

УДК 549.08 : 549.731.11

Ю.Д. Гаєвський, головний фахівець відділу експертизи дорогоцінного каміння¹

E-mail: gud@gems.org.ua

О.П. Беліченко, кандидат геологічних наук, керівник відділу експертизи дорогоцінного каміння¹

E-mail: lbgems@gmail.com

Н.І. Вовк, гемолог, GIA Graduate Gemologist²

E-mail: nv0672162915@gmail.com

¹Державний гемологічний центр України

вул. Дегтярівська, 38–44, Київ, 04119, Україна

²Інтернет-магазин: nvovkjewelry.com.ua

Гемологічні дослідження шпінелі з ефектами астеризму та зміни кольору

DOI: [https://doi.org/10.53036/2023-1\(111\)-3](https://doi.org/10.53036/2023-1(111)-3)

(Рекомендовано доктором геологічних наук, професором Деревською К.І.)

Наведено результати гемологічних досліджень природної непрозорої рожево-фіолетової шпінелі. Визначені гемологічні характеристики, проведено мікроскопічне вивчення, дослідження методом кількісного рентгенофлуоресцентного аналізу (EXDRF) та ІЧ-Фур'є спектроскопії. Встановлено, що шпінель має рідкісний оптичний ефект – подвійний астеризм. Виявлено шестипроменеву зірку на поверхні кабошону і чотирипроменеву – на боковій поверхні. Також зразок характеризується ефектом зміни кольору від фіолетово-синього при освітленні спеціальною гемологічною лампою денного світла до оранжево-червоного при штучному освітленні. Подібні природні шпінелі зустрічаються вкрай зрідка не тільки на українському, а й на світовому ювелірному ринку.

Ключові слова: шпінель, астеризм, ефект зміни кольору, гемологічні дослідження, мікроскопія, рентгенофлуоресцентний аналіз.

Вступ

Експертами ДГЦУ була проведена комплексна гемологічна експертиза огранованої непрозорої вставки природного рожево-фіолетового кольору. Встановлено, що це природна необлагороджена шпінель, яка має два оптичні ефекти – астеризм і ефект зміни кольору.

Шпінель $MgAl_2O_4$ є популярним на ювелірному ринку дорогоцінним каменем. Проте ефект астеризму в шпінелі, на відміну від, наприклад, корундів зустрічається відносно зрідка.

Для прояву астеризму в дорогоцінному камені потрібні дві умови:

- 1) щільна концентрація лінійних голкоподібних включень у кількох конкретних напрямках по всьому каменю;
- 2) вигнута поверхня (огранювання кабошон) для отримання когерентного

фокусування відбиття світла від цих включень – відображення зірки.

Зірки, зазвичай, складаються з 2, 3 або 6 міжсекційних смуг, які і спричиняють появу до 4, 6 або 12 променів. Найпоширеніші зірки мають 6 променів, а 12-променеві досить рідкісні (зустрічаються в корундах) [1].

Необхідно зазначити, що на ювелірному ринку України необлагороджені шпінелі з ефектом астеризму практично не зустрічаються.

Мета роботи – гемологічні, хімічні, фізичні та оптико-мікроскопічні дослідження наданого на експертизу каменя.

Методи досліджень

Питанням гемологічної експертизи, методам комплексної інструментальної діагностики та дослідженню облагородження шпінелі присвячена публікація ДГЦУ [2].

Визначення діагностичних гемологічних характеристик проводилося за до-

помогою стандартного гемологічного обладнання.

Для мікроскопічних досліджень використано гемологічний мікроскоп «Gemmaster L 230V».

Дослідження методом ІЧ-Фур'є спектроскопії виконувалося за допомогою спектрометра моделі «Nicolet 6700» виробництва «ThermoFisherScientific», на приставці «Collector II» відповідно до «Методики діагностики дорогоцінного каміння методом ІЧ-Фур'є спектроскопії» [3].

Вимірювання спектрів рентгенівського випромінювання проводилося методом напівкількісного РФА (EXDRF) за допомогою спектрометра енергій рентгенівського випромінювання «СЕР-01» моделі «ElvaX-Light» з інтервалом досліджень від Na до U, відповідно до «Методики діагностики дорогоцінного каміння та його замінників методом рентгенофлуоресцентного аналізу» [4].

Виклад основного матеріалу

Опис та гемологічні характеристики зразка:

Геометричні розміри – \varnothing 7,96-8,07×7,31 мм.

Маса – 4,31 карата.

Форма огранування – круг.

Вид огранування – кабошон.

Стиль огранування – змішаний.

Прозорість – непрозорий.

Показник заломлення (метод краплі) $n = 1,71$.

Густина – 3,58 г/см³.

Плеохроїзм – відсутній.

Флуоресценція в довгохвильовому (365 нм) та короткохвильовому діапазоні (254 нм) – відсутня.

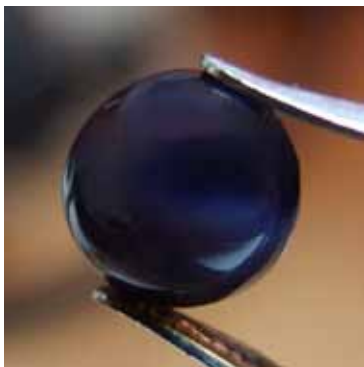
Оптичні ефекти:

- астеризм;

- ефект зміни кольору (рис. 1).

Колір при освітленні спеціальною гемологічною лампою денного світла з колірною температурою 5500 °К – фіолетово-синій.

Колір при штучному освітленні (спрямоване волоконно-оптичне освітлення з колірною температурою 3000 °К, 100 ват) – оранжево-червоний.



1



2

Рисунок 1. Шпінель при освітленні спеціальною гемологічною лампою денного світла, зб. 4 (1), при штучному освітленні, зб. 4 (2)

Під час оптико-мікроскопічних досліджень каменя методом темнопольної мікроскопії разом із застосуванням спрямованого волоконно-оптичного освітлення було детально досліджено явище астеризму. Чітка шестипроменева зірка на випуклій поверхні кабошона зумовлена наявністю великої кількості природних включень рутилу (рис. 2) [5, 6]. Також на бічній частині кабошону несподівано було виявлено чотирипроменеву зірку (рис. 3).



1



2

Рисунок 2. Шестипроменева зірка в шпінелі при точковому штучному освітленні, зб. 3,75 (1); включення рутилу в шпінелі, зб. 45 (2)



Рисунок 3. Чотирипроменева зірка на бічній поверхні кабошона, зб. 27

Необхідно зазначити, що в окремих випадках, крім зірки на опуклій поверхні кабошона, може проявлятися зірка на бічній поверхні, що в цьому камені пов'язано з недосконалістю геометричних параметрів огранування, а саме великою висотою вставки.

Подібний камінь з двома зірками було також описано Е. Billie Hughes [7], проте в описаному ним зразку не фіксувався ефект зміни кольору.

Хімічний склад шпінелі, визначений за результатами напівкількісного рентгенофлуоресцентного аналізу, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Хімічний склад шпінелі (мас. %)

Елемент	Концентрація
MgO	27,85–28,59
Al ₂ O ₃	69,98–70,52
TiO ₂	0,20–0,29
V ₂ O ₅	0,1–0,13
Cr ₂ O ₃	0,16–0,29
MnO	0.01–0.02
FeO _{заг}	0,88–1,27
Ga ₂ O ₃	0–0,01
ZnO	0,004–0,04

Звертає на себе увагу наявність домішок Cr, V, Fe. Ці домішки, за літературними джерелами [8], значною мірою впливають на наявність ефекту зміни кольору в камені.

Дослідження методом ІЧ-Фур'є спектроскопії здійснювалося за кімнатної температури, в спектральному діапазоні 7000-400 см⁻¹, кількість сканувань у циклі вимірювання – 520, за роздільної здатності 4 см⁻¹.

За результатами досліджень виявлено:

1. Наявність піків поглинань близько 3735 та 3676 см⁻¹. Їх пов'язують [9] з присутністю в кристалічній ґратці валентних ОН-коливаль, що належать до структурних гідроксильних груп слоїстих силікатів [9].

2. У спектрах виявлено пік близько 623 см⁻¹, який інтерпретується як складне коливання типу Me²⁺-O-3Me³⁺. Його позиція у спектрі дещо коливається залежно від взаємної кількості елементів у камені [10]. Цей пік може слугувати діагностичною ознакою для шпінелі взагалі.

Висновки

Проведено комплексні гемологічні, хімічні, спектроскопічні та оптико-мікроскопічні дослідження наданої на експертизу непрозорої рожево-фіолетової шпінелі. Встановлено, що шпінель має рідкісний оптичний ефект – подвійний астеризм.

Виявлено шестипроменеву зірку на поверхні кабошону і чотирипроменеву – на боковій поверхні. Також зразок характеризується ефектом зміни кольору від фіолетово-синього при освітленні спеціальною гемологічною лампою денного світла до оранжево-червоного при штучному освітленні. Подібні природні шпінелі зустрічаються вкрай зрідка не тільки на українському, а й світовому ювелірному ринку.

Використані джерела

1. Unusual Phenomenal Colored Stones. GIA Knowledge Sessions Webinar Series.
2. Беліченко О.П., Гаєвський Ю.Д., Ладжун Ю.І., Деревська К.І., Фуголь Л.Д. Комплексні гемологічні дослідження шпінелей. *Коштовне та декоративне каміння*. 2015. №3 (81). С. 20–26.
3. Методика діагностики дорогоцінного каміння методом ІЧ-Фур'є спектроскопії: затв. наказом ДГЦУ від 21.12.2012 № 149/12-1. Київ, ДГЦУ. 2012. 10 с.
4. Методика діагностики дорогоцінного каміння та його заміників методом рентгенофлуоресцентного аналізу: затв. наказом ДГЦУ від 25.01.2013 № 6/13-1. Київ, 2013. 8 с.
5. Gem Reference Guide. Gemological Institute of America (GIA). 1988.
6. Gübelin E.J., Koivula J.I. Photoatlas of Inclusions in Gemstones. Zurich, Switzerland. ABC Edition, 1986. 532 p.
7. Hughes E. B. Star Spinel with Four and Six Rays. *Gems & Gemology*. Summer 2018. Vol. 54. No. 2. P. 230.
8. Платонов А.Н., Таран М.Н., Балицкий В.С. Природа окраски самоцветов. Москва: Недра, 1984. 196 с.
9. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. Москва: Изд-во Московского университета, 1976. 175 с.
10. Куражковская В.С., Дорохова Г.И., Розенберг К.А., Кабалов Ю.К. Рентгенографические и ИК-спектроскопические характеристики алюмо- и хромсодержащих шпинелей. *Вестник ОГГГН РАН*, 2000. № 5. т.1 (15). С. 102–103.

References

1. Unusual Phenomenal Colored Stones. GIA Knowledge Sessions Webinar Series.
2. Belichenko O., Gayevsky Yu., Derevska K., Ladgun Yu., Fygod D. Comprehensive gemological study of spinel. *Precious and Decorative Stones*. 2015. №3 (81). P. 20–26. [in Ukrainian]
3. Method of precious stones diagnostics with IR-Fourier spectroscopy use: approved by the order of SGCU from December 21, 2012, No. 149/12-1.SGCU, Kyiv. 2012. 10 c. [in Ukrainian]
4. Method of precious stones and their substitutes diagnostics with X-ray fluorescence analysis method use: approved by the order of SGCU from January 25, 2013, No. 6/13-1. Kyiv, 2013, 8 c. [in Ukrainian]
5. Gem Reference Guide. Gemological Institute of America (GIA). 1988.
6. Gübelin E.J., Koivula J.I. Photoatlas of Inclusions in Gemstones. Zurich, Switzerland. ABC Edition, 1986. 532 p.
7. Hughes E. B. Star Spinel with Four and Six Rays. *Gems & Gemology*. Summer 2018. Vol. 54. No. 2. P. 230.
8. Platonov A., Taran M., Balitsky V. The nature of the gems color. Moscow: Nedra, 1984. 196 p. [in Russian]
9. Plyusnina I. Infrared spectra of minerals. Moscow: Moscow University Press, 1976. 175 p. [in Russian]
10. Kurazhkovskaya V., Dorokhova G., Rozenberg K., Kabalov Yu. X-ray and IR-spectroscopic characteristics of aluminum- and chromium-containing spinels. *Vestnik OGGGN RAN*, 2000. No. 5. v.1 (15). pp. 102–103. [in Russian]

UDC 549.08 : 549.731.11

Yu. Gayevsky, Chief Specialist of the Department of Examination of Precious Stones. E-mail: gud@gems.org.ua¹

O. Belichenko, Ph.D. (Geol.), Head of the Department of Examination of Precious Stones¹
E-mail: lbgems@gmail.com

N. Vovk, GIA Graduate Gemologist². E-mail: nv0672162915@gmail.com

¹State Gemmological Centre of Ukraine

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

²Internet shop: nvovkjewelry.com.ua

Gemological research of the spinel with asterism and color change effect

The results of the natural opaque pink-purple spinel gemological study are given. Gemological characteristics were determined, microscopic examination, quantitative X-ray fluorescence analysis (EXDRF) and IR-Fourier spectroscopy were carried out.

It was defined that the spinel has rare optical effect – a double asterism. Six-pointed star is visible on the surface of the cabochon top and four-pointed star is on the side surface. The sample is characterized by the color change effect as well, from purple-blue under the daylight gemological lamp to orange-red under the incandescent light. Such natural spinels are extremely rare not only on the Ukrainian, but also on the world jewelry market.

Keywords: spinel, asterism, color change effect, gemological research, microscopy, X-ray fluorescence analysis.