

УДК 549:552.08:553,5:553,8

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

О.В. Горобчишин, кандидат технічних наук, заступника директора
E-mail: gorol@gems.org.ua

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

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

Дослідження діагностичних ознак синтетичних аналогів та імітацій напівдорогоцінного каміння з метою створення методики їх ідентифікації та визначення природи походження

У статті описано результати гемологічних досліджень діагностичних ознак синтетичних аналогів й імітацій напівдорогоцінного каміння та створення на їх основі методики визначення природи походження і облагородження напівдорогоцінного каміння.

Ключові слова: штучні замітники напівдорогоцінного каміння, синтетичні аналоги, імітації напівдорогоцінного каміння, облагороджене напівдорогоцінне каміння.

Вступ

Упродовж останнього часу на ювелірному ринку світу та, зокрема, України з'явилося багато нових різновидів імітацій і синтетичних аналогів напівдорогоцінного каміння та його облагороджених різновидів, які пропонують недобросовісні продавці як камені природного походження. Наприклад, більшість бірюзи, лазуриту, малахіту представлено композитними, керамічними або полімерно-синтетичними матеріалами, а скло пропонують як обсидіан чи молдавіт. Крім того, значно покращилась якість виготовлення імітацій і синтетичних аналогів, що дуже ускладнює їх ідентифікацію.

З метою оптимізації процедури експертизи напівдорогоцінного каміння і його об'єктивної діагностики у ДГЦУ було проведено науково-дослідну (нау-

ково-технічну) роботу (далі – НДНТР) «Дослідження діагностичних ознак синтетичних аналогів та імітацій напівдорогоцінного каміння з метою створення методики їх ідентифікації та визначення природи походження», за результатами якої розроблено методику визначення природи походження і облагородження напівдорогоцінного каміння та підготовлено навчальний посібник «Атестація та експертна оцінка імітацій, синтетичних аналогів й облагороджених різновидів напівдорогоцінного каміння».

Метою цієї науково-дослідної роботи було виявити, проаналізувати та сформулювати діагностичні ознаки, за якими при визначенні природи походження напівдорогоцінного каміння під час його експертизи можна ідентифікувати синтетичні аналоги, імітації та облагородження об'єктів експертизи.

Об'єктами дослідження є синтетичні аналоги, імітації та облагороджене напівдорогоцінне каміння, які наявні на ювелірному ринку України.

Основні результати роботи

Облагородження напівдорогоцінного каміння – будь-який процес, крім огранування і полірування, який покращує зовнішній вигляд та індивідуальні споживчі характеристики напівдорогоцінного каміння.

Облагороджене напівдорогоцінне каміння – каміння, штучно поліпшене або змінене внаслідок обробки (штучного впливу) його людиною іншим способом, ніж шліфування та полірування, тобто в результаті обробки нагріванням, опроміненням, хімічним травленням, заповненням порожнин, покриттям поверхні тощо [1].

Було виділено такі види облагородження напівдорогоцінного каміння [2, 3]:

1. Фарбування (Dyeing).
2. Відбілювання (Bleaching).
3. Заповнення (Filling).
4. Просочення (Impregnation).
5. Покриття оболонкою (Coating).
6. Вощення (Waxed).
7. Термообробка (Heating).
8. Штучне опромінення (Artificially irradiation).

Фарбування – зміна або покращення кольору напівдорогоцінного каміння шляхом поверхневої обробки різними органічними і неорганічними фарбниками (рис. 1).

Фарбування діагностують:

- за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень або лупи можна спостерігати нерівномірність забарвлення, концентрацію фарбника у тріщинах, кавернах та на поверхні виробу;
- за допомогою флуоресценції можна спостерігати світіння деяких фарбників;
- внаслідок тесту з розчинником (ацетон, спирт тощо) на змоченій ганчірці залишається фарба;
- ІЧ-Фур'є спектроскопія фіксує спектри (піки), характерні для барвників.



а



б



в

Рисунок 1. Приклади фарбування напівдорогоцінного каміння: а – штучно фарбована карбонатна порода, б – штучно фарбований корал, в – штучно фарбований перламутр

Відбілювання – знебарвлення або зміна кольору за допомогою фізичних або хімічних діючих речовин (рис. 2).

Відбілювання напівдорогоцінного каміння, зазвичай, використовують як проміжний етап облагородження перед штучним фарбуванням, здебільшого його важко виявити. ІЧ-Фур'є спектроскопія може фіксувати спектри речовин, якими проводилося відбілювання.



Рисунок 2. Відбілений жадеїт

Заповнення/заліковування – заповнення тріщин, сколів, інших отворів, порожнин безбарвними речовинами (полімером, олією, смолою або будь-якими іншими рідкими речовинами) для покращення зовнішнього вигляду, міцності, збільшення довговічності (рис. 3).

Заповнення діагностують:

- за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень або лупи можна помітити речовину, якою заповнювали тріщини і каверни. Іноді спостерігається мікроструктура течії у заповнювачі та/або пухирці повітря;
- внаслідок тесту з гарячою голкою заповнювач (смола, мастика, полімер тощо) розплавляється;
- за допомогою флуоресценції можна спостерігати світіння деяких заповнювачів;
- досліджуючи блиск поверхні, можна спостерігати відмінність блиску мінералу та заповнювача.



Рисунок 3. Заповнена каверна в малахіті

Просочення – обробка компаундами (епоксидною смолою і парафіном) різ-

ного складу для покращення споживчих характеристик (рис. 4).

Просочення діагностують:

- за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень або лупи можна помітити речовину, якою заповнювали тріщини і каверни;
- за допомогою флуоресценції можна спостерігати світіння деяких заповнювачів;
- внаслідок тесту з гарячою голкою заповнювач (смола, олія, полімер, тощо) розплавляється;
- ІЧ-Фур'є спектроскопія фіксує спектри речовин, якими просочували об'єкт.



Рисунок 4. Просочена бірюза

Покриття оболонкою – покриття напівдорогоцінного каміння шаром речовини для захисту, посилення або зміни забарвлення (рис. 5).

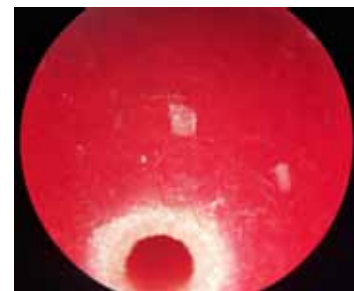


Рисунок 5. Карбонат, покритий полімером

Покриття оболонкою діагностують:

- за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень або лупи можна спостерігати невеликі пухирці повітря і каверни у покривному шарі, покриття легко пошкодити шляхом дряпання;
- досліджуючи блиск поверхні, можна спостерігати зміну блиску. Для плівки покриття характерний скляний, сильно скляний блиск;
- внаслідок тесту з гарячою голкою покривний шар розплавляється;

- внаслідок тесту з розчинником (ацетон, спирт тощо) покривний шар може розчинятися;

- ІЧ-Фур'є спектроскопія фіксує спектри речовин покривного шару.

Вощення – покриття напівдорогоцінного каміння шаром воску для покращення споживчих характеристик (рис. 6).

Вощення найчастіше використовують для покращення споживчих характеристик таких каменів, як бірюза, жадеїт, серпентин, корал, кістка. Діагностують за допомогою тесту з гарячою голкою: віск розплавляється та виділяється на поверхні об'єкта. ІЧ-Фур'є спектроскопія фіксує спектри воску.



Рисунок 6. Вощена бірюза

Термообробка – процес зміни природного кольору або його насиченості внаслідок впливу високої температури без або із застосуванням хімічних реагентів. Термообробку здебільшого використовують для зміни кольору халцедону, рідше – лазуриту, коралу, жадеїту тощо (рис. 7).

Діагностують за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень або лупи. Зазвичай спостерігаються мікротріщини, переважно це характерно для халцедону. У процесі термообробки лазурит може посилити колір до насиченого синього або отримати зелений колір.

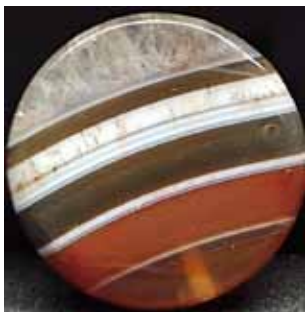


Рисунок 7. Мікротріщини в халцедоні, отримані внаслідок термообробки

Штучне опромінення – зміна природного кольору внаслідок різних типів опромінення (рис. 8). Для напівдорогоцінного каміння його використовують дуже обмежено, оскільки після радіаційного опромінення каміння може дов-

го або завжди зберігати підвищену радіоактивність. У разі вимірювання альфа-, бета- або гамма-випромінення може фіксуватися підвищений радіаційний фон зразка.

Слід зазначити, що переважно спостерігається комплексне використання декількох методів облагородження напівдорогоцінного каміння.

У навчальному посібнику більш детально розглянуто діагностичні ознаки і критерії напівдорогоцінного каміння, яке найчастіше облагороджують, а саме: кольорових різновидів халцедону, звичайного опалу, яшми, кварцу з ефектом «котячого ока», авантюринового кварциту, нефриту, жадеїту, бірюзи, лазуриту, малахіту, перламутру, польових шпатів, мармурового оніксу, гіпсу, флюориту, коралу, кістки, серпентину, хризоколи, хаулїту, чароїту, родохрозиту. Визначено основні методи їх діагностики.



а



б



в

Рисунок 8. Гакманїт до опромінення (а), під час опромінення (б), після опромінення (в)

Синтетичне напівдорогоцінне каміння – матеріали штучного походження, які мають той самий хімічний склад, фізичні властивості та структуру, що і їхні природні аналоги (рис. 9), але штучне походження. Разом з тим слід зазначити, що більшість заявленого на-

півдорогоцінного каміння як синтетичного не відповідає дійсності.

Встановлено, що лише малахіт, бірюзу і жадеїт можна насправді віднести до синтетичного напівдорогоцінного каміння, а інші слід віднести до штучних імітацій [10].



Рисунок 9. Синтетичний малахіт

Основними діагностичними ознаками та критеріями синтетичного каміння є:

- за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень у синтетичній бірюзі можна спостерігати блакитні частки (сфероїди) в білій основній масі, в жадеїті – зернисту структуру, а також відсутність включень інших мінералів у синтетичному напівдорогоцінному камінні, наприклад, у синтетичному малахіті зовсім не зустрічається псевдомалахіт;

- структура і текстура: в синтетичному малахіті присутні включення у вигляді «амфор» та V- і П-подібні текстурні малюнки;

- блиск: у синтетичному малахіті відмічається більш інтенсивний скляний блиск;

- твердість: у синтетичному жадеїті фіксується вища твердість (7,5–8) ніж у природному;

- прозорість: усі синтетичні жадеїти напівпрозорі до майже непрозорого, однак відмічається, що прозорість синтетичного жадеїту нижча за прозорість природного;

- РФА, ІЧ-Фур'є спектроскопія: фіксуються піки та домішки, характерні для синтетичного каміння.

У процесі виконання роботи було досліджено *складене напівдорогоцінне каміння* – штучний матеріал, утворений з двох або більше частин, зібраних склеюванням або поєднаних іншими штучними методами. Їхні компоненти можуть бути природними або штучними (рис. 10, 11, 12) [11].

У незакріпленому стані діагностику проводять за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень: можна спостерігати місця склейки, пухирці в клею або

інших синтетичних матеріалах (склі, епоксидних смолах тощо), з яких виготовлено вставку. Виконують вимірювання оптичних показників (світлозаломлення, двозаломлення), ІЧ-Фур'є спектрів та РФА.

У закріпленому стані можливості діагностики складеного каміння значно зменшуються, зазвичай, це вивчення вставки за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень. Іноді можливо вимірювання оптичних показників (світлозаломлення, двозаломлення), ІЧ-Фур'є спектрів та РФА.



Рисунок 10. Дуплет



Рисунок 11. Триплет (фото GIA)



Рисунок 12. Триплет-мозаїка (фото GIA)

Реконструйоване напівдорогоцінне каміння – штучні матеріали, які виготовляють шляхом сплавлення, спікання або спресовування дрібних уламків чи порошку природного каміння (рис. 13) [11].

Реконструйоване напівдорогоцінне каміння діагностують переважно за допомогою оптико-мікроскопічних досліджень, де за збільшення можна спо-

стерігати мілкі кутасті уламки, що зцементовані між собою.

Іноді спостерігається зменшення густини і змінення показників заломлення за рахунок інших фізичних властивостей скріплюючої речовини (зазвичай це епоксидні смоли або полімери).

На спектрах ІЧ-Фур'є спектроскопії спостерігаються характерні лінії відповідного мінералу й епоксидних смол або полімерів.



Рисунок 13. Реконструйована бірюза

Природні імітації напівдорогоцінного каміння – мінерали та гірські породи, що за зовнішнім виглядом нагадують напівдорогоцінне каміння, але не відповідають йому за мінеральним складом та/або структурою (рис. 14, 15, 16).

Так, природні імітації завдяки зовнішньої схожості, переважно кольору, є одним з найдавніших засобів омані. Вони дуже поширені на ювелірних ринках світу, особливо часто природні замітники використовують як імітації добре відомих напівдорогоцінних каменів, як-от: халцедону, опалу, яшми, обсидіану, бірюзи, нефриту, жадеїту, серпентину, хризосоли, хауліту, лазуриту, чароїту, родоніту, ювелірних польових шпатів, коралу, кістки.

У ролі таких імітацій, зазвичай, використовують більш дешеві природні аналоги, які можуть мати як природний колір, так і спеціально штучно забарвлюватись у відповідні кольори.

Наведено діагностичні критерії та ознаки природних імітацій напівдорогоцінного каміння, до яких, в першу чергу, належать базові гемологічні методи, а саме: оптико-мікроскопічні дослідження; визначення оптичних показників,

густини, блиску, твердості, спаяності, крихкості-в'язкості, структури та текстури, реакція з кислотою, РФА та ІЧ-Фур'є спектроскопія.



Рисунок 14. Сперит, чароїт, сугіліт, лепідоліт



Рисунок 15. Ларимар, карбонат фарбований та бірюза



Рисунок 16. Серпентин (тейський жад) та нефрит

Слід зазначати, що наймасовішими імітаціями на сьогодні є штучні імітації напівдорогоцінного каміння – *штучні матеріали*, які імітують зовнішній вигляд природного напівдорогоцінного каміння, але не мають його хімічного та/або фізичного складу і/або його структури.

Було виділено такі види штучних імітацій:

1. Різноманітне скло.
2. Полімерні матеріали (пластмаси).
3. Композитні матеріали (композити).
4. Керамічні (полімерно-синтетичні матеріали) [12].

Скло – аморфна тверда речовина, отримана у процесі охолодження розплаву, являє собою хімічну композицію з кремнезему і різних домішок.

На українському ринку присутні такі різновиди скла: скло з ефектом авантюризценції; скло з ефектом опалесценції; скло з ефектом «котячого ока»; кольорове скло; чорне скло (рис. 17).



Рисунок 17. Імітації напівдорогоцінного каміння зі скла

Основними методами діагностики скла є дослідження флуоресценції, оптико-мікроскопічні, визначення оптичних показників, густини, РФА [12].

Полімерні матеріали (пластмаси) – синтетичні або напів-синтетичні органічні сполуки, зазвичай, органічні полімери з високою молекулярною масою (рис. 18).



Рисунок 18. Імітації напівдорогоцінного каміння з пластмаси

Основними методами діагностики є оптико-мікроскопічні дослідження, визначення густини, твердості, ІЧ-Фур'є спектроскопія [12].

Композитні матеріали (композити) – штучні матеріали, що складаються з природних та штучних компонентів, скріплені (склеєні або спресовані) між собою переважно полімерами, при цьому хоча б один з компонентів композиту є природним каменем або його синтетичним аналогом (рис. 19, 20).



Рисунок 19. Композит – уламки бірюзи в полімерній матриці з крихтою природного каміння



Рисунок 20. Композит – уламки карбонату в полімерній матриці з прожилками жовтого металу

Основними методами діагностики є оптико-мікроскопічні дослідження, визначення оптичних показників, густини, РФА, реакція з кислотою, тест з розжареною голкою [13].

Керамічний матеріал (кераміка) – це штучні матеріали, одержані внаслідок високотемпературного спікання порош-

ків природних мінералів та/або штучних матеріалів завдяки керамічному процесу (рис. 21) [13].

Полімерно-синтетичний матеріал – імітації, отримані шляхом пресування синтетичних матеріалів з полімерами (рис. 21) [13].

Кераміка та полімерно-синтетичний матеріал різні за методом отримання, але їхні діагностичні властивості та мікроскопічні особливості дуже схожі між собою.



Рисунок 21. Імітації напівдорогоцінного каміння з керамічного і полімерно-синтетичного матеріалу

Основними методами діагностики є оптико-мікроскопічні дослідження, визначення оптичних показників, густини, дослідження кольору риски, магнітності, реакція з кислотою, тест з розжареною голкою, РФА, ІЧ-Фур'є спектроскопія [13, 14].

Висновки

У процесі виконання НДНТР було проведено комплексні інструментальні гемологічні дослідження облагородженого, синтетичного, реконструйованого, складеного напівдорогоцінного каміння та його імітацій, які включають вивчення літературних джерел, визначення гемологічних характеристик, вимірювання рентгенівських спектрів, мікроскопічні дослідження, вивчення флуоресценції.

1. За результатами отриманих даних систематизовано і узагальнено види облагородження напівдорогоцінного каміння, яке наявне на ринку України, та визначено його діагностичні ознаки і їх критерії.

2. Встановлено та вивчено синтетичні аналоги напівдорогоцінного каміння, його штучні імітації, реконструйоване і складене напівдорогоцінне каміння та визначено його діагностичні ознаки й критерії.

3. Розроблено методику визначення природи походження і облагородження напівдорогоцінного каміння, яка регламентує перелік ознак і їх критеріїв для проведення інструментальної діагностики.

4. Створено навчальний посібник «Атестація та експертна оцінка імітацій, синтетичних аналогів й облагороджених різновидів напівдорогоцінного каміння», де описано основні види облагородження напівдорогоцінного каміння, його синтетичні аналоги, природні та штучні імітації, реконструйоване і складене напівдорогоцінне каміння. Наведено його діагностичні ознаки і критерії, послідовність і зміст відповідних операцій з інструментальної діагностики різноманітних імітацій напівдорогоцінного каміння. Навчальний посібник буде використано в ДГЦУ для підготовки експертів-гемологів за напрямком «Атестація та експертна оцінка напівдорогоцінного каміння».

Використані джерела

1. Гелета О.Л., Сулова В.М. Атестація та експертна оцінка напівдорогоцінного каміння: навч. посіб. Київ: ДГЦУ, 2020. 60 с.
2. The CIBJO Blue Books. URL: <https://www.cibjo.org/the-blue-books> (date of access: 12.05.2023).
3. Татарінцева К.В., Беліченко О.П., Гаєвський Ю.Д., Ладжун Ю.І., Фуголь Л.Д., Комплексні гемологічні, фізичні, хімічні та мікроскопічні дослідження коштовних органогенних матеріалів (корал, кістка, перламутр). *Коштовне та декоративне каміння*. 2019. №4 (98). С. 4–9.
4. Андерсон Б. Определение драгоценных камней. Москва: Мир камня, 1996. 456 с.
5. Эллуэлл Д. Искусственные драгоценные камни. Москва: Мир, 1986. 160 с. : ил.
6. Рид П. Геммология. Москва: Мир, 2003. 366 с. : ил.
7. Балицкий В.С., Лисицина Е.Е. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. Москва: Недра, 1981. 158 с.
8. Черненко Т.В., Мельников Е.П. Свойства и диагностика природного и синтетического малахита. *Вестник геммологии*. 2003. № 8. С. 11–27.
9. Nassazz K. Shigley E. A Study of the General Electric Synthetic Jadeit. *Gems & Gemology*. 1987. Vol. 23. No. 1. P. 27–36.
10. Сулова В.М., Горобчишин О.В., Грущинська О.В., Ляшок В.І., Сергієнко І.А., Кічняєв А.М. Лазурит і його імітації та синтетичні аналоги на ювелірному ринку України. *Коштовне та декоративне каміння*. 2022. № 3 (109). С.15–21.
11. Беліченко О.П., Гаєвський Ю.Д. та ін. Атестація та експертна оцінка дорогоцінного каміння: навч. посіб. 2-ге вид., перероб. та доп. Київ, ДГЦУ, 2022. 64 с.
12. Сулова В.М., Гаєвський Ю.Д., Горобчишин О.В., Ляшок В.І. Штучні замітники напівдорогоцінного каміння. Частина 1. *Коштовне та декоративне каміння*. №2 (112). 2023. С. 18-24.
13. Сулова В.М., Гаєвський Ю.Д., Горобчишин О.В., Ляшок В.І. Штучні замітники напівдорогоцінного каміння. Частина 2. *Коштовне та декоративне каміння*. №3 (113). 2023. С. 4–8.
14. Сулова В.М., Горобчишин О.В., Ляшок В.І. Штучні замітники гематиту. *Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння: матеріали XII міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 24–25 листопада 2023*. С. 19–21.

References

1. Geleta O.L., Surova V.M. Certification and expert assessment of semi-precious stones: study manual. Kyiv: SGCU, 2020. 60 p. [in Ukrainian]
2. The CIBJO BlueBooks. URL: <https://www.cibjo.org/the-blue-books> (date of access: 12.05.2023).
3. Tatarintseva K., Belichenko O., Gayevsky Yu., Ladzhun Yu., Fugol L. Complex gemological, physical, chemical analysis as well as microscopic study of precious organogenic material (corals, ivory, nacre). *Precious and decorative stones*. 2019. №4 (98). P. 4–9. [in Ukrainian]
4. Anderson B. Determination of precious stones: monograph. Moscow: Mir kamnya, 1996. 456 p. [in Russian]
5. Ellul D. Artificial precious stones: monograph. Moscow: Mir, 1986. 160 p. [in Russian].
6. Reed P. Gemology. Moscow: World, 2003. 366 p. [in Russian]
7. Balitsky V.S., Lisitsyna E.S. Sinteticheskie analog i imitatsii prirodnyh dragotsennyh kamney. (Synthetic analogues of natural and jewelry gemstones). Moskva: Nedra, 1981. 158 p. [in Russian]
8. Chernenko T.V., Melnikov E.P. Properties and diagnostics of natural and synthetic malachite. *Bulletin of Gemology*. 2003. № 8. P. 11-27. [in Russian]
9. Nassazz K. Shigley E. A Study of the General Electric Synthetic Jadeit. *Gems & Gemology*. 1987. Vol. 23. No. 1. P. 27–36.
10. Surova V., Horobchishyn O., Sergiienko I., Grushchynska O., Lyashok V., Kichnyaev A. Lapis lazuli, its imitations and synthetic analogues on the jewelry market of Ukraine. *Precious and decorative stones*. 2022. №3 (109). P. 15–21. [in Ukrainian]
11. Belichenko O., Gaevskyi Yu., etc. Attestation and appraisal of precious stones: study manual, 2nd ed., revised and supplemented. Kyiv: SGCU, 2022. 64 p. [in Ukrainian]
12. Surova V., Gayevsky Yu., Horobchishyn O., Lyashok V. Artificial analogues of semi-precious stones. Part 1. *Precious and decorative stones*. 2023. №2 (112). P. 18–24. [in Ukrainian]
13. Surova V., Gayevsky Yu., Horobchishyn O., Lyashok V. Artificial analogues of semi-precious stones. Part 2. *Precious and decorative stones*. 2023. №3 (113). P. 4–8. [in Ukrainian]
14. Surova V., Horobchishyn O., Lyashok V. Artificial imitations of hematite. *Modern technologies and features of extraction, processing and use of natural stones: materials of the XII Internat. scient.-pract. conf., Kyiv, 24-25 Novemb. 2023*. Kyiv, 2023. P. 19–21. [in Ukrainian]

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. Horobchishyn, PhD (Eng.), Deputy Director

E-mail: gorol@gems.org.ua

V. Lyashok, Chief Specialist of the Department of Semi-precious and Decorative Stones Examination.

E-mail: the_vadik@ukr.net

State Gemmological Centre of Ukraine

38–44 Deghtyarivska Str., Kyiv, 04119, Ukraine

Research of synthetic analogues and imitations of semi-precious stones diagnostic features for the purpose of creating a their identification methodology as well as determination of their origin

The article describes the results of gemological studies of diagnostic features of semi-precious stones synthetic analogues and imitations and the methodology creation for determining their origin and treatment of semi-precious stones based on them.

Keywords: artificial substitutes of semi-precious stones, synthetic analogues, imitations of semi-precious stones, treated semi-precious stones.