

Н. В. Мережко, д.т.н., професор,

О. Г. Золотарьова, асистент

Київський національний торговельно-економічний університет

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

neprod2@knteu.kiev.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСОЧЕННЯ ПОРИСТИХ НЕРУДНИХ МАТЕРІАЛІВ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИМИ СПОЛУКАМИ

У статті наведено результати досліджень процесів просочування нерудних матеріалів з метою захисту кам'яних споруд від руйнування. Запропоновано застосування для просочення матеріалів та конструкцій полімерів, стійких до природних факторів та хімічно-агресивних реагентів. Досліджено кінетику просочування пористих нерудних матеріалів кремнійорганічними сполуками різних видів та встановлено ряд закономірностей у частині впливу складу і порової структури на властивості просочених матеріалів.

Ключові слова: просочування, кремнійорганічні сполуки, пористі матеріали

Будинки, побудовані з натурального каменю, постійно піддаються силам екологічного розпаду і вивітрювання. Слід відзначити значну швидкість руйнування кам'яних будівель та історичних пам'яток, особливо тих, які знаходяться на відкритому повітрі. Найчастіше руйнування каменю відбувається через вплив кислотних дощів, але факторів, які сприяють прискоренню цього процесу, набагато більше: хімічний склад каменю, геологічна ДНК, місце розташування, архітектурні особливості та ступінь догляду за будівлями.

Відомо [1], що при насиченні водою погіршуються основні властивості багатьох матеріалів, а саме збільшується їх питома вага та теплопровідність. Так, при підвищенні вологи на 10% теплопровідність збільшується в 1,5 разу. Майже всі процеси руйнування матеріалів, які експлуатуються в природних умовах, пов'язані з впливом на них вологи та водних розчинів. Отже, підвищення довговічності та покращення експлуатаційних властивостей матеріалів пов'язані із захистом від впливу на них вологи – гідрофобізацією.

Досить ефективним способом гідрофобізації пористих нерудних матеріалів є застосування кремнійорганічних сполук, нанесення яких на поверхню матеріалу забезпечує утворення водовідштовхуючої плівки, не впливаючи при цьому на показники повітропроникності.

Питання захисту будівельних конструкцій від впливу зовнішніх факторів є предметом досліджень багатьох науковців України

та світу. Особлива увага приділяється захисту природних матеріалів різного походження шляхом гідрофобізації кремнійорганічними сполуками [3–8].

Метою дослідження є вивчення впливу просочення кремнійорганічними препаратами на властивості пористих нерудних матеріалів.

Предметом досліджень є процеси захисту кам'яних споруд і шляхи зупинення або уповільнення процесів руйнування. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом застосування в матеріалах та конструкціях полімерів, які є стійкими до природних факторів і хімічно-агресивних агентів. Санітарними нормами і правилами [2] визначено, що захист від корозії передбачає просочення будівельних матеріалів різноманітними полімерними сполуками, які сприяють підвищенню стійкості конструкцій до дії агресивних впливів.

Дослідження. Наявність суттєвих відмінностей у хімічному складі і структурі нерудних матеріалів позначається на процесах поглинання ними кремнійорганічних сполук. Мінімальна їх кількість (0,1–0,7 мас.%) адсорбується піщаником, а максимальна (1,4–8,2 мас.%) – туфом. Вапняк і черепашник займають проміжне положення. Для порівняння: керамічна цегла може поглинути від 0,9 мас. % (метилсилікат калію) до 5,3 мас. % (гідролізат етилсилікату).

Порівняльна оцінка адсорбційної здатності досліджуваних кремнійорганічних препаратів відносно пористих природних силікатів (туф, піщаник) та карбонатів (вапняк, че-

репашник) дозволяє розмістити їх таким чином: поліетилгідридсилоксан (0,1–3,3 мас.%) < метилсиліконат калію (0,2–3,7 мас.%) < поліметилфенілсилоксан (0,7–4,5 мас.%) < поліфенілсилоксан (0,6–6,7 мас.%) < гідролізат етилсилікату (0,2–8,2 мас.%).

Візуальна оцінка глибини просочення розчинами та емульсіями кремнійорганічних сполук в інтервалі концентрації 1–15 мас.%, виконана шляхом змочування зламів матеріалів підфарбованою водою, показала, що всі вони при розмірах 20 × 20 × 20 мм просочуються повністю всіма розчинами. Зі збільшенням розмірів до 40 мм вапняк і черепашник просочуються повністю досліджуваними препаратами. Піщаник просочується поліетилгідридсилоксаном повністю, а гідролізатами етилсилікату – на глибину до 9 мм, поліметилфенілсилоксаном і поліфенілсилоксаном – до 7 мм.

Зафіксовано складний варіант тришарового просочення для органілсиліконатів. Наявний зовнішній шар 4–5 мм, далі йде негідрофобна зона (10–12 мм), а потім гідрофобна серцевина.

У табл. 1 наведені дані щодо зміни маси пористих нерудних матеріалів при просочуванні їх кремнійорганічними сполуками.

Таблиця 1
Збільшення маси матеріалів (%) у процесі просочування кремнійорганічними сполуками

Матеріал	Кремнійорганічна речовина				
	Метилсиліко-нат натрію	Поліетилгідридсилоксан	Гідролізат етилсилікату	Поліфеніл-силоксан	Поліметил-фенілсилоксан
Вапняк	3,7	0,6	3,4	2,2	1,2
Черепашник	1,7	0,2	0,7	1,5	0,8
Піщаник	0,2	0,1	0,2	0,6	0,7
Туф	1,4	3,3	8,2	6,7	4,5
Цегла керамічна	0,9	1,3	5,3	3,6	2,1

Глибина гідрофобної зони всіх досліджуваних матеріалів зменшується до 1...3 мм

при нанесенні просочуючих складів пензлем або пульверизатором. Встановлено, що кінетика процесів просочених пористих нерудних матеріалів визначається як їх складом і структурою, так і видом просочуючого препарату.

Порівняльний аналіз просочення дисперсних і масивних нерудних матеріалів метилсиліконатами калію показав, що більш глибоко (до 50 мм) просочування відбувається у першому випадку. За часом просочування досліджувані матеріали розміщуються в ряд: туф < піщаник < черепашник < вапняк.

Глибина проникнення в масивні матеріали становить від 12 до 43 мм. За цим показником матеріали розташовуються таким чином: піщаник < черепашник < вапняк < туф. Час просочення змінюється в інтервалі 1250–3000 секунд.

Використання водних дисперсій поліетилгідридсилоксану характеризується більш інтенсивним просоченням порошків нерудних матеріалів. Глибина 50 мм досягається за 300–1000 секунд. При цьому порівняльний ряд матеріалів виглядає так: піщаник < туф < черепашник < вапняк (рис. 1).

В масивних зразках така глибина просочення досягається в усіх матеріалах, за винятком піщаника. Однак часу для цього потрібно до 5000 секунд (черепашник) < вапняк (3000 секунд) < туф (1800 секунд).

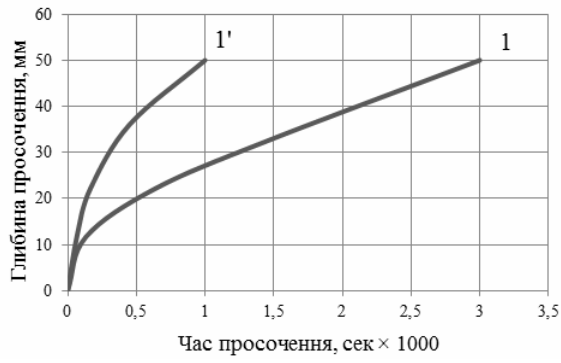
Проникнення в піщаник поліетилгідридсилоксану не перевищує 20 мм за 4200 секунд.

Просочення гідролізатом етилсилікату (рис. 2) характеризується наявністю ряду особливостей:

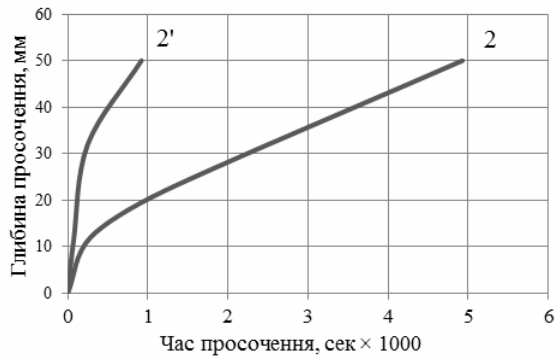
- час процесу збільшується до 10 000 секунд;
- у випадку черепашника і туфа просочення в масиві відбувається більш інтенсивно, ніж у дисперсії.

Кількісні параметри процесу виглядають таким чином. Час просочення до 50 мм становить від 1900 до 8000 секунд, а матеріали розміщуються у такому порядку: вапняк < піщаник < туф < черепашник.

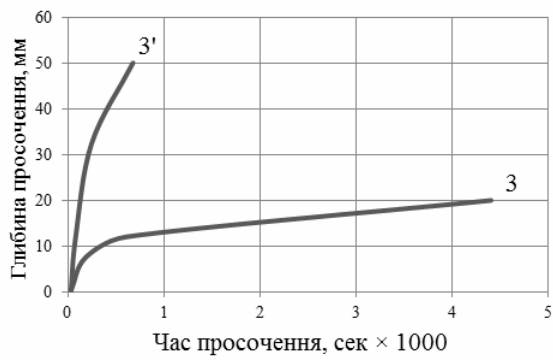
У масивних зразках просочення на таку ж глибину спостерігається для всіх матеріалів, за винятком піщаника і вапняка в період 4000–6000 секунд, максимальна глибина просочення (40 мм) для вапняка досягається після 6200 секунд, а для піщаника (25 мм) – після 8800 секунд.



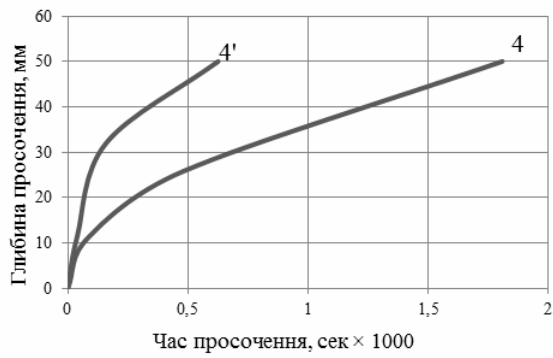
а)



б)

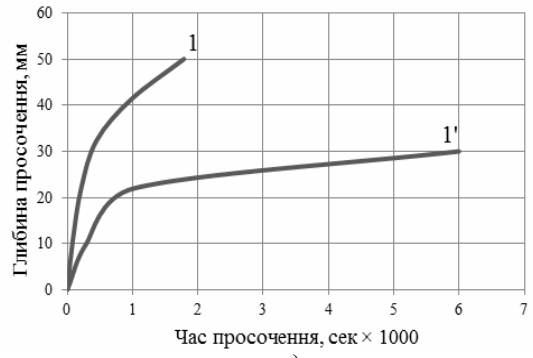


в)

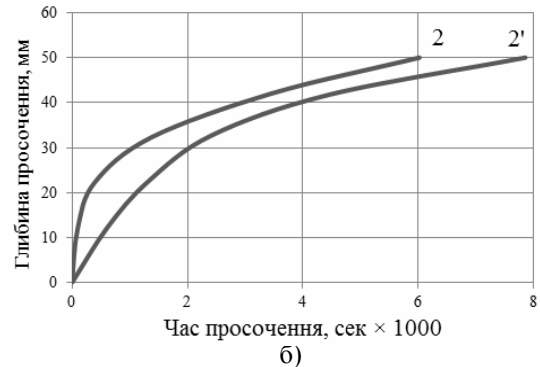


г)

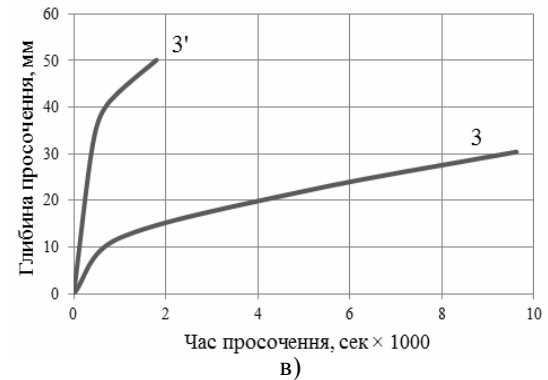
Рис. 1. Кінетика просочення нерудних матеріалів поліетилгідридсилоксаном:
 а) вапняк: 1 – масив, 1' – порошок;
 б) черепашник: 2 – масив, 2' – порошок;
 в) пісковик: 3 – масив, 3' – порошок;
 г) туф: 4 – масив, 4' – порошок



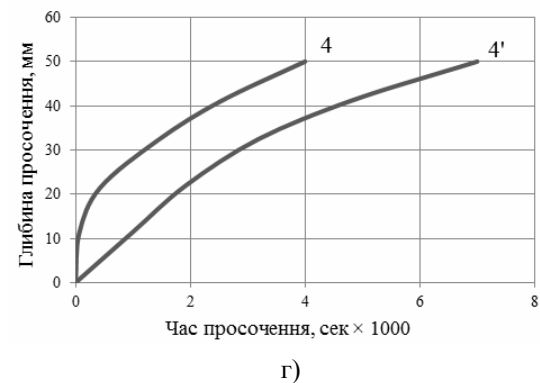
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Кінетика просочення нерудних матеріалів гідролізатом етилсилікату:
 а) вапняк: 1 – масив, 1' – порошок;
 б) черепашник: 2 – масив, 2' – порошок;
 в) пісковик: 3 – масив, 3' – порошок;
 г) туф: 4 – масив, 4' – порошок

Таким чином, **отримані результати** дозволяють констатувати, що у випадку застосування гідролізату етилсилікату характер пористості та її об'єм стосовно черепашника і туфа відіграють вирішальну роль у проходженні процесів просочення. Саме ці матеріали мають найбільш загальну пористість (відповідно 30,2 та 47,4 %). При цьому не слід виключати можливість зміни в'язкості гідролізату етилсилікату в процесі просочення за рахунок каталізуючої дії інгредієнтів матриці.

Неоднозначність спостерігається і у випадку просочення органічним розчином поліметилфенілсилоксану. Для порошоків черепашника та піщаника процеси проходять більш інтенсивно і глибина 50 мм досягається відповідно після 2300–1200 секунд. Для черепашника в масиві цей показник становить 7300 секунд, а піщаника – понад 6000 секунд, при цьому глибина проникнення не перевищує 20 мм (рис. 3).

Дисперсні вапняк і туф просочуються повільніше, ніж масивні матеріали. Глибина проникнення на рівні 50 мм досягається відповідно після 7000 та 4150 секунд. В останньому випадку ці показники відповідно становлять 4000 і 2200 секунд.

Отримані дані з дослідження кінетики просочення пористих нерудних матеріалів кремнійорганічними сполуками різних видів дозволили сформулювати ряд закономірностей щодо впливу складу і порової структури на кінцеві властивості просочених матеріалів.

Час просочення дисперсних матеріалів на глибину 50 мм, що нівелює вплив пористості, залежно від виду кремнійорганічних сполук становить: поліметилфенілсилоксаном (1200–4300 секунд) < поліетилгідридсилоксаном (300–100 секунд) < гідролізатетилсилікатом (1900–8000 секунд) < органілсилоксаном калію (1250–3000 секунд).

При просоченні масивних матеріалів параметри часу у піщаника на базі мінімальних глибин просочення становлять: при просоченні на глибину 12 мм для органілметилсиліконату калію – 1500–3000 секунд, 20 мм у поліетилгідридсилоксану – 1700–5000 секунд, 25 мм гідролізатетилсиліката – 4000–10 000 секунд і 20 мм поліметилфенілсилоксану – 4000–7300 секунд.

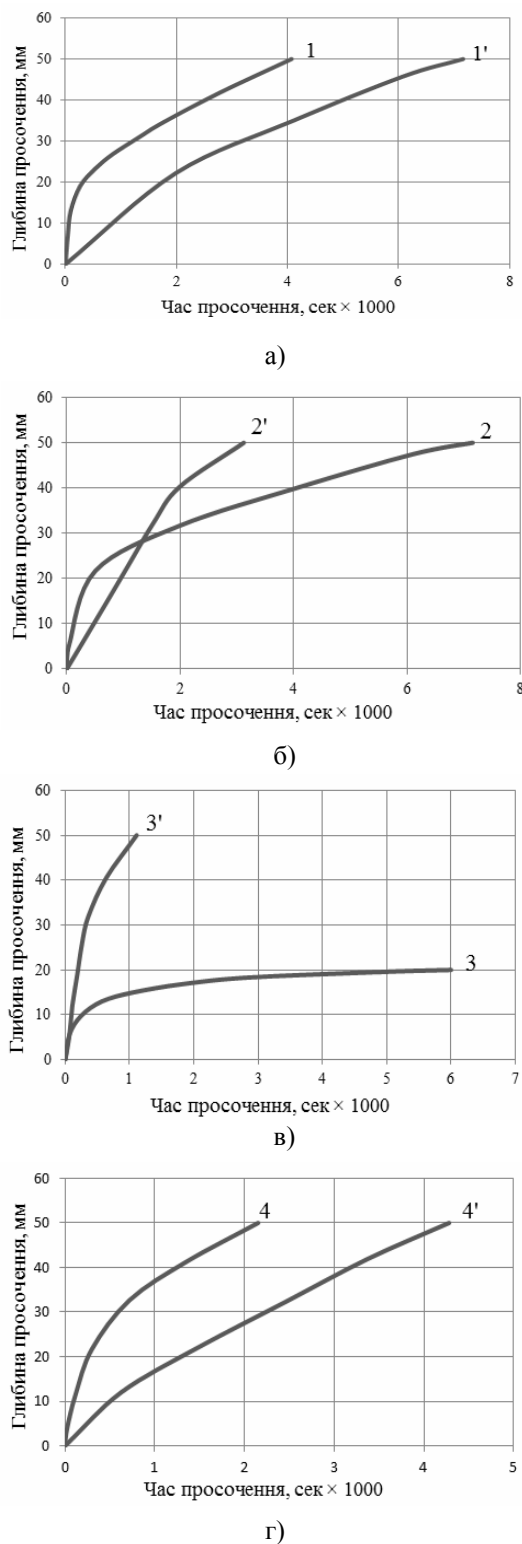


Рис. 3. Кінетика просочення нерудних матеріалів поліметилфенілсилоксаном:
а) вапняк: 1 – масив, 1' – порошок;
б) черепашник: 2 – масив, 2' – порошок;
в) пісковик: 3 – масив, 3' – порошок;
г) туф: 4 – масив, 4' – порошок

Вирішальним фактором, що впливає на глибину та інтенсивність проходження процесів просочення, слугує пористість (закрита і відкрита). Мінімальні глибини проникнення (12–25 мм) і максимальний час проходження процесів залежно від складу кремнійорганічних препаратів – у піщаника (відкрита пористість становить 9,3, а закрита – 9,3 %). Найбільша глибина просочення (практично для всіх досліджуваних кремнійорганічних препаратів на рівні 50 мм) та найменший час процесу зафіксовано у туфа (відкрита пористість – 37,6 %, а закрита – 9,8 %).

Вапняк і черепашник займають у цьому відношенні проміжне положення, що узгоджується з об'ємом їх пористості (відповідно загальна пористість становить 24,9 і 30,2 %, а закрита – 2,4 і 17,3 %). В цілому необхідно констатувати, що вирішальний вплив на кінетичні параметри процесу просочення справляє саме відкрита пористість.

Отримані результати добре узгоджуються з даними щодо кількості адсорбованих кремнійорганічних продуктів, де мінімум фіксується у піщаника, а максимум – у туфа. Для порівняння слід відзначити, що керамічна цегла займає проміжне положення між туфом і карбонатними нерудними матеріалами, що досліджувались.

Список літератури

1. Гидрофобизация / [А. А. Пашенко, М. Г. Воронков, Л. А. Михайленко и др.]. – К. : Наук. думка, 1973. – 240 с.
2. Защита строительных конструкций от коррозии : СНиП 2.03.11-85. – М. : Стройиздат, 1986. – 48 с.
3. Шилова М. В. Кремнийорганические гидрофобизаторы: эффективная защита строительных материалов и конструкций / М. В. Шилова // Строительные материалы. – 2003. – № 12. – С. 40–41.
4. Пашенко А. А. Коррозионная стойкость кремнийорганических покрытий / Пашенко А. А., Свидерский В. А., Лавриненко С. В. // Лакокрасочные материалы и их применение. – М., 1984. – № 5. – С. 31–32.
5. Соболевский М. В. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов / М. В. Соболевский, О. А. Музовская. – Л. : Наука, 1979. – 199 с.
6. Середницький Я. А. Кремнійорганічні лакофарбові композиційні покриття в протикорозійному захисті / Середницький Я. А., Маруха В. І., Гулай О. І. – К. : Хімічна промисловість України, 2001. – С. 17–21.
7. Захарченко П. В. Сучасні методи захисту будівельних матеріалів від дії зовнішніх агресивних факторів / П. В. Захарченко, П. Г. Варшавець // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2012. – № 45. – С. 73–75.
8. Лобанов О. Ю. Вплив просочуючих складів на експлуатаційні властивості газобетонів / О. Ю. Лобанов, В. А. Свидерський // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2012. – № 44. – С. 40–44.

References

1. Paschenko, A. A., Voronkov, M. G., Mihaylenko, L. A. et al. (1973) Hydrophobization. Kyiv: Nauk. dumka, 240 p. [in Russian].
2. The protection of building materials from corrosion: SNiP 2.03.11-85 (1986). Moscow: Stroyizdat, 48 p. [in Russian].
3. Shilova, M. V. (2003) Organic-silicon hydrophobizators: effective protection of building materials and constructions. *Stroitelnyie materialy*, (12), pp. 40–41 [in Russian].
4. Paschenko, A. A., Sviderskiy, V. A. and Lavrinenko, S. V. (1984) Corrosion resistance of organic-silicon coatings. *Lakokrasochnyie materialy i ih primenenie*, (5). Moscow, pp. 31–32 [in Russian].
5. Sobolevskiy, M. V. and Muzovskaya, O. A. (1979) Properties and fields of application of organic-silicon products. – Leningrad: Nauka, 199 p. [in Russian].
6. Serednitskiy, Ya. A., Maruha, V. I. and Gulay, O. I. (2001) Organic-silicon lacquer composite coatings in anticorrosive protection. Kyiv: Himichna promyslovist' Ukrayiny, pp. 17–21 [in Ukrainian].
7. Zaharchenko, P. V. and Varshavets, P. G. (2012) Modern methods for protection of building materials from the action of external aggressive factors. *Budivel'ni materialy, vyroby ta sanitarna tehnik*, (45), pp. 73–75 [in Ukrainian].
8. Lobanov, O. Yu. and Sviderskiy, V. A. (2012) The influence of impregnating compounds on performance attributes of aerated concrete. *Budivel'ni materialy, vyroby ta sanitarna tehnik*, (44), pp. 40–44 [in Ukrainian].

N. V. Merezko, *Dr.Tech.Sc., professor*,
O. G. Zolotarova, *assistant*
Kyiv National Trade and Economics University
Kioto str., 19, Kyiv, 02156, Ukraine
neprod2@knteu.kiev.ua

RESEARCH OF IMPREGNATING OF POROUS NON-METALLIC MATERIALS WITH ORGANOSILICON COMPOUNDS

Houses built of stone are constantly exposed to the forces of environmental decay and weathering. Stone destruction occurs due to the effect of acid rains, but the factors that accelerate this process are much more numerous. They are stone chemical composition, geological DNA, location, architectural features and the degree of buildings care.

The subject of research is the process of protecting of stone structures and ways of stopping or slowing the process of destruction. The solution of this problem is possible by the use of materials and structures of polymers that are resistant to environmental factors and chemically aggressive agents.

The presence of significant differences in chemical composition and structure of non-metallic materials affects the processes of absorption of organic-silicon compounds. It is revealed that the kinetics of impregnating processes of porous non-metallic materials depends not only on composition and structure of materials, but also on the type of impregnating compound.

The data obtained from the study of impregnation kinetics of porous non-metallic materials with organic-silicon compounds of various types enabled to formulate a number of laws concerning the influence of composition and pore structure on final properties of impregnated materials.

Porosity (closed and open) is decisive factor for the depth and intensity of the processes of impregnation. Sandstone (open porosity is 9.3 and closed one – 9.3%) had minimum penetration depth (12-25 mm) and maximum time of impregnation processes depending on the composition of silicon compounds. The greatest depth of impregnating (about 50 mm for almost all studied compounds) and the lowest time were observed in impregnation process of tufa (open porosity – 37.6 % and closed one – 9.8 %).

The results are in good agreement with the data on the number of adsorbed silicon compounds, where the minimum is fixed for sandstone and maximum – for tufa.

Keywords: *impregnation, organic-silicon compounds, porous materials.*

Стаття надійшла до редакції 27.10.2014.

Рецензенти: Пугачевський Г. Ф., д.т.н., професор,
Свідерський В. А., д.т.н., професор.