

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2023.68.47>  
УДК 343.98

**Галина Сергіївна Чистякова**  
судовий експерт

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6092-3648>

E-mail: galinazt@i.ua

*Житомирське відділення  
Київського науково-дослідного інституту судових експертиз  
Міністерства юстиції України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ БІРЮЗИ ТА ЇЇ ІМІТАЦІЙ**

*У статті висвітлено питання діагностики бірюзи та її імітацій, найбільш часто зустрічаємих на ринку України. Проаналізовані органолептичні та фізико-хімічні показники, алгоритм дослідження об'єкта, та наявності покращень.*

***Ключові слова:** бірюза, метод дослідження, імітація, показник заломлення, густина, твердість, запах, колір, покращення, дефект.*

---

---

**Постановка проблеми.** Бірюза, це камінь який людство використовує протягом багатьох тисячоліть. Цей мінерал має яскраве забарвлення, що робить його популярним. Однак через його популярність на ринку з'явилися його імітації. Це призвело до того, що діагностика бірюзи стала актуальною темою для фахівців які працюють з камінням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання діагностики бірюзи досліджувались як вітчизняними вченими, так і зарубіжними науковцями, зокрема: Сурова В. М., Гелета О. Л., Рибнікова О. А., Ms. Liu, Ms. Shirdam та інші. Дана стаття є аналізом світового досвіду, структурованим алгоритмом дій при проведенні дослідження. Вона призвана спростити розуміння етапів необхідних при проведенні ідентифікації, та допомогти з висновками.

**Мета дослідження.** У статті розглянуто особливості діагностики бірюзи в судовій експертизі, та діагностичні ознаки імітованого, штучного або покращеного каміння.

**Викладення основного матеріалу.** Бірюза – водний фосфат алюмінію і міді, у якому частина алюмінію зазвичай заміщена залізом ( $\text{Cu Al}_6 [(\text{OH})_2(\text{PO}_4)]_4 4\text{H}_2\text{O}$ ).

Бірюза зустрічається лише в кількох місцях на землі, у сухих і безплідних регіонах де кислі, багаті на мідь ґрунтові води просочуються вниз і вступають в реакцію з мінералами, що містять фосфор і алюміній. Результатом цього осадкового процесу є пориста, напівпрозора або непрозора, сполука гідратованого фосфату міді та алюмінію. Найчастіше бірюза має темні плями, може мати прожилки матриці (матриця- це залишок її породи). Матеріал, відомий як

павутинна бірюза, містить тонкі шви матриці, які утворюють привабливі візерунки у вигляді павутиння. Колір бірюзи може варіюватись від ледь зеленого до насиченого (трав'яного), синьо-блакитного, яскраво-блакитного, ясно-блакитного, блакитно-зеленого, сірувато-зеленого, світло-зеленого, частіше з бурими або чорними прожилками та плямами лімоніту, псилломелану або вуглистої речовини. Іноді присутні білі плями. Найціннішою є бірюза з рівномірним середньо-синім кольором без матриці.

В світовій практиці природну необроблену бірюзу поділяють на чотири типи якості, та на три кольори якості. До першого типу відносять бірюзу з масивною структурою, зазвичай бездоганні та рівномірно забарвлені, щільні і відокремлені від породи. Другий тип, бірюза з прикріпленою вміщуваною породою. Третій, крейдяно-бірюзовий. Він буває світло-блакитного, зеленого та білого кольорів. Матеріал пористий та потребує обробки. Залежно від пористості крейдяна бірюза піддається різним процесам стабілізації та покращення кольору. Четвертий бірюзові чіпси, це невеликі шматочки, які були відламані або під час видобутку або під час транспортування.

Колір поділяється на три ступені за насиченістю. Перший сорт це найяскравіші кольори. Другий сорт, це менш насичений синій та зелений колір, третій сорт має відтінки від блілого до білого.

Методами дослідження бірюзи є : світлозаломлення, гідростатичне зважування, оптичні і мікроскопічні дослідження, РФА, ІЧ.

Світлозаломлення – властивість мінералу заломлювати світлові промені на межі середовищ при переході світла з повітря у кристал, вимірюється за допомогою рефрактометра. Показники заломлення світла у бірюзи 1,600 – 1,640, у магнезиту 1,650 – 1,710, у «керамічної» імітації бірюзи – 1,670 – 1,675. Такі показники в магнезиті пояснюються тим, що більшість імітацій зроблена шляхом пресування магнезиту, до того ж у ньому можуть бути присутні домішки доломіту, та, як зазначено вище, ці намистини не поліровані, а вкриті смолами [3].

Густина вимірюється за допомогою ваг для гідростатичного зважування. Густина природної бірюзи залежить не лише від кількості домішки іонів заліза, ступеню заміщення вторинними мінералами та домішками мінералів, що заповнюють тріщини (так звана бірюзова матриця), а й від родовища (таблиця 1).

Таблиця 1.

Густина бірюзи залежно від країни походження.

№	Країна	Густина, г/см <sup>3</sup>
1	Іран	2,75-2,85
2	США	2,60-2,70
3	Ізраїль	2,56-2,70
4	Арабська республіка Ємен (Синайський п-ів)	2,81
5	Китай (Тібет)	2,72
6	Бразилія	2,40-2,65
7	Узбекистан	2,43-2,88

Встановлено, що в межах одного родовища густина може коливатись від 2,4 до 2,6 г/см<sup>3</sup>. В зразках вкрапленої бірюзи, де густина становила 2,12, 2,19 та 1,95 г/см<sup>3</sup>, це пов'язано з тим, що матеріал отримали шляхом пресування уламків бірюзи з чорним пластиком. У магнетиті вона коливається від 2,30 до 3,27 г/см<sup>3</sup>. Занижене значення густини пов'язано з пресуванням подрібненого магнетиту. Густина «керамічної» імітації становить 2,2 г/см<sup>3</sup>. Під «керамічною» бірюзою розуміють спресовану масу, складену зі склянистих зерен. При збільшенні спостерігаються кутасті зерна склоподібної речовини різної форми, спресовані блакитною масою з прожилками та цяточками фарби та чорні прожилки з металевим блиском. «Керамічна» бірюза не реагує з HCl. При нагріванні з'являється запах горілої пластмаси. Блиск тьмянний [3].

Мікроскопічні дослідження використовуються для вивчення внутрішньої будови каміння, діагностики включень і природи походження (природний чи штучний). Для таких досліджень використовують лупу чи мікроскоп.

В 1972 році у Франції отримали синтетичну бірюзу за методом Жильсона. Така бірюза мало чим відрізняється від природних аналогів: твердість за Моосом – 5, густина – 2,7 г/см<sup>3</sup>, рентгенографічно вона ідентична природній. І лише при 50-кратному збільшенні помітно, що складена вона кутастими блакитними частками, що розподілені у білуватій масі, тоді як у природній бірюзі на аморфному блідо-блакитному фоні можна побачити уламки та включення білуватого матеріалу. Синтетична бірюза виготовляється двох видів: «фарах» – інтенсивно блакитний та «клеопатра» – помірно блакитний. Нині імітації бірюзи роблять з пластику, шляхом профарбовування говліту або композиції з карбонатних порід, переважно магнетиту, рідше халцедону та алебастру [3].

При вивченні бірюзи під мікроскопом можна побачити на зелено-блакитному фоні вкраплення білуватого матеріалу, іноді вкраплення піриту, вміщуючої породи та бурі прожилки лімоніту. Все це видно й у зразках просоченої бірюзи, але вкраплення більш кутасті та проміж них помітні розводи фарби [3].

Останні десятиріччя бірюзу покращують за допомогою запатентованого методу під назвою обробка «Zachery». Ідентифікувати наявність обробки цим методом можливо лише за допомогою хімічного аналізу, а саме РФА (спектроскопія EDXRF).

Рентгенфлуоресцентний аналіз (РФА)- метод елементного аналізу, який заснований на взаємодії речовин з високо енергетичним рентгенівським випромінюванням, що призводить до випускання речовиною вторинного рентгенівського випромінювання (рентгенівська флуоресценція). При цьому кожен атом хімічного елементу випромінює фотони з відповідною енергією. Цей експрес – метод дозволяє проводити якісний і кількісний аналіз зразків [1].

На спектрах РФА піки P, Al, Cu, Fe відповідають хімічному складу бірюзи, в той час як, Si буде імовірно побічним продуктом силіконового просочення. Наявність Mg та Ca може свідчити про те що це композитний матеріал на основі карбонатів. Домішки які є барвниками Cu, Fe, Ti, Ni для

надання блакитного кольору. Маркером синтетичного композиту буде пік Al. Синтетичні імітації мають мідно-цинковий склад. Говліт діагностується за піками кальцію і кремнію [3], [5].

Ще одним важливим методом діагностування є інфрачервона спектроскопія (ІЧ). Інфрачервона спектроскопія (ІЧ)- розділ молекулярно оптичної спектроскопії, який вивчає спектри поглинання і відбиття електромагнітного випромінювання у ІЧ- області (діапазон хвиль від 10-6 до 10-3 м.) За її допомогою вирішується низка питань аналізу різного напівдорогоцінного каміння: виявлення синтетичних аналогів, різних заміників і штучного змінення каміння.

На (ІЧ) спектрах природна бірюза характеризується депресією в районі 1250, та чітким піком 1126,9. Також на українському ринку дуже поширена облагороджена бірюза, яка на (ІЧ) спектрах характеризується піками 2918 і 2850 (для парафінової бірюзи) і від 797 до 3200 (залежно від стабілізуючої речовини). Імітація бірюзи композитним матеріалом на основі карбонатів має максимум 1573,3 а мінімум 1650 [6].

**Висновки.** Таким чином, застосування запропонованих методів дасть змогу доволі швидко дослідити наданий на дослідження камінь, визначити його природу та наявність покращень.

#### Перелік посилань

1. Коштовне та декоративне каміння: довідковий бюлетень № 2 (88) Червень 2017. Київ: ДГЦУ, 2017.
2. Unique Raindrop Pattern of Turquoise from Hubei, China. URL :<https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2020-unique-rain-drop-pattern-turquoise>
3. Сурова В. М. Про бірюзу та її імітації. URL : [https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/345677418\\_1338589033676946\\_5348105139132907698\\_n.doc/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F-%D0%BE-%D0%91%D0%B8%D1%80%D1%8E%D0%B7%D0%B5-%D0%B2-%D0%9A%D0%94%D0%9A2.doc?\\_nc\\_cat=101&ccb=1-7&\\_nc\\_sid=0cab14&\\_nc\\_ohc=OxS6PTaPgHgAX9CDBLk&\\_nc\\_ht=cdn.fsbx.com&oh=03\\_AdQ\\_2L0ciGJJHEC2v2G6o3DKSXYfM4kTiDXNFNnJtTbobA&oe=645DE5AB&dl=1](https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/345677418_1338589033676946_5348105139132907698_n.doc/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F-%D0%BE-%D0%91%D0%B8%D1%80%D1%8E%D0%B7%D0%B5-%D0%B2-%D0%9A%D0%94%D0%9A2.doc?_nc_cat=101&ccb=1-7&_nc_sid=0cab14&_nc_ohc=OxS6PTaPgHgAX9CDBLk&_nc_ht=cdn.fsbx.com&oh=03_AdQ_2L0ciGJJHEC2v2G6o3DKSXYfM4kTiDXNFNnJtTbobA&oe=645DE5AB&dl=1)
4. Gems@Gemology: the quarterly journal of gemological institute of America, spring (1) 2021 LVII-GIA.

#### References

1. Precious and decorative stones: reference bulletin No. 2 (88) June 2017. Kyiv (in Ukrainian).
2. Unique Raindrop Pattern of Turquoise from Hubei, China. Retrieved from: <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2020-unique-raindrop-pattern-turquoise> (in English).
3. Surova, V. M. «On turquoise and its imitations». Retrieved from: [https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/345677418\\_1338589033676946\\_5348105139132907698\\_n.doc/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F-%D0%BE-%D0%91%D0%B8%D1%80%D1%8E%D0%B7%D0%B5-%D0%B2-%D0%9A%D0%94%D0%9A2.doc?\\_nc\\_cat=101&ccb=1-7&\\_nc\\_sid=0cab14&\\_nc\\_ohc=OxS6PTaPgHgAX9CDBLk&\\_nc\\_ht=cdn.fsbx.com&oh=03\\_AdQ\\_2L0ciGJJHEC2v2G6o3DKSXYfM4kTiDXNFNnJtTbobA&oe=645DE5AB&dl=1](https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/345677418_1338589033676946_5348105139132907698_n.doc/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F-%D0%BE-%D0%91%D0%B8%D1%80%D1%8E%D0%B7%D0%B5-%D0%B2-%D0%9A%D0%94%D0%9A2.doc?_nc_cat=101&ccb=1-7&_nc_sid=0cab14&_nc_ohc=OxS6PTaPgHgAX9CDBLk&_nc_ht=cdn.fsbx.com&oh=03_AdQ_2L0ciGJJHEC2v2G6o3DKSXYfM4kTiDXNFNnJtTbobA&oe=645DE5AB&dl=1) (in Ukrainian).
4. Gems@Gemology: the quarterly journal of the gemological institute of America, spring (1) 2021 LVII-GIA. (in English).

5. Gems@Gemology: the quarterly journal of gemological institute of America, fall (3) 2021 LVII-GIA.

6. Гелета О. Л., Суrowa В. М. Атестація та експертна оцінка напівдорогоцінного каміння: навч. посіб Київ: ДГЦУ, 2016.

5. Gems@Gemology: the quarterly journal of the gemological institute of America, fall (3) 2021 LVII-GIA. (in English).

6. Heleta, O. L., Surova, V. M. (2016). Attestation and expert evaluation of semi-precious stones: manual. Kyiv (in Ukrainian).

## RESEARCH OF TURQUOISE AND ITS IMITATIONS

**H. Chystiakova**

Turquoise is a precious stone that has an interesting history, and a deep cultural connection, which makes it an interesting object of research. In connection with the increased demand for this stone, which was not easy to satisfy, fakes began to appear.

Turquoise was imitated and later learned to synthesize, today there are many options for counterfeiting turquoise. This article is written to help diagnose and focus attention on important aspects. When diagnosing stones, all indicators are important, only when studying the provided sample organoleptically and physico-chemically, it is possible to understand the nature of stones and their characteristics, to identify options for improvement.

**Key words:** turquoise, research method, imitation, refractive index, density, hardness, smell, color, improvement, defect.