

УДК 549:552.08:553,5:553,8

*В.М. Сурова, головний фахівець відділу експертизи напівдорогоцінного та декоративного каміння
E-mail: surver@ukr.net*

*О.В. Горобчишин, кандидат технічних наук, в. о. заступника директора – керівника відділу експертизи напівдорогоцінного та декоративного каміння
E-mail: gorol@gems.org.ua*

*І.А. Сергієнко, магістр геохімії та мінералогії, керівник науково-дослідної лабораторії
E-mail: sia.gems@gmail.com*

*О.В. Грущинська, кандидат геологічних наук, керівник сектору організації навчальних заходів
E-mail: leng@gems.org.ua*

*В.І. Ляшок, головний фахівець відділу експертизи напівдорогоцінного та декоративного каміння
E-mail: the_vadik@ukr.net*

*А.М. Кічняєв, головний фахівець відділу експертизи напівдорогоцінного та декоративного каміння
E-mail: andr@gems.org.ua*

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

Методи дослідження діагностичних ознак синтетичного, облагородженого напівдорогоцінного каміння та його імітацій

DOI: [https://doi.org/10.53036/2022-4\(110\)-2](https://doi.org/10.53036/2022-4(110)-2)

(Рекомендовано кандидатом геологічних наук Бєлевцевим О.Р.)

У статті викладено основні методи дослідження діагностичних ознак синтетичного, облагородженого напівдорогоцінного каміння та його імітацій

Ключові слова: методи дослідження, діагностичні ознаки, напівдорогоцінне каміння, облагородження, імітації, синтетичне напівдорогоцінне каміння.

Вступ

У 2022-2023 роках відділом експертизи напівдорогоцінного та декоративного каміння Державного гемологічного центру України (далі – ДГЦУ) виконується науково-дослідна (науково-технічна) робота (далі – НДНТР) за темою «Дослідження діагностичних ознак синтетичних аналогів та імітацій напівдорогоцінного каміння з метою створення методики їх ідентифікації та визначення природи походження». Назва першого проміжного етапу, який було виконано у 2022 році: «Аналіз і дослідження діагностичних ознак синтетичного, імітованого та облагородженого напівдорогоцінного каміння».

Метою роботи є дослідження, аналіз і узагальнення діагностичних ознак, завдяки яким можна здійснювати ідентифікацію синтетичних аналогів, імітацій та облагородженого напівдорогоцінного каміння для визначення природи їх походження. Ця науково-дослідна робота є актуальною для сучасної гемології у зв'язку з різким збільшенням кількості імітацій, штучних замінників, синтетичних аналогів та облагороджених різновидів напівдорогоцінного каміння, які з'являються як на світовому ринку, так і на ринку України. Створення методики ідентифікації та визначення природи походження напівдорогоцінного каміння підвищить ефективність гемологічної експертизи напівдорогоцінного каміння,

яку здійснює ДГЦУ за розпорядженням Міністерства фінансів України, інших уповноважених органів, насамперед якості експертизи напівдорогоцінного каміння для забезпечення прав на достовірну інформацію споживачів та виробників ювелірної галузі, сприятиме вдосконаленню підготовки експертів-гемологів у ДГЦУ, підвищенню кваліфікації фахівців, діяльність яких пов'язана з наданням послуг у сфері гемологічної експертизи.

Предмет дослідження – діагностичні ознаки імітацій, синтетичних аналогів та облагородженого напівдорогоцінного каміння, яке присутнє на ювелірному ринку України.

У процесі виконання НДНТР було вивчено український ринок облагородженого, синтезованого, реконструйованого та складеного напівдорогоцінного каміння, а також його імітацій. Було досліджено більше ніж 435 зразків, а саме: з колекції ДГЦУ, наданих замовниками експертизи, а також ті, які були представлені на виставках коштовного каміння. Більшість досліджених зразків були представлені кабошонами та намистинами (373 шт.), інші зразки були у вигляді сировини та виробів довільних форм.

Методи дослідження:

1. Визначення діагностичних гемологічних характеристик (колір, структура, текстурний малюнок, густина, світлозаломлення, твердість, крихкість-в'язкість, люмінесценція, реакція з кислотою) проводилося за допомогою стандартного гемологічного обладнання.

2. Вимірювання спектрів рентгенівського випромінювання методом рентгенофлуоресцентного аналізу (далі – РФА) проводилося за допомогою енергодисперсійного спектрометра характеристичного рентгенівського випромінювання «СЕР-01» моделі «ElvaXLight» з інтервалом досліджень від Na до U, відповідно до «Методики діагностики дорогоцінного каміння та його заміників методом рентгенофлуоресцентного аналізу».

3. Вимірювання показників інфрачервоних спектрів (далі – ІЧ-спектроскопія) проводилося за допомогою Фур'є-спектрометра «ThermoFisher Scientific» (модель «Nicolet 6700»), який має спектральний діапазон $9600-375\text{ см}^{-1}$ з максимальною спектральною роздільною здатністю $0,125\text{ см}^{-1}$. Додатково для вимірювання було використано приставку дифузійного відбиття за кімнатної температури «Collector II» у спектральному діапазоні $7000-400\text{ см}^{-1}$.

Виклад основного матеріалу

Історія імітацій та облагородження напівдорогоцінного каміння нараховує не одне тисячоліття, оскільки яшма, халцедон, обсидіан, креміль, жадеїт, нефрит, гагат, разом з кісткою, мушлями, рогом, деревиною, кварцом стали першими каменями, які людство почало використовувати для виготовлення

зброї, знарядь праці, прикрас, як амулети для захисту від злих духів, у культових обрядах. Однак не завжди їх колір відповідав потребам людини та іноді кількості каменів для виготовлення прикрас було недостатньо, що призвело до появи різноманітних заміників. Так, найстарішою імітацією разом з облагородженням напівдорогоцінного каміння можна вважати намисто з Арпації, знайдене поблизу Ниневії в Ассирії, яке було датоване періодом Халафської культури (близько 6000-5000 років до н. е.). Намисто зроблене з мушель каури та обсидіану, однак одна намистина з обсидіану була замінена на намистину з глини темно-сірого кольору, а мушлі в намисті були штучно пофарбовані у червоний колір [1].

Давні єгиптяни вигадали засіб штучного фарбування певних мінералів у різні кольори, зокрема бірюзи, лазуриту, малахіту тощо. Так, вони покривали стеатит різноманітними глазурями у потрібний колір. Крім того, застосовували різнокольорове скло й фаянс [1].

Давні греки та римляни розробили методи штучного фарбування агатів і халцедонів. Ці методи фарбування суттєво розвинули німецькі фахівці з міста Ідар-Оберштайн наприкінці XIX століття. Саме тоді було здійснено перший синтез мінералів, зокрема рубіну, що викликало бурхливий розвиток методів синтезу дорогоцінного і напівдорогоцінного каміння.

У 1972 році стало відомо про синтез бірюзи Джильсоном, крім того, ним було синтезовано бірюзу, корал, лазурит, опал [2]. Також американська фірма «General Electric» виконала синтез жадеїту [3]. У СРСР (Петров Т., Балицький В.) було синтезовано малахіт, бірюзу, жадеїт [4, 5]. Крім того, нині все більше з'являється різноманітних імітацій напівдорогоцінного каміння, які створені за допомогою композитних матеріалів, скла та пластику. Водночас удосконалюються різні методи облагородження напівдорогоцінного каміння.

Синтетичні напівдорогоцінні камені

Спроби синтезувати напівдорогоцінне каміння здійснювалися з кінця XIX століття, але найбільшого розквіту досягли в 70-80-ті роки XX століття, коли було заявлено про синтез малахіту (рис. 1), бірюзи (рис. 2), жадеїту. У

СРСР була синтезована певна кількість малахіту, яку використовують у ювелірних виробках [6].

Синтетичні напівдорогоцінні камені – це матеріали, які отримані штучним шляхом та за своїми хімічними і фізичними властивостями відповідають властивостям природного напівдорогоцінного каміння. Треба зазначити, що так звані «синтетичні» корал і лазурит, вироблені фірмою П. Джильсона, за своїми хімічними і фізичними властивостями не відповідають природним аналогам, тому не належать до синтетичних напівдорогоцінних каменів.

До основних методів діагностики синтетичних напівдорогоцінних каменів належать такі гемологічні методи: мікроскопічні, фізичні, оптичні, ІЧ-спектроскопія, РФА, вивчення текстурного малюнка (для синтетичного малахіту).



Рисунок 1. Синтетичний малахіт



Рисунок 2. Синтетична бірюза (синтез ВНДІСМС, м. Олександрів)

Штучні і природні імітації напівдорогоцінного каміння

Штучні і природні імітації напівдорогоцінного каміння набувають все більшого розповсюдження. На появу природних імітацій впливає відкриття нових видів мінералів, гірських порід та нових родовищ як відомих напівдорогоцінних каменів, так і нових. На штучні імітації більше впливає розвиток промисловості, завдяки якому з'являються все нові і нові штучні імітації. Їх діагностування потребує вдосконалення існуючих гемологічних методик та пошук нових методів діагностики. Основними

штучними імітаціями на світовому ювелірному ринку є пластмаси, скло й композитні матеріали.

Імітації з природного каміння

Імітації з природного каміння – це мінерали та гірські породи, що за зовнішнім виглядом нагадують напівдорогоцінне каміння, але не відповідають йому за фізичними і хімічними властивостями або за кристалічною структурою (рис. 3, 4).

Основні методи діагностики природних імітацій: мікроскопічні, фізичні, оптичні, ІЧ-спектроскопія, РФА.



Рисунок 3. Ларимар



Рисунок 4. Лепідоліт

Імітації зі штучних матеріалів

Імітації зі штучних матеріалів – це імітації переважно з пластмас, скла, композитних матеріалів.

Пластмаси (пластик, полімер) – це синтетичні або напівсинтетичні органічні сполуки, зазвичай, органічні полімери з високою молекулярною масою (рис. 5).

Композит (кераміка) – дуже поширена імітація напівдорогоцінного каміння, яку виготовляють на основі карбонатів (магнезит, кальцит, доломіт) і полімерів або різноманітних наповнювачів, фарбників і полімерів, або природних матеріалів і полімерів, яка все частіше зустрічається на світовому ринку і на ринку України [7, 8, 9]. Її склад, колір і структура можуть бути будь-якими залежно від завдань імітації (рис. 6).

Скло – кристалічна аморфна тверда речовина, отримана у процесі охолодження розплаву, являє собою хімічну композицію з кремнезему і різних домішок [10]. Фізичні властивості скла за-

лежать від його хімічного складу і можуть коливатися в широких межах [11] (рис. 7).

Пластик разом зі склом є дуже поширеною імітацією напівдорогоцінного каміння, з них можна виготовити імітації практично будь-якого природного матеріалу.

Основні методи діагностики штучних імітацій: мікроскопічні, фізичні, оптичні, ІЧ-спектроскопія, РФА, мікрохімічні реакції, а для пластика і деяких композитів – тест з «розжареною голкою».



Рисунок 5. Пластмаса



Рисунок 6. Композит



Рисунок 7. Скло

Облагородження напівдорогоцінного каміння

Облагорожені напівдорогоцінні каміні – це мінерали та гірські породи, зовнішній вигляд і споживчі характеристики яких штучно змінені внаслідок спеціальної обробки з метою покращення декоративних і споживчих властивостей.

Головні методи облагородження напівдорогоцінного каміння:

- штучне фарбування – покращення кольору напівдорогоцінного каміння шляхом поверхневої обробки різними

органічними і неорганічними фарбниками (рис. 8);

- просочення каменів – покращення споживчих характеристик і кольору напівдорогоцінного каміння шляхом глибокої обробки компаундами (епоксидною смолою і парафіном) різного складу (рис. 9);

- термічна обробка – це процес штучної зміни інтенсивності кольору напівдорогоцінного каміння шляхом нагрівання зразка в інертній атмосфері (рис. 10);

- опромінювання – процес, під час якого напівдорогоцінне каміння обробляють високоенергетичними електронами, гамма-випромінюванням, нейтронами, у результаті чого відбувається зміна кольору поверхні або всієї товщини виробу (рис. 11);

- просочення – обробка полімерами, воском чи маслом, завдяки якій здійснюється покращення кольору, заліковування пор та загальне збільшення міцності мінералу чи гірської породи. Також просочення застосовують для отримання ефекту полірування (рис. 12).



Рисунок 8. Корал, штучно пофарбований



Рисунок 9. Жадеїт, штучно пофарбований



Рисунок 10. Агат, штучно пофарбований та термооброблений



Рисунок 11. Гакманіт до і після опромінення (фото GIA)



Рисунок 12. Композит, покритий полімером

Основні методи діагностики облагородження напівдорогоцінного каміння: мікроскопічні, оптичні, ІЧ-спектроскопія, мікрохімічні реакції, вимірювання радіаційного випромінювання; а також визначення покриття полімером – тест з «розжареною голкою».

У процесі виконання НДНТР було вивчено український ринок облагородженого каміння та встановлено, що на вітчизняному ринку напівдорогоцінні камені і органогенні утворення зустрічаються в облагородженому вигляді за кольором та механічними властивостями. Частота зустрічальності напівдорогоцінних каменів в облагородженому вигляді дуже різна. Деякі з них часто зустрічаються, зокрема: халцедон (агат, сердолік, хризопраз), яшма, кварц з ефектом «котячого ока», авантюриновий кварцит, жадеїт, мармуровий онікс, флюорит, корал, кістка, перламутр, лазурит, бірюза. Деякі зустрічаються зрідка, а саме: опал, малахіт, нефрит, польові шпати, гіпс, серпентин, хризосола, хауліт, чароїт, родохрозит.

Реконструйоване напівдорогоцінне каміння

Реконструйовані камені – це камені, які отримані шляхом перемелювання та спікання або скріплення за допомогою епоксидних смол і полімерів дрібних уламків природних каменів часто з додаванням барвників. Наприклад, для виготовлення «стабілізованого азуromалахіту» шматки азуриту та малахіту пресують з додаванням полімерів. Отриманий матеріал легко обробляється, має привабливий колір та достатню твердість [12]. Найчастіше в реконстру-

йованому вигляді зустрічаються бірюза (рис. 13), лазурит, малахіт, перламутр.



Рисунок 13. Реконструйована бірюза

Основні методи діагностики реконструйованого напівдорогоцінного каміння: мікроскопічні, фізичні, оптичні, ІЧ-спектроскопія.

Складені камені – це вставки, кабошони або різьблені вироби, що складаються з декількох каменів або каменю і скла, або каменю і композитного матеріалу, які склесні між собою. За виготовленням виділяють дуплети і триплети [10].

Дуплети – складені з двох частин камені, наприклад: скло і природний мінерал (рис. 14).

Триплети – складені з трьох частин камені, наприклад: скло, мінерал, композитний матеріал (рис. 15).



Рисунок 14. Дуплет

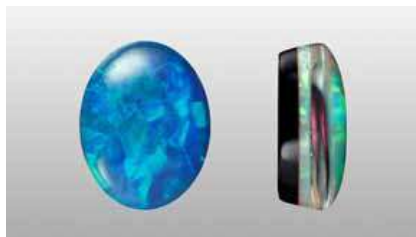


Рисунок 15. Триплет (фото GIA)

Складені камені звичайно виготовляють з дорогих, крихких, хімічно нестійких мінералів, наприклад – бірюзи, опалу, перламутру або з мінералів, що мають темний колір, з метою їх освітлення та надання їм привабливого кольору, наприклад – жадеїту, нефриту.

Дуплети, як правило, виготовляють з мінералу та накривного скла (мінералу) або основи (інший мінерал, скло, композитний матеріал). Триплети більш складні у виготовленні, потрібний мінерал зазвичай знаходиться усередині, а зверху і знизу – інші мінерали або композитні матеріали чи скло. Також виготовляють триплети з метою освітлення й отримання потрібного кольору, зазвичай, для освітлення темних, з непривабливим кольором мінералів (жадеїт, нефрит). Для цього з потрібного мінералу роблять тонкий полий кабошон, який заповнюють забарвленими у відповідний колір епоксидними смолами, після чого знизу закривають природним мінералом часто того самого кольору або скло.

Основні методи діагностики складеного напівдорогоцінного каміння: мікроскопічні, оптичні, ІЧ-спектроскопія.

Висновки

Встановлено що:

- більшість облагородженого напівдорогоцінного каміння, яке присутнє на ринку України, є штучно забарвленим і просоченим полімерами або воском;
- реконструйоване каміння зрідка зустрічається на нашому ювелірному ринку і переважно представлено реконструйованою бірюзою;
- складені напівдорогоцінні камені представлені в основному дуплетами, які складаються або з двох різновидів напівдорогоцінного каміння, або напівдорогоцінного каменя та композитного матеріалу;
- переважна більшість імітацій напівдорогоцінного каміння представлена штучними замінниками (склом, пластиком, композитним матеріалом);
- природні імітації представляють собою мало популярні мінерали і гірські породи, які завдяки подібності за кольором або штучному забарвленню схожі з давно відомими популярними напівдорогоцінними каменями;
- синтетичне напівдорогоцінне каміння представлене на вітчизняному ринку малахітом і бірюзою;
- на основі дослідження діагностичних ознак було отримано дані, що дозволили виділити основні методи діагностики облагородженого, штучного, синтетичного напівдорогоцінного каміння та його імітацій.

Використані джерела

1. Элуэлл Д. Искусственные драгоценные камни: монография. Москва: Мир, 1986. 160 с.: ил.
2. Андерсон Б. Определение драгоценных камней: монография. Москва: Мир камня, 1996. 456 с.
3. Nassazz K. Shigley E. A Study of the General Electric Synthetic Jadeit. *Gems & Gemology*. 1987. Vol. 23. No. 1. P. 27–36.
4. Балицкий В.С., Лисицина Е.Е. Синтетические аналоги и имитации природных драго-ценных камней: монография. Москва: Недра, 1981. 158 с.
5. Шуйский А.В., Петров Т.Г. Малахит природный и промышленный. История, способ, результат. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*: конф. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 14. Уральская минералогическая школа: тезисы докл. Октябрь, 2017. Пермь.
6. Первый выращенный малахит. URL: <http://old.journal.spbu.ru>.
7. Gagan Choudhary. Coral inclusions in plastic. *Gems & Gemology*. 2015. Vol. 51. No. 4. P. 341–342.
8. Hanyue Xu, Xiaoyan Yu. Pressed gibbsite and calcite as a rhodochrosite imitation. *Gems & Gemology*. 2019. Vol. 55. No. 3. P. 406–415.
9. Huang Jing, Yan Shuyu, Chen Shuxiang, Cheng Youfa Marble Imitation of Jadeite Rough. *Gems & Gemology*. 2020. Vol. 56. No. 2. P. 316.
10. Гелета О.Л., Сузова В.М. Атестація та експертна оцінка напівдорогоцінного каміння: навч. посіб. Київ: ДГЦУ, 2020. 60 с.
11. Min Ye and Andy H. Shen, Greenish blue glass imitating gem silica. *Gems & Gemology*. 2020. Vol. 56. No. 2. P. 314–315.
12. «Reconstructed» azurite-malachite. *Gems & Gemology*. 1989. Vol. 25. No. 1. P. 51.

References

1. Ellul D. Artificial precious stones: monograph. Moscow: Mir, 1986. 160 p. [in Russian]
2. Anderson B. Determination of precious stones: monograph. Moscow: Mir kamnya, 1996. 456 p. [in Russian]
3. Nassazz K. Shigley E. A Study of the General Electric Synthetic Jadeit. *Gems & Gemology*. 1987. Vol. 23. No. 1. P. 27–36.
4. Balitskiy V.S., Lisitsina E.E. Synthetic analogues and imitations of precious stones: monograph. Moscow: Nedra, 1981. 158 p. [in Russian]
5. Shuyskiy A.V., Petrov T.G. Malachite natural and industrial. History, method, result. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*: conf. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky. Issue. 14. Ural Mineralogical School: abstracts of reports. October, 2017. Perm. [in Russian]
6. The first grown malachite. URL: <http://old.journal.spbu.ru>. [in Russian]
7. Gagan Choudhary. Coral inclusions in plastic. *Gems & Gemology*. 2015. Vol. 51. No. 4. P. 341–342.
8. Hanyue Xu, Xiaoyan Yu. Pressed gibbsite and calcite as a rhodochrosite imitation. *Gems & Gemology*. 2019. Vol. 55. No. 3. P. 406–415.
9. Huang Jing, Yan Shuyu, Chen Shuxiang, Cheng Youfa Marble Imitation of Jadeite Rough. *Gems & Gemology*. 2020. Vol. 56. No. 2. P. 316.
10. Geleta O.L., Surova V.M. Certification and expert assessment of semi-precious stones: tutorial. Kyiv: SGCU, 2020. 60 p. [in Ukrainian]
11. Min Ye and Andy H. Shen, Greenish blue glass imitating gem silica. *Gems & Gemology*. 2020. Vol. 56. No. 2. P. 314–315.
12. «Reconstructed» azurite-malachite. *Gems & Gemology*. 1989. Vol. 25. No. 1. P. 51.

UDC 549:552.08:553,5:553,8

V. Surova, Chief Specialist of the Department of Semi-precious and Decorative Stones Examination
E-mail: surver@ukr.net

O. Horobchynshyn, Ph.D (Eng.), acting Deputy Director-Head of the Department of Semiprecious and Decorative Stones Examination
E-mail: gorol@gems.org.ua

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

O. Grushchynska, Ph.D (Geol.), Head of the training department. E-mail: leng@gems.org.ua

V. Lyashok, Chief Specialist of the Department of Semi-precious and Decorative Stones Examination
E-mail: the_vadik@ukr.net

A. Kichnyaev, Chief specialist of the Department of Semi-precious and Decorative Stones Examination
E-mail: andr@gems.org.ua

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

Research methods of diagnostic features of synthetic and treated semi-precious stones as well as their simulants

The article describes the main research methods of diagnostic features of synthetic, treated semi-precious stones and their simulants.

Keywords: research methods, diagnostic features, semi-precious stones, treatment, simulants, synthetic semi-precious stones.