

Zakarpatskiy perlit as component of mineral woven fabric material

O.O. Titova, L.P. Chernyak (ORCID 000-0001-8479-0545), L.A. Nudchenko (ORCID 0000-0001-6519-9864)

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", av. Peremogy, 37, Bldg. 21, Kyiv, 03056, Ukraine
Tel.: +380672985775
E-mail: lpchernyak@ukr.net

Article info: received 12.03.2019, revised 15.03.2019, accepted 26.03.2019

Titova, O.O., Chernyak, L.P., Nudchenko, L.A. (2019) Zakarpatskiy perlit as component of mineral woven fabric material 1(42), doi: 10.26909/csl.1.2019.1

Thanks to the peculiarities of the chemical composition and structure, perlite has received application for manufacturing building materials - thermal insulation and ceramic.

Results over of research of the silicate systems with Transcarpathian perlite as raw material for making of mineral astringent material are driven. The features of the chemical-mineralogical composition, phase transformations during burning and astringent properties of material at the use of perlite from Beregovsky deposit in composition initial raw material mixtures are shown.

To determine and optimize raw material stock at the production of mineral binder material of low-temperature roasting type of natural or romanticum, a computer program "RomanCem" was used.

After burning with a maximum temperature of 1100 °C, the test of the binder material from the investigated 3-component mixtures with Transcarpathian perlite is characterized by differences in phase composition and properties.

When using for the manufacture of mineral binder material of low-temperature firing of a gypsum natural or romantic cement 3-component mixtures based on the limestone system - perlit - clay, the content of Transcarpathian perlite is possible from 4 to 22 mass. %.

Key words: perlite, clay, material mixtures, chemical composition and structure.

Закарпатський перліт як компонент мінерального в'язучого матеріалу

О.О. Титова, Л.П. Черняк, Л.А. Нудченко

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна

Наведені результати досліджень силікатних систем із закарпатським перлітом як сировини для виготовлення мінерального в'язучого матеріалу. Показані особливості хіміко-мінералогічного складу, фазові перетворення при випалі та в'язучі властивості матеріалу при використанні перліту Берегівського родовища в складі вихідних сировинних сумішей.

Вступ

Технологія виробництва силікатних матеріалів базується на комплексному використанні сировини різного генезису [1]. При цьому за рахунок варіювання хіміко-мінералогічного складу вихідних сировинних композицій досягається можливість регулювання параметрів структуроутворення та властивостей матеріалів та виробів [2 - 4].

Одним із джерел природної силікатної сировини є породи вулканічного походження [5, 6], серед яких

суттєве місце за світовим розповсюдженням і запасам родовищ займає перліт [7].

Завдяки особливостям хімічного складу та структури, перліт отримав застосування для виготовлення будівельних матеріалів - теплоізоляційних і керамічних [8 - 11].

В той же час, подальше підвищення ефективності роботи діючих кар'єрів потребує розширення напрямків практичного використання перліту. Одним з таких перспективних напрямків може стати масове виробництво мінеральних в'язучих матеріалів, що стало метою поданої роботи.

Матеріали та методи дослідження

В даній роботі було досліджено суміші на основі силікатної системи вапняк – глина – перліт. Відзнакою такої системи є комплексне застосування природної сировини різного генезису:

- вапняк Дубовецького родовища Івано-Франківської області, що промислово використовується ПАТ «Івано-Франківськцемент»;
- глину Кривинського родовища Рівненської області, що промислово використовується ПАТ «Волинь-цемент»;
- перліт Берегівського родовища Закарпатської області, що розробляється компанією «Перліт груп» (Україна).

Хімічний склад досліджуваної проби перліту відзначається високим вмістом SiO_2 при кількісному співвідношенні $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 6 : 1$ та лужних оксидів типу $\text{R}_2\text{O} = 8,09$ мас. % (табл. 1).

Вапняк характеризується кількісним співвідношенням $\text{CaO} : \text{SiO}_2 = 16 : 9$, відносно меншим вмі-

стом Fe_2O_3 , проба кривинської глини – кількісному співвідношенні $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 4 : 1$.

Рентгенофазовий аналіз порошкових препаратів досліджуваної сировини, проведений з застосуванням дифрактометру ДРОН – 3М, дозволив виявити наступні особливості мінералогічного складу проб: перліт характеризується розвинутою склофазою із кристалічними включеннями кварцу та польового шпату (рис. 1), вапняк відрізняється превалюючим вмістом кальциту, кривинські глини відносяться до групи полімінеральних з підвищеним вмістом монтморилоніту, кварцу та польових шпатів.

Відповідно до сучасної технології в'язучих сировинні суміші визначеного складу готували шляхом дозування компонентів по масі, змішування та гомогенізації при двохстадійному помелі у кульовому млині, випалу і помелу кінцевого продукту.

Виготовлені проби сировинних сумішей випалювали в печі протягом 15 годин в інтервалі максимальних температур 1050-1150 °С з витримкою при максимумі 1,5 год.

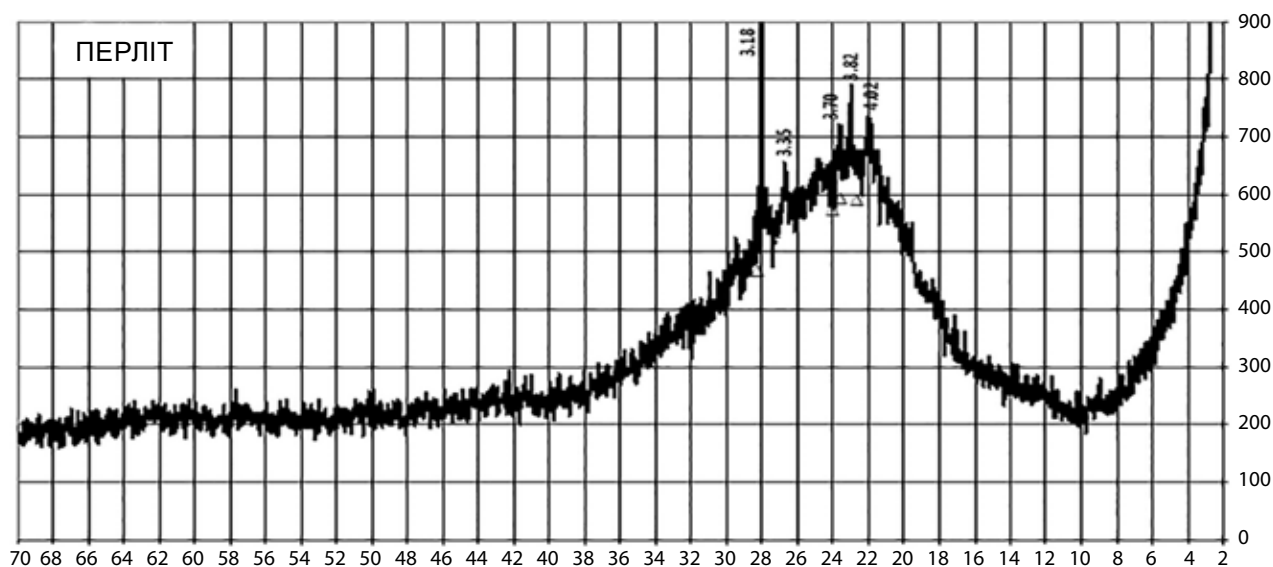


Рис. 1. Дифрактограма проби закарпатського перліту: ν -кварц, Δ -польовий шпат

Таблиця 1.

Хімічний склад сировини

Назва проби	Вміст оксидів, мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	в.п.п
перліт	72,08	12,92	1,50	0,90	0,88	0,63	-	3,76	4,33	3,0
вапняк	3,13	0,06	1,05	-	52,82	0,52	0,10	-	-	42,32
кривинська	60,96	15,66	5,57	0,79	3,33	2,04	0,16	0,30	2,70	8,48

Всі зразки дослідних сумішей, показники яких порівнювали, сушили та випалювали разом, аби виключити можливість різниці в ступені термічної обробки.

Результати та їх обговорення

Для визначення та оптимізації вихідних сировинних складів при виготовленні мінерального в'язучого матеріалу низькотемпературного випалу типу натурального або романцементу було використано комп'ютерну програму «РоманЦем» [12].

Результати комп'ютерних розрахунків показали, що при використанні сумішей на основі системи вапняк – глина – перліт можливий вміст перліту становить 10 - 23 мас. % при гідралічному модулі $HM = 1.10$ та 4 - 13 мас. % при гідралічному модулі $HM = 1.70$ (рис. 2).

При використанні системи з глиною в інтервалі концентрацій перліту $C_p = 4 - 9$ мас. % при $HM = 1,1$ та $HM = 1,7$ в'язучий матеріал характеризується числами кремнеземного ($n = 3,1 - 3,3$) та глиноземного ($p = 1,9 - 2,3$) модулів, що відповідають рекомендованим показникам для цементу.

Фазовий склад і властивості в'язучого матеріалу. Для дослідження особливостей структуроутворення та властивостей мінерального в'язучого на основі системи вапняк – перліт – глина кривинська було обрано проби 40в, 41в, склад яких після випалу має при гідралічному модулі $HM = 1,1$ забезпечити значення кремнеземного модулю (n) 3,1 і 3,5 та глиноземного (p) 2,2 і 2,5 (табл. 2).

Таблиця 2.
Склад сировинних сумішей

Код суміші	Вміст компонентів, мас. %		
	вапняк	перліт	глина
40в	65,7	4,3	30,0
41в	66,5	13,5	20,0
42в	76,5	8,5	15,0

Проба 42в при гідралічному модулі $HM = 1,7$ має забезпечити значення $n = 3,4$ і $p = 2,1$.

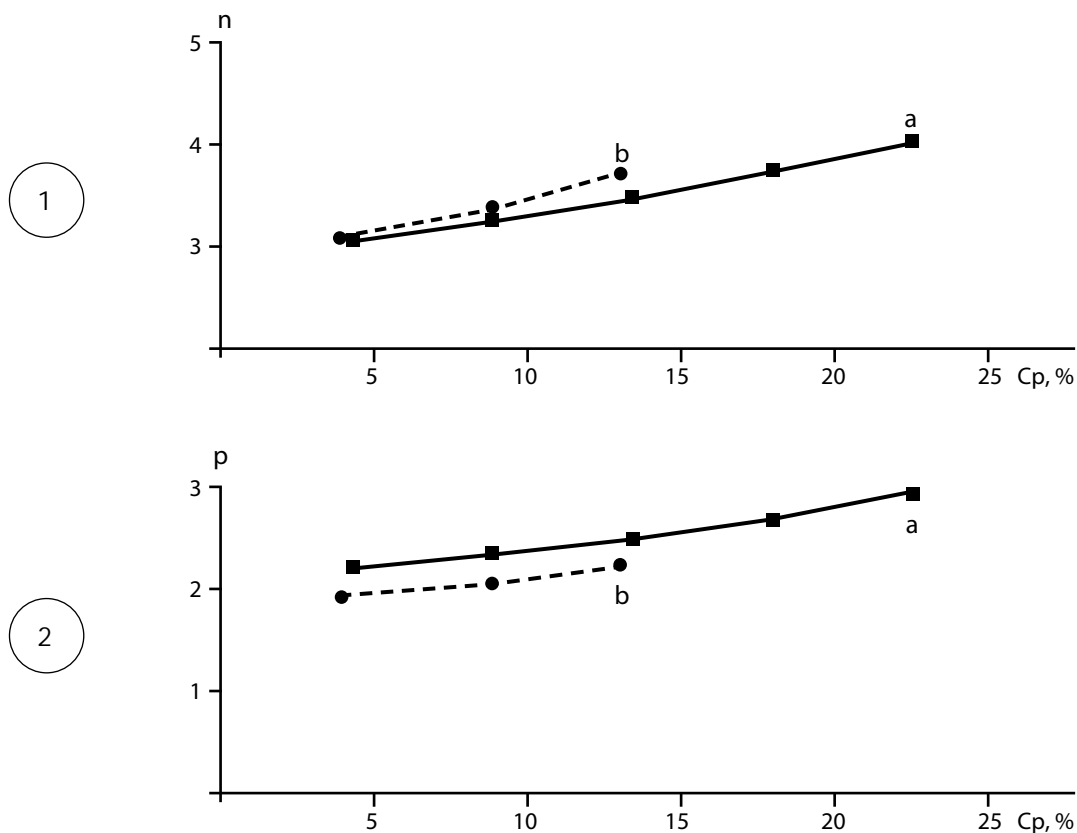


Рис. 2. Залежність кремнеземного n (1) та глиноземного p (2) модулів від концентрації перліту (C_p) в системі вапняк – глина - перліт при $HM = 1,1$ (a) і $HM = 1,7$ (b)

Кількісному співвідношенню компонентів від-повідають відмінності хіміко-мінералогічного скла-ду 3-компонентних сумішей.

При однаковій кількості вапняку проби 40в, 41в близькі за хімічним складом (табл. 3), разом з тим, при більшому кількісному співвідношенні перліту та глини (1:1,5 проти 1:7) проба 41в відрізняється від 40в деяким збільшенням кількісних співвідно-шень CaO : Al₂O₃ (6,9 проти 6,5).

Таблиця 3.

Хімічний склад сировинних сумішей

Код суміші	Вміст оксидів, мас. %				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
40в	35,77	24,49	5,53	2,50	1,01
41в	35,98	25,41	5,21	2,08	0,86
42в	41,00	18,62	3,70	1,81	0,78

Проба 42в при суттєво більшому вмісті вапняку та кількісному співвідношенні перліту та глини 1:1,8 відрізняється від 40в, 41в суттєвим збільшен-ням кількісних співвідношень CaO : SiO₂ (2,2 проти 1,4), CaO : Al₂O₃ (11,1 проти 6,5 - 6,9).

Після випалу з максимальною температурою 1100°C проби в'язучого матеріалу з досліджуваних 3-компонентних сумішей із закарпатським перлітом характеризуються відмінностями фазового складу та властивостей.

Рентгенофазовий аналіз проб показав, що при приблизно однаковому якісному складі вони мають

певні відмінності в кількісному співвідношенні окремих фаз (рис. 3 - 5).

Виявлено, що при однаковому вмісті вапняку із збільшенням вмісту перліту (13,5 проти 4,3 мас. %) та його кількісного співвідношення із глиною (1:1,5 проти 1:7) проба із суміші 41в відрізняється від 40в:

- щодо кристалічних фаз силікатів кальцію – інтенсифікацією утворення C₂S (2,61 Å) при меншому вмісті воластоніту CS (2,97 Å);
- щодо кристалічних фаз алюмінатів кальцію – інтенсифікацією утворення майєніту C₁₂A₇ (4,90 Å) при меншому вмісті CA (4,66 Å) та C₃A (2,70 Å);
- щодо кристалічних фаз алюмосилікатів кальцію – меншим утворенням геленіту C₂AS (2,86 Å);
- зменшенням вмісту вільного CaO (2,38 Å).

При суттєво більшому вмісті вапняку та кількісному співвідношенні перліту та глини 1:1,8 проба 42в відрізняється від 41в:

- щодо кристалічних фаз силікатів кальцію – суттєво меншим утворенням воластоніту CS (2,97 Å) при незначно більшому розвитку C₂S (2,61 Å);
- щодо кристалічних фаз алюмінатів кальцію – інтенсифікацією утворення майєніту C₁₂A₇ (4,90 Å) та C₃A (2,70 Å) при меншому вмісті CA (4,66 Å);
- щодо кристалічних фаз алюмосилікатів кальцію – меншим утворенням геленіту C₂AS (2,86 Å);
- зменшенням вмісту кристалічного кварцу (3,35 Å) та вільного CaO (2,38 Å).

Згідно класифікації ДСТУ Б В.27-91-99 після випалу на 1100 °C за швидкістю тужавлення досліджувані проби в'язучого на основі системи вапняк – глина – перліт відносяться до групи швидкоутужавіючих (термін початку від 15 до 45 хв.), характерними представниками якої вважаються ангідритовий та глиноземистий цементи (табл. 4).

Таблиця 4.

Властивості в'язучого матеріалу

Показники	Код проби			
	40в	41в	42в	
Тонкість помелу, залишок на ситі 008, мас. %	7	8	8	
Терміни тужавлення, хв.	початок	10	15	25
	кінець	25	45	70
Міцність на стиск через 28 діб, МПа	21	23	23	

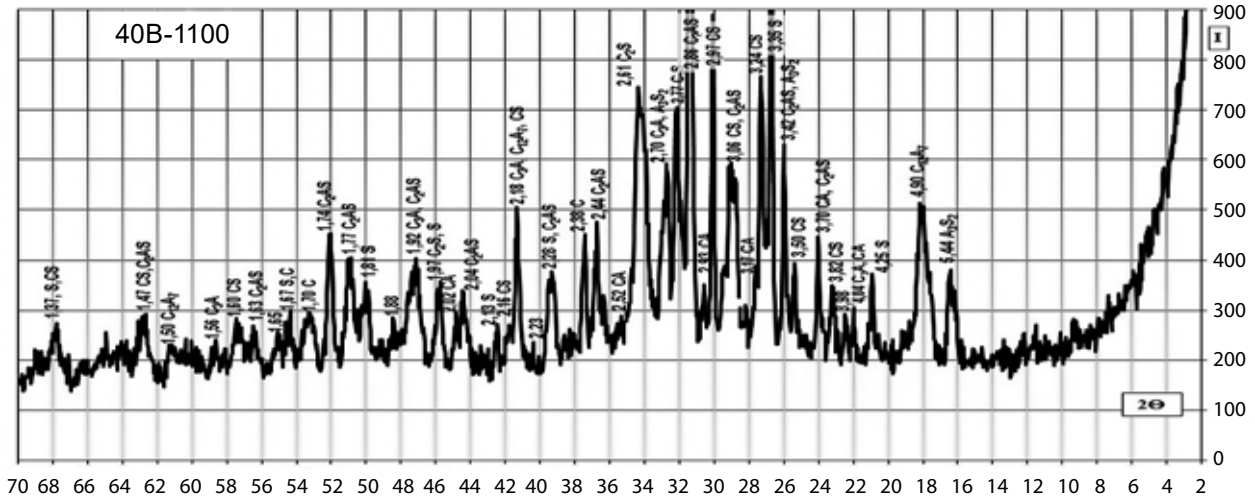


Рис. 3. Дифрактограма проби в'язучого 40в після випалу на 1100 °С

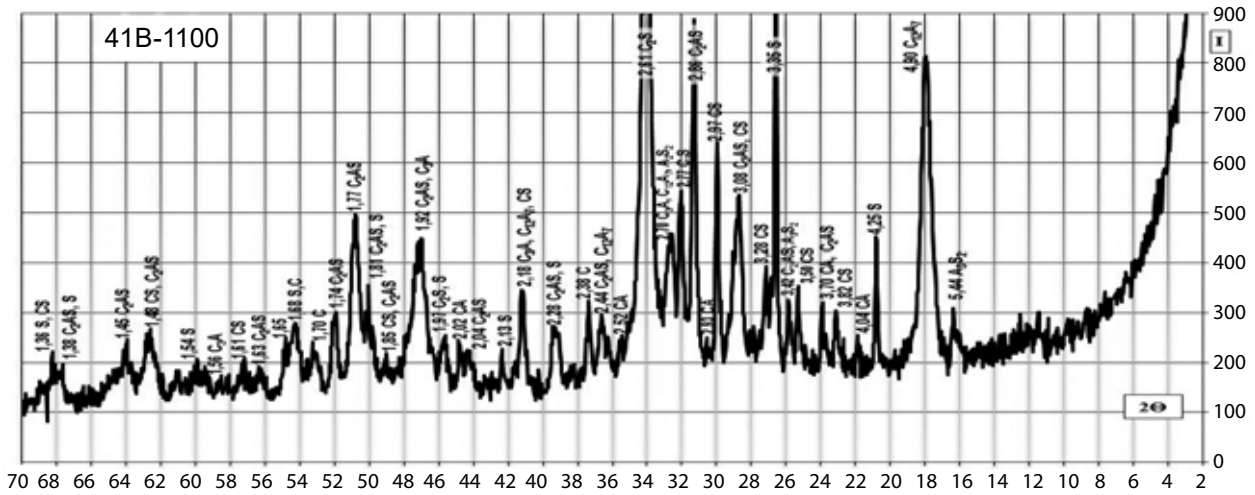


Рис. 4. Дифрактограма проби в'язучого 41в після випалу на 1100 °С

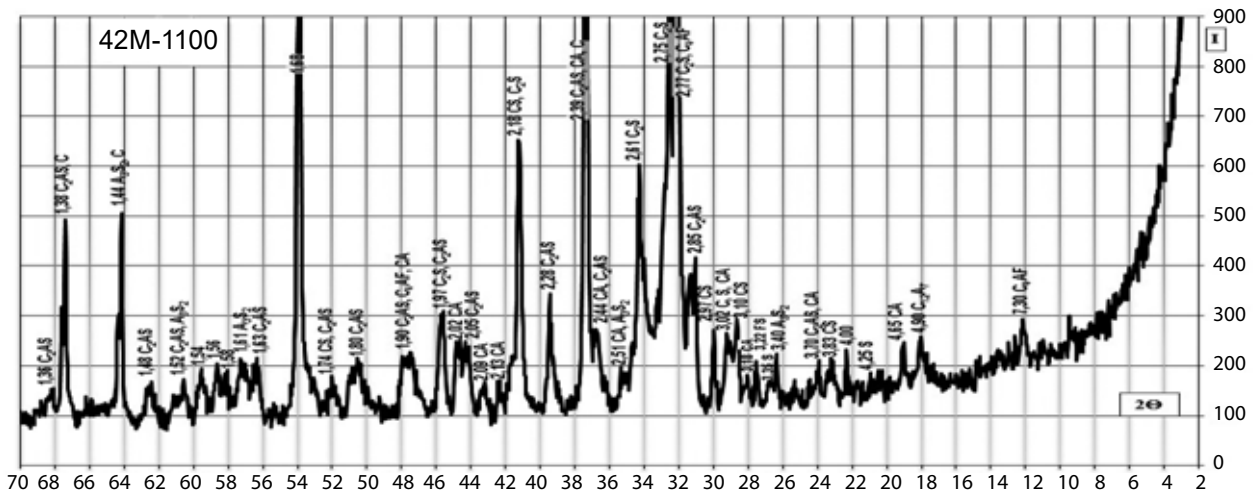


Рис. 5. Дифрактограма проби в'язучого 42в після випалу на 1100 °С

Висновки

1. При використанні для виготовлення мінерального в'язучого матеріалу низькотемпературного випалу типу натурального або романцементу 3-компонентних сумішей на основі системи вапняк – перліт – глина можливий вміст закарпатського перліту становить від 4 до 22 мас. %. При цьому в інтервалі концентрацій перліту $C_p = 4 - 9$ мас. % в'язучий матеріал характеризується значеннями кремнеземного ($n = 3,1 - 3,3$) та глиноземного ($p = 1,9 - 2,3$) модулів, що відповідають рекомендованим показникам для цементу.

2. За результатами тестувань досліджуваних матеріалів після випалу з максимальною температурою 1100 °C встановлено відмінності їх в'язучих властивостей. Згідно класифікації ДСТУ Б В.27-91-99 за швидкістю тужавлення досліджувані проби в'язучого на основі системи вапняк – глина – перліт відносяться до групи швидкоотжуваних (термін початку від 15 до 45 хв.), характерними представниками якої вважаються ангідритовий та глиноземистий цементи. При цьому швидкість тужавлення залежить від кількісного співвідношення компонентів сировинної суміші, сповільнюючись при зміні кількісного співвідношення перліт : глина від 1:7 до 1:1,5 - 1,8.

3. За структурними ознаками після випалу з максимальною температурою 1100 °C досліджувані проби в'язучого матеріалу характеризуються однаковим якісним фазовим складом, проте мають відмінності у ступені розвитку та кількісному співвідношенні окремих фаз: при зміні кількісного співвідношення перліт : глина від 1:7 до 1:1,5 - 1,8 спостерігаються інтенсифікацією утворення C_2S , $C_{12}A_7$ при зменшенні вмісту зменшенням вмісту кристалічного кварцу, вільного CaO, CA і C_2AS .

References

1. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов / Удачкин И.Б., Пащенко А.А., Черняк Л.П., Захарченко П.В., Семидидько А.С., Мясникова Е.А. – К.: Будівельник. – 1988. – 104 с.

2. Будников, П.П., Гинстлинг, А.М. Реакции в смесях твердых веществ. – М.: Стройиздат. – 1971. – 488 с.

3. Черняк, Л.П. Критерии выбора сировины для сучасного виробництва будівельної кераміки // Строительные материалы и изделия. – 2003. – №1. – С. 2 - 4. – №2. – С. 6 - 8.

4. Черняк, Л.П. Особливості структуроутворення дисперсних систем у технології портландцементу // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т.6. – № 5(14). – С. 8 - 10.

5. Козырев, В.В. Вулканические породы как сырье для керамической промышленности / В.В. Козырев, Ю.С. Спешнев, Л.В. Ерохина // – М.: ВНИИЭСМ. – 1975. – 45 с.

6. Гуменюк, Е.Л. Структурообразование и свойства некоторых пород вулканического происхождения / Е.Л. Гуменюк, Р.М. Зайонц, Л.П. Черняк // Исследования в области технологии производства новых видов керамических изделий. – М.: Стройиздат. – 1980. – С. 109 - 117.

7. Minerals Yearbook, volume III, Area Reports–International–Europe and Central Eurasia. – U.S. Geological Survey. – 2018.

8. Singh, M., Garg, M. Perlite-based building materials – a review of current applications / Manjit Singh, Mridul Garg // Construction and Building Materials. – 1991. – No. 5(2). – P. 75 - 81.

9. Taspinar, B., Nuranay. Use of perlite in wall tile production / American Ceramic Society Bulletin. – 1999. – No. 78(6). – P. 86 - 87.

10. Алексеева, Л.В. Опыт применения вспученного перлита в строительстве / Л.В. Алексеева, С.Ю. Нагиевский // Строительные материалы и изделия. – 2013. – № 5 - 6. – С. 62 - 64.

11. Yesilyurt, Er. Investigation of Availability of Raw Perlite in Refractory Building Material Production / Ergün Yesilyurt, Osman Simsek, Ahmet Bilgil // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2018. – Vol. 6. – No. 1. – P. 41 - 51.

12. Свідерський, В.А. Програмне забезпечення технології низькотемпературних в'язучих матеріалів / В.А. Свідерський, Л.П. Черняк, О.В. Сангінова, Н.О. Дорогань, М.Ю. Цибенко // Строительные материалы и изделия. – 2017. – №1 - 2 (93). – С. 22 - 24