УДК 552.086+552.22+552.23

О.Л. Гелета, кандидат геологічних наук, член-кореспондент Академії будівництва України,
заступник директора – керівник відділу експертизи напівдорогоцінного і декоративного каміння
E-mail: olgel@gems.org.ua
І.А. Сергієнко, магістр геохімії та мінералогії, керівник науково-дослідної лабораторії
E-mail: sia.gems@gmail.com
О.В. Горобчишин, кандидат технічних наук, головний фахівець відділу експертизи
напівдорогоцінного та декоративного каміння
E-mail: gorol@gems.org.ua

Державний гемологічний центр України
вул. Дегтярівська, 38– 44, м. Київ, 04119, Україна

ОСНОВИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОРГОВИХ МАРОК ДЕКОРАТИВНОГО КАМІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІРТУАЛЬНИХ ЕТАЛОНІВ ПЕТРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ

(Рекомендовано доктором геологічних наук Вижвою С.А.)

У статті викладено методологічні основи ідентифікації торгових марок декоративного каміння за допомогою віртуальних еталонів петрохімічного складу, яка є придатною для швидкої та точної ідентифікації матеріалу сировинних блоків і виробів з декоративного каміння родовищ України.

Ключові слова: габроїди, гемологія, гранітоїди, декоративне каміння, ідентифікація, еталони, лабрадорити, природне каміння, торгові марки.

В історичних архітектурних і монументальних будівлях та спорудах на теренах України відмічене використання різних видів природного каміння, зокрема вапняку, пісковику, кварциту, пірофіліту, лабрадориту, граніту, габро та ін. [1], які вже у значній мірі потребують відновлення чи реставрації. Під час реставрації і ремонті часто постає питання ідентифікації та підбору матеріалів з природного декоративного каміння, ідентичних раніше використаним.

Головним методом ідентифікації видів та торгових марок декоративного каміння є вивчення експертом макроскопічних і мікроскопічних ознак матеріалу, насамперед характеру забарвлення гірської породи [2], структури, текстури і мінерального складу [1, 3]. Після отримання таких даних експерт порівнює їх з певними еталонами торгових марок (еталонними зразками, еталонними зображеннями тощо), у процесі чого робить висновок щодо віднесення об'єкта, виготовленого з декоративного каміння, до того чи іншого різновиду гірської породи, родовища чи торгової марки. Ця проста методика дає можливість ідентифікувати головні петрографічні різновиди декоративного каміння, які добувають сьогодні або видобуті раніше.

Водночас вищенаведена методика має ряд суттєвих обмежень, що пов'язані з самим процесом ідентифікації, який базується на порівнянні об'єкта, що вивчається, з комплексом еталонів тих чи інших торгових марок природного каміння. Під час роботи експерт порівнює ознаки матеріального об'єкта з таким самим матеріальним еталоном або з друкованим зображенням еталонного зразка, користуючись при цьому не кількісними, а якісними характеристиками. На рівні одного-двох десятків еталонів ця методика є досить простою, але внаслідок подальшої деталізації визначень поступово втрачає свої переваги [3]. Насамперед це пов'язано із зростанням кількості необхідних еталонних зразків, що дуже уповільнює процес ідентифікації. Крім того, друковані каталоги зображень еталонних зразків, які досить зручні в польових умовах, для експерта є менш інформативними, ніж еталони, представлені полірованими плитками, що переважно доступні лише в лабораторних умовах. Обмеженість інформації, яку експерт отримує з друкованого еталона, вимагає для проведення ідентифікації об'єктів значно вищої кваліфікації спеціаліста та певного досвіду роботи з таким матеріалом. Також необхідно зважати на вартість еталонної колекції, яка є вельми високою як в друкованому вигляді (через складність передачі забарвлення і структури породи), так і у вигляді еталонних зразків (через високу вартість декоративного каменю як такого). У літературі ця проблема була зазначена на прикладі ідентифікації торгових марок лабрадоритів [3].

Більш оптимальним підходом щодо вдосконалення методики визначення торгових марок декоративного каміння буде порівняння об'єкта, що вивчається, з комплексом математичних моделей, які характеризують властивості декоративного каміння певних торгових марок [4]. Основне завдання побудови шляхів прийнятного вирішення вищезазначеної проблематики полягає в абстрактному визначенні основних особливостей об'єкта та узагальненні процесу рішення завдання таким чином, щоб поданий спосіб було можливим застосувати в будь-якій аналогічній ситуації.

Проблема порівняння результатів хімічного аналізу еталонних зразків та рядових зразків також є досить складною, особливо в тому разі, коли реєструється значна кількість елементів у сотнях зразків і еталонів. Для автоматичного виконання такого порівняння нами було застосовано метод визначення відстаней в уявному n-вимірному евклідовому просторі з кількістю просторових вимірів, що дорівнює кількості елементів, які були визначені. У такому разі координатою виміру є концентрація елементу в матеріалі зразка або еталона. Подібність зразків до еталонів визначається як відстань у цьому багатовимірному просторі.

Відстань між елементами x та y координатного евклідового простору (R) з n-вимірами визначається за досить простою формулою (1):

$$d_{(x,y)} = ||x-y|| = [(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2]^{0,5} \quad (1)$$

Відповідно, для визначення ступеня подібності «еталон-зразок» формула (1) набуває вигляду (2):

$$L = [(C_{E1} - C_{S1})^2 + (C_{E2} - C_{S2})^2 + \dots + (C_{En} - C_{Sn})^2]^{0,5}, \quad (2)$$

де:

L — ступінь подібності (умовна відстань у n-вимірному евклідовому просторі);

n — кількість хімічних елементів, що були визначені;

C_E — концентрація хімічного елементу в еталонному зразку;

C_S — концентрація хімічного елементу в рядовому зразку.

Чим меншою є відстань L між зразком та еталоном, тим більш подібними є їхній хімічний склад. В ідеальному варіанті, за повної подібності, ця відстань має дорівнювати нулю. Похибки вимірювань будуть дещо впливати на ступінь подібності, але в будь-якому разі мінімальні відстані свідчать про подібність чи про практично повну ідентичність хімічного складу еталона і зразка.

Основою методу ідентифікації торгових марок авторами статті було обрано представлення результатів аналізу валового хімічного складу зразків у вигляді віртуального багатовимірного дійсного векторного евклідового простору з кількістю вимірів, що дорівнює кількості компонентів хімічного складу, які виражені у стандартній оксидній формі. Оскільки у валовому аналізі хімічного складу гірських порід використовуються стандартні десять петрохімічних компонентів (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, P_2O_5), кількість вимірів цього евклідового простору також буде дорівнювати десяти.

Концентрація певного компоненту є координатою у цьому десятивимірному просторі. Таким чином, кожен зразок або еталон торгової марки матиме десять значень координат, що дорівнюють концентраціям наведених петрохімічних компонентів.

Подібність зразка, що досліджується, до еталону торгової марки визначається як відстань у цьому десятивимірному просторі, а саме як корінь квадратний суми квадратів різниць координат «еталон-зразок» для кожного з петрохімічних компонентів.

Найменша відстань у цьому віртуальному багатовимірному просторі визначає найбільшу подібність еталона і зразка, що і є основою ідентифікації торгових марок декоративного каміння за поданим методом.

Алгоритм розрахунку подібності «еталон-зразок» для зразків декоративних гірських порід, що досліджуються, складається з таких стадій:

- переведення вмісту хімічного елементу з мольної концентрації в масову, в одиницях ppm (для кальцію в карбонатних гірських породах — у проценти);
- переведення результатів аналізу з елементної в оксидну форму;
- переведення оксидів перехідних металів у валентну форму оксиду, аналогічну оксидам еталонів (тривалентне залізо, двовалентний марганець тощо);
- обчислення відстаней «еталон-зразок»;
- аналіз отриманих результатів з визначенням мінімальних відстаней у наборі еталонів.
- контроль отриманих результатів.

Розрахунок відстаней для стандартних десяти петрохімічних компонентів, характерних для декоративних гірських порід силікатного та карбонатного складу, виконується для кожного зі зразків та еталонів за формулою (3):

$$L = [(C(SiO_2)_E - C(SiO_2)_S)^2 + (C(TiO_2)_E - C(TiO_2)_S)^2 + (C(Al_2O_3)_E - C(Al_2O_3)_S)^2 + (C(Fe_2O_3)_E - C(Fe_2O_3)_S)^2 + (C(MnO)_E - C(MnO)_S)^2 + (C(CaO)_E - C(CaO)_S)^2 + (C(MgO)_E - C(MgO)_S)^2 + (C(K_2O)_E - C(K_2O)_S)^2 + (C(Na_2O)_E - C(Na_2O)_S)^2 + (C(P_2O_5)_E - C(P_2O_5)_S)^2]^{0,5} \quad (3)$$

З метою підвищення точності, збіжності вимірювань та швидкодії під час оцінки результатів досліджень, у тому числі при оцінці похибок засобів вимірювальної техніки, а також під час статистичної обробки результатів багатофакторних експериментів, що мають місце в процесі гемологічної експертизи декоративного каміння, доцільним є використання засобів аналітичної та обчислювальної техніки у стаціонарному чи пересувному варіанті. Високий рівень розвитку апаратного та програмного забезпечення персональних комп'ютерів дозволяє створити такий набір віртуальних еталонів, який дозволяє обробляти значну кількість інформації в реальному часі в лабораторних і польових умовах.

У складних випадках, наприклад для торгових марок габро, є доцільним використання більш тонких петрохімічних особливостей складу гірської породи – зокрема вмісту рідкісних та розсіяних елементів, наприклад рідкісноземельних

елементів. У такому разі кількість вимірів вищенаведеного багатовимірного простору зростає до кількості елементів, що досліджуються. Єдиним обмеженням цього методу є те, що набір елементів, який досліджують у зразках, має збігатися з кількістю компонентів, що вже досліджені в еталоні. З огляду на це є вельми важливим достатня, з позицій статистики, вибірка як еталонних зразків торгових марок, так і вибірка тих ознак, які формують матрицю багатовимірного простору.

Використані джерела

1. Гелета О.Л., Сергієнко І.А., Горобчишин О.В., Кічняєв А.М., Ляшок В.І., Сурова В.М. Атестація та експертна оцінка декоративного каміння: навч. посіб. К.: ДГЦУ, 2013. 60 с.
2. Гелета О.Л., Сергієнко І.А., Є.М. Терещенко. Колористичні характеристики декоративного каміння Українського щита. *Коштовне та декоративне каміння.* 2015. № 4 (82). С. 31–34.
3. Сергієнко І.А. Лабрадорити України: визначення торгових марок лабрадоритів за їхніми макроскопічними особливостями. *Коштовне та декоративне каміння.* 2004. № 3 (37). С. 18–26.
4. Сергієнко І.А., Гелета О.Л., Горобчишин О.В. Методологічні основи ідентифікації торгових назв декоративного каміння за допомогою віртуальних еталонів. *Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння:* матеріали наук.-практ. конф. м. Київ, 05-06 листоп. 2020 р. Київ, 2020. С. 28-31.

References

1. Geleta O., Sergiienko I., Gorobchyshyn O., Kichniaev A., Lyashok V., Surova V. Diagnostics and Evaluation of Decorative Stones: textbook. Kyiv: DGCU, 2013. 60 p.
2. Geleta O. Sergiienko I., Tereschenko Ye. Coloristic characteristics of decorative stones of the Ukrainian Shield. *Precious and Decorative Stones.* 2015. № 4 (82). P. 31–34.
3. Sergiienko I. Labradorites of Ukraine: definition of labradorite trade marks by their macroscopic characteristics. *Precious and Decorative Stones*. 2004. № 3 (37). P. 18–26.
4. Sergiienko I., Geleta O., Gorobchyshyn O. Methodological foundations for the identification of decorative stone brands using virtual standards. *Modern technologies and features of quarrying, processing and use of natural stone*: materials of the Internat. scient.-pract. conf. (Kyiv, 05–06 Novem. 2020). Kyiv, 2020. P. 28–31.

УДК 552.086+552.22+552.23

О.Л. Гелета, кандидат геологических наук, член-корреспондент Академии строительства Украины, руководитель отдела экспертизы полудрагоценного и декоративного камня
E-mail: olgel@gems.org.ua

И.А. Сергиенко, руководитель научно-исследовательской лаборатории. E-mail: sia.gems@gmail.com

О.В. Горобчишин, кандидат технических наук, главный специалист отдела экспертизы полудрагоценного и декоративного камня
E-mail: gorol@gems.org.ua

Государственный геммологический центр Украины
ул. Дегтяревская, 38– 44, г. Киев, 04119, Украина

Основы идентификации торговых марок декоративного камня с помощью виртуальных эталонов петрохимического состава

В статье изложены методологические основы идентификации торговых марок декоративного камня с помощью виртуальных эталонов петрохимического состава, которая пригодна для быстрой и точной идентификации материала сырьевых блоков и изделий из декоративного камня месторождений Украины.

Ключевые слова: габброиды, геммология, гранитоиды, декоративный камень, идентификация, эталоны, лабрадориты, природный камень, торговые марки.

UDC 552.086+552.22+552.23

O. Geleta, Ph.D (Geol.), Corresponding Member of the Academy of Civil Engineering of Ukraine, Deputy Director-Head of the Department of Semi-precious and Decorative Stones Examination
E-mail: olgel@gems.org.ua

I. Sergiienko, Head of the Research Laboratory
E-mail: sia.gems@gmail.com

O. Gorobchyshyn, Ph.D (Eng.), Chief specialist of the Department of Semi-precious and Decorative Stones Examination
E-mail: gorol@gems.org.ua

State Gemmological Centre of Ukraine
38– 44 Deghtyarivska Str., Kyiv, 04119, Ukraine

Basics of identification of decorative stone brands with the help of virtual standards of petrochemical composition

The article presents the methodological basis for the identification of brands of decorative stone using virtual standards of petrochemical composition, which is suitable for rapid and accurate identification of raw material blocks and products made of decorative stone from deposits in Ukraine.

Key words: gabbroids, gemology, granitoids, decorative stones, identification, standards, labradorites, natural stones, trademarks.