

УДК [679.8:622.02:504](043.3)

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ В АГРЕСИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**А. О. Криворучко, В. В. Котенко, О. В. Камських**

Житомирський державний технологічний університет

вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005, Україна. E-mail: kamskihaleksandr@rambler.ru

Розглянуто можливість застосування інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеоінформації для аналізу динаміки змін природного каменю в умовах агресивного середовища. Наведено дані досліджень зміни декоративності оброблених поверхонь природного каменю в умовах агресивного середовища. Закладено основи створення бази даних, що характеризує зміни якісних властивостей природного каменю. За наявності таких баз даних можна робити прогнози щодо динаміки зовнішнього вигляду природного каменю на необхідні терміни. Отримані результати можуть бути використані для визначення характеристик природного каменю, дослідження генезису, внутрішньої будови та складу гірських порід і прогнозування зміни в природному камені через певні проміжки часу.

Ключові слова: природний камінь, комп'ютерно-інформаційні технології, фізико-механічні властивості, стійкість природного каменю.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ**А.О. Криворучко, В.В. Котенко, О.В. Камських**

Житомирский государственный технологический университет

ул. Черняховского, 103, г. Житомир, 10005, Украина. E-mail: kamskihaleksandr@rambler.ru

Рассмотрена возможность применения информационно-компьютерных технологий обработки видеoinформации для анализа динамики изменений природного камня в условиях агрессивной среды. Приведены данные исследований изменения декоративности обработанных поверхностей природного камня в условиях агрессивной среды. Заложены основы создания базы данных, которые характеризуют изменения качественных свойств природного камня. А при наличии таких баз данных, можно делать прогнозы по динамике внешнего вида природного камня на необходимые сроки. Полученные результаты могут быть использованы для определения характеристик природного камня, исследования генезиса, внутреннего строения и состава горных пород и прогнозирования изменения в природном камне через определенные промежутки времени.

Ключевые слова: природный камень, компьютерно-информационные технологии, физико-механические свойства, стойкость природного камня.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. Природний облицовальний камінь сьогодні є якісним і довговічним природним будівельним матеріалом, який використовується як декоративний матеріал в оздобленні будівель і споруд. Тому, крім фізико-механічних показників, його естетичні характеристики мають важливе значення при виборі місця його використання.

До естетичних характеристик, що визначають якість декоративного та облицовального каменю, належать колір і вид лицевальних поверхонь каменю. Контроль якості зразків виробів каменеобробної продукції і їх відповідність вимогам сьогодні здебільшого визначають шляхом візуального порівняння зразка з еталоном. Це призводить до помилок та суб'єктивізму в оцінках. В свою чергу сьогодні деякі з показників можуть бути кількісно оцінені, що дозволяє проводити виміри на зразках продукції та еталонах і суттєво зменшити розбіжності при порівнянні.

Завдяки довговічності облицовальний камінь широко використовується для зовнішнього оздоблення будівель і споруд а також для виготовлення монументальної продукції (п'єдестали, колони) та ритуальних виробів. Під час тривалої експлуатації таких виробів на відкритому середовищі, під дією атмосферних опадів, вітру, агресивних сполук, що містяться в атмосфері, оброблена поверхня каменю поступово втрачає початкові естетичні характеристики. Тому питання стійкості оброблених поверхонь природного каменю у відкритому середовищі сьогодні є актуальною науково-практичною задачею.

Мета роботи – дослідження змін декоративності оброблених поверхонь природного каменю в умовах агресивного середовища.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Ступінь естетичності природного каменю (його декоративність) достатньо повно може бути оцінена кольором, текстурою і фактурою. Вказані ознаки можуть бути оцінені в балах. До ознак кольору віднесені: кольоровість, насиченість, світлота, кольорова перевага, однорідність та сполучення кольорів. Ознаки текстури – рисунок, структура та прозорість. Структура визначається: ступенем кристалічності; абсолютними розмірами складових частин; відносними розмірами складових частин; формою складових частин і взаєминами між ними. Текстура – розташуванням складових частин у просторі і способом заповнення об'єму масою породи. Як видно, існують значні розбіжності не тільки в визначенні прикмет, на основі яких встановлюють вигляд поверхні каменю, але і в тлумаченні термінів. Можливо це визначається різницею задач, які вирішуються в кожному випадку. Ознаки в основному використовують при оцінці якості каменів родовищ, при розгляді процесів формування породи. Спрямуванням є контроль та відбір продукції при прийманні зразків виробів з каменю, тобто основні задачі виробництва. І саме для їх рішення відсутні аніякі кількісні показники.

У працях [1–10] доведена можливість отримання кількісних значень кольору поверхні каменю в результаті застосування методів цифрової обробки їх

зображень та використання однієї з колориметричних систем.

В останні роки поняття текстури поверхні (текстури зображення) почало використовуватися досить широко в комп'ютерній графіці для створення поверхонь псевдореалістичних зображень. Текстура утворюється періодичним повторенням структурних елементів (фракталів), які є геометричними фігурами певного розміру та форми, колір яких відрізняється від кольору фону.

Для вирішення задачі аналізу зовнішнього виду поверхні необхідно сформувати цифрове

відеозображення поверхні облицювального каменю і виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки. В найбільш загальному вигляді послідовність дій зображена на рис. 1.

Для формування відеозображень поверхні каменю доцільно використовувати стандартні пристрої формування відеозображень (сканер, цифровий фотоапарат або цифрова відеокамера), звертаючи увагу на технічні характеристики цих пристроїв, суттєві для отримання необхідної виміральної відеоінформації.

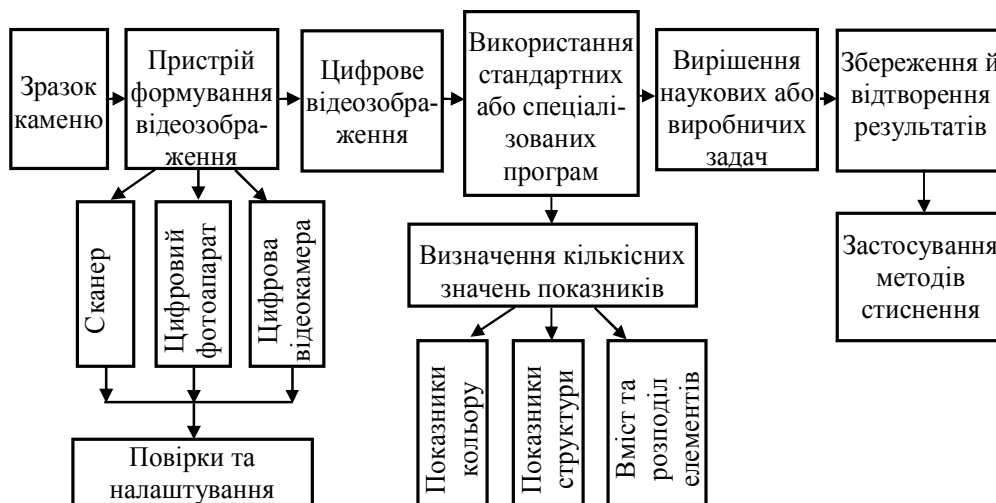


Рисунок 1 – Схема визначення чисельних показників вигляду поверхні облицювального каменю

У процесі цифрової обробки відеозображень поверхні каменю потрібно визначити ті кількісні ознаки, які могли б використовуватися як при рішенні геологічних проблем, так й при контролі та прийманні промислової продукції з облицювального каменю. Тому при класифікації може відбуватися як віднесення зразка каменю до певної геологічної класифікаційної групи, різновиду породи та інше, так і визначення його придатним для приймання.

При визначенні показників якості зовнішнього виду каменю можуть бути застосовані такі загальновідомі методи цифрової обробки зображень:

1. Обчислення двовимірного дискретного перетворення Фур'є для всього відеозображення або його окремої області.

2. Обчислення просторової автокореляційної функції відеозображення.

3. Обчислення кількості перепадів яскравості в околиці деякої точки відеозображення і обчислення ознаки.

4. Обчислення гістограми довжин серій, тобто кількості однакових дискретних точок відеозображення, що розташовані одна за одною в певному напрямку. Довжина серії залежить від розміру структурних елементів і може бути кількісною мірою текстури деякої поверхні.

5. Опис текстури поверхні на основі фракталів, на що було вказано раніше.

Вимірювання та оцінка текстурно-колористичних властивостей гірських порід може здійснюватися за допомогою інструментальних та візуальних

методів. За допомогою інструментальних методів, які базуються на використанні приладів можна проводити вимірювання у кількісній шкалі параметрів текстури і кольору гірських порід, наприклад: основного колористичного тону, ясність, насиченість тощо. Оцінка художньо-естетичної якості природного каміння проводиться за допомогою візуальних методів. На жаль, більшість традиційних методик дослідження зовнішнього вигляду гірських порід, в тому числі природного каменю, основані на ручній праці. Тому вони мають низьку ефективність та високу трудомісткість і не дають можливості автоматизованої обробки результатів вимірювань. Застосування ж інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеоінформації для оцінки якості обробки поверхні природного каменю дає можливість уникнути названих вище недоліків. Для вирішення завдань аналізу зовнішнього виду поверхні необхідно сформувати цифрове відеозображення поверхні облицювального каменю і виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки.

У зв'язку з проблемою облицювального каменю, проводяться досліді на вплив навколишнього середовища, а саме різних хімічних розчинів на декоративні властивості каменю, для подальшого покращення захисту від різноманітних дефектів або покращення очистки, різних забруднень та іншого.

Методика дослідження полягає в наступному:

– за основу беруться 15 зразків облицювального каменю (рис. 2);

– проводиться заміри блискоміром всіх зразків, у шести різних точках, однієї площини;
 – виконується сканування поверхонь зразків;
 – отримані зображення опрацьовуються в програмі Mdistones
 – зразки поділяються на три групи та поміщають в сольовий, лужний та кислий розчини;

– зразки залишать у розчинах деякий час (від 10 до 20 днів);
 – зразки виймаються із резервуарів, мийуться під струменем теплої води та просушуються на спеціальному папері.

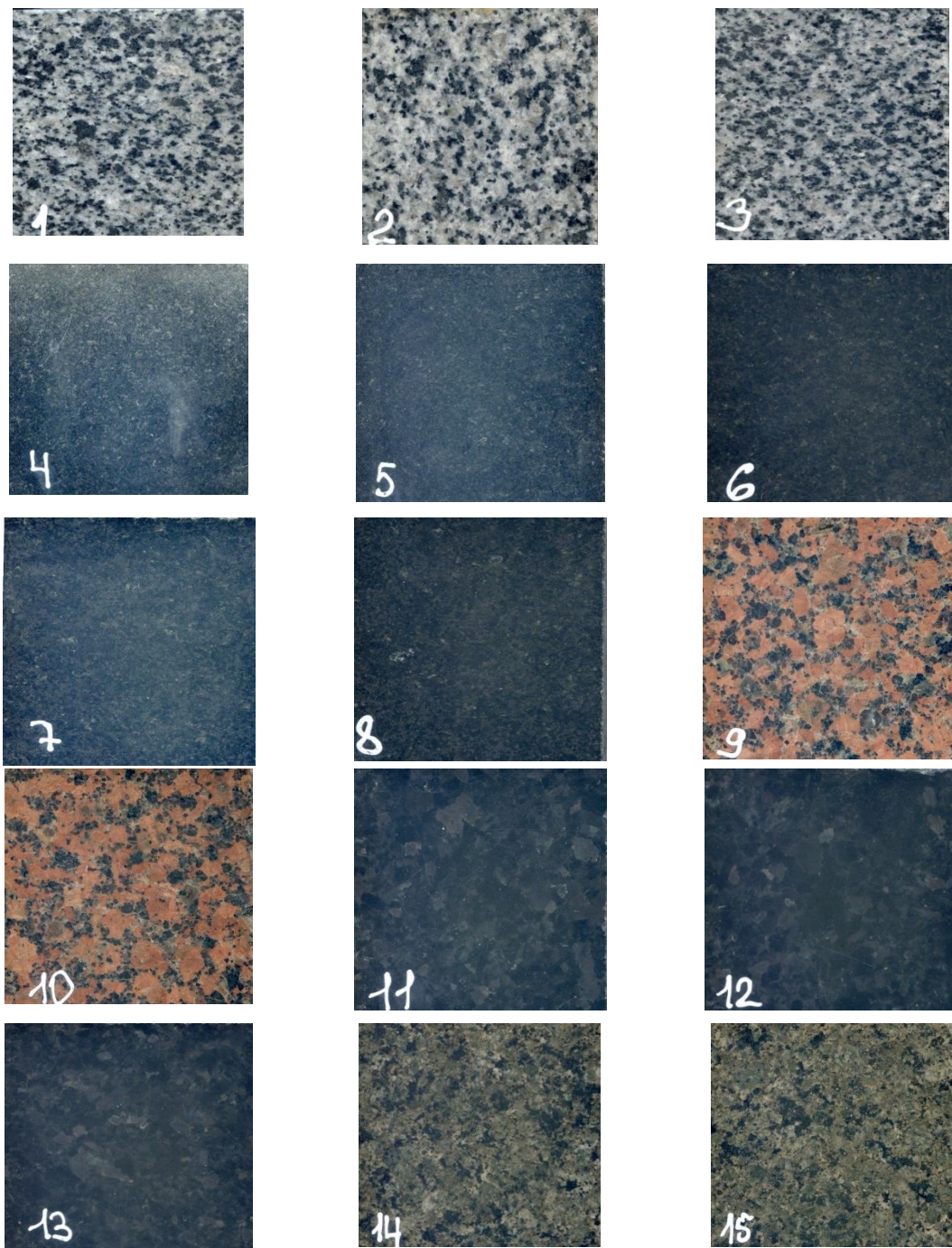


Рисунок 2 – Зразки природного каменю, що досліджувались

Після просушення зразки проходять виміри за тієї ж схеми. Результати вимірювань обраховуються та порівнюють для визначення впливу агресивного середовища на зміну декоративних властивостей каменю.

Предметом дослідження є процес зміни блиску та забарвлення декоративного каменю під дією агресивного навколишнього середовища. В нашому

випадку агресивним середовищем є розчини кислого, лужного та сольового розчину, в які в подальшому будуть поміщені всі зразки.

З початку всі зразки були пронумеровані за допомогою звичайного коректора (рис. 2) та виміряні блискоміром. Далі було проведено сканування відібраних зразків за допомогою сканера ЕПСОН ШІ500. Після сканування та зберігання на комп'ю-

тері зразки були поділені на III групи:

до I групи увійшли зразки під номерами 2, 5, 11, які були поміщені у резервуар з сольовим розчином;

до II групи – зразки з номерами 1, 6, 7, 9, 12 і 15, які були поміщені в лужний розчин;

до III групи були віднесені інші зразки, тобто зразки з номерами 3, 4, 8, 10, 13, 14, які були поміщені в 3 резервуар з кислим розчином (рис. 3).

Для меншої витрати робочої речовини в посудину з зразками було поміщено ще додаткову посуду, щоб підняти рівень речовини, щоб вона змогла повністю покрити всі зразки.

Показники середовища дослідження:

кисле середовище – SO_4 – pH – 1,45;

лужне середовище – NaOH – pH – 11,56;

сольовий розчин – KCl, MgSO_4 , CaCl_2 – pH – 5,43.

Після цієї процедури зразки залишають на строк від 20 до 60 днів.



Рисунок 3 – Дослідження зразків у різних розчинах

Після закінчення часу перебування зразків в хімічній речовині, зразки повторно скануються, вимірюються блискоміром, відправляються в комп'ютерну програму для подальшого порівняння та оцінки текстурно-коліристичних властивостей за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій.

Застосування, характеристика, вимірювання блискоміром та обчислення даних.

Блиском – це здатність поверхні відбивати світло без розсіювання. Для того, щоб надійно забезпечити високу якість поверхні природного каменю, необхідно оцінювати зовнішній вигляд за допомогою об'єктивних, вимірних критеріїв. Точна характеристика зовнішнього вигляду поверхні не тільки допомагає контролювати якість, але і підвищувати його, та оптимізувати виробничі процеси.

Для вимірювання було використано блискомір БФ 5 (рис. 4).

Даний блискомір призначений для вимірювання блиску при кутах освітлення-спостереження $20^\circ/20^\circ$, $45^\circ/45^\circ$, $60^\circ/60^\circ$ спрямованого світлового потоку поверхні лакофарбових, емальованих покриттів і інших поверхонь у видимій області спектру з метою кількісної оцінки зорового сприйняття людським оком ступеня блиску зазначених покриттів і інших поверхонь відповідно.

Прилад атестований Держстандартом як засіб вимірювання під № 26954–04 від 05.05.2004 р.



Рисунок 4 – Блискомір БФ5

Технічні характеристики блискоміра.

Діапазон вимірювання блиску поверхні покриттів у видимій області спектру, який служить показником ступеня блиску (при кутах освітлення-спостереження $20^\circ/20^\circ$, $45^\circ/45^\circ$, $60^\circ/60^\circ$ спрямованого світлового потоку), одиниць блиску, 0–100. Діапазон показань блиску, одиниць блиску, 0–199. Основна абсолютна похибка вимірювання блиску, одиниць блиску, не більше ± 2 . Величина блиску робочого стандартного зразка блискучої поверхні при геометрії освітлення-спостереження $20^\circ/20^\circ$, $45^\circ/45^\circ$, $60^\circ/60^\circ$ становить 70 ± 30 одиниць блиску і зазначена у сертифікаті калібрування (повірки) блискоміра.

Блискомір виконаний у вигляді моноблока, в корпусі якого розташовані: джерело світла на білому світлодіоді з оптичним коліматором, що дає паралельний пучок світла, вузол фотоприймача, аналого-цифровий перетворювач, схеми стабілізації живлення і посилення фотоструму приймача випромінювання з органами регулювання, акумуляторна батарея.

Оптичні осі всіх оптичних елементів розміщені в одній площині, перпендикулярній поверхні, що вимірюють. При цьому вісь джерела світла розташована під кутом 20° (або 45° , або 60°) від нормалі до поверхні, що вимірюють. Вузол фотоприймача блискоміра, вісь якого також розташована під кутом 20° (або 45° , або 60°) від нормалі до вимірюваної поверхні, включає в себе фотодіод і колімірувальну систему. Обидва оптичних елементи розміщені і зафіксовані в єдиному корпусі в отворах у відповідності з заданими кутами. Два цих отвори мають єдине вихідне вікно на нижній робочій поверхні блискоміра, яка встановлюється на поверхню, що вимірюють. На верхній площині блискоміра розміщений цифровий індикатор, кнопки включення ("ВКЛ") і вимірювання ("ІЗМ"). У блискомірі для збільшення кількості вимірювань до нової зарядки акумулятора використовується імпульсне живлення джерела світла.

Прилад має малу вагу і габарити, тому легко застосовується як в лабораторії, так і на лінії виробництва виробів. Налаштування блискоміра перевіряється перед кожною серією вимірювань за допомо-

гою калібрувального зразка.

При необхідності регулюють показання до величини, зазначеної на стандартному зразку або в сертифікаті калібрування блискоміра.

Далі переносять блискоміри на контрольовану поверхню, натискають кнопку "ИЗМ" і фіксують показання, що з'явилося на цифровому індикаторі.

Виміри проводилися блискоміром протягом

майже 10 місяців п'ять разів із різним інтервалом днів між вимірами (табл. 2, рис. 5–7).

Усі данні були занесені до таблиць, були обчислені середні значення між вимірами та похибки для побудови графіків.

Таблиця – 1 Технічні характеристики деяких блискомірів

Блискомір	Геометрія освітлення	Діапазон вимірювання блиску	Похибка вимірювання блиску	Діапазон вимірювання яскравості	Похибка вимірювання яскравості
БФ5–20/20	20°/20°	0...100	± 2	–	–
БФ5–60/60	60°/60°	0...100	± 2	–	–
БФ5–45/45	45°/45°	0...70	± 2	–	–
БФ5–45/0	45°/0	0...70	± 2	0 ... 1	± 0,02
БФ5–45/0/45	45°/0°/45°	0...70	± 2	0 ... 1	± 0,02

Таблиця – 2 Приклад даних, що виміряні блискоміром

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Точка 1	58	59	52	14	44	59	68	67	60	46	92	84	84	56	40
Точка 2	66	54	61	17	51	61	66	57	64	28	89	90	86	59	34
Точка 3	64	57	59	37	41	57	60	62	61	59	85	85	82	53	41
Точка 4	52	58	59	56	52	60	61	59	66	51	84	82	85	58	48
Точка 5	53	51	62	49	48	62	66	56	58	35	79	78	88	59	50
Точка 6	68	55	59	58	46	60	62	62	65	51	86	82	82	52	41
Середнє значення	60	56	59	39	47	60	64	61	62	45	86	84	85	56	42
Похибка	7	3	4	19	4	2	3	4	3	11	4	4	2	3	6

Динаміка декоративних властивостей природно каменю в агресивних середовищах наведена на рис. 5–7. Дослідження проводились не в кислоті чи лугу, а в кислому, лужному чи сольовому розчині. Тривалість досліджень складала 270 днів. По осі x наведено тривалість спостережень, по осі y – блиск в одиницях від 0 до 100 %.

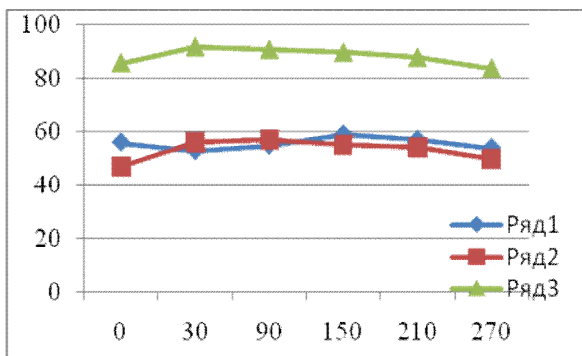


Рисунок 5 – Зміна декоративних властивостей зразків природного каменю в сольовому розчині

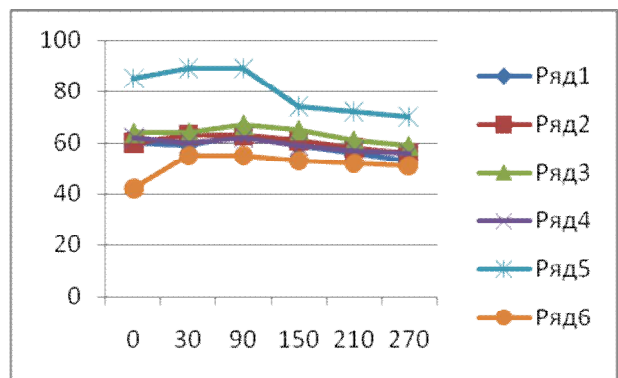


Рисунок 6 – Зміна декоративних властивостей зразків природного каменю в лужному розчині

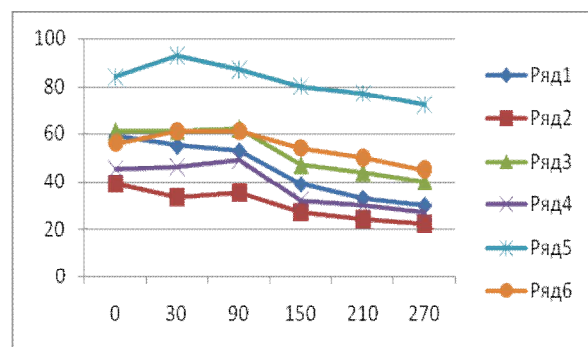


Рисунок 7 – Зміна декоративних властивостей зразків природного каменю в кислому розчині

ВИСНОВКИ. Зміна показників декоративності природного каменю в агресивному середовищі залежить від його різновидів, середовища, в якому його експлуатують та від використання засобів захисту.

Найбільш негативно впливає на показники декоративності кисле середовище. Найменш негативно сольовий розчин. Під дією кислого середовища показники якості з часом урівнюються (наближаються до певного спільного показника). Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій дає можливість прогнозувати стійкість каменю, визначити основні його параметри, створити базу даних для подальшого прогнозування, та бути основою для надання рекомендацій по захисту виробів з природного каменю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Камських О.В. Хімічне вивітрювання високоміцних декоративних гірських порід в облицюванні споруд // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир, 2004. - № 4(31). – С. 216–218.
2. Камських О.В. Дослідження впливу агресивного кислотного середовища на корозійну стійкість декоративного каменю // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир, 2007. - № 1(40). – С. 173–176.
3. Дослідження взаємозв'язку зовнішніх проявів корозії і зміни фізико-механічних властивостей декоративного каменю / С.О. Жуков, Р.В. Соболевський, С.В. Кальчук, О.В. Камських // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир, 2008. - № 1(44). – С. 140–143.
4. Исследование коррозийной стойкости декоративного камня в различных агрессивных средах / Р.В.

Соболевский, А.В. Камских // Сборник научных трудов “Добыча и обработка применения природного камня”. - Магнитогорск, 2007. – С. 176–180.

5. Використання апаратних засобів формування цифрових відеозображень для дослідження зразків природного каменю / Є.С. Купкін, Ю.О. Подчашинський, О.О. Ремезова // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 2(29). – С. 104–112.
6. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеоінформації в гірничо-геологічній галузі / А.О. Криворучко, Є.С. Купкін, Ю.О. Подчашинський, О.О. Ремезова // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 1(32). – С. 107–116.
7. Визначення анізотропності та механічних властивостей природного каменю за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеозображень (на прикладі габроїдних порід Коростенського плутону) / А.О. Криворучко, Ю.О. Подчашинський, О.О. Ремезова, В.О. Шлапак // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 4(35). – С. 128–134.
8. M. Rouai Application of Fractal Geometry to 2D Fracture Networks in the Middle Atlas Aquifer (Morocco) //Poster presented at the 9th AGILE Conference on Geographic Information Science, Visegrád, Hungary. – 2006. – P.339-344.
9. Variation on physico-mechanical properties of Kota stone under different watery environments / P.K. Sharma, Manoj Khandelwal, T.N. Singh // Building and Environment. – 2007. – Vol. 42, iss. 12. – PP. 4117–4123.
10. Maja Urosevic, Eduardo Sebastián-Pardo, Carolina Cardell Rough and polished travertine building stone decay evaluated by a marine aerosol ageing test //Construction and Building Materials. – 2010. – Vol. 24, iss. 8. – PP. 1438–1448.

STABILITY OF NATURAL STONE IN HOSTILE ENVIRONMENTS

A. Krivoruchko, V. Kotenko, O. Kamskyh

Zhitomir Technology State University

vul. Chernyakhovshogo, 103, 10005, Zhitomir, Ukraine. E-mail: kamskihaleksandr@rambler.ru

The possibility of using information and computer technology video processing to analyze the dynamics of changes of natural stone in an aggressive environment. Research shows data changes decorative natural stone surfaces treated in a medium-aggressive. Laid the foundation for the creation of a database, which describe the changes of the qualitative properties of natural stone. And if you have such databases can make predictions on the dynamics of the appearance of natural stone at the required time. The results obtained can be used for determining characteristics-ment of natural stone, the study of the genesis, the internal structure and composition of rocks and predict changes in natural stone at regular intervals.

Key words: natural stone, computer information technology, physical and mechanical properties, durability of natural stone.

REFERENCES

1. Kamskykh, O.V., (2004), “Chemical weathering of hard rocks used for facing buildings”, *Visnyk ZHSTU. Engineering sciences*, no. 4(31), pp. 216–218.
2. Kamskykh, O.V., (2007), “The study of the influence of the aggressive acid environment on corrosion resistance of ornamental stone”, *Visnyk ZHSTU. Engineering sciences*, no. 1(40), pp. 173–176.
3. Zhukov, S.O., Sobolevsky, R.V., Kalchuk, S.V., Kamskykh, O.V., (2008), “The study of relation between the external corrosion and the change of physics mechanical properties of ornamental stone”, *Visnyk ZHSTU. Engineering sciences*, no. 1(44), pp. 140–143.
4. Sobolevsky, R.V., Kamskykh, A.V., (2007), “The study of corrosion resistance of ornamental stone in different aggressive environments”, *Mining Journal “Mininig and Processing of Natural Stone”*. *Engineering sciences*, pp. 176–180.
5. Kupkin, E.S., Podchashinsky, Yu.A., Remezova, O.O., (2004), “Usage of hardware of creation of the videoimages for research of samples of a natural stone”, *Visnyk ZHSTU. Engineering sciences*, no. 2 (29), pp. 104–112.
6. Krivoruchko, A.A., Kupkin, E.S., Podchashinsky, Yu.A., Remezova, E.A., (2005), “The application of informational - computer technologies of processing of a visual infor-

mation in mining and geological branch”, *Visnyk ZHSTU. Engineering sciences*, no. 1(32), pp. 107–116.

7. Krivoruchko, A.A., Podchashinsky, Yu.A., Remezova, E.A., Schlapak, V.A., (2005), “The definition of an anisotropy and mechanical properties of a natural stone with the help of informational-computer technologies of videoimages processing (on an example gabro rocks)”, *Visnyk ZHSTU. Engineering sciences*, no. 4(35), pp. 128–134.

8. Rouai, M., (2006), “Application of Fractal Geometry to 2D Fracture Networks in the Middle Atlas Aquifer (Morocco)”, *Poster presented at the 9th AGILE Conference on Geographic Information Science*, Visegrad, Hungary, pp. 339–344.

9. Sharma, P.K., Manoj Khandelwal, Singh, T.N., (2007), “Variation on physico-mechanical properties of Kota stone under different watery environments”, *Building and Environment*, vol. 42, iss. 12, pp. 4117–4123

10. Maja Urosevic, Eduardo Sebastian-Pardo, Carolina Cardell, (2010), “Rough and polished travertine building stone decay evaluated by a marine aerosol ageing test”, *Construction and Building Materials*, vol. 24, iss. 8, pp. 1438–1448.

Стаття надійшла 16.02.2015.