

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.83:550.3

О.В. Камських, асист.

Житомирський державний технологічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АГРЕСИВНОГО КИСЛОТНОГО СЕРЕДОВИЩА НА КОРОЗИЙНУ СТІЙКІСТЬ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ

(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)

*В статті досліджено залежність швидкості корозії лабрадориту внаслідок дії сірчаної кислоти від тривалості впливу. Створена математична модель процесу і визначені основні параметри моделі.*

**Актуальність теми.** Україна має величезні запаси декоративного каменю, який здавна використовувався в архітектурі, будівництві, техніці, художньому каменерізанні [1]. Такому широкому використанню декоративного каменю сприяла його унікальна декоративність і довговічність. Але, на жаль, вплив агресивних середовищ призводить до значного погіршення властивостей каменю внаслідок виникнення корозії. Корозія каменю проявляється у вигляді лущення, розшарування, спучування і розпушення кам'яної породи, появи тріщин, каверн і відколів, знебарвлення або фарбування поверхні каменю в темні тони, появі бурих і зеленуватих плям органічного походження [5].

**Постановка проблеми.** Таким чином, дослідження довговічності та стійкості кам'яних виробів в агресивному середовищі й технології його захисту являють собою досить актуальну проблему, яка пов'язана з надзвичайно важливим практичним завданням зі збільшення використання, збереження декоративних властивостей кам'яних виробів у будівлях та спорудах, особливо в облицюванні.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідженням корозійної стійкості декоративного каменю в різний час займалися Бакка М.Т. [1], Ільченко І.В. [1], Малин В.І. [2, 3], Дамйю-Вульфсон В.І. [2], Вікторов О.М. [4], Вікторова Л.О. [4], Ковельман І.О. [5], Беліков Б.П. [6], Петров В.П. [6], Герасименко О.О. [7]. У більшості праць були розглянуті лише загальні аспекти корозійної стійкості декоративного каменю. Найбільш детально явище корозії дослідив Ковельман І.О. [5]. Але ніхто з вищезгаданих авторів не займався дослідженням впливу агресивного кислотного середовища на корозійну стійкість декоративного каменю.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** В даній роботі як об'єкт дослідження застосовувались зразки лабрадориту Головинського родовища з наступними геометричними розмірами: довжина – 10 см, ширина – 10 см, товщина – 2 см.

*Предметом дослідження є процес корозійного руйнування лабрадориту під дією сірчаної кислоти.*

Дослідження щодо визначення корозійної стійкості зразків проводились при температурі  $50 \pm 5$  °С в розчині сірчаної кислоти з концентрацією 100 г/л.

Тривалість випробувань склала 1440 годин (60 діб).

Перед зануренням в агресивне середовище зразки знежирювались спиртом, а вийняті з розчину після випробувань ретельно промивалися дистильованою водою і промокалися м'якою серветкою. Вага зразків визначалась зважуванням на аналітичних вагах з похибкою не більше 0,01 г. Перед зважуванням зразки витримувалися в ексикаторі з силікагелем протягом 24 годин. Швидкість корозії визначалась із співвідношення:

$$k = \frac{m_0 - m_n}{F \cdot n}, \quad (1)$$

де  $k$  – швидкість корозії, (г/(м<sup>2</sup>·год.)

$m_0$  – вага зразка до випробувань, г;

$m_n$  – вага зразка після випробувань, г;

$F$  – поверхня зразка, м<sup>2</sup>;

$n$  – тривалість випробувань, год.

Зважування здійснювалось через кожні 10 діб.

Результати досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати дослідження з визначення  
корозійної стійкості зразків лабрадориту

Номер	Площа	Початкова	Зміна ваги зразка, г
-------	-------	-----------	----------------------

зразка	зразка, м <sup>2</sup>	вага зразка, г	240 годин	480 годин	720 годин	960 годин	1200 годин	1440 годин
Сірчана кислота								
1	0,0100	560,00	1,68	4,48	8,96	13,44	17,92	20,72
2	0,0100	556,00	1,67	4,44	8,89	13,33	17,78	20,55
3	0,0100	548,00	1,64	4,38	8,76	13,14	17,53	20,26
4	0,0100	556,00	1,67	4,44	8,89	13,33	17,78	20,55
5	0,0101	592,00	1,77	4,73	9,46	14,20	18,93	21,89

Аналіз даних, наведених у таблиці, показав, що втрата ваги зразків лабрадориту становить 0,3–3,7 % від початкової ваги. Крім того, спостерігається доволі значне збільшення втрати ваги (майже в 12 разів) внаслідок кислотної корозії зразків зі збільшенням тривалості впливу.

У ході подальших досліджень математично оцінили зв'язок між швидкістю корозії і тривалістю впливу вибраних розчинів на зразок на основі аналізу коефіцієнта кореляції, визначили залежність між змінними величинами, а також знайшли параметри та перевірили значимість моделі. Обчислення проводились за допомогою програм Mathcard 8.0 та Microsoft Excel.

Спочатку дослідимо, як впливає тривалість взаємодії зразка, що досліджується, з розчином сірчаної кислоти на швидкість корозії. Значення швидкості корозії, визначені за запропонованою методикою, наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Залежність швидкості корозії від тривалості впливу

Номер зразка	Початкова вага зразка, г	Швидкість корозії, г/(м <sup>2</sup> ·год.)					
		240 годин	480 годин	720 годин	960 годин	1200 годин	1440 годин
1	560,00	0,700	0,933	1,244	1,400	1,493	1,439
2	556,00	0,697	0,929	1,238	1,393	1,486	1,432
3	548,00	0,686	0,915	1,220	1,372	1,463	1,410
4	556,00	0,697	0,929	1,238	1,393	1,486	1,432
5	592,00	0,735	0,980	1,307	1,470	1,568	1,511
Середнє значення		0,703	0,937	1,249	1,406	1,499	1,445

Графічна залежність між швидкістю корозії лабрадориту внаслідок дії сірчаної кислоти і тривалістю впливу представлена на рис. 1.

Дослідимо зв'язок між швидкістю корозії лабрадориту внаслідок дії сірчаної кислоти і тривалістю впливу.

Для оцінки щільності зв'язку між цими величинами скористаємось коефіцієнтом кореляції:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x C_y}} = 0,9243. \quad (2)$$

Похибка репрезентативності коефіцієнта кореляції:

$$m_r = \pm \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = 0,0721. \quad (3)$$

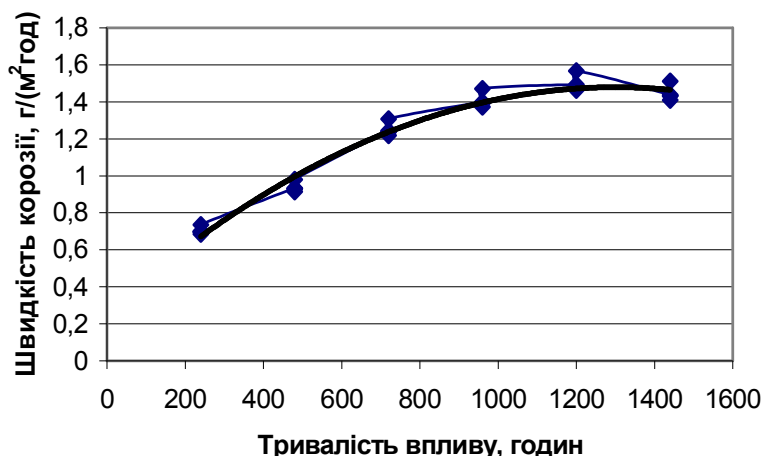


Рис. 1. Залежність швидкості корозії лабрадориту внаслідок дії сірчаної кислоти від тривалості впливу

Дослідимо вірогідність коефіцієнта кореляції:

$$t_r = \frac{r}{m_r} = 12,8126. \quad (4)$$

Стандартне значення критерію Стюдента  $t_{st} = 2,1$  для  $\nu = 30 - 2 = 28$ ,  $\beta = 0,95$ .

Оскільки  $t_r = 12,8126 > t_{st} = 2,1$ , то кореляційний зв'язок вірогідний.

Значення коефіцієнта кореляції, яке близьке до 1, свідчить про досить тісний зв'язок між параметрами, що розглядаються.

Це дозволяє створити математичну модель об'єкта дослідження.

Вважаючи, що залежність між наведеними змінними  $x$  та  $y$  має вигляд:

$$y = b_2 \cdot x^2 + b_1 \cdot x + b_0, \quad (5)$$

необхідно обчислити значення параметрів  $b_2, b_1, b_0$ . Для знаходження даних параметрів за результатами досліджень використовували метод найменших квадратів.

Цей метод дає можливість визначити коефіцієнти  $b_2, b_1, b_0$ , необхідні для встановлення закономірності, яка описує залежність швидкості корозії лабрадориту внаслідок дії сірчаної кислоти від тривалості впливу.

В результаті отримали наступні значення:  $b_2 = -7 \cdot 10^{-7}$ ,  $b_1 = 0,0019$ ,  $b_0 = 0,2651$ .

Таким чином, це дало змогу знайти вид регресії, за якою змінюється швидкості корозії залежно від тривалості впливу сірчаної кислоти:

$$y = -7 \cdot 10^{-7} \cdot x^2 + 0,0019 \cdot x + 0,2651. \quad (6)$$

Перевіримо адекватність математичного опису. Для цього скористаємось критерієм Фішера:

$$F = \frac{D_a}{D_{cp}} = \frac{0,0278}{0,0951} = 0,2920, \quad (7)$$

де  $D_a$  – дисперсія адекватності;

$D_{cp}$  – середня дисперсія всього експерименту.

Якщо дане вибіркове значення статистики задовольняє умову  $F < F_{кр}$ , то лінійна регресія статистично значима. Згідно з таблицею,  $F_{кр}(0,05) = 4,0068$ .

Оскільки дійсно  $F < F_{кр}$ , то гіпотеза про незначимість моделі відхиляється.

Коефіцієнт детермінації  $k_0 = 0,9785$ , що свідчить про те, що отримане рівняння регресії на 97,85 % пояснює загальний розкид результатів відносно середнього значення.

Аналіз вищенаведених даних дозволяє зробити **ВИСНОВКИ**:

1. Втрата ваги зразків лабрадориту становить 0,3–3,7% від початкової ваги. Крім того, спостерігається доволі значне збільшення втрати ваги (майже в 12 разів) внаслідок кислотної корозії зразків зі збільшенням тривалості впливу.

2. Зі збільшенням тривалості впливу сірчаної кислоти на лабрадорит збільшується швидкість корозії, яку можна спрогнозувати, скориставшись виразом  $y = -7 \cdot 10^{-7} \cdot x^2 + 0,0019 \cdot x + 0,2651$ .

3. Збільшення швидкості корозії відбувається менш динамічно, ніж втрата ваги зразками лабрадориту, так збільшення швидкості корозії за весь період досліджень становило всього 200 % від початкового значення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бакка Н.Т., Ильченко И.В.* Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений. – М.: Недра, 1992. – 303 с.
2. *Малин В.И., Дамьё-Вульфсон В.И.* Наружная и внутренняя облицовка зданий природным камнем: Учеб. для ПТУ. – М.: Высш. школа, 1981. – 304 с.
3. *Малин В.И.* Облицовка поверхностей природным камнем: Ученик для сред. проф.-тех.уч-щ. – М.: Высш. школа, 1981. – 304 с.
4. *Викторов А.М., Викторова Л.А.* Природный камень в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1983. – 189 с.
5. *Ковельман И.А.* Коррозия и разрушение каменных сооружений. – М., 1938. – 112 с.
6. *Беликов Б.П., Петров В.П.* Облицовочный камень и его оценка. – М.: Наука, 1977. –138 с.
7. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. – Т. 2. – М.: Машиностроение, 1987. – 784 с.

КАМСЬКИХ Олександр Валерійович – асистент кафедри геотехнологій і промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– каменедобування і каменеобробка.

Подано 11.01.2007