервалах температур, які указані у табл. 2.

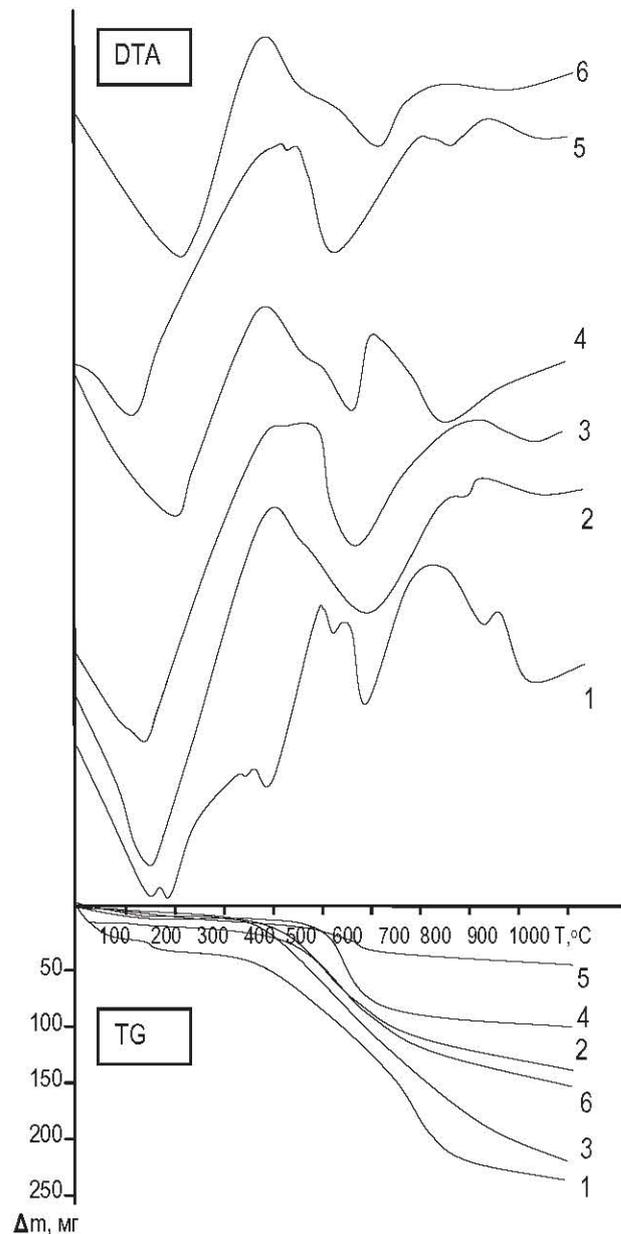


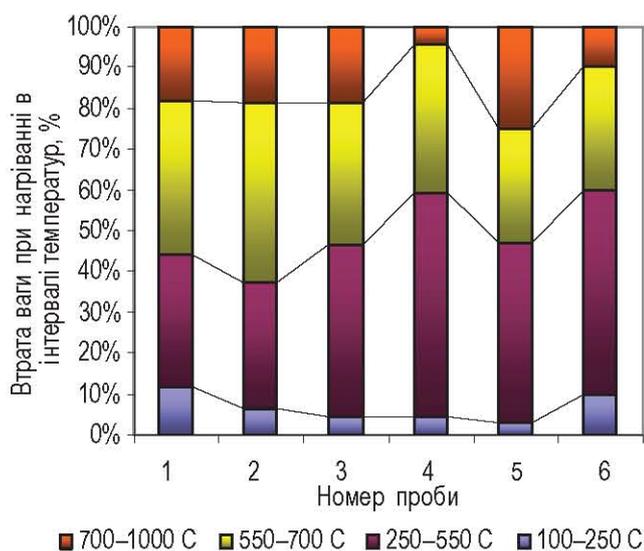
Рисунок 1 – Термограми дослідних вуглеводів (1–6 – номери проб)

Таблиця 2 – Характеристика теплових ефектів зафіксованих при термообробці проб за результатами ДТА

| № позиції | Температури екзо- і ендо- ефектів на термограмах проб |        |        |        |        |        | Опис ефектів   |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|           | 1   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |  |
| 1         | (-)160  | (-)145 | (-)140 | (-)130 | (-)135 | (-)210 | Ендотермічні ефекти (-) в інтервалі температур 100–220 °С – видалення вільної води; Екзотермічні ефекти (+) в інтервалі 250–550 °С – окислення (вигорання) вуглистої речовини<br>Ендотермічні ефекти (-) в інтервалі 570–615 °С – виділення конституційної води і руйнування кристалічних ґрат гідрослюду<br>Екзотермічні ефекти (+) в інтервалі температур 640–820 °С – описані в літературі як другий екзоефект, властивий пісним видам вугілля Донбасу, які містять фюзиніт |
| 2         | (-)180  | (+)400 | (+)400 | (-)200 | (+)420 | (+)380 |  |
| 3         | (+)260  | (-)585 | (+)480 | (+)380 | (+)440 | (+)540 |  |
| 5         | (+)365  | (+)710 | (-)580 | (+)500 | (-)515 | (-)615 |  |
| 6         | (+)400  | (+)810 | (+)800 | (-)570 | (+)725 |        |  |
| 7         | (+)500  |        |        | (+)640 | (+)820 |        |  |
| 8         | (+)550  |        |        | (+)700 |        |        |  |
| 9         | (-)590  |        |        |        |        |        |  |
| 10        | (+)725  |        |        |        |        |        |  |
| 11        | (+)820  |        |        |        |        |        |  |



Проведеними дослідженнями встановлено, що основним процесом, який супроводжує термообробку дослідних матеріалів, є видалення органічної складової. У зв'язку з цим найбільший інтерес викликає порівняння кількісних показників, отриманих при аналізі та обрахунках кривої TG (крива зміни маси). Максимальними сумарними втратами маси характеризуються матеріали № 1 та № 3, що відповідає даним хімічного аналізу (втрати при прожарюванні становлять 25,3 і 33,9 % відповідно). На рис. 2 наведена діаграма, що характеризує відносну втрату маси дослідних матеріалів для різних температурних інтервалів: дегідратації (100–250 °С), окиснення та вигорання вуглецевих компонентів (250–550 °С), руйнування кристалічних ґраток породоутворюючих мінералів (550–700 °С) та остаточного формування структури та фазового складу матеріалу (700–1000 °С).



**Рисунок 2 – Відносна втрата маси матеріалів при нагріванні до 1000 °С**

Аналіз показаних даних свідчить про те, що найбільш інтенсивне зменшення маси в інтервалі температур 250–550 °С, який відповідає видаленню (вигоранню) органічних речовин, характерне для матеріалів №№ 3, 4, 5, 6. У матеріалі № 1 зменшення маси у всіх температурних інтервалах розподіляється більш рівномірно; у матеріалах №№ 1, 2, 3, 5 зменшення маси проби продовжується і при температурі вище 700 °С, що вказує на присутність в цих пробах фюзиніту.

Отримані дані дозволяють обґрунтовано підійти до розробки режиму випалу для виготовлення керамічних матеріалів на основі відходів вуглезбагачення. Вочевидь, для отримання бездефектних виробів необхідно створити умови, які б виключали спучування матеріалу при термообробці. Для цього необхідно забезпечити безпе-

решкодне вигорання органічної складової і подальше спікання матеріалу шляхом подовження періоду витримки в інтервалі температур, відповідних окисненню вуглистої речовини. Це дозволить газам, що утворюються при вигоранні органіки, безперешкодно віддалитися через пори ще не спеченого черепка, не руйнуючи його. На наступній стадії випалу (при подальшому підвищенні температури понад 900 °С) відбуватиметься спікання матеріалу до необхідного рівня (залежно від вибраної максимальної температури випалу). Якщо при термообробці матеріалів не проводити витримку при температурі окиснення вуглистої речовини, а швидко нагрівати матеріал до максимальної температури (вище 900 °С), видалення газів з матеріалу, що знаходиться в піропластичному стані, супроводжуватиметься деформацією виробів унаслідок спучування матеріалів. Слід зазначити, що для визначення тривалості витримки, яка гарантуватиме повне видалення органічних компонентів з сировинних матеріалів, необхідні додаткові експериментальні дослідження кінетики окиснення, які належить здійснювати з урахуванням особливостей пічного обладнання кожного конкретного підприємства. Такі дослідження бажано проводити безпосередньо у промислових умовах.

Проведені дослідження дозволили визначити, що для отримання клінкерних керамічних матеріалів, які відрізняються високим ступенем спікання, на основі відходів вуглевидобування вміст використаної органічної речовини у складі відходів не повинний перевищувати 10–17 %. Це пояснюється тим, що органічна речовина присутня у складі аргилітів та алевролітів у дисперсній формі (у вигляді керогену), впливає на швидкість і тонину помелу твердих порід, оскільки кероген містить речовини, які здатні утворювати коагуляційні структури, що обумовлює агрегацію дрібних часток при помелі вуглевідходів з високим вмістом органічної складової [8].

У свою чергу ступінь подрібнення породи впливає також на формувальні та сушилні властивості керамічних мас на основі відходів вуглевидобування. Тонке подрібнення матеріалів є необхідною умовою отримання щільноспечених виробів на основі відходів вуглевидобування, адже саме розмір часток матеріалу обумовлює швидкість вигорання вуглецю. Окрім цього, температура максимуму реакції окиснення вуглецю зменшується з підвищенням дисперсності матеріалу. У ході досліджень було встановлено, що для отримання щільноспеченої структури клінкерних виробів подрібнення порід має забезпечувати отримання часток розміром до 60 мкм [9]. Тому для виготовлення клінкерних виробів у промислових умовах доцільно використовувати таку схему дробарно-помельного вузла: попереднє подрібнення в щоківих дробарках до розмірів менше 40 мм, наступне подрібнення у молотко-

вій дробарці та помел у шахтних або барабаних млинах до розмірів часток 0,05–0,5 мм. Проте, слід зазначити, що використання кульового млина для помелу матеріалу вимагає його попередньої підсушки до вологості 2–4 %.

З урахуванням властивостей продуктів подрібнення відходів вуглевидобування як метод формування рекомендована жорстка або напівжорстка екструзія на стрічковому вакуумному пресі, яка дозволить отримати напівфабрикати високої міцності, що є необхідною умовою їх автоматизованої садки на вагонетки. Вологість маси при такому способі формування не перевищує 14–16 %, що, враховуючи нечутливість матеріалу до сушіння, надає можливість організації скороченого сушіння напівфабрикатів у тунельних сушарках.

Дослідження випалювальних властивостей відходів вуглевидобування показало, що у результаті випалу при температурі 1100 °С відбувається спучення виробів унаслідок активного видалення продуктів вигорання вуглистої речовини з матеріалу, який знаходиться в піропластичному стані. Для виключення цього потрібно або прискорити вигорання органічної складової, або забезпечити умови для відокремлення процесів окиснення органіки, яке супроводжується газовиділенням, та активного рідкофазового спікання черепка за температурою та часом термообробки. Оскільки швидкість вигорання органічної речовини залежить від ступеня дисперсності вуглевідходів, товщини та газопроникності черепка та режиму випалу, доцільним є саме корегування параметрів термообробки виробів з урахуванням відомостей про процеси, що відбуваються при нагріванні дослідних матеріалів.

Вивчення поведінки вуглевідходів при термообробці із залученням ДТА дозволили встановити температурний інтервал (250–550 °С), який характеризується максимальними втратами ваги зразка. Саме в цьому температурному інтервалі відбувається активне вигорання органічної складової. З урахуванням теплових ефектів на кривих ДТА був розроблений оптимальний режим випалу, що дозволяє уникнути спучування і деформації виробів та досягти максимального ступеня спікання без ознак їх деформації та оплавлення.

Уповільнення нагрівання в інтервалі температур 250–600 °С до швидкості нагрівання 15 °С/год забезпечує безперешкодне видалення газів, що утворюються при вигоранні вуглистої речовини, крізь відкриті пори черепка, який ще не набув високого ступеня спікання. Подальше нагрівання можна здійснювати при більш високій швидкості без небезпеки для виробів. Витримка при максимальній температурі 1100 °С забезпечує наступне інтенсивне спікання матеріалу та отримання бездефектних виробів із щільною структурою.

Для порівняння, на рис. 3 наведено традиційний та запропонований нами режими термообробки для випалу виробів у тунельних печах, а також надано вигляд отриманих виробів.

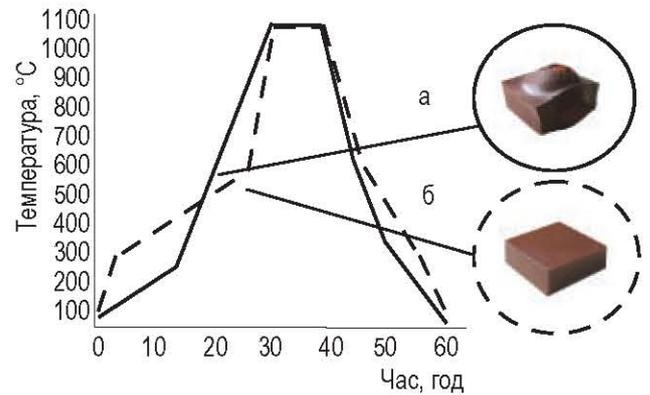


Рисунок 3 – Режими випалу клінкерної цегли:

а – традиційний; б – запропонований

Отримані в результаті випалу за спеціальним режимом виробів мають красивий шоколадний колір та характеризуються гладкою напівматовою поверхнею, водопоглинанням 0,1 % і високими показниками міцності на стиск та вигин ( $\sigma_{ст} = 95$  МПа;  $\sigma_{виг} = 20$  МПа).

Таким чином, проведені дослідження довели перспективність використання відходів вуглевидобування для отримання щільноспечених керамічних виробів, зокрема клінкерної цегли з високими фізико-механічними показниками. Обмеженням для використання відходів вуглевидобувної промисловості є вміст тонкодисперсної органічної речовини (керогену) не більше ніж 15–17 мас. %. Розроблена технологія дозволяє отримати бездефектні зразки з високим ступенем спікання та властивостями, що задовольняють вимоги до клінкерних будівельних виробів. Упровадження запропонованої технології у вітчизняне виробництво дозволить не лише відмовитися від імпорту клінкерних виробів, які є затребуваними сучасною будівельною індустрією, але й розширити асортимент високоякісних дорожніх матеріалів, зокрема, тротуарного клінкеру для оздоблення історичних частин українських міст.

Отримані позитивні результати свідчать про можливість ефективної утилізації відходів вуглевидобування та вказують на те, що освоєння джерел цієї техногенної сировини має стати одним із пріоритетних науково-практичних напрямів повної ліквідації відходів вуглевидобування – одних із головних джерел забруднення природного середовища Донбасу. Реалізація такого підходу забезпечить покращення екологічного стану нашої країни в цілому.



## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М. : Наука, 2001. – 376 с.
2. К геоэкологии Донецкого каменноугольного бассейна / Б.С. Панов, О.А. Шевченко, А.М. Дудик [и др.] // Известия ВУЗов. Серия геология и разведка. – 1998. – № 5. – С. 138–145.
3. Куруленко С.С. Екологія Донеччини: стан та перспективи // Схід, 2000 – № 6.– С. 38–41
4. Углеотходы Восточного Донбасса как техногенное минеральное сырье : обзорная информация / [Коломенский Г.Ю., Гипич Л.В., Коломенская В.Г. и др.]. – М. : Геоинформцентр, 2002. – 51 с.
5. Петров В.П. Технология керамзитового гравия из углеотходов / В.П. Петров, В.А. Федоров // Физико-химические основы и экологические проблемы использования отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых : тезисы докладов. Часть 1. – М : Изд-во Академии наук, отделения общей и технической химии. – 1980. – С. 95–96.
6. Кикава Ш. Строительные материалы из отходов производства / Ш. Кикава [и др.] // Экология и промышленность России. – 1997. – № 12. – С. 23–28.
7. Вайтнер В.В. Производство глинозема из отходов угледобычи / В.В. Вайтнер, И.И. Калениченко // Вестник УГТУ. – 2006. – № 28. – С. 15–22.
8. Михайлов В.И. Технология производства керамических изделий на основе отходов промышленности / В.И. Михайлов, Н.Т. Кривоносова. – К. : Будівельник, 1983. – С. 30.
9. Об использовании отходов углеобогащения в технологии стеновой керамики / И.В. Гасимова, М.И. Рыщенко, Е.Ю. Федоренко [и др.] // Хімія і сучасні технології : тези доповідей III Міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 144.

*Поступила в редакцию 29.09.2009*

Предложена технология изготовления клинкерных керамических изделий для строительной индустрии, базирующаяся на комплексном подходе, который реализует принципы рационального использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности, и позволяющая одновременно получить полезный продукт и утилизировать отходы угледобычи.

The technology of ceramic clinker making for build industry is described. The offered technology based on complex approach, which realizes the principles of natural resources rational use and provides ecological safety. It simultaneously enables obtaining useful product and utilizing coal mining wastes.