

Є.С. Купкін, к.т.н., доц.
Ю.О. Подчашинський, к.т.н., доц.
О.О. Ремезова, к.геогр.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

Проведено аналіз технічних характеристик сучасних апаратних засобів формування цифрових відеозображень. На основі цих засобів запропоновано проводити дослідження поверхні зразків природного каменю і отримувати чисельні характеристики кольору і геометричні характеристики структурних елементів цієї поверхні. Ці характеристики можуть бути використані для дослідження геологічної будови і генезису родовищ природного каменю.

Аналіз зображення поверхні природного каменю, а також інших гірських порід, застосовують майже в усіх геологічних наукових дисциплінах [1]. Отримані при цьому дані мають не тільки наукову цінність, але і використовуються також в промисловості з видобування та обробки корисних копалин [2], [3], [4]. Зовнішній вигляд зразків природного каменю є однією з важливих характеристик родовища каменю і дозволяє виявити геологічні особливості побудови цього родовища, його морфологію і генезис. Найважливіше цих даних важлива для оцінки промислового значення родовища, а також дозволяє розробити оптимальні методи видобутку і обробки сировини з родовища. Ці дані також слід враховувати при пошуках і розвідці нових родовищ природного каменю.

Основними характеристиками зовнішньої поверхні каменю є характеристики кольору і текстури поверхні. Текстура – це прояв на поверхні каменю його внутрішньої будови [2]. Текстура утворюється періодичним повторенням структурних елементів цієї текстури, які є геометричними фігурами певного розміру та форми, колір яких відрізняється від кольору фону.

Таким чином, проблема дослідження поверхні природного каменю і визначення чисельних характеристик цієї поверхні є досить актуальною. Для вирішення цієї проблеми потрібно сформулювати відеозображення поверхні зразків, що досліджуються, і на основі обробки цих відеозображень отримати інформацію, що має важливе значення для вирішення різноманітних практичних задач в гірничо-геологічній та будівельній галузях. В даній статті основну увагу приділено питанням використання апаратних засобів формування цифрових відеозображень для отримання інформації про структуру та генезис природного каменю. Ця інформація має важливе значення для визначення геологічних особливостей родовищ природного каменю.

Основним методом, за допомогою якого отримують відеозображення поверхні каменю, є дослідження поверхні за допомогою мікроскопу (звичайного або електронного), що, насамперед, визначається високою розрізняючою спроможністю цього приладу [1], [4], [5]. Однак цей метод має ряд недоліків:

- обмежена площа ділянки поверхні зразка, що спостерігається за допомогою оптичної системи мікроскопа;
- неможливість дослідження зразків великих розмірів, які не можуть бути розміщені в мікроскопі;
- потрібно проводити попередню підготовку зразків до дослідження, тобто потрібно з певних місць зразка вирізати пластинки певних розмірів для розміщення в мікроскопі;
- підбір ділянок зразків для вирізання пластинок виконує дослідник, тому на результати досліджень може мати вплив суб'єктивний фактор, особливо для зразків і родовищ зі складною будовою;
- виникають складнощі з автоматизацією процесу досліджень на основі сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій обробки експериментальних даних.

В даній статті доведено можливість отримання відеозображень поверхні каменю за допомогою апаратних засобів інформаційно-комп'ютерної техніки. Ці відеозображення за більшістю параметрів не поступаються відеозображенням, отриманим за допомогою мікроскопа, і придатні до алгоритмічної обробки з метою визначення геометричних характеристик та характеристик кольору структурних елементів поверхні.

Широке розповсюдження інформаційно-комп'ютерної техніки призвело до створення досить різноманітної апаратури для одержання цифрових відеозображень [6], [7]. Основними з них є сканери, цифрові фотоапарати і цифрові відеокамери. Усі вони можуть бути використані для одержання цифрових відеозображень поверхні зразків каменю. Оскільки в даному випадку досліджується поверхня зразків, характеристики яких не змінюються в часі, то найбільш доцільне використання сканера або цифрового фотоапарата. Розглянемо ці варіанти апаратних засобів, звертаючи основну увагу на їх можливості й технічні характеристики, які мають суттєве значення для задачі, що вирішується.

Найбільш важливим є розмір цифрового відеозображення в дискретних точках і пов'язане з ним розрізнення зображення (розрізняюча спроможність). Збільшення розміру і розрізнення зображення дозволяє підвищити точність вимірювання геометричних розмірів структурних елементів зображення, а також дозволяє досліджувати більш дрібні елементи. В даному випадку мова йде про розмір відеозображення і розрізнення, які отримані при перетворенні відеоінформації в цифрову форму, а не про ті, які виникли в результаті обробки відеозображення за допомогою різноманітних програмних засобів. Типові значення вказаних характеристик для сканерів наведено в табл. 1, а для цифрових фотоапаратів – в табл. 2.

Таблиця 1

Характеристика	Тип сканера		
	Початковий рівень	Стандартний рівень	Високий рівень
1. Розрізняюча спроможність, дискретних точок/дюйм	600	1200–2400	4800
2. Площа, що відповідає одній дискретній точці відеозображення, мм	0,042×0,042	0,021×0,021 або 0,011×0,011	0,005×0,005

Таблиця 2

Характеристика	Тип цифрового фотоапарата		
	Початковий рівень	Стандартний рівень	Високий рівень
1. Розмір відеозображення, дискретних точок	2048×1536	2600×1950	4000×3000
2. Площа, що відповідає одній дискретній точці відеозображення, мм	0,058×0,058*	0,046×0,046*	0,030×0,030*

Примітка: * – значення підраховані для випадку, коли в полі зору цифрового фотоапарата знаходиться площа 120×90 мм, що є типовим значенням для режиму макрозйомки об'єктів з відстані 10 ... 30 см.

Порівняльний аналіз інших характеристик апаратних засобів отримання цифрових відеозображень поверхні природного каменю наведено в табл. 3.

Якщо порівнювати ці показники з показниками, які досягаються при використанні мікроскопа [1], то можна зробити висновок, що сканер або цифровий фотоапарат стандартного і високого рівня повністю можуть замінити мікроскоп при дослідженні зразків гірських порід в лабораторних умовах. Цифровий фотоапарат може бути використаний у виробничих умовах для вирішення подібних задач. Окрім того, ці апаратні засоби забезпечують такі переваги:

- значно більша площа зразків, що може бути досліджена;
- забезпечується автоматизація процесу досліджень;
- розширюється функціональні можливості й підвищується оперативність засобів вимірювань характеристик кольору і геометричних характеристик поверхні зразків гірських порід;

- програмно-апаратний комплекс, створений на базі цифрового фотоапарата або сканера, має меншу вартість, ніж створений на основі мікроскопа, оскільки для введення в цифрову ЕОМ відеозображення, отриманого за допомогою звичайного мікроскопа, також потрібно

використовувати цифровий фотоапарат і складну систему насадок, а складний електронний мікроскоп, інтегрований з ЕОМ – це досить дорога апаратура.

Таблиця 3

Характеристика апаратних засобів	Варіант апаратних засобів		
	Сканер	Цифровий фотоапарат	Цифрова відеокамера
1. Розрізняюча спроможність	висока	середня	низка
2. Максимальний розмір об'єктів, для яких формується відеозображення	A4 або A3	без обмежень *	без обмежень *
3. Основні похибки: – відтворення кольору – геометричні	незначні незначні	середні незначні	середні середні
4. Інші характеристики: – час на отримання одного відеозображення – придатність до роботи в умовах виробництва – придатність до роботи в умовах лабораторних досліджень – можливість дослідження динаміки процесів	десятки секунд – декілька хвилин низька середня відсутня	долі секунди – секунди середня висока наявна з деякими обмеженнями	долі секунди висока висока наявна
5. Вартість	низька або середня	середня або висока	середня або висока

Примітка: * значне збільшення розміру об'єктів призводить до зменшення розрізняючої спроможності.

Слід зауважити, що більшість з розглянутих пристроїв формування цифрових відеозображень не є приладами, до яких пред'являються метрологічні вимоги з точності відтворення кольору. Однак останнім часом характеристикам відтворення кольору в цих пристроях приділяється багато уваги. Це обумовлено широким впровадженням інформаційно-комп'ютерних технологій у наукові дослідження і виробництво. Зараз існують міжнародні стандарти, що регламентують вимоги до апаратури формування і введення відеозображень в цифрову ЕОМ. Розроблено методи корекції похибок передачі кольору. Наприклад фірма Agfa випускає продукт IT-8, що забезпечує корекцію похибок з метою одержання кольорових цифрових відеозображень з високою точністю відтворення кольору. Він містить набір з 256 тестових кольорових слайдів і програму для корекції похибок пристрою введення відеозображень.

Геометричні викривлення, що виникають в оптичній системі пристроїв формування цифрових відеозображень, можуть бути скомпенсовані шляхом формування і алгоритмічної обробки послідовності тестових відеозображень. Метод алгоритмічної обробки тестових відеозображень забезпечує компенсацію систематичних похибок вимірювань. Таким чином забезпечується створення вимірювального каналу, який відповідає метрологічним вимогам, що висуваються до точності визначення геометричних характеристик і характеристик кольору поверхні зразків природного каменю.

Для ілюстрації переваг запропонованого підходу наведемо приклад дослідження зразків габроїдних порід з родовищ Житомирської області.

На рис. 1 наведено зображення зразка плагіоклазового перидотиту. Чисельні показники кольору структурних елементів поверхні зразка, визначені на основі інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеозображень, наведені в табл. 4. Для показників кольору використана стандартна кольорова схема Lab [8], [9].

Сучасні інформаційно-комп'ютерні технології надають можливість визначити геометричні характеристики елементів цифрового відеозображення [7], [8]. На цій основі були визначені геометричні характеристики кристалів в зразках габроїдної породи.

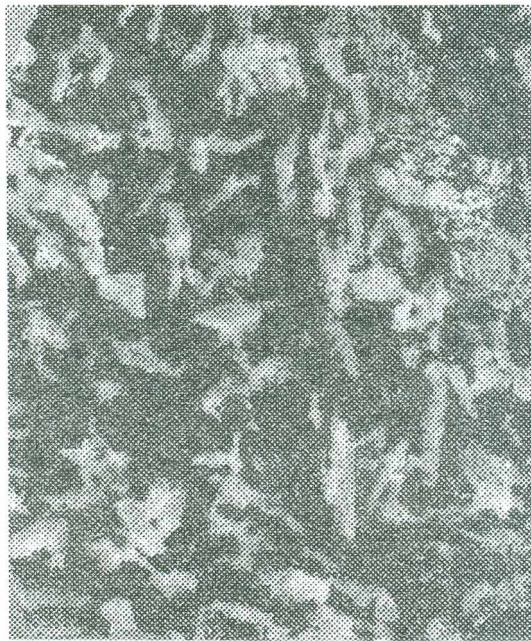


Рис. 1

Таблиця 4

Компоненти кольорової схеми	Чисельні характеристики кольору структурних елементів поверхні зразка, дискретних рівнів			
	Кристали білого кольору	Фон темно-сірого кольору	Вкраплення чорного кольору	Вкраплення зеленого кольору
L	50 ... 70	10 ... 15	5 ... 10	40 ... 50
a	-5 ... -7	-1 ... -3	-2 ... 2	-5 ... -7
b	5 ... 7	-2 ... 2	0 ... 5	15 ... 20

Орієнтування кристалів плагіоклазу в зразка (рис. 1) різне. Якщо прийняти за вертикальну координату вісь поздовжню вісь площини зразка, то в його центральній частині переважають субвертикальні напрямки орієнтування кристалів, приблизно $20-30^\circ$ до зазначеної осі (приблизно 30 % від всієї кількості кристалів площі зразка мають кут нахилу $30-45^\circ$ і відповідно 15 % – 20°). В лівій частині зразка можна помітити злипання кристалів і тут спостерігаються напрямки 10° та 57° до осі зразка, тобто є дві системи орієнтування кристалів. У верхній правій частині можна побачити дрібнокристалічний “осадок”, який є своєрідним розділом між окремими зонами кристалу. Можна припустити, що магма до кристалізації розділилась на окремі шари. Розподіл кристалів та їх орієнтація в кожній зоні були різними і залежали від особливостей її течії. Можна передбачити, що спочатку кристалічний “осадок” був пухким, при порушенні рівноваги внаслідок механічних причин виникала директивність структури. Слід зазначити також, що субпаралельне орієнтування кристалів плагіоклазу в більшості тіл габроїдів співпадає з напрямком простягання і падіння тіла [4].

Отже, в центральній частині тіла габроїдів існували досить складні фізико-хімічні умови [10]. Крім того, в зразку плагіоклазового перидотиту присутня зелена компонента (табл. 4), яка вказує на певні метасоматичні зміни породи, можливо при її кристалізації. Ці зміни не є накладеними процесами, інакше їх вигляд був би іншим: виділялись би окремі зони з меншим або більшим вмістом вторинних мінералів, що позначалось на характеристиці кольору, його розподілі в породі. При кристалізації фаз з інтеркумулятивної рідини невеликі її порції, збагаченої водою, викликали вторинні гідротермальні зміни в породі. В таких умовах можуть поступово проявлятися процеси серпентинизації, епідотизації, хлоритизації [5]. Саме завдяки їм змінюється забарвлення породи (ці мінерали забарвлені переважно в зелені кольори).

На рис. 2 наведено другий зразок габроїдної породи, що включає перехід між двома різними типами цієї породи. Цей зразок складається з декількох областей, які відрізняються показниками кольору і геометричними характеристиками кристалів. Скупчення кристалів з лівої області зразка наведено на рис. 3. Форма та розміри одного з найбільших кристалів наведена на рис. 4. Розміри сторін кристалу вказані в мм. Гострі кути у вершинах інших кристалів лежать в діапазоні ($55 \dots 65^\circ$).

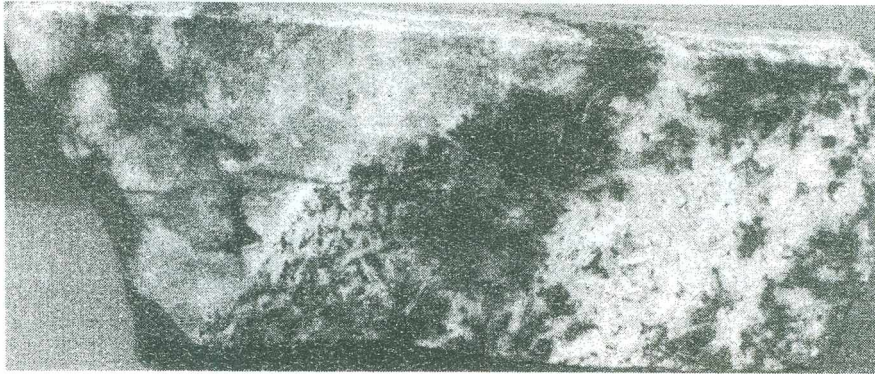


Рис. 2

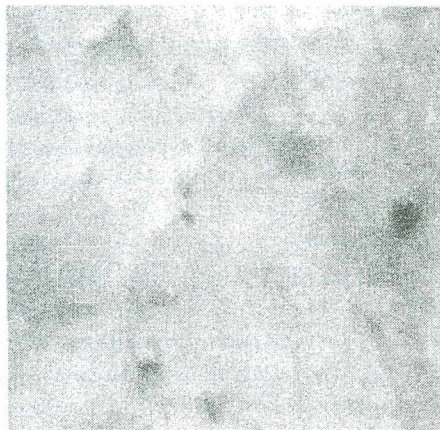


Рис. 3

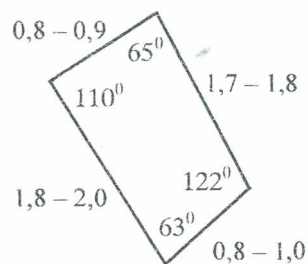


Рис. 4

Напрямки великих осей білих кристалів в центральній області другого зразка (рис. 2) в основному збігаються з напрямком на верхівку конуса центральної області, або складають прямий кут до цього напрямку. Довжина білих кристалів становить від $0,5$ до $5,0$ мм, ширина становить ($0,5 \dots 1,0$) мм з максимумом в інтервалі ($0,5 \dots 0,6$) мм. Для більш детального дослідження зразка було виділене скупчення кристалів поблизу лівої межі центральної області (рис. 5). В ньому довжина кристалів трохи коротша ($2 \dots 5$) мм при тій же ширині. Напрямки

кристалів також в основному збігаються з напрямком на верхівку конуса центральної області, або складають прямий кут до цього напрямку. Гострі кути між кристалами, що зрослися, дорівнюють (30 ... 45)°.

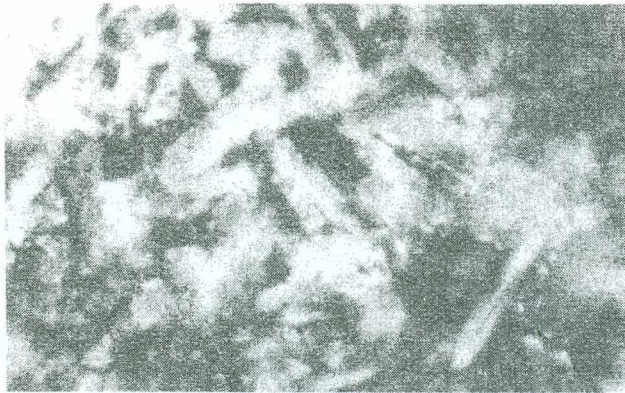


Рис. 5

Окремий інтерес можуть викликати скупчення кристалів поблизу зони контакту габро-пегматиту та апортозиту в другому зразку (рис. 2). На відеозображенні помітні скупчення кристалів, які можна інтерпретувати як злипання кристалічного осадку. Відбувалось проникнення магми вдовж контакту та диференціація кристалів за розмірами, що інколи можна спостерігати і в осадових породах. Можливо це – відображення динаміки потоку магми та ерозії кристалічного осадку на дні магматичної камери. Деяко іншим був характер процесу в другій зоні: тут відбувалась кристалізація та захоплення часток розплавленої речовини з вміщуючої породи. Деякі кристали зростали до великих розмірів за рахунок метасоматичних процесів. При цьому тут можна виділити кілька центрів кристалізації. В деяких випадках відбувалось одночасне зростання взаємоорієнтованих кристалів. Одночасно спостерігались вторинні приконтактові зміни породи, що виявляються в зміні характеристик кольору. Тут присутня червона компонента (можливо відбувалась калішпатизація плагіоклазу).

На відеозображенні (рис. 2) чітко помітна тріщинувата зона, яка заповнена зеленим мінералом. При укоріненні магми відбувалось розколювання, деформації кристалів та процеси хлоритизації. В проміжках між кристалами плагіоклазу виявлені чорні вклучення – кристали ільменіту. В деяких інших зонах в цих вклученнях присутні червоні відтінки, що свідчать про процеси окислення заліза в результаті вторинних змін. Однак це відбувалось не повсюдно. В деяких випадках порода зачеплена вторинними змінами лише частково.

Проаналізувавши отримані чисельні значення показників кольору та геометричних характеристик структурних елементів поверхні зразків, можна зробити висновки щодо структурних особливостей, генезису габроїдної породи та створити основи для геометричного аналізу показників декоративності (для нерудного габро) та просторового розподілу верств, збагачених на рудні мінерали. Вищеназвані характеристики змінюються по площі і за розрізом, як в зразку, так і в масиві, що і дає підстави виділення різновидів габроїдних порід в розшарованих тілах.

Висновки

Доведено можливість використання апаратних засобів формування цифрових відеозображень для дослідження поверхні зразків природного каменю. В результаті такого дослідження вимірюються чисельні характеристики кольору і геометричні характеристики структурних елементів поверхні зразків.

Запропонований метод досліджень за своїми функціональними можливостями і оперативністю проведення досліджень перевершує можливості методу на основі використання мікроскопа.

Отримані характеристики можуть бути використані для дослідження геологічної будови і генезису родовищ природного каменю. Наприклад геометричні характеристики кристалів у нерудному габро, а особливо їх орієнтування, дозволяють визначити площини найкращого розпилювання каменю. Співвідношення між розмірами кристалів визначає анізотропність.

Розроблений метод вимірювань і результати вимірювань, отримані за його допомогою, можуть бути використані в гірничо-геологічній та будівельній галузях.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Саранчина Г.М., Шинкарев Н.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород. – Л.: Недра, 1967. – 324 с.
2. Бакка Н.Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 304 с.
3. Добыча и обработка природного камня: Справочник / Под ред. А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
4. Личак И.Л. Петрология Коростенского плутона. – К: Наукова думка, 1983. – 248 с.
5. Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1983. – 647 с.
6. Шарыгин М.Е. Сканеры и цифровые камеры. – СПб.: ВНУ. – Санкт-Петербург, 2000. – 384 с.
7. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений. – М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
8. Прэнт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 792 с.
9. Петров М.Н., Молочков В.П. Компьютерная графика: Учебник. – СПб.: Питер, 2002. – 736 с.
10. Уэйджер Л., Браун Г. Расслоенные изверженные породы. – М.: Мир, 1970. – 551 с.

КУШКІН Євген Савелійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматичного управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- апаратні та програмні засоби обробки сигналів;
- цифрова обробка відеозображень.

ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматичного управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання механічних величин;
- цифрова обробка відеозображень.

РЕМЕЗОВА Олена Олександрівна – кандидат географічних наук, доцент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- геологія.

Подано 25.03.2004