

УДК 621.215

*Оксана Золотарьова, Ніна Мережко***АТМОСФЕРОСТІЙКІСТЬ ПРОСОЧЕНИХ СИЛОКСАНАМИ БУДІВЕЛЬНИХ ПОРИСТИХ НЕРУДНИХ МАТЕРІАЛІВ***Оксана Золотарева, Ніна Мережко***АТМОСФЕРОСТОЙКОСТЬ ПРОПИТАННЫХ СИЛОКСАНАМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОРИСТЫХ НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ***Oksana Zolotarova, Nina Merezko***WEATHERABILITY OF THE CONSTRUCTION POROUS NONMETALLIC MATERIALS IMPREGNATED WITH SILOXANES**

Потреби в матеріалах облицювального призначення, що мають високі експлуатаційні властивості в поєднанні з естетичністю та архітектурною виразністю, постійно зростають відповідно до вимог сучасного цивільного та промислового будівництва. Найменш стійкими до дії атмосферних факторів серед кам'яних матеріалів, що найбільш широко застосовуються у будівництві, є пористі нерудні матеріали.

Роботу присвячено вирішенню питання підвищення атмосферостійкості будівельних пористих нерудних матеріалів за рахунок просоченням їхньої поверхні кремнійорганічними сполуками різних складів та оцінці стабільності їхніх експлуатаційних властивостей в умовах впливу атмосферних факторів.

Ключові слова: атмосферостійкість, будівельні пористі нерудні матеріали, природний камінь, просочення, силосани, кремнійорганічні сполуки, вапняк, черепашник, туф, пісковик.

Табл.: 4. Бібл.: 7.

Потребности в материалах облицовочного назначения, которые имеют высокие эксплуатационные свойства в сочетании с эстетической и архитектурной выразительностью, постоянно растут в соответствии с требованиями современного гражданского и промышленного строительства. Наименее стойкими к действию атмосферных факторов среди каменных материалов, которые наиболее широко применяются в строительстве, являются пористые нерудные материалы.

Работа посвящена решению вопроса повышения атмосферостойкости строительных пористых нерудных материалов за счет пропитки их поверхности кремнийорганическими соединениями разных составов и оценке стабильности их эксплуатационных свойств в условиях влияния атмосферных факторов.

Ключевые слова: атмосферостойкость, строительные пористые нерудные материалы, природный камень, пропитка, силосаны, кремнийорганические соединения, известняк, ракушечник, туф, песчаник.

Табл.: 4. Библ.: 7.

Needs for materials of facing assignment which have high operational properties in combination with esthetic and architectural expressiveness permanently grow according to requirements of the modern civil and industrial engineering. Porous non-metallic materials are the least resistant to action of atmospheric factors among all stone materials which are most widely applied in construction.

Article is devoted to the solution of a question of increase of construction porous non-metallic materials weatherability due to impregnation of their surface by organic silicon compounds of different compositions and an assessment of stability of their operational properties in the conditions of atmospheric factors influence.

Key words: weatherability, construction porous non-metallic materials, natural stone, impregnation, siloxanes, organic silicon connections, limestone, shell rock, tufa, sandstone.

Табл.: 4. Библ.: 7.

Постановка проблеми. Проблема використання будівельних нерудних матеріалів різного функціонального призначення особливо актуальна для України, адже наша держава посідає провідне місце по запасах кам'яних матеріалів у світі. Проте пористі нерудні матеріали середньої твердості, зокрема, вапняк, черепашник, пісковик і туф є найменш стійкими до дії атмосферних та експлуатаційних факторів, що обумовлює доцільність їх обробки кремнійорганічними просочуючими складами. Вибір ефективних методів захисту природного пористого каменю практично унеможлиблюється без урахування дії різних атмосферних чинників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пористі нерудні матеріали, які широко використовуються у будівництві, починають руйнуватися під дією атмосферних факторів через 20 років, а втрачати свої декоративні властивості вже через 3–7 років експлуатації [1]. Кремнійорганічні сполуки широко використовуються для зменшення водопоглинання та підвищення атмосферостійкості цементного бетону [2], а також

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

фіброцементних плит [3]. Найбільш повно вивчені питання підвищення атмосферостійкості бетонів [4].

Для захисту виробів із пористого природного каменю використовуються кремнійорганічні сполуки [5]. Гідрофобний захист з використанням кремнійорганічних сполук застосовується також для підвищення атмосферостійкості унікальних громадських споруд, скульптур, пам'ятників історії та культури [6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Одним із ефективних шляхів захисту нерудних матеріалів будівельного призначення є використання кремнійорганічних сполук різного складу. Але практично відсутня інформація стосовно можливості підвищення атмосферостійкості пористих нерудних матеріалів.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є оцінка атмосферостійкості будівельних пористих нерудних матеріалів силікатного (пісковик, туф) та карбонатного (вапняк, черепашник) походження, просочених кремнійорганічними сполуками різного складу.

Виклад основного матеріалу. Виконаний комплекс досліджень дозволив отримати достовірну інформацію відносно основних технологічних питань щодо оптимальних співвідношень інгредієнтів та концентрацій просочуючих кремнійорганічних складів для отримання нерудних матеріалів (вапняку, черепашнику, пісковіку і туфу) з необхідним рівнем фізико-технологічних властивостей [7]. Не менш важливим є визначення рівня стабільності зазначених властивостей у процесі експлуатації. Відповідь на це питання доцільно, на наш погляд, отримувати з урахуванням широкого кола особливостей застосування карбонатних і силікатних поруватих матеріалів з природного каменю.

Насамперед це стосується оцінки рівня розвитку деструкційних процесів у результаті руйнівної дії зовнішнього середовища (волога, сонячна радіація, знакоперемінні зміни температури тощо). Ці фактори можуть впливати на властивості в різних комбінаціях. Тому доцільно у процесі випробувань реалізувати найбільш жорсткі варіанти їх поєднання. Досягається такий ефект при відповідних режимах прискорених випробувань, що мають певний порядок зміни атмосферних факторів з урахуванням часового.

Для просочення природного каменю застосовувались переважно двокомпонентні складі (№ 1-6) із співвідношенням метилсиліконату калію, етил- і фенілсиліконатів натрію в межах від 1:2 до 2:1 у частинах по масі в перерахунку на сухий залишок, а також трикомпонентний склад № 7 із співвідношенням інгредієнтів 1:1:1. Сумарна концентрація просочуючих розчинів не перевищувала 5 мас. % у перерахунку на сухий залишок. Як розчинник використовувалась вода. Аналогічні підходи використовувались і під час підбору складів на основі гідролізату етилсилікату – просочуючі складі № 8–10. Зіставлення ефективності застосування запропонованих складів здійснювалось із системою № 11, яка передбачала застосування сумішей водних емульсій поліетилгідридсилоксану і поліметилфенілсилоксану в поєднанні з гідролізатом етилсилікату в межах зазначених вище концентрацій.

Встановлено, що комплексна дія атмосферних факторів у лабораторних умовах протягом 60 циклів характеризується неоднозначною зміною параметрів поруватої структури карбонатних матеріалів, просочених сумішами органілсиліконатів лужних металів у різних співвідношеннях та в їх поєднанні з гідролізатом етилсилікату.

У результаті комплексної дії деструктивних атмосферних факторів загальна пористість просоченого вапняку зростає на 16,1 % (склад № 7). Мінімальне її збільшення відзначено для рецептури № 10, 9 (на 0,7–1,7 %) з використанням гідролізату етил силікату.

Закрита пористість просочених вапняків становить 0,6 (склад № 2) – 8,2 % (склад № 9). Зміна її в результаті дії атмосферних факторів відбувається неоднозначно. Застосування всіх досліджуваних складів характеризується збільшенням закритої пористості на 1,6 (склад № 4) – 6,4 % (склад № 2), а для складу 9 і 10 зафіксовано зменшення від-

повідно на 2,5 та 0,4 %. Особливих відмінностей закритої порової структури в досліджуваних об'єктах не відмічено.

Аналогічна закономірність характерна й у зміні коефіцієнта мікропористості, який збільшується від 0,30 до 0,91-0,99.

Мінімальні втрати маси просочених вапняків відмічено при застосуванні складів № 3 (0,53 %) і № 4 (0,70 %), а максимальні (2,15 %) для складу № 9.

Зміни поруватої структури просочених вапняків у результаті дії деструкційних атмосферних факторів впливають і на водовідштовхуючі властивості останніх. Так, значення крайових кутів змочування поверхні водою зменшуються від 79° (склад № 1) – 93° (склад № 2) у вихідних матеріалів до 72° (склад № 9) – до 90° (склади № 2, 6, 10) після випробувань на атмосферостійкість (табл. 1).

Таблиця 1

Змочуваність, водопоглинання і механічна міцність просоченого силосанами вапняку після комплексної дії атмосферних факторів

Просочуючий склад, №	Крайовий кут змочування поверхні водою, град.	Водопоглинання, мас. %	Межа міцності, % до вихідної	
			на згин	на стиск
1	79/73	5,5/14,2		82,1
2	93/90	5,9/14,3	91,6	81,0
3	89/80	6,2/11,6	93,4	82,7
4	91/88	5,4/14,6	91,3	80,6
5	86/76	5,3/14,4	91,7	81,2
6	89/90	6,1/15,7	90,4	79,8
7	89/74	4,5/13,4	93,8	83,5
8	85/80	3,7/17,6	90,2	79,4
9	87/72	8,0/11,9	94,7	84,3
10	80/90	7,0/10,2	95,0	85,1
11	109/90	0,2/8,7	94,5	84,6

Примітка. У чисельнику дані до випробувань, а в знаменнику – після.

Водопоглинання при цьому зростає від 3,7 (склад № 8) – 8,0 мас. % (склад № 9) до 10,2 (склад № 10) – 17,6 мас. % (склад № 8). Мінімальне його збільшення (3,9 мас. %) зафіксовано при використанні рецептури № 9, а максимальне 13,9 мас. % – рецептури № 8. Однозначна кореляція між зміною крайового кута змочування поверхні водою і водопоглинанням не спостерігається.

Наслідком розвитку деструкційних процесів під дією атмосферних факторів, крім зміни об'єму поруватої структури і водовідштовхуючих властивостей просоченого вапняку, є й погіршення його фізико-механічних властивостей. Встановлено, що межа міцності на згин може зменшуватися до 10 % (при використанні рецептур № 6 і № 8). Мінімальне її зменшення до 5 % зафіксовано при використанні рецептур з гідролізатом етилсилікату (№ 9, 10), що може бути зумовлено армуючою дією останнього.

Зменшення межі міцності на стиск максимальне при застосуванні тих самих рецептур (№ 6, 8) і досягає 20 %, а мінімальне на 15–16 % зафіксовано для рецептур № 9 та 10. Тобто збільшення об'єму поруватої структури під дією атмосферних факторів може сприяти зменшенню механічної міцності просоченого вапняку.

Стосовно черепашнику, який має загальну пористість на рівні вапняку, а закриту майже в 3 рази більшу просочення забезпечує в першому випадку її рівень у межах від 20,4 % (рецептура № 5) до 34,5 % (рецептура № 8) і в другому випадку від 12,4 до 28,4 % при тих же складах.

У процесі тестувань на атмосферостійкість відзначено неоднозначну зміну об'єму загальної пористості переважно до 4 %. Виключення спостерігається для рецептур № 6 (збільшення на 13 %) та № 8 (зменшення майже на 12 %).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Характер зміни закритої пористості аналогічний загальній при значно більших кількісних відмінностях, а саме: збільшення досягає 6,5 % (рецептура № 6), а зменшення майже 17 % (рецептура № 8). Загалом її об'єм становить від 11,5 до 26,0 %.

Коефіцієнт мікропористості змінюється в межах від 0,53 – 0,86 до 0,45 – 0,99, а максимальна втрата маси досягає 1,86% при використанні рецептури №6, яка найбільш суттєво впливає на зміну пористості просоченого черепашику.

Стосовно змочуваності поверхні просоченого черепашику водою необхідно акцентувати на більш суттєвій різниці в порівнянні з вапняком після дії атмосферних факторів. Гідрофобність вихідних матеріалів складає 76 град. (рецептура № 8) – 105 град. (рецептура № 6), а після випробувань 61 град (рецептура № 5) – 95 град. (рецептура № 9). Слід зауважити, що вказані рецептури найбільш суттєво змінюють пористість черепашику в процесі тестувань (табл. 2).

Таблиця 2

Змочуваність, водопоглинання і механічна міцність просоченого силосанами черепашику після комплексної дії атмосферних факторів

Просочуючий склад, №	Крайовий кут змочування поверхні водою, град.	Водопоглинання, мас. %	Межа міцності, % до вихідної	
			На згин	На стиск
1	100/89	2,3/6,7	87,4	72,2
2	99/86	1,9/3,4	89,6	73,3
3	99/91	2,0/5,4	94,3/89,3	73,0
4	95/78	3,9/7,5	90,6/85,6	70,1
5	98/61	2,7/4,6	93,7/88,7	72,5
6	105/70	3,6/8,2	88,4/83,4	68,2
7	98/84	3,2/7,1	91,5/86,5	73,1
8	76/87	3,5/5,4	94,1/89,1	72,8
9	87/95	5,2/6,0	93,1/88,1	72,3
10	90/88	5,5/6,3	92,6/87,6	72,4
11	80/84	0,7/3,2	95,2/90,9	73,9

Примітка. У чисельнику дані до випробувань, а в знаменнику – після.

Водопоглинання просоченого силосанами черепашику однозначно зростає під комплексною дією атмосферних факторів з 1,9 (рецептура № 2) – 5,5 мас. % (рецептура № 10) до 3,4 (рецептура № 2) – 8,2 мас. % (рецептура № 6).

Внаслідок дії відмічених факторів межа міцності на згин модифікованого черепашику зменшується від 10,4 до 16,6 %, а на стиск від 26,7 до 31,8 %. Найменш ефективно застосування рецептур на основі етил- і фенілсиліконатів натрію. Для порівняння слід вказати, що зменшення міцності непросоченого черепашику в аналогічних умовах досягає відповідно 30 і 38 %.

Встановлено, що серед досліджуваних матеріалів пісковик, який має мінімальну загальну пористість, характеризується наявністю стабільних параметрів останньої як у результаті просочення, так і після тестувань.

Рівень загальної пористості у вихідному стані становить 19,3 (рецептура № 5) – 24,8 % (рецептура № 8). У результаті дії атмосферних факторів зафіксовано переважно її зменшення на 0,2 % і часткове збільшення до 0,9 %.

Закрита пористість має однозначну тенденцію до зменшення від 14,3 (склад № 1) – 19,0% (склад № 6) у вихідного просоченого пісковика до 11,2 (склад № 2) – 15,6 % (склад № 10) після випробувань. Коефіцієнт мікропористості збільшується від 0,35–0,55 до 0,49–0,97.

Втрати маси просоченого пісковика в ході тестувань становлять від 0,35 до 1,10 % і їх максимум відмічено при застосуванні рецептур, що включають суміші алкіл- і фенілсиліконатів натрію (склад № 5, 6) та їх рецептури в поєднанні з гідролізатом етилсилікату.

Просочений силосанами пісковик серед досліджуваних матеріалів має мінімальне водопоглинання у вихідному стані і після дії атмосферних факторів. Ці параметри знаходяться на рівні 0,9 (рецептури № 2, 3) – 3,9 мас.% (рецептура № 8) та 3,2 (рецептура № 8) – 4,4 мас.% (рецептура № 5, 10) (табл. 3).

Таблиця 3

Змочуваність, водопоглинення і механічна міцність просоченого силосанами пісковика після комплексної дії атмосферних факторів

Просочуючий склад, №	Крайовий кут змочування поверхні водою, град.	Водопоглинання, мас. %	Межа міцності, % до вихідної	
			На згин	На стиск
1	91/80	2,5/3,6	89,9	87,1
2	86/70	0,9/3,3	89,7	87,4
3	79/70	0,9/3,6	88,9	87,0
4	94/70	1,0/3,4	89,1	87,7
5	93/82	1,0/4,4	87,5	83,6
6	98/78	1,3/3,8	88,7	84,1
7	93/75	1/3,3	91,3	87,9
8	88/80	3,9/3,2	90,7	86,8
9	95/76	1,8/4,0	88,5	84,1
10	103/72	3,2/4,4	87,6	83,2
11	97/82	0,4/2,1	99,1	88,7

Примітка. У чисельнику дані до випробувань, а в знаменнику – після.

Відмічається при цьому досить висока однорідність значень значення крайових кутів змочування водою поверхні просоченого пісковика після дії атмосферних факторів. Різниця не перевищує 12 град., а мінімум зафіксовано при використанні складів № 3 і 4. У порівнянні з вихідними матеріалами різниця коливається в межах від 9 (склад № 2) до 32 град. (склад № 10).

Заслуговує на увагу і факт менш диференційованої зміни міцності на згин і стиск в процесі випробувань. У першому випадку спад міцності складає максимум до 12,5 % (рецептура № 5) і мінімум до 9,3 % (рецептура № 8), а в другому випадку 16,4 % (склад № 5) і 12,1 % (склад № 7). Зафіксовані дані слід розглядати на фоні зменшення міцності вихідного пісковика майже на 30 %.

Відносно атмосферостійкості просоченого туфу, який має найбільшу пористість серед досліджуваних матеріалів, слід зауважити, що його загальна пористість у процесі випробувань збільшується на 1,0–11,6 %. Виняток становить рецептура № 7. Характерно, що всі зміни останньої відбуваються в межах переважно 44–50 %.

Закрита пористість просоченого туфу під дією атмосферних факторів має тенденцію до зменшення, крім рецептур з гідролізатом етилсилікату. В першому випадку вона зменшується від 36,5 (склад № 1) – 42,4 % (склад № 2) до 24,2–35,1 % (при використанні тих самих рецептур. В останньому варіанті відзначено відносно низький її рівень для вихідних матеріалів (15,8–19,5 %), який потім зростає до 28,6–31,0 %.

Мікропористість просоченого туфу в процесі тестувань однозначно збільшується. Значення її коефіцієнта зростають від 0,33 (склад № 6) – 0,86 (склад № 3) до 0,54 (склад № 8) – 0,99 (склад № 1). Втрати маси знаходяться на рівні 1,35–2,11 %, виняток становить рецептура № 7. Для порівняння слід зауважити, що втрата маси у матеріалі без обробки кремнійорганічними сполуками знаходиться на рівні 7 %. У процесі оцінювання водовідштовхуючих властивостей поверхні просоченого туфу встановлено, що вони переважають всі інші досліджувані матеріали. У вихідному стані значення крайових кутів змочування водою його поверхні знаходяться на рівні 87–105 град., а після комплексної дії атмосферних факторів 65 (рецептура № 5) – 93 град. (рецептура № 1,3) (табл. 4).

Таблиця 4

Змочуваність, водопоглинання і механічна міцність просоченого силосанами туфу після комплексної дії атмосферних факторів

Просочуючий склад, %	Крайовий кут змочування поверхні водою, град.	Водопоглинання, мас. %	Межа міцності, % до вихідної	
			На згин	На стиск
1	100/93	5,6/13,9	84,2	70,2
2	98/90	1,6/12,5	87,6	72,5
3	101/99	1,8/13,0	87,1	71,2
4	102/84	5,1/13,6	86,8	71,7
5	99/65	4,4/13,7	86,	72,3
6	105/90	4,4/12,0	88,1	73,4
7	102/90	5,7/12,0	88,3	73,8
8	87/86	20,0/12,2	87,9	72,8
9	98/74	12,7/16,7	89,2	73,4
10	90/90	210/15,9	89,8	74,8
11	114/91	2,6/11,6	89,5	74,6

Примітка. У чисельнику дані до випробувань, а в знаменнику – після.

Водопоглинання при цьому змінюється неоднозначно. Застосування рецептур на основі сумішей органілсиліконатів натрію і калію характеризується його збільшенням від рівня 1,6 (склад № 2) – 5,7 мас. % (склад № 7) до 12,0 (склад № 6) – 13,9 мас. % (склад № 1).

Просочуючі склади з вмістом гідролізату етилсилікату забезпечують більш високе водопоглинання вихідного туфу (12,7–21,0 мас.%), яке у процесі тестувань змінюється неоднозначно до рівня 12,2–16,7 мас. %.

Зменшення межі міцності на згин просоченого туфу після дії атмосферних факторів становить від 15,8 (склад № 1) до 10,2 % (склад № 10). Аналогічна закономірність (20,8–25,2 %) спостерігається і при зміні міцності на стиск.

Висновки і пропозиції. Порівняльний аналіз отриманих експериментальних даних оцінки стійкості до комплексної дії атмосферних факторів в лабораторних умовах просочених силосанами пористих нерудних матеріалів дозволяє констатувати, що незважаючи на суттєві відмінності в хімічних складах, характерах та об'ємах пористості, зафіксовано певні закономірності щодо ефективності застосування просочуючих кремнійорганічних складів. Встановлено, що найвищу атмосферостійкість мають пористі нерудні матеріали, просочені трикомпонентним складом метилсиліконату калію, етил- і фенілсиліконатів натрію (склад № 7).

За рівнем водопоглинанням пористі нерудні матеріали при застосуванні найбільш ефективних кремнійорганічних складів розміщуються в ряд: туф (12 мас.%) > вапняк 911,6-11,9 (мас.%) > черепашник (3,4 мас.%) > пісковик (3,2-3,3 мас.%).

Список використаних джерел

1. Chaomin W. (1985). New field impregnation technology and its effect on the durability of PIC / W. Chaomin, X. Pefen, H. Yunbin // Gem Concrete : Practics Beijing International Symposium. (Beijing, May 14–17, 1985), pp. 1.

2. Підвищення атмосферостійкості цементобетонних матеріалів поверхневою обробкою силосановими композиціями / П. М. Коваль, Д. Ю. Колесник, В. Г. Сиченко, А. П. Баглай // Нові технології в будівництві. – 2005. – № 1 (9). – С. 65–68.

3. Мухаметрахимов Р. Х. Исследование влияния кремнийорганических соединений на свойства фиброцементных плит / Р. Х. Мухаметрахимов, В. С. Готов // Известия КГАСУ. – 2011. – № 4 (18). – С. 254–258.

4. Варшавець П. Г. Сучасні методи захисту будівельних матеріалів від зовнішніх агресивних факторів / П. Г. Варшавець, П. В. Захарченко // Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка. – 2012. – Вип. 45. – С. 73–75.

5. Золотарьова О. Кремнійорганічні сполуки для гідрофобізації нерудних матеріалів / О. Золотарьова // Товари і ринки. – 2013. – № 2 (16). – С. 148–154.

6. Никитин М. К. Применение кремнийорганических материалов в реставрации памятников истории и культуры / М. К. Никитин, С. А. Шадрин // Кремнийорганические соединения и материалы на их основе. – Л. : Наука, 1984. – С. 231–238.

7. Мережко Н. Фізико-технічні властивості просочених кремнійорганічними сполуками пористих нерудних матеріалів / Н. Мережко, О. Золотарьова // Товари і ринки. – 2016. – № 2 (22). – С. 73–82.

References

1. Chaomin, W., Pefen, X., Yunbin, H. (1985). New field impregnation technology and its effect on the durability of PIC. Proceedings from *Gem Concrete: Practics Beijing International Symposium*. (Beijing, May 14–17, 1985), pp. 1.

2. Koval, P.M., Kolesnyk, D.Iu., Sychenko, V.H., Bahlai, A.P. (2005). Pidvyshchennia atmosferostiikosti tsementobetonnykh materialiv poverkhnevoiu obrobkoiu syloksanovymy kompozytsiiamy [Increasing of cement's weather resistance by surface treatment with siloxane compositions]. *Novi tekhnologii v budivnytstvi – New technologies in construction*, no. 1 (9), pp. 65–68 (in Ukrainian).

3. Mukhametrakhymov, R.Kh. & Hotov, V.S. (2011). Issledovanie vlianiia kremniorganicheskikh soedinenii na svoistva fibrotsementnykh plit [Scientific investigation of organosilicones compounds influence on fibrocement slabs characteristics]. *Izvestiia KHASU – News of KSUAE*, no. 4 (18), pp. 254–258 (in Russian).

4. Varshavets, P.H. & Zakharchenko, P.V. (2012). Suchasni metody zakhystu budivelnnykh materialiv vid zovnishnykh ahresyvnykh faktoriv [Modern methods of protection of building materials from action of external aggressive factors]. *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika – Construction materials and sanitary equipment*. no. 45, pp. 73–75 (in Ukrainian).

5. Zolotarova, O. (2013). Kremniiorhanichni spoluky dlia hidrofobizatsii nerudnykh materialiv [Use of silicone compounds for repelling of non-metallic materials]. *Tovary i rynky – Commodities and markets*, no. 2 (16), pp. 148–154 (in Ukrainian).

6. Nyktytn, M.K., Shadryn, S.A. (1984). Primenenie kremniorganicheskikh materialov v restavratsii pamiatnikov istorii i kultury [The use of organosilicon materials in the restoration of historical and cultural monuments]. *Kremniorganicheskie soedineniia i materialy na ikh osnove – Silicon compounds and materials based on them*. Leningrad: Nauka, pp. 231–238 (in Russian).

7. Merezko, N. & Zolotarova, O. (2016). Fyzyko-tekhnichni vlastyivosti prosochenykh kremniiorhanichnymy spolukamy porystykh nerudnykh materialiv [Physical and technical properties of porous non-metallic materials saturated with silicone compounds]. *Tovary i rynky – Commodities and markets*, no. 2 (22), pp. 73–82 (in Ukrainian).

Золотарьова Оксана Григорівна – асистент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Киото, 19, м. Київ, 02156, Україна).

Золотарева Оксана Григорьевна – асистент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Киото, 19, м. Київ, 02156, Україна).

Zolotarova Oksana – assistant of Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: zolotarovaoksana@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2534-3125>

Мережко Ніна Василівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Киото, 19, м. Київ, 02156, Україна).

Мережко Нина Васильевна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Киото, 19, г. Киев, 02156, Україна).

Merezko Nina – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: neprod2@knteu.kiev.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3077-9636>