



УДК 549.08

Ю.І. ЛАДЖУН
О.П. БЄЛІЧЕНКО, кандидат геологічних наук
Ю.Д. ГАЄВСЬКИЙ
ДГЦУ

Інструментальні методи діагностики перлів

Статья посвящена обзору современных инструментальных методов исследования жемчуга. Описаны основные критерии диагностики жемчуга, определения его происхождения и облагораживания.

The article provides an overview of modern instrumental methods of the pearls investigation. The basic criteria of the pearls identification, determination of its origin and treatment are described.

Перли як дорогоцінне каміння відомі людству з давніх часів. Перші згадки про знаходження перлів датуються 2206 роком до нашої ери [8]. За цінністю перли знаходяться на одному щаблі з такими дорогоцінними каменями, як діамант, рубін, смарагд та сапфір синій.

На сучасному ринку дорогоцінного каміння торгівля культивованими перлами складає більше 98 %. Перші спроби культивувати перли були зроблені ще у XIII ст. в Китаї. Наприкінці XIX ст. в Японії було розроблено промисловий метод культивування перлів та створено перші спеціальні підприєм-

ства для вирощування перлів. Найвідомішим промисловим підприємством з вирощування морських культивованих перлів стала компанія «Мікімото», засновником якої був Кокіші Мікімото. З 1915 р. морські культивовані перли вирощують у промислових масштабах. Культивовані морські й прісноводні перли дуже стрімко набули популярності, оскільки стали більш доступними та дешевими.

Як і більшість дорогоцінних каменів, перли зазнають облагородження, метою якого є поліпшення кольору. Сьогодні основними способами облагородження перлів є:

- 1) вибілювання;
- 2) фарбування органічними та неорганічними барвниками;
- 3) термообробка;
- 4) опромінення.

Сучасною тенденцією світового ринку перлів є значне збільшення кількості облагороджених перлів і високоякісних імітацій, що зумовлює актуальність та необхідність поглибленого вивчення об'єктів експертизи із застосуванням новітніх наукових приладів і методів досліджень.

Найточнішими та достовірними способами діагностики перлів є рентгенівські та спектроскопічні методи дослідження.

Тест рентгенівської радіографії (просвічування). Цей метод є найнадійнішим способом для діагностики натуральних і культивованих перлів, а також їхніх імітацій. Рентгенівський знімок наміста з перлів дає можливість підтвердити попередню візуальну діагностику (рис. 1).

Культивовані і природні перли є напівпрозорими під рентгенівським промінням і звичайно виглядають сіруватими. На рентгенівському негативі в культивованих перлах видно чіткий поділ між ядром і перламутром. До того ж, ядро перлини завжди виглядає світлішим, ніж перламутрове покриття. Рентгенівський знімок природних перлів, як правило, показує однаковий фон по всій площі перлини або стає темнішим у її центрі. Також на рентгенівському знімку природних перлів видно шари росту перлини у вигляді кілець. Ядра з тканини мантиї створюють вигляд дуже темного та неправильного за формою пустого простору.

Імітації із суцільних скляних кульок непрозорі для рентгену і виглядають цілісними (масивними, однорідними) білими плямами на негативних і чорними на позитивних знімках [5, 6].

Тест рентгенівської дифракції. Якщо за допомогою тесту рентгенівської радіографії неможливо точно визначити походження перлів, то використовують тест рентгенівської дифракції (метод Лауе). Негативні знімки, отримані цим методом, називаються лауеграмами і дозволяють безпомилково встановити природу походження перлів – природні чи культивовані (рис. 2). Під час застосування методу Лауе тонкий пучок рентгенівських променів потрапляє на перлину, а випромінювання, яке розсіюється кристалічною речовиною перлини, реєструється на фотоплівці, що знаходиться за нею.

На лауеграмах природні перлини мають близько розташовані сферичні концентричні шари, а перламутрові ядра культивованих перлин складені приблизно плоскопаралельними шарами [5, 6].

Флуоресцентний тест. Це дослідження використовують у комбінації з рентгенівською радіографією для того, щоб отримати додаткові відомості про перли: прісноводні чи морські. Опромінювання перлів рентгенівськими променями призводить до появи флуоресценції (світіння). Природні морські перли рідко флуоресціюють під дією рентгенівських променів, тоді як природні прісноводні перли мають досить сильну жовтуватобілу флуоресценцію. Культивовані морські перли з ядром із прісноводної черепашкової намистини флуоресціюють помірно: від сильної до досить слабкої залежно від товщини перламутру. Ко-

лір флуоресценції мають зеленкуватожовтий завдяки домішці марганцю, який містить перламутр прісноводної черепашки.

Без'ядерні культивовані перли Біва виявляють найяскравішу флуоресценцію та найдовшу фосфоресценцію (після опромінення) у порівнянні з культивованими морськими перлами.

Культивовані перли, забарвлені солями срібла, звичайно не виявляють ніякої флуоресценції [5, 6].

Тест ультрафіолетової флуоресценції. Перли розміщують у спеціальній камері, яка освітлена стандартною довгохвильовою ультрафіолетовою лампою, та порівнюють з відомими зразками культивованих і природних перлів. Для культивованих прісноводних перлів характерна біло-фіолетова флуоресценція. Культивовані морські перли можуть виявляти специфічну зеленкуватую флуоресценцію на відміну від світло-блакитно-синього ефекту багатьох природних перлин. Але тест ультрафіолетовою флуоресценцією не є безпомилковим дослідженням, адже інколи природні перли можуть мати зеленкуватую флуоресценцію через те, що їх добувають у водах, суміжних з акваторіями, де культивують перли. Гемологічні лабораторії, оснащені рентгенівським обладнанням, не часто застосовують це дослідження. Проте воно може допомогти тим, хто не має іншого необхідного обладнання. Наявність унікальної світлої блакитно-синьої флуоресценції замість зеленкуватожовтої під дією довгохвильової ультрафіолетової лампи є додатковою підставою для перевірки походження перлів рентгеном [5, 6].

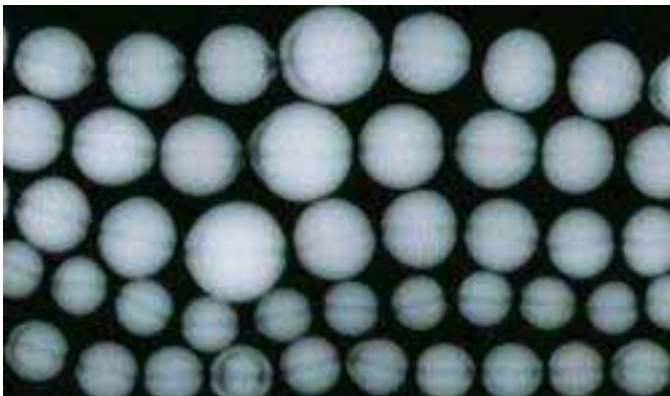


Рисунок 1. Рентгенівський знімок культивованих перлів [7]



Рисунок 2. Лауеграма культивованих перлів [7]

Рентгенофлуоресцентний метод (EDXRF) полягає у визначенні елементного складу перлів за допомогою рентгенофлуоресцентного спектрометра [1, 2]. Методом рентгенофлуоресцентної спектроскопії можна вирішити такі питання:

- визначити приналежність об'єкта дослідження до перлів чи їх імітацій;
- визначити місце культивування або мешкання перлини (прісноводна чи морська);
- визначити природу забарвлення (природне або штучне у випадках, коли барвником є неорганічна речовина).

У лабораторії ДГЦУ для дослідження перлів застосовують спектрометр енергій рентгенівського випромінювання СЕР-01 виробництва компанії «Ел-

ватех» (спектрометр «ElvaX»). За допомогою цього спектрометра можливо виявляти елементи в діапазоні від натрію до урану. Висока швидкість та неруйнівна сутність цього способу діагностики є однією з основних його переваг. Це дозволяє застосовувати спектрометр у комплексних послідовних вимірах у поєднанні з іншими методами досліджень, що підвищує достовірність отриманих результатів. Підготовка зразків для вимірювань відсутня, потрібно лише правильно розмістити об'єкт дослідження [3].

За кілька останніх років у ДГЦУ було створено бібліотеку спектрів рентгенівського випромінювання культивованих перлів (прісноводних та морських), їхніх імітацій, замінників та облагоро-

джених культивованих перлів, що значно підвищило якість експертизи та прискорило діагностику перлів, виявлення їх імітацій та штучного облагородження.

Дослідження перлів у лабораторії ДГЦУ ґрунтується на визначенні елементного складу на основі вивчення інтенсивності ліній рентгенівської флуоресценції інформативних для дослідження хімічних елементів: кальцію (Ca), стронцію (Sr), марганцю (Mn) та срібла (Ag).

Для вирішення завдання діагностики (перлина чи імітація) проводиться аналіз спектра зразка з визначенням наявності кальцію та стронцію, присутність яких свідчить про те, що об'єктом експертизи є перлина (рис. 3), а не імітація.

Для визначення походження перлини (прісноводна чи морська) проводиться вивчення інтенсивності ліній рентгенівської флуоресценції стронцію та марганцю. Вміст Ca не є вагомим для вирішення цього питання.

У морських перлів інтенсивність спектральних ліній Sr коливається приблизно на рівні 700–1300 ум. од. (рис. 4), Mn – на рівні 10–50 ум. од. (рис. 5). У прісноводних перлів інтенсивність спектральних ліній Sr набагато менша та коливається на рівні 100–600 ум. од. (рис. 4), а Mn, навпаки, збільшується до рівня 80–400 ум. од. (рис. 5). Отже, інтенсивність ліній рентгенівської флуоресценції Sr і Mn та їх співвідношення можна розглядати як діагностичний критерій визначення походження перлини.

Визначення облагородження перлів (фарбування) також є однією з діагностичних проблем, яку можна вирішувати за допомогою рентгенофлуоресцентного методу. Нині в торгівлі існують три основні методи фарбування перлів. Перший – фарбування за допомогою нітриду срібла, другий – фарбування за допомогою органічних сполук і третій – фарбування за допомогою опромінення. За допомогою рентгенофлуоресцентного методу ми можемо чітко діагностувати лише перший метод фарбування, тому що наявність срібла в перлах свідчить про обробку перлів нітридом срібла (рис. 6).

У випадку з органічними фарбниками та опроміненням за допомогою рентгенофлуоресцентного методу нія-

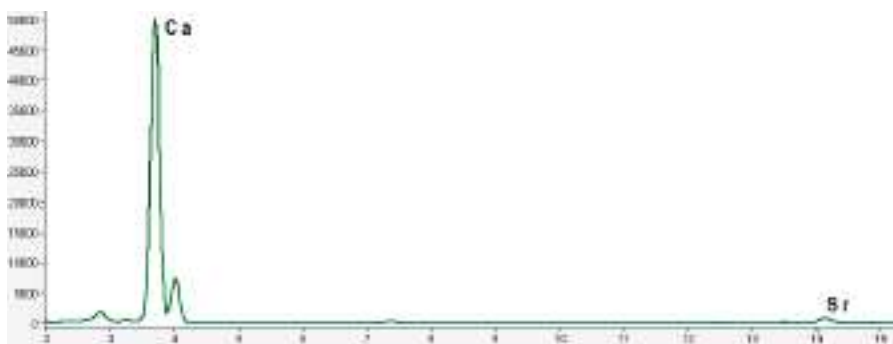


Рисунок 3. Характеристичний спектр флуоресценції культивованих перлів Південних морів

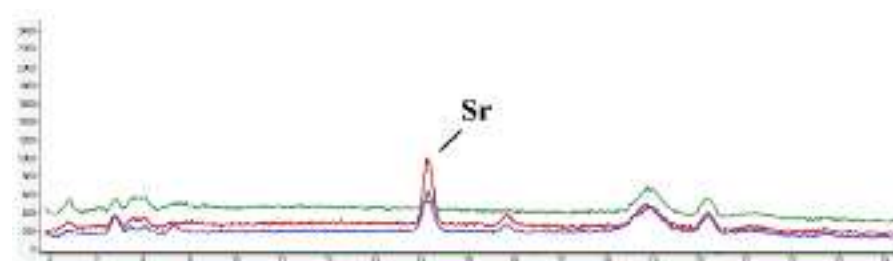


Рисунок 4. Характеристичні спектри флуоресценції культивованих перлів: зелений – культивовані прісноводні перли, червоний – культивовані перли акоя, синій – перли культивовані Південних морів

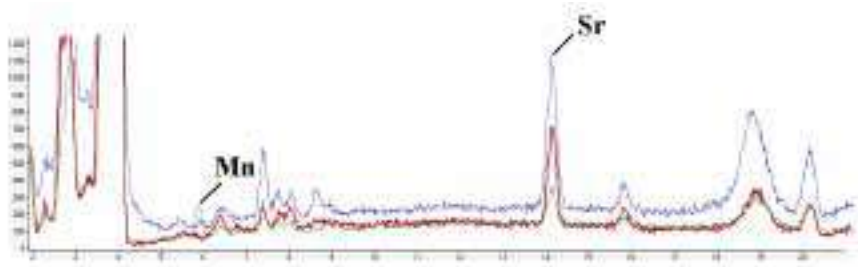


Рисунок 5. Характеристичні спектри флуоресценції культивованих перлів: зелений – культивовані прісноводні перли, червоний – культивовані перли акоя, синій – перли культивовані Південних морів

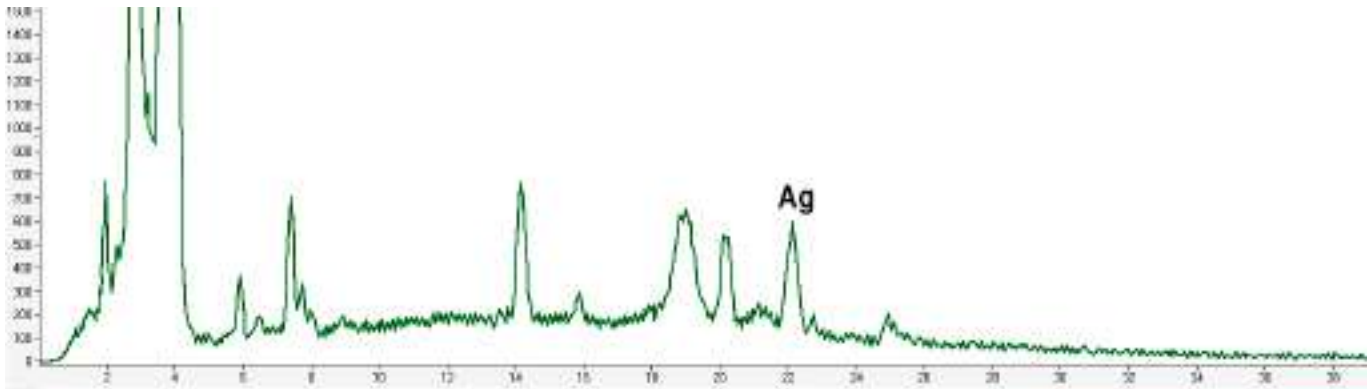


Рисунок 6. Характеристичний спектр флуоресценції культивованих прісноводних перлів, облагороджених за кольором

ких діагностичних ознак встановлено не було.

Діагностика перлів за допомогою рентгенофлуоресцентного методу є зручною та швидкісною. За допомогою спектрометра в більшості випадках експерт може визначити назву каменя, його походження, а також наявність облагороження.

У 1978 році радянські дослідники Л.В. Бершов, Ю.Л. Орлов, А.В. Сперанський запропонували спосіб діагностики природних і культивованих морських перлів методом електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) за наявності в спектрах ЕПР культивованих перлів ліній поглинання Mn^{2+} , що ізоморфно заміщує Ca^{2+} . У природних морських перлах спектр Mn^{2+} , що ізоморфно заміщує Ca^{2+} , відсутній. Таким чином, пропонується метод ЕПР було рекомендовано як найнадійніший, проте

більшість гемологічних лабораторій не обладнані ЕПР спектрометрами [2].

У 2009 році на IX Міжнародній конференції «Нові ідеї в науках про Землю» було представлено нову методику дослідження внутрішньої структури та діагностики перлів за допомогою *рентгенівської томографії (РТ)* – неруйнівного методу досліджень як розвитку рентгенографії [4]. Метод РТ чітко фіксує розходження внутрішньої будови природних і культивованих перлин та відмінність їх від імітацій, дозволяє швидко й інформативно проводити діагностику. По-перше, встановлювати перлина це чи її імітація, а якщо перлина, то визначати – природна чи культивована; розпізнавати спосіб культивування перлини (ядерний або без'ядерний). По-друге, вимірювати розмір ядра і товщину культивованого шару; виявляти наявність внутрішніх пустот і дава-

ти рекомендації щодо напрямку свердління отвору і кріплення перлини, щоб не завдати шкоди її зовнішньому вигляду; одержувати рентгенотомограму – образ внутрішньої будови, як індивідуальний «паспорт» або прив'язку на-самперед для особливо цінних або унікальних перлин. У разі необхідності для дослідження внутрішньої будови об'єкта будується 3-D образ. Отримана картина розподілу внутрішніх неоднорідностей у плоскому тонкому шарі (3 мкм) не залежить від візуального досвіду експерта. Автором пропонується використовувати цей метод у практиці гемологічних досліджень [4].

Використання інструментальних методів на сьогодні є необхідним під час діагностики перлів, визначення їх походження та облагороження. Ці методи дають результат з великою точністю і одночасно є зручними та швидкісними.

Використана література

1. Афонин В.П., Гуничева Т.Н. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ горных пород и минералов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 256 с.
2. Афонин В.П., Комак Н.И., Николаев П.П., Плотников Р.И. Рентгенофлуоресцентный анализ. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1991. – 176 с.
3. Ладжун Ю.І. Діагностика дорогоцінного каміння за допомогою спектрометра енергій рентгенівського випромінювання «СЕР-01» // Коштовне та декоративне каміння. – 2010. – № 3 (65). – С. 16–19.
4. Якушина О.А. Исследование внутренней структуры органогенных минералов // Вестник Краунц. Серия науки о Земле. – 2004. – №4. – С. 21–34.
5. Lapot W. Perly. Przewodnik gemmologa. Sosnowiec, Waldemar Wilinski. 2005. – 251 p.
6. Read P.G. Gemmology. Second edition. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1999. – 326 p.
7. http://www.treeland.ru/article/pomo/gems/recognition_of_cultured_and_natural_pearls
8. http://www.pearlamour.ru/pearl_02.htm