

УДК 662

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ГЕОМЕТРИЗАЦІЇ ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ МАСИВІВ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ РОДОВИЩА

А. О. Криворучко, О. В. Камських, Г. В. Скиба, Г. М. Ломаков

Житомирський державний технологічний університет

вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005, Україна. E-mail: kraa@i.ua

Розглянуто можливість використання сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій для розробки комплексної методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища. Дослідження зовнішнього виду природного каменю й інших гірських порід надає не тільки багато практичних результатів для промисловості, але є також одним з основних підходів геології та суміжних наук. У зв'язку з цим суттєвого значення набуває оптимізація вимірювання параметрів природного каменю, моделювання форм природних окремоностей та всебічне вивчення масивів, що базуються на застосуванні математичних методів і електронно-обчислювальної техніки. Запропоновано проводити дослідження поверхні зразків природного каменю на основі зазначених засобів й отримувати чисельні характеристики кольору і геометричні характеристики структурних елементів поверхні.

Ключові слова: природний камінь, комп'ютерно-інформаційні технології, декоративні властивості природного каменю, геометризація масивів природного каменю.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАССИВОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ С ЦЕЛЮ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. А. Криворучко, А. В. Камских, Г. В. Скиба, Г. Н. Ломаков

Житомирский государственный технологический университет

ул. Черняховского, 103, г. Житомир, 10005, Украина. E-mail: kraa@i.ua

Рассмотрена возможность использования современных информационно-компьютерных технологий для разработки комплексной методики геометризации массивов природного камня с целью получения комплексной модели месторождения. Исследования внешнего вида природного камня и других горных пород дает не только много практических результатов для промышленности, но также является одним из основных подходов геологии и смежных наук. В связи с этим большое значение приобретает оптимизация измерения параметров природного камня, моделирование форм природных отдельностей и всестороннее изучение массивов, основанное на применении математических методов и электронно-вычислительной техники. Предложено проводить исследования поверхности образцов природного камня на основе упомянутых средств и получать численные характеристики цвета и геометрические характеристики структурных элементов поверхности.

Ключевые слова: природный камень, компьютерно-информационные технологии, декоративные свойства природного камня, геометризация массивов природного камня.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. З урахуванням суттєвого впливу параметрів, що характеризують стан, будову і склад масиву природного каменю, на всі подальші процеси ведення гірничих робіт, починаючи з проектування розкриття і вибору системи розробки, то дуже важливого значення набуває одержання достовірної попередньої інформації про ці характеристики масиву та їх відображення на відповідних планах, картах, діаграмах, графіках і таблицях. Переважно вимірюють та досліджують структурні елементи, нехтуючи при цьому якісними параметрами. Основною проблемою даного процесу є відсутність повної інформації про якість сировини, розташованої на певній ділянці кар'єру. Тому ефективність управління за таких вихідних даних буде низькою. Отже актуальність розробки методики експрес-аналізу якості покладу та створення на цій основі комплексної узагальненої моделі родовища не викликає сумнівів. Крім того, дослідження зовнішнього вигляду природного каменю й інших гірських порід дає не тільки багато практичних результатів для промисловості, але є також одним з основних підходів геології та суміжних наук. Багато методик досліджень пов'язано з цим підходом. На жаль, більшість традиційних методик дослідження зовнішнього вигляду гірських порід, у тому числі природного каменю, ґрунтуються на ручній праці. Тому вони мають низьку ефективність та високу

трудомісткість і не дають можливості автоматизованої обробки результатів вимірювань.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій. Масове розповсюдження і застосування інформаційно-комп'ютерних технологій не обминуло промисловість по видобутку і обробці природного каменю. Можливість застосування інформаційно-комп'ютерних технологій в промисловості із видобування й обробки каменю широко висвітлена в роботах [1, 2–10]. Так, у [1] була показана можливість введення зображення поверхні промислових зразків облицювального каменю в обчислювальне середовище сучасних комп'ютерів і вимірювання різного роду показників. Це дозволяє використати всю потужність обчислювальних методів цифрової обробки відеозображень [2, 3] для вирішення практичних задач гірничої промисловості, що досить важко зробити із застосуванням класичних методів і методик. Зовнішній вигляд зразків природного каменю є однією із важливих характеристик родовища каменю і дозволяє виявити геологічні особливості побудови цього родовища, його морфологію та генезис. Наявність цих даних важлива для оцінки промислового значення родовища, а також дозволяє розробити оптимальні методи видобутку й обробки сировини з родовища. Ці дані також слід урахувувати при пошуках і розвідці нових родовищ природного каменю. Таким чином, проблема дослідження поверхні природного каменю

та визначення чисельних характеристик цієї поверхні є досить актуальною. Для вирішення цієї проблеми потрібно сформувавши відеозображення поверхні зразків, що досліджуються, і на основі обробки цих відеозображень отримати інформацію, що має важливе значення для вирішення різноманітних практичних задач у гірничо-геологічній та будівельній галузях. Використання ж інформаційно-комп'ютерних технологій дає змогу по-новому підійти до вирішення багатьох традиційних питань наукової й практичної геології та гірництва, що відображено в [4–7]. Використання потужного апарату інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеозображень та ПС-систем надає можливість створити максимально чітку модель декоративності, оперативно прогнозувати її динаміку в межах масиву порід.

Метою роботи є розробка методики експрес-аналізу якості покладу та здійснення його геометризації.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для комплексного дослідження зразків природного каменю й автоматизації роботи були використані сучасні інформаційно-комп'ютерні методи.

Колориметричні вимірювання за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій включають визначення в одній зі стандартних колориметричних систем показників кольору для окремих дискретних точок цифрового відеозображення, для структурних елементів поверхні об'єкта або для певних зон, виділених на поверхні об'єкта. Дослідження показали, що для зразків природного каменю найбільш доцільно використовувати одну із колориметричних схем, яка дозволяє окремо обробляти значення яскравості та кольору дискретних точок відеозображення. Це може бути стандартна колориметрична система HSV або LAB.

Колориметричні вимірювання можуть носити як самостійний характер, так і бути складовою частиною геометричних вимірювань. Ураховуючи те, що структурні елементи поверхні відрізняються один від одного і від фону за кольором або яскравістю, колориметричні вимірювання стають складовою частиною проведення геометричних вимірювань на відеозображеннях зразків. Геометричні вимірювання структурних елементів поверхні здійснюються на основі визначення для дискретних точок відеозображення розбіжностей за яскравістю (для ахроматичних поверхонь гірських порід) або розбіжностей за кольором (для хроматичних поверхонь гірських порід).

Ці виміри дають можливість визначити:

- поперечні розміри об'єктів;
- периметр об'єкту;
- площу об'єкту та об'єктів загалом;
- показники форми;
- орієнтацію елементів у просторі;
- взаємне розташування для структурних елементів поверхні.

Використання інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеоінформації для кількісної оцінки якісних показників поверхні природного каменю дає змогу:

- 1) підвищити ефективність вимірювання;
- 2) знизити працемісткість вимірювальних операцій;
- 3) автоматизованої обробки результатів вимірювань;
- 4) отримати об'єктивні дані та максимально усунути суб'єктивну складову похибки вимірювань.

Для вирішення задачі аналізу зовнішнього вигляду поверхні необхідно сформувавши цифрове відеозображення поверхні облицювального каменю й виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки. У найбільш загальному вигляді послідовність дій зображена на рис. 1.

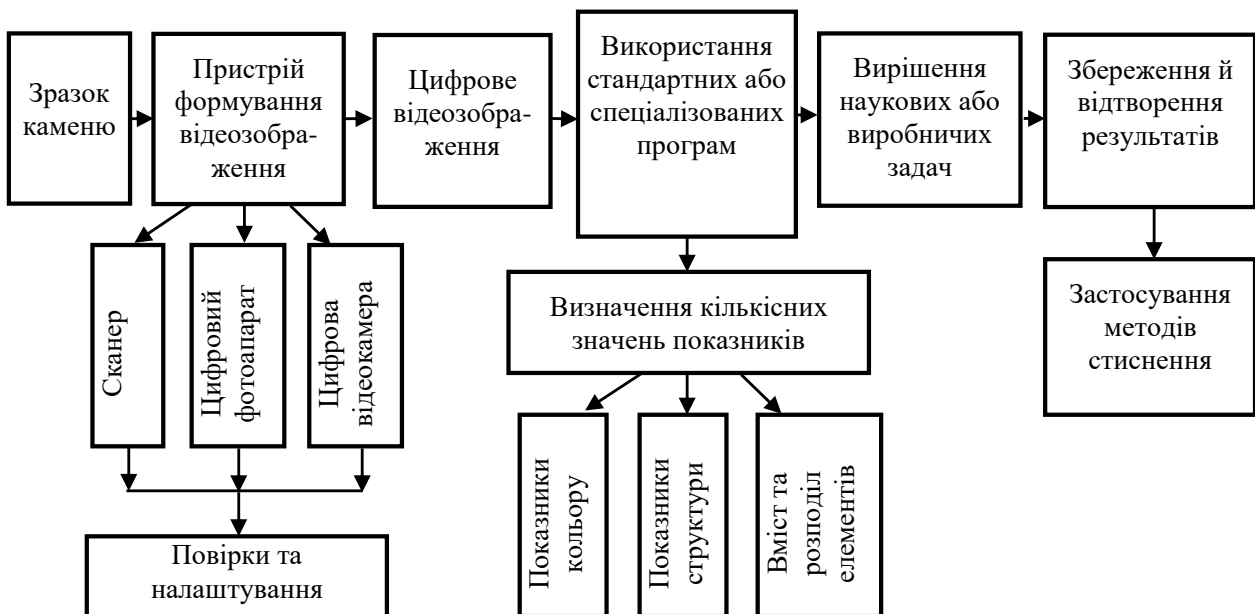


Рисунок 1 – Схема визначення чисельних показників якісних характеристик поверхні облицювального каменю

Проведення вимірювань базується на наступних принципах:

1. Відбір необхідних зразків природного каменю для вирішення наукових або виробничих задач.

2. Використання стандартних або спеціалізованих (при необхідності) апаратних засобів формування цифрових відеозображень. Дані засоби є досить складними технічними виробами та задовольняють основні метрологічні вимоги щодо здійснення вимірювань.

3. Повірки та налаштування устаткування.

4. Пошук і вибір потрібних параметрів алгоритмів цифрової обробки відеозображень, виходячи з особливостей задачі дослідження зразків гірських порід.

5. Використання стандартних або спеціалізованих програм та алгоритмів обробки вимірювальної відеоінформації та визначення на цій основі числових характеристик якісних параметрів відповідно до задач дослідження.

6. Застосування методів стиснення відеозображень. Це дає можливість здійснювати введення в комп'ютер великого обсягу відеоінформації та її компактне зберігання, а за необхідності – швидке відтворення.

Обробка отриманих проб полягала в скануванні відібраних зразків за допомогою сканера ЕПСОН ПП1500. Отримане зображення на основі накладання певних масок обробляється в програмі MdiStones.

Для повної уяви про якість покладу необхідно врахувати зміну декоративності по площі родовища. Серед існуючих методик оцінки декоративності була обрана методика, що описана в [7] як максимально об'єктивна.

Як уже було розглянуто раніше, якість блочної сировини визначається дефектністю, енергоємністю обробки, декоративністю та корозійною стійкістю виробів, що будуть виготовлені з неї. Тому, за основу оцінки якості блочної сировини доцільно взяти якість полірованої плитки (або якість полірованої лицьової поверхні інших виробів), що з неї виготовляють.

Згідно з діючими вимогами для проведення оцінки якості найбільш доцільним буде використання зразків декоративного каменю розмірами не менше 4 см. Для відбору зразків у роботі пропонується використовувати ручну кутову шліфувальну машину в комплекті з відрізним диском максимально допустимого діаметру 230 мм. У результаті можемо отримати зразки розміром 80 мм. Зразок даного розміру дозволить із високим ступенем надійності оцінити основні якісні характеристики масиву блочного каменю.

Основою оцінки якості є визначення площі рудних мінералів, орієнтування мінералів і дефектів і кольорових координат відібраних зразків. Для оцінки всіх вищезазначених показників необхідна наявність полірованої фактури, яка буде надаватися відібраним зразкам габроїдних порід на основі обробки шліфувально-полірувальними верстатами (ручними або стаціонарними консольного типу при обробці касет сформованих із зразків). Зображення частини отриманих за даною методикою зразків наведені на рис. 2.

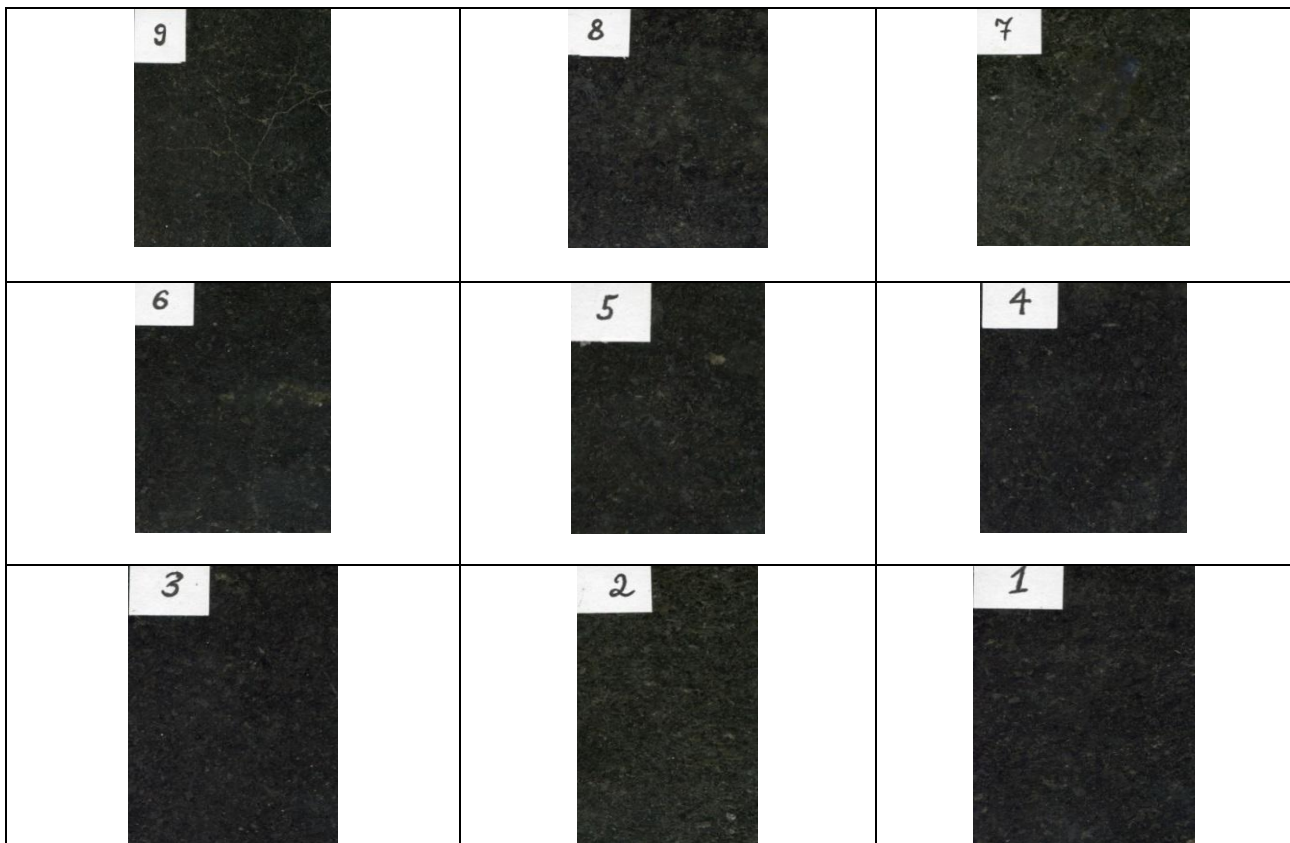


Рисунок 2 – Фотографії відібраних зразків

Для оцінки просторової зміни якісних характеристик пропонується обов'язкове маркування відібраних зразків за допомогою фарби та визначення координат місця відбору проби за допомогою теодоліта ТЗ0 та мірної стрічки або нівелірної рейки РН-3. Відстань між відібраними пробами залежить від однорідності масиву, наявності певних дефектів

і масштабу креслення. Враховуючи очікувану точність отриманих координат точок і точність нанесення їх на план, відстань між місцями відбору проб може знаходитись в межах від 5 до 25 м.

Схема відбору проб для умов Кам'янобрідського родовища габро наведена на рис. 3.

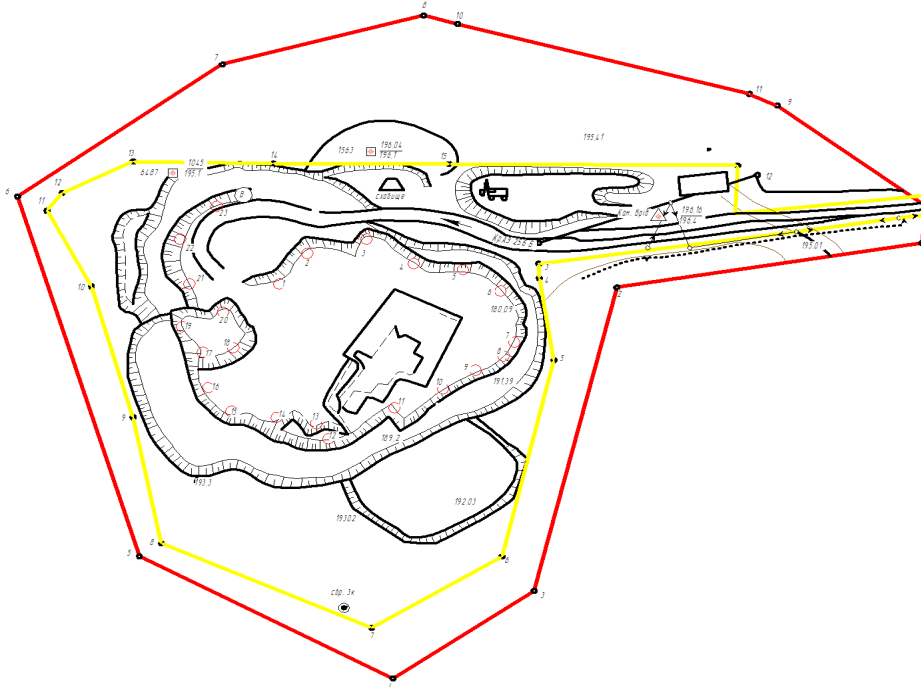


Рисунок 3 – Схема відбору проб для оцінки якості блочної сировини

Геометризація декоративності виконана за наступною методикою: по всій площі родовища на горизонті +180 м були відібрані зразки габро 8x8 см (рис. 2) і визначені координати місця відбору проб. Координати проб відібраних у північній частині родовища наведені табл. 1.

Після цього була виконана фактурна обробка зразків. Оброблені зразки сканували за допомогою сканера ЕПСОН П 1500.

Отримані зображення передавалися в програму MdiStone, де в кольоровій системі RGB за допомогою накладання маски визначалися відносні площі зони рівномірно чорного забарвлення (табл. 1). Рівномірне чорне забарвлення обрано як критерій оцінки ступеня декоративності, так як воно визначає як ринкову вартість каменю, так основні естетичні показники виробів з нього.

За відносними площами і координатами зразків була виконана геометризація декоративності за допомогою програми Surfer 8 (рис. 4).

За відносними площами і координатами місць відбору зразків була виконана геометризація декоративності за відносними площами зон рівномірно чорного забарвлення в програмному середовищі Surfer 8 із використанням найбільш оптимального для даного розподілу локально-стохастичного мето-

ду просторової інтерполяції – крайгінга (рис. 4).

Крім того подібні дослідження виконувались для блиску породи, після процесу полірування, та для відносної площі рудних елементів. Та були побудовані відповідні моделі.

Вироби з природного каменю можуть експлуатуватися в місцевостях з різними кліматичними умовами і з можливою наявністю різних агресивних середовищ. При виборі природного каменю архітектори і дизайнери повинні визначити, чи придатний даний різновид каменю для будівництва в даних кліматичних умовах. Цей вибір треба здійснювати, виходячи не тільки з естетичних міркувань, але й з урахуванням фізико-технічних характеристик каменю і його мінералогічного складу, в тому числі – з урахуванням наявності різних включень. Відповідно до названих вимог було запропоновано досліджувати зміни порід залежно від процесу обробки.

В якості заготовки було вибрано зразки розміри яких становили 2x1x0,08 м.

Фактурна обробка заготовки виконувалась на колінно-важільному верстаті ВШ-28. Сканування виконувалось за допомогою планшетного сканера. Результати сканування після кожного номеру абразивного круга наведені на рис. 5.

Таблиця 1 – Результати виконаних досліджень

Номер точки	X	Y	Відносна площа рівномірного забарвлення, %	Блиск, %	...	Відносна площа рудних елементів, %
1	5954,940	60662,759	44	80	...	5
2	5954,000	60616,760	21	67	...	4
3	5978,000	60614,790	47	84	...	4
4	5970,288	60679,460	44	79	...	5
5	5978,400	60708,000	36	74	...	6
6	5965,220	60732,000	31	71	...	4
7	5997,000	60633,220	12	60	...	7
8	5949,628	60777,630	19	65	...	5
9	5921,036	60784,960	26	68	...	6

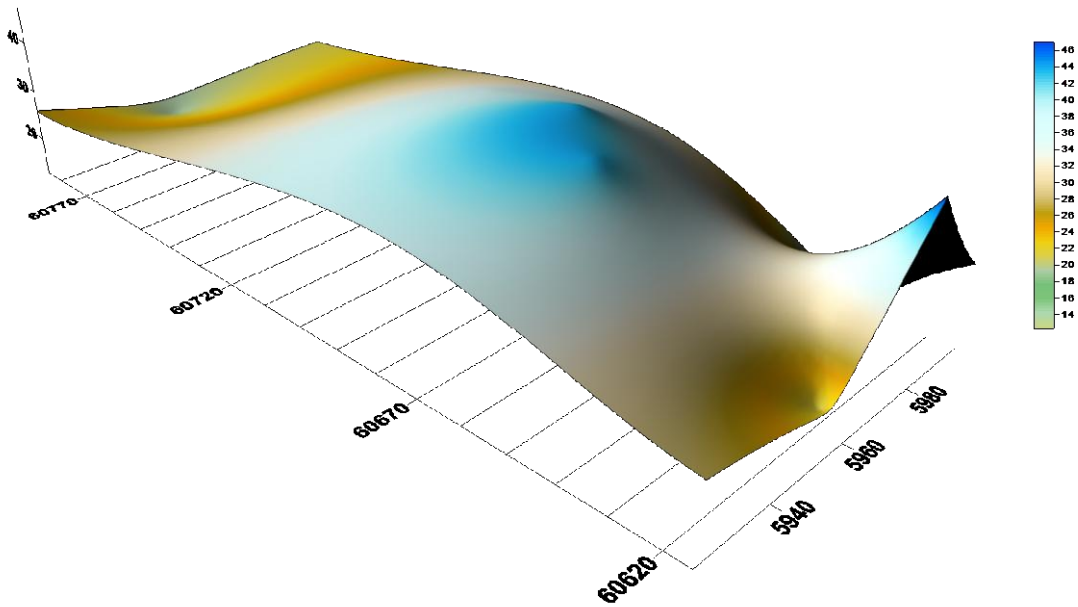


Рисунок 4 – Геометризація родовища габро за відносними площами рівномірного забарвлення

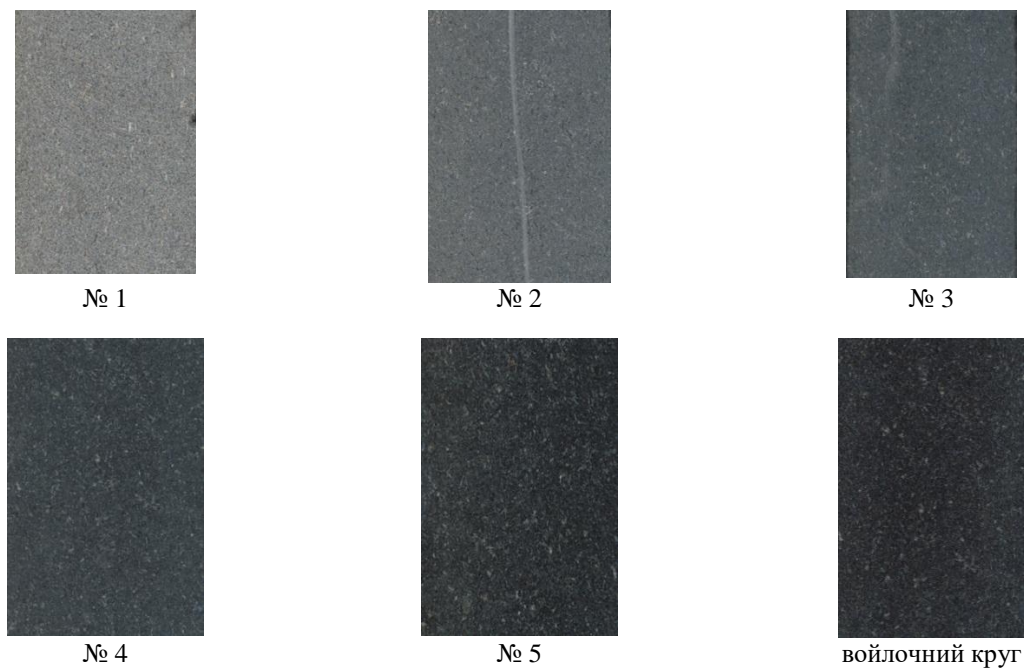


Рисунок 5 – Результати сканування поверхні заготовки на різних стадіях фактурної обробки

Приклад визначення кольорових координат RGB в програмі Mdistones наведено на рис. 6.

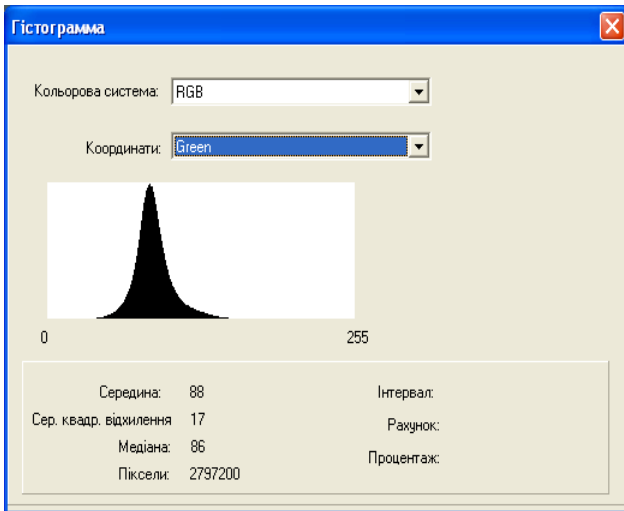


Рисунок 6 – Опрацювання зображення поверхні зразка в програмі Mdistones

Результати виконаних досліджень наведені на рис. 7.

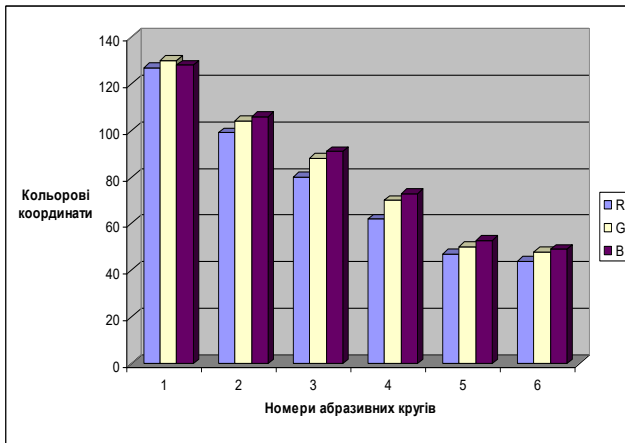


Рисунок 7 – Зміна кольорових координат на різних стадіях фактурної обробки

Дослідження даних, наведених на рис. 4, показало, що існує чітка тенденція до зменшення кольорових координат зі збільшенням номеру абразивних кругів, у результаті чого кольорові координати на стадії обдиру у три рази більші ніж на стадії полірування заготовки. Це свідчить про те, що рівномірність забарвлення, а відповідно й декоративність, Букинського габро значно покращилась.

У роботі виконане дослідження впливу висоти мікронерівностей на кольорові координати. Результати виконаних досліджень наведені на рис. 8–10.

Аналітично залежність кольорових координат RGB від висоти мікронерівностей описується виразами:

$$R = 2,2799x^2 + 29,506x + 37,054; \quad (1)$$

$$G = 2,5197x^2 + 31,28x + 41,122; \quad (2)$$

$$B = 2,6682x^2 + 31,973x + 43,037. \quad (3)$$

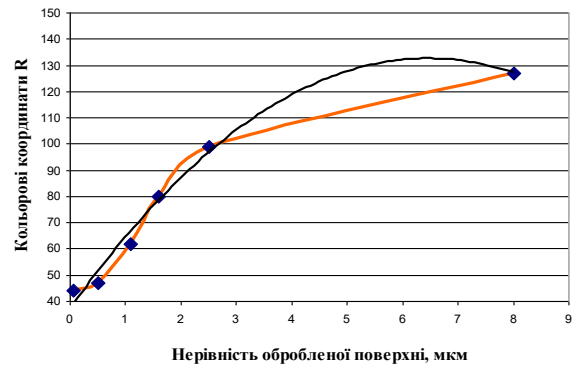


Рисунок 8 – Залежність кольорових координат R від нерівності обробленої поверхні

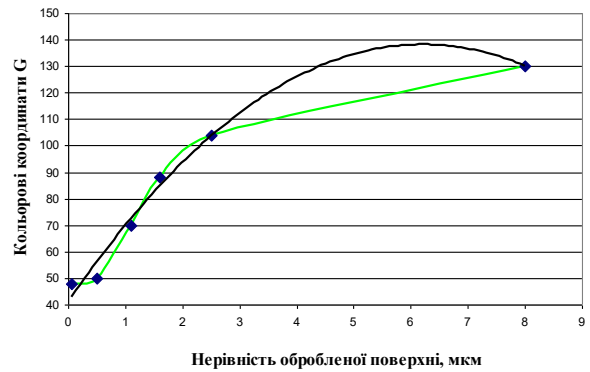


Рисунок 9 – Залежність кольорових координат G від нерівності обробленої поверхні

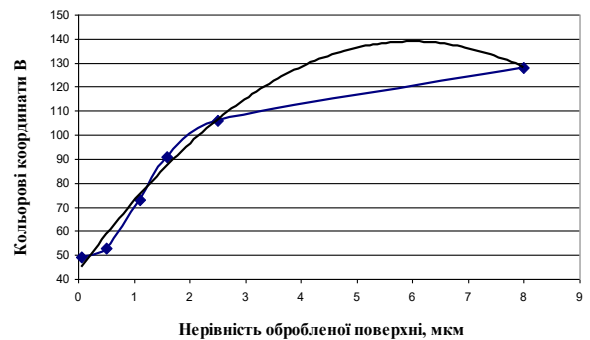


Рисунок 10 – Залежність кольорових координат B від нерівності обробленої поверхні

Методи обробки цифрових відеозображень також утілені в різні, широко розповсюджені, програми комп'ютерної обробки відеозображень, наприклад, Adobe Photoshop або CorelDraw. Однак їх використання незручне, а в більшості випадків і неможливе, бо більшість з них призначена не для визначення і вимірювання параметрів, а для перетворення та корегування відеозображення, тобто для протилежних цілей. Незручним для проведення досліджень є інтерфейс цих програм, що призначені для інших цілей.

Тому для безпосереднього вирішення виробничих задач потрібно розробити спеціалізовані програми. Одним із кроків у цьому напрямку є програма із визначення і дослідження кількісних значень показників якості декоративного та облицювального каменю [7]. В її основу покладено визначення інтег-

ральних показників яскравості і кольору, тобто середніх значень цих показників при розбивці відеозображення поверхні каменю на зони. Намічено застосування даної програми при прийомці промислової продукції, до якої висуваються підвищені вимоги щодо розбігу кольору, текстури, відсутності плям, дефектів поверхні тощо. Програма має відкритий характер, що дозволяє модифікувати та нарощувати її можливості.

ВИСНОВКИ.

1. Отримані результати цілком відповідають рівню практичних вимог до процедури контролю поверхні виробів з облицювального каменю.

2. У результаті виконаного аналізу розподілу відносних площ рівномірного забарвлення було встановлено, що максимально якісна за декоративністю сировина сконцентрована в центральній частині північної частини родовища.

3. Існує чітка тенденція до зменшення кольорових координат зі збільшенням номеру абразивних кругів, у результаті чого кольорові координати на стадії обдиру у три рази більші ніж на стадії полірування заготовки. Це свідчить про те, що рівномірність забарвлення, а відповідно і декоративність, Букинського габро значно покращилась.

4. Використавши потужний апарат інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеозображень та Гіс систем, з'являється можливість створити максимально чітку модель декоративності.

5. Запропонована методика дає можливість здійснювати оперативний контроль за декоративними властивостями на родовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Камських О.В. Хімічне вивітрювання високоміцних декоративних гірських порід в облицюванні споруд // Вісник Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. – Житомир, 2004. – № 4 (31). – С. 216–218.

2. Камських О.В. Дослідження впливу агресивного кислотного середовища на корозійну стійкість декоративного каменю // Вісник Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. – 2007. – № 1 (40). – С. 173–176.

3. Камських О.В. 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 Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. – 2008. – № 1 (44). – С. 140–143.

4. Чинники формування екологічного ризику руйнування породоутворюючих мінералів гірських порід під дією техногенних чинників довкілля / Т.Ф. Козловська, О.В. Камських, С.П. Давидчук // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – Вип. 3/2012 (74). – С. 121–125.

5. Використання апаратних засобів формування цифрових відеозображень для дослідження зразків природного каменю / Є.С. Купкін, Ю.О. Подчашинський, О.О. Ремезова // Вісник Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. – 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 Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. – 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 Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. – 2005. – № 4 (35). – С. 128–134.

8. Rouai M. 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. – PP. 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.

THE METHODS OF GEOMETRIZATION OF THE QUALITATIVE PARAMETERS OF THE NATURAL STONE MASSIFS FOR OBTAINING COMPLEX MODEL OF A DEPOSIT

A. Kryvoruchko, O. Kamskykh, G. Skyba, G. Lomakov

Zhytomyr State Technological University
vul. Chernyakhovsky, 130, Zhytomyr, 10005, Ukraine. E-mail: kraa@i.ua

Purpose. The purpose of the investigation is to develop methods for performing express analysis of a deposit quality and for carrying out the geometrization of a deposit. **Methodology.** Following complex methods of investigation were used in the research work: graphoanalytical and numerical analysis; statistical processing of the results using computer-aided engineering; laboratory investigations; mining geometrical analysis and the methods of computer processing of video images. **Findings.** The application of the modern information-computer technologies to work out methods of the qualitative parameters of the natural stone massifs for obtaining complex model of a deposit is studied. The study of the natural stone surface and other rocks gives the numerous practical results for the industry and it is one of the main approaches of Geology and adjacent sciences. Thus, the use of the mathematical methods and computer devices for the optimization of the parameters calculation of the natural stone and for the modeling of the forms of natural joints, and the detailed study of massifs are of great importance. Using mentioned above techniques it is offered to carry out the

study of the surface of the natural stone samples for obtaining numerous characteristics of the color as well as geometrical characteristics of the structural elements of the surface. **Originality.** This approach allows obtaining considerable amount of information on the rocks characteristics which are very difficult to collect using known methods of investigation. Thus, the use of information-computer technologies in mining facilitates getting new results; it increases efficiency of rocks investigation as well as rises quality of industrial products of natural stone. **Practical value.** The results can be used in scientific investigation of rocks and in the industrial production connected with rocks mining and processing. The obtained outcomes can be used for the definition of mechanical performances of a natural stone, research of genesis and structure of mountain breeds. References 8, tables 1, figures 10.

Key words: natural stone, computer-information technologies, ornamental qualities of natural stone, geometrization of the massifs of natural stone.

REFERENCES

1. Kamskykh, O.V. (2004), "Chemical weathering of hard rocks used for facing buildings", *Transaction of Zhytomyr State Technological University, 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", *Transaction of Zhytomyr State Technological University, 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", *Transaction of Zhytomyr State Technological University, Engineering sciences*, no. 1 (44), pp. 140–143.
4. Kozlovs'ka, T.F., Kamskih, V.O., Davidchuk, S.P. (2012), "Ecological risk of destruction of formation of breeds minerals by mountain breeds under the action of technogenic factors of environment", *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 3 (74), pp. 121–125.
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", *Transaction of Zhytomyr State Technological University, Engineering sciences*, no. 2(29), pp. 104–112.
6. Krivoruchko, A.A., Kupkin, E.S., Podchashinsky, Yu.A., Remezova, O.O., (2005), "The application of informational-computer technologies of processing of a visual information in mining and geological branch", *Transaction of Zhytomyr State Technological University, Engineering sciences*, no. 1 (32), pp. 107–116.
7. Krivoruchko, A.A., Podchashinsky, Yu.A., Remezova, O.O., 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)", *Transaction of Zhytomyr State Technological University, 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*, Visegrád, 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 Sebastián-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 30.12.2015.