

**Ніна МЕРЕЖКО,
Оксана ЗОЛОТАРЬОВА**

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСОЧЕНИХ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИМИ СПОЛУКАМИ ПОРИСТИХ НЕРУДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено фізико-технічні властивості пористих нерудних матеріалів, просочених кремнійорганічними сполуками. Встановлено закономірності змін міцності на стиск і на згин, коефіцієнта розм'якшення, водопоглинання, крайового кута змочування пористих нерудних матеріалів у результаті обробки кремнійорганічними сполуками.

Ключові слова: пористі нерудні матеріали, кремнійорганічні сполуки, міцність на стиск, міцність на згин, водопоглинання, крайовий кут змочування.

Мережко Н., Золотарева О. Физико-технические свойства пропитанных кремнийорганическими соединениями пористых нерудных материалов. Исследованы физико-технические свойства пористых нерудных материалов, пропитанных кремнийорганическими соединениями. Установлены закономерности изменений прочности на сжатие и на изгиб, коэффициента размягчения, водопоглощения, краевого угла смачивания пористых нерудных материалов в результате обработки кремнийорганическими соединениями.

Ключевые слова: пористые нерудные материалы, кремнийорганические соединения, прочность на сжатие, прочность на изгиб, водопоглощение, краевой угол смачивания.

Постановка проблеми. Промисловість будівельних матеріалів є великою складовою економіки будь-якої країни, що істотно впливає на темпи зростання в інших галузях і соціально-економічний стан суспільства в цілому. Природні кам'яні матеріали використовуються в будівництві на всіх етапах зведення споруд. Пористі нерудні матеріали (вапняк, черепашник, туф, пісковик) застосовують для кладки стін і внутрішнього оздоблення, тому вони повинні характеризуватися високими фізико-технічними властивостями, пошук шляхів підвищення яких на сьогодні залишається актуальним. Найбільш економічно доцільним методом вважається просочення таких матеріалів хімічними сполуками різних класів [1–3].

Незважаючи на важливість такої проблематики, роботи в цьому напрямку присвячено переважно дослідженню цементобетонних матеріалів [4], штучного будівельного каменю [5]. Окрім того, обробку здійснюють кремнійорганічними препаратами поліетилгідридсило-

сану [6], поліметилфеніл- і поліфенілсилоксанів [7] на основі органічних розчинників – бензолу, толуолу, ксилолу, ацетону [8].

Окремої уваги заслуговує дослідження комплексу фізико-технічних властивостей природних пористих матеріалів (черепашнику, вапняку, туфу та ін.) і виявлення змін у результаті просочення нетоксичними кремнійорганічними сполуками.

Мета статті – дослідження фізико-технічних властивостей пористих нерудних матеріалів, просочених кремнійорганічними сполуками.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження обрано зразки найбільш розповсюджених на сировинному ринку України пористих нерудних матеріалів: вапняк, черепашник, туф, пісковик.

Фізико-технічні властивості просочених кремнійорганічними сполуками пористих нерудних матеріалів досліджувались з метою оцінки ефективності застосування цих препаратів за авторською методикою. Для дослідження зміни міцності на згин і стиск запропоновано використання безрозмірного показника. Зумовлено це різним хімічним і мінералогічним складом матеріалів, рівнем закритої та відкритої пористості, ступенем їх заповнення кремнійорганічними препаратами, а також взаємодії досліджуваних субстратів із останніми. Міцність на стиск визначено за допомогою гідравлічного пресу за зміною величини руйнівного навантаження. Міцність на згин визначено на зразках, які вільно розміщувалися на двох опорах балки, до яких до середини прольоту між опорами прикладали навантаження.

Фіксації зміни механічної міцності просочених матеріалів на згин і стиск проведено з урахуванням ступеня заповнення відкритих пор. Для цього, з одного боку, використовували відношення приросту маси субстрату в процесі просочення конкретним препаратом у відсотку до його відкритої пористості ($\Delta m/W_v$), що уможливило кількісно оцінити ефективність процесу просочення. А з іншого – запропоновано враховувати зміну механічної міцності на згин і стиск та відсотка просоченого матеріалу порівняно з вихідним (ΔG). У кінцевому результаті запропонований показник можливо представити як відношення зміни межі міцності у відсотку до об'єму заповнених відкритих пор: $\Delta G/(\Delta m/W_v)$. Такий підхід дасть змогу достовірно оцінити зміну механічної міцності просочення матриці залежно від характеру порової структури, рівня її заповнення та взаємодії з кремнійорганічними препаратами.

Ефективність застосування кремнійорганічних препаратів встановлено дослідженням крайового кута змочування та кута скочування, водо- та вологопоглинання для кількісної оцінки процесів взаємодії поверхні матеріалу з водою в різному стані. Доповнила отримані результати кількісна оцінка закритої пористості, коефіцієнтів розм'як-

шення на згин і стиск. Водопоглинання та показники пористості визначено за кінетикою капілярного просочування [9; 10].

Результати дослідження. Дані щодо відносної зміни механічної міцності на згин і стиск просочених субстратів, представлені в *табл. 1*, уможливають констатувати неоднозначність ефективності застосування різних препаратів стосовно конкретних нерудних матеріалів.

Мінімальне зміцнення в процесі просочення фіксується для туфу. Цей матеріал має найбільш відкриту пористість (41.7 %) та відповідну кількість адсорбованих препаратів (за виключенням силіконатів) і мінімальну міцність на стиск (10.9 МПа).

Відносне збільшення міцності на згин становить від 1.7 (фенілсиліконат натрію) до 18.7 раза (поліметилфенілсилоксан). Для етилсиліконату натрію та гідролізату етилсилікату зростання міцності на згин не зафіксовано.

Таблиця 1

Відносна зміна міцності пористих матеріалів у результаті просочення кремнійорганічними речовинами*

Кремнійорганічна речовина	Вапняк	Черепашник	Туф	Пісковик
Метилсиліконат натрію	20.2/91.0	156.8/44.5	2.4/23.3	23.8/35.1
Метилсиліконат калію	21.4/87.2	161.2/56.4	2.7/24.1	46.8/37.1
Етилсиліконат натрію	15.0/79.3	151.4/22.1	0.9/15.4	78.7/14.1
Фенілсиліконат натрію	11.1/80.7	119.8/93.4	1.7/15.9	8.2/1.4
Поліетилгідридсилоксан	21.7/59.0	270.0/28.2	6.9/0.8	585.0/45.0
Гідролізат етилсилікату	4.1/25.7	3.4/-37.2	-1.3/0.95	368.0/48.8
Поліметилфенілсилоксан	45.4/87.9	43.8/0.9	18.7/2.1	103.7/91.7

* У чисельнику міцність на згин, у знаменнику – на стиск. Знак "-" означає зменшення.

У випадку міцності на стиск просоченого туфу відмічено більш суттєве її зростання (особливо у випадку силіконатів у 15.4–24.1 раза). Використання поліетилгідридсилоксану та гідролізату етилсилікату не приводить до зростання міцності. Відмінності щодо збільшення міцності на згин і стиск досягають 17 разів.

Вапняк у вихідному стані дещо поступається туфу за об'ємом відкритої пористості (більше ніж в два рази), хоча показники їх механічної міцності практично сумісні. На цьому фоні просочення кремнійорганічними речовинами уможливує збільшити показник відносної міцності на згин в 4.1 раза (гідролізат етилсилікату) – 45.4 раза (поліметилфенілсилоксан). Збільшення при використанні силіконатів перебуває на рівні 11.1–21.4 раза.

Зростання міцності на стиск порівняно більше (в 1.9 раза для поліметилфенілсилоксана, в 7.3 раза для фенілсиліконата натрію). Як

і в попередньому випадку слід відмітити відносно високу ефективність застосування силіконатів лужних металів.

Щодо черепашнику, який має відкриту пористість на рівні 10.8 % та мінімальну міцність на згин серед досліджуваних матеріалів (лише 3.2 МПа), слід відмітити переважаюче зростання останнього порівняно з межею міцності на стиск в 1.3–48 разів. Найменш ефективне застосування гідролізату етилсилікату, а силіконати натрію і калію забезпечують зростання відносного показника міцності на згин в 119.8–161.2 і стиск в 22.1–93.4 раза.

Найбільш неоднозначно в процесі просочення кремнійорганічними речовинами змінюється механічна міцність пісковіку, який характеризується мінімальною серед досліджуваних матеріалів відкритою пористістю (7.2 %) та максимальними значеннями межі міцності на згин та стиск.

Силіконати лужних металів менш ефективні порівняно з іншими препаратами особливо у випадку оцінки міцності на згин. Дані щодо зміни міцності на стиск дещо нівелюються й перебувають у діапазоні 1.4–91.7 рази. Мінімальне зростання міцності відмічено при застосуванні фенілсиліконату натрію. Як і у випадку черепашнику зростання міцнісних показників на згин переважає такі для стиску. Виключення становить метилсиліконат натрію.

Окрім механічної міцності, не менш важливою є кількісна оцінка впливу просочуючих складів на покращення фізико-технічних властивостей пористих нерудних матеріалів і забезпечення їх стабільності в процесі експлуатації. Для оцінки ефективності застосування кремнійорганічних препаратів вибрано низку фізико-технічних показників найбільш чутливих до дії води, оскільки вода в різних фізичних станах є одним із найагресивніших деструктивних факторів під час експлуатації конструкційних матеріалів. Крайовий кут змочування та кут скочування уможливають кількісно оцінити процеси взаємодії поверхні матеріалу з водою у різному стані, дані щодо водної вологопоглинання – розширити інформацію відносно вказаних процесів, включаючи також пару води, враховуючи практично весь обсяг досліджуваних матеріалів. Доповнила отримані результати кількісна оцінка закритої пористості, що тісно пов'язана з дифузією та адсорбцією води всередині матеріалу, а коефіцієнти їх розм'якшення на згин та стиск дали змогу оцінити стабільність фізико-механічних властивостей нерудних матеріалів у процесі експлуатації.

Аналіз перерахованих показників щодо карбонатних пористих матеріалів засвідчив неоднозначність застосування кремнійорганічних препаратів відносно зміни фізико-технічних властивостей (табл. 2).

Водовідштовхуючі властивості поверхні вапняку та черепашнику характеризуються значеннями крайових кутів змочування на рівні 73–103 град. та кутів скочування 34–83 град. Мінімальний вплив

серед досліджуваних препаратів спостерігається при застосуванні гідролізату етилсилікату.

Водопоглинання просочених матеріалів становить 1.4–4.1 мас. % порівняно з 11.9 мас. % у вихідного вапняку та 7.1 мас. % – черепашнику. Вологопоглинання, як у непросочених матеріалів, різниться більш суттєво та фіксується відповідно на рівні 2.0–10.5 та 0.5–4.3 мас. %. За цим показником найменш ефективно застосування фенілсиліконату натрію.

Таблиця 2

Фізико-технічні властивості просочених карбонатних пористих матеріалів

Просочувальна речовина	Крайовий кут змочування, град.	Водопоглинання, мас. %	Пористість, %	Коефіцієнт розм'якшення		Волого поглинання, мас. %	Кут скочування, град.
				на згин	на стиск		
Вапняк							
Метилсиліконат натрію	90	3.0	17.8	0.39	0.55	8.5	57
Метилсиліконат калію	91	2.7	17.7	0.42	0.63	8.1	59
Етилсиліконат натрію	80	1.4	19.6	0.56	0.74	10.5	38
Фенілсиліконат натрію	74	2.1	12.0	0.33	0.77	6.9	34
Поліетилгідридсилоксан	81	1.7	8.8	0.73	0.93	2.0	76
Гідролізат етилсилікату	74	2.6	21.8	0.93	0.87	3.9	83
Поліметилфенілсилоксан	103	3.4	14.0	0.68	0.99	8.4	52
Черепашник							
Метилсиліконат натрію	92	1.8	31.9	0.87	0.96	3.0	52
Метилсиліконат калію	93	1.6	26.7	0.88	0.96	3.0	51
Етилсиліконат натрію	90	1.7	28.6	0.69	0.25	3.5	37
Фенілсиліконат натрію	78	2.4	19.6	0.71	0.63	4.3	37
Поліетилгідридсилоксан	81	4.1	16.4	0.75	0.62	0.5	71
Гідролізат етилсилікату	73	3.5	25.9	0.95	0.96	0.9	64
Поліметилфенілсилоксан	103	3.4	18.2	0.71	0.76	2.8	50

Поясненням таких відмінностей можуть слугувати дані стосовно рівня об'ємів закритої пористості згаданих матеріалів. У черепашнику цей показник значно вищий як у вихідному стані (17.3 проти 2.4 %), так і після просочення (16.4–31.9 проти 8.8–21.8 %). Найбільш відчутний вплив на зміну об'єму закритої пористості для карбонатних матеріалів спостерігається при застосуванні гідролізату етилсилікатів та алкілсиліконатів натрію і калію.

За рахунок дії відміченого чинника пояснюються і менші значення коефіцієнта розм'якшення (особливо у випадку міцності на згин) для модифікованого вапняку порівняно із черепашником. Максимальні значення цього показника для карбонатних матеріалів зафіксовані при використанні гідролізату етилсилікату. Застосування силіконатів

лужних металів на прикладі черепашнику більш ефективно, ніж для вапняку. При цьому слід відмітити відчутні зміни коефіцієнта розм'якшення на згин в процесі дії води порівняно з міцністю на стиск.

Заміна карбонатних матриць на силікатну на прикладі пісковику й туфу дещо нівелює вплив просочуючих складів на водовідштовхуючі властивості поверхні останніх. Максимальні значення крайових кутів змочування зменшуються до рівня 96–97 град. Кути скочування при цьому перебувають переважно в межах 42–59 град. для просоченого пісковику та 23–49 град. – для туфу. Виключення становить, як і у випадку карбонатів, гідролізат етилсилікату (крайові кути змочування 74–75 град. і кути скочування 90–92 град.) (табл. 3).

Таблиця 3

Фізико-технічні властивості просочених силікатних пористих матеріалів

Просочувальна речовина	Крайовий кут змочування, град.	Водопоглинання, мас. %	Пористість, %	Коефіцієнт розм'якшення		Вологопоглинання, мас. %	Кут змочування, град.
				на згин	на стиск		
Пісковик							
Метилсиліконат натрію	97	1.3	18.0	0.93	0.92	1.3	50
Метилсиліконат калію	94	1.5	16.6	0.94	0.92	1.4	52
Етилсиліконат натрію	92	2.2	16.4	0.98	0.96	2.2	59
Фенілсиліконат натрію	87	1.3	16.5	0.99	0.90	1.0	57
Поліетилгідридсилоксан	75	2.2	16.5	0.96	0.84	1.0	92
Гідролізатетилсилікату	96	0.8	18.2	0.98	0.83	4.1	42
Поліметилфенілсилоксан	97	2.2	16.8	0.78	0.76	4.5	45
Туф							
Метилсиліконат натрію	96	9.1	34.1	0.90	0.93	6.0	38
Метилсиліконат калію	94	6.5	38.1	0.92	0.94	6.3	41
Етилсиліконат натрію	77	6.7	37.6	0.91	0.76	7.0	49
Фенілсиліконат натрію	77	6.6	37.6	0.86	0.69	9.7	33
Поліетилгідридсилоксан	78	1.9	42.8	0.84	0.92	0.6	23
Гідролізат етилсилікату	74	18.4	20.3	0.96	0.80	2.9	90
Поліметилфенілсилоксан	91	7.7	34.6	0.62	0.98	7.8	29

Водопоглинання просочених силікатів знаходиться у прямій пропорційній залежності від вихідних матеріалів і становить 0.8–2.2 мас. % для пісковику та 1.9–18.4 мас. % – для туфу. Його максимум чітко фіксується при використанні гідролізату етилсилікату.

Вологопоглинання просоченого пісковику становить 1.0–4.5 мас. %, а туфу – 0.6–9.7 мас. %. При цьому слід акцентувати увагу на відносну ефективність застосування згаданого вище гідролізату етилсилікату.

Щодо об'єму закритої пористості просочених силікатів, який перебуває на рівні 16.4–18.2 % для пісковика і 20.3–42.8 % – для туфу, необхідно відмітити певну її кореляцію з даними з водо- й вологопоглинання.

Разом з тим, у випадку порівняння вологопоглинання просочених пісковика та вапняку кількісні параметри в першому випадку значно нижчі (до двох разів) при практично однаковому рівні об'ємів закритої пористості.

Коефіцієнти розм'якшення для міцності на згин і на стиск у просочених силікатних матеріалів відрізняються несуттєво між собою порівняно з карбонатними. У той же час для деяких випадків, зокрема, міцності на згин вапняку, просоченого силікатом натрію, вони в 2–1.5 рази нижчі. Акцентувати перевагу певних кремнійорганічних препаратів при застосуванні в складі пористих силікатів не є можливим. Таким чином, наведені результати з впливу кремнійорганічних препаратів різного складу на фізико-технічні властивості просочених карбонатів і силікатів уможливають оцінити їх рівень і ступінь стабільності в результаті дії води, як одного із найагресивніших деструктивних факторів оточуючого середовища.

Порівняльна оцінка ефективності застосування кремнійорганічних просочуючих препаратів здійснена в експлуатаційному й технологічному аспектах, а також шляхом співставлення фізико-технічних властивостей при виборі найбільш перспективних. На наш погляд, оцінка має бути доповнена як мінімум ще двома показниками. Це стосується перш за все токсичності й екологічної безпеки як у процесі застосування кремнійорганічних препаратів, так і в готових матеріалах. Не менш важливим є також економічна ефективність і доцільність їх використання на етапах виробництва та експлуатації.

Щодо токсичності, то всі кремнійорганічні продукти в твердому стані є безпечні при контакті з людьми. Найбільшу небезпеку в цьому представляють розчинники, які використовуються в складі технічних кремнійорганічних продуктів. Серед останніх найменші значення ПДК характерні для таких сполук, як бензол, толуол, ксилол та інші, що широко застосовуються для приготування розчинів поліетилгідридсилоксану, поліметилфеніл- і поліфенілсилоксанів.

Дещо менша небезпека – ацетон, що також може входити до складу технічних розчинників для перерахованих вище кремнійорганічних продуктів.

Найбільш безпечним щодо токсичності та екології є використання для технологічних потреб водно-спиртових розчинів. Останні широко застосовуються в складі просочуючих систем на основі силікатів натрію і калію та гідролізат етилсилікату.

Таким чином, саме просочуючі склади на водних розчинах силікатів лужних металів і водно-спиртових систем гідролізу етилсилікату є найбільш безпечними з позицій токсичності та екології

в процесі виробництва та застосування. Такі склади в повній мірі відповідають сучасним вимогам і тенденціям до зменшення та повного виключення органічних розчинників зі складу лакофарбових матеріалів. Стосовно економічної доцільності використання досліджуваних кремній-органічних продуктів, які промислово випускаються на підприємствах України, можливо навести такий ряд по мірі зростання їх вартості: силікати лужних металів > етилсилікат > поліалкілгідридсилоксани > поліфенілсилоксан > поліметилфенілсилоксан. Тобто в цьому відношенні силікати й етилсилікат також мають перевагу перед іншими продуктами.

Висновки. Аналіз зміни коефіцієнта розм'якшення як комплексного показника стабільності фізико-механічних властивостей просочених карбонатних пористих матеріалів у процесі експлуатації дає змогу констатувати більшу ефективність застосування кремній-органічних складів стосовно черепашнику порівняно із вапняком. При цьому простежується неоднозначність впливу індивідуальних препаратів на межі зміни окремих фізико-технічних параметрів при наявності взаємозв'язку між ними в схемі "структура – просочувальний склад – фізико-технічні властивості".

Співставлення рівнів фізико-технічних властивостей просочених нерудних матеріалів, токсичності та екологічної безпеки просочуючих складів, а також економічної доцільності їх застосування дає змогу констатувати незаперечну перевагу силіконатів лужних металів і гідролізату етилсилікату. Поєднання зазначених препаратів у складі комплексних просочуючих розчинів відкриває можливості суттєвого покращення фізико-технічних властивостей нерудних матеріалів.

Для об'єктивної оцінки впливу просочення на фізико-механічні властивості неорганічних матриць запропоновано використовувати показник відносної міцності – відношення приросту міцності до об'єму заповнених відкритих пор (у відсотках). Установлена неоднозначна зміна зазначеного показника у випадку міцності на стиск і на згин. Мінімальна відносна зміна міцності зафіксована для просоченого туфу, який характеризується найбільшою відкритою пористістю серед досліджуваних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мережко Н. В., Охмат О. А., Горбачов А. А. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин різної природи на властивості покриття. Вісник КНУТД, 2011. № 6. С. 118—124.
2. Мережко Н. В. Особливості модифікування вапняку. Хімічна пром-сть України. 2001. № 4. С. 19—22.
3. Коваль П. М., Колесник Д. Ю., Сиченко В. Г., Баглай А. П. Підвищення атмосферостійкості цементобетонних матеріалів поверхневою обробкою

- силоксановими композиціями. Нові технології в будівництві. 2005. № 1 (19). С. 65—68.
4. Єршова С. Г. Гидрофобная защита плотных цементных и керамических материалов растворимыми кремнийорганическими соединениями. Изв. вузов. Строительство. 2004. № 8. С. 65—70.
 5. Колесник Д. Ю., Файнлейб О. М., Сахно В. І. Поверхнева обробка цементного каменю вінілсиліконатом натрію. Строительные материалы и изделия. 2013. № 1. С. 9—10.
 6. Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С. Исследование влияния кремнийорганических соединений на свойства фиброцементных плит. Известия КГАСУ. 2011. № 4 (18). С. 254—258.
 7. Демидчук Л. Б., Гивлюд М. М., Федунь Б. В. Шляхи підвищення довговічності бетонних конструкцій гідрофобними захисними покриттями. Товарознавчий вісник. 2012. № 5. С. 51—56.
 8. Baker J. M., Davies H., Majumdar A. J., Nixon P. J. Durability of Building Materials and Components. Proceedings of the Fifth International Conference. New York, 2006. 768 p.
 9. Пащенко А. А., Сви́дерский В. А. Кремний-органические покрытия для защиты от биокоррозии. Киев : Техника, 1988. 136 с.
 10. Пащенко А. А., Воронков М. Г., Крупа А. А., Сви́дерский В. А. Гидрофобный вспученный перлит. Киев : Наук. думка, 1977. 204 с.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2016.

Merezhko N., Zolotarova O. Physical and technical properties of porous non-metallic materials saturated with silicone compounds.

Background. As porous nonmetallic materials (limestone, coquina, tuff, sandstone) are used at all stages of the buildings construction (for walls masonry and interior decoration), they should have high physical and technical properties. It is important to find out ways to improve their physical and technical characteristics. The most cost-effective method is the impregnation of porous materials with chemical compounds of different classes.

Special attention is given to study of physical and technical properties of natural porous materials after impregnating with silicon compounds that are non-toxic and safe.

The aim of research is to study physical and technical properties of porous nonmetallic materials impregnated with silicon compounds.

Material and methods. Samples of porous nonmetallic materials (limestone, coquina, tuff, sandstone) the most common in the commodity market of Ukraine were selected as the object of study.

Compressive strength was determined using a hydraulic press according to the change of the breaking load. Flexural strength was determined on samples freely placed on two support beams, where the load was applied to the middle of the sample. Water and porosity parameters were determined by the kinetics of capillary leakage. The method of determining of wetting and rolling contact angles by means of microscope with refracting prism was used.

Results. Research of physical and technical properties of porous non-metallic materials showed the preference use for treatment of stone with silicon compounds, such as siliconates of alkal metals and hydrolyzat ethylsilicate. Some ambiguity of the influence of different compounds on some physical and technical parameters can be traced in the presence of the relationship between them in the scheme of "structure –

impregnating composition – physical and technical properties." This is due to various chemical and mineralogical composition of the materials, the level of closed and open porosity and degree of impregnating of silicon compounds and interactions between investigated substrates.

Minimum relative change of solidity was indentified for the impregnated tuff characterized by the most open porosity of the material. Repellent surface properties of porous non-metallic materials are characterized with the wetting contact angles at the level 73–103 degrees and rolling angles – 34–83 degrees (for porous carbonate materials). Rolling contact angles of porous silicate materials are within the 42–59 and 23–49 degrees. The maximum value of wetting contact angles are reduced to the level of 96–97 degrees. Water absorption of impregnated material is 1.4–3.4 wt. % (Limestone), 1.6–4.1 wt. % (Coquina), 0.8–2.2 wt. % (Sandstone) 1.9–18.4 wt. % (Tuff).

Conclusion. The use of silicone compounds for impregnating the porous nonmetallic materials improves their physical and technical properties. Such materials are highly resistant to water and moisture, have high flexural and compression strength.

Keywords: porous non-metallic materials, silicone compounds, compressive strength, flexural strength, water absorption, wetting contact angles.

REFERENCES

1. *Merezhko N. V., Ohmat O. A., Gorbachov A. A.* Doslidzhennja vplyvu poverhnevo-aktyvnyh rehovyn riznoi' pryrody na vlastyvoli pokryttja. *Visnyk KNUTD*, 2011. № 6. S. 118–124.
2. *Merezhko N. V.* Osoblyvosti modyfikuvannja vapnjaku. *Himichna prom-st' Ukrai'ny*. 2001. № 4. S. 19–22.
3. *Koval' P. M., Kolesnyk D. Ju., Sychenko V. G., Baglaj A. P.* Pidvyshhennja atmosferostijkosti cementobonnyh materialiv poverhnevoju obrobkoju syloksanovymy kompozycijamy. *Novi tehnologii' v budivnytvi*. 2005. № 1 (19). S. 65–68.
4. *Crshova S. G.* Hidrofobnaja zashhita plotnyh cementnyh i keramicheskikh materialov rastvorimymi kremnijorganicheskimi soedinenijami. *Izv. vuzov. Stroitel'stvo*. 2004. № 8. S. 65–70.
5. *Kolesnik D. Ju., Fajnlejb O. M., Sahno V. I.* Poverhneva obrobka cementnogo kamenju vinilsilikonatom natriju. *Stroitel'nye materialy i izdelija*. 2013. № 1. S. 9–10.
6. *Muhametrahimov R. H., Izotov V. S.* Issledovanie vlijanja kremnijorganicheskikh soedinenij na svojstva fibrocementnyh plit. *Izvestija KGASU*. 2011. № 4 (18). S. 254–258.
7. *Demydchuk L. B., Gyvljud M. M., Fedun' B. V.* Shljahy pidvyshhennja dovgo- vichnosti betonnyh konstrukcij gidrofobnymy zahysnymy pokryttjamy. *Tovarovnavchyj visnyk*. 2012. № 5. S. 51–56.
8. *Baker J. M., Davies H., Majumdar A. J., Nixon P. J.* Durability of Building Materials and Components. *Proceedings of the Fifth International Conference*. New York, 2006. 768 p.
9. *Pashhenko A. A., Sviderskij V. A.* Kremnij-organicheskie pokryttja dlja zashhity ot biokorrozii. *Kiev : Tehnika*, 1988. 136 s.
10. *Pashhenko A. A., Voronkov M. G., Krupa A. A., Sviderskij V. A.* Hidrofobnyj vspuchennyj perlit. *Kiev : Nauk. dumka*, 1977. 204 s.