

Астеризм у дорогоцінному та напівдорогоцінному камінні

Галина Чистякова

Судова експертка Житомирського відділення Київського науково-дослідного інституту судових експертиз
Міністерства юстиції України

ORCID: 0009-0004-6092-3648, e-mail: galinazt@i.ua

У статті розкриті питання різноманіття зразків каменів із зірками на поверхні та діагностичні характеристики дорогоцінних і напівдорогоцінних каменів з ефектом астеризму — оптичного ефекту, що спостерігається в кабошонах або інших кривограних об'єктах і проявляється виникненням на поверхні каменя під час його освітлення світлової фігури у вигляді зірки, утвореної перетином в одній точці декількох променистих смуг і зумовленої сукупним проявом явищ заломлення, дифракції та відбиття світла від закономірно орієнтованих голчастих мінеральних включень (зазвичай рутилу) або порожнин (каналів зростання тощо) у камені (наприклад, котяче око — оптичний ефект, що виникає на поверхні каменя під час його освітлення світлової фігури у вигляді променистої смуги, зумовленої орієнтованим відбиттям світла від взаємопаралельних тонковолокнистих мінеральних включень). Метою статті став розгляд гемологічних, хімічних, фізичних й оптико-мікроскопічних досліджень різних видів каменів з ефектом астеризму. Оскільки така проблематика розглянута вперше у галузі судово-експертних установ України та запропоновано способи її розв'язання в межах судової гемологічної експертизи, це підтверджує актуальність цього дослідження.

Ключові слова: астеризм; дорогоцінне каміння; показник заломлення; густина; твердість; чистота; об'єкти; включення; дефект.

Постановка проблеми. Астеризм — один із найбажаніших оптичних ефектів, який чарує красою, тому досить дорого коштує. Отже, попит на камені з таким ефектом є високим, внаслідок чого на ринку відмічено високий відсоток підробок. Рідкість є основним чинником у визначенні вартості дорогоцінного каменю, вона сприяє

ексклюзивності та бажаності дорогоцінних каменів. Рідкісними вважають дорогоцінні камені, які є дефіцитними та важкодоступними через обмежену доступність, геологічні умови або їхні унікальні характеристики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час вивчення наукових статей Державного гемологічного центру України, *GIA*, *IGI*, публікацій В. Пагель-Тайсен [1], В. Татаринцева, В. Павлишина та ін. [2] було проаналізовано питання діагностування астеризму та методи, які для цього використовують, а також розглянуто методи і сутність штучного покращення.

Мета дослідження. Проаналізувати гемологічні, хімічні, фізичні й оптико-мікроскопічні дослідження різних видів каменів з ефектом астеризму.

Викладення основного матеріалу. Астеризм (англ. *asterism*, *stellate opalescence*) — властивість мінералів утворювати у відбитому або прохідному світлі смугасті коло- або зіркоподібні світлові фігури.

Починаючи від 1837 р., дивовижні явища світлових смуг та світлових плям (світлових вузлів) були неодноразово описані. Д. Брюстер у 1837 і 1853 рр. описав експерименти травлення на кристалах і оптичні явища, що виникають в результаті. Це надихнуло інших дослідників на проведення подібних експериментів, які також описують виникнення світлових ліній і вузлів. Особливо цікавою є стаття Ф. фон Кобелля (1863), у якій він посилається на відкриття Д. Брюстера та ін. У своїй дисертації (1865) Хаусхофер також проводив експерименти в традиції Брюстера на кальциті та описав отримане оптичне явище, як діастеризм. 1915 р. Калковський згадує про це явище у своїй статті про опалесцентний кварц [3].

Синтетичні зірчасті рубіни та зірчасті сапфіри були вперше створені майже випадково Еверсом і Бердіком 1947 р. Відтоді, як синтетичні рубіни та сапфіри вирощували за допомогою методу синтезу Вернейля з 1902 р., були зроблені спроби виростити синтетичні сапфіри з більш постійним кольором. Для цього спробували прибрати барвник залізо. Як наслідок залишився тільки титан (TiO_2), після розрізання сапфірової булі та гранування в форму кабошон сонячне світло раптово засяяло чарівною зіркою.

Вражає, що протягом дуже тривалого часу було відомо про дуже малу кількість дорогоцінних каменів з астеризмом (особливо зірчастих корундів, зірчастих кварців і зірчастих польових шпатів), оскільки їх можна напевно ідентифікувати у старих текстах.

У давнину і середні віки дорогоцінні камені загалом були дефіцитом, а астеризовані дорогоцінні камені — ще більше. Отже, шанси зустріти інші зіркові дорогоцінні камені, крім звичайних, також були

обмежені. До того ж через відсутність мінералогічних знань було неможливо відрізнити камені, які виглядали схожими на такі, що мають цей ефект, а також часто походили з тих самих місць. Класичним прикладом є корунд і шпінель: не лише багато червоних шпінелей вважали рубінами, а й зірчасті шпінелі — зірчастими рубінами та сапфірами.

З відкриттям Нового світу та наступним колоніалізмом багато нових мінералів і дорогоцінних каменів досягли Європи. Розвиток мінералогії у XVIII і XIX ст. пролив світло на справжню природу відомих мінералів (наприклад, почали розрізняти шпінель і корунд) і дав змогу створювати нові види мінералів. Із зростанням кількості видів зросла кількість різновидів дорогоцінних каменів із зіркою. Як свідчать описи нових зіркових каменів останніх років, цей процес триває дотепер завдяки сучасним гемологічним методам.

Найвідоміші зіркові рубіни — *Rosser Reeves Ruby* (*Rosser Reeves Star Ruby*), *DeLong Star Ruby*, *Eminent Star Ruby*, *Ecce Homo Star Ruby*, *Neelanjali Star Ruby* (12 rays), *Rajaratna Star Ruby*, *Vidyaraj Star Ruby*, *Raviratna Star Ruby*, *Star of Katandru*, *Unnamed Star Ruby* (26.40 ct), *Unnamed Star Ruby* (310 ct), *Unnamed Star Ruby* (45.01 ct and 21.00 ct).

Rosser Reeves Ruby (*Rosser Reeves Star Ruby*) — один із найбільших і найкращих зірчастих рубінів у світі вагою 138,7 карата (27,74 г). Цей камінь зі Шрі-Ланки славиться своїм чудовим кольором та чітко вираженим зірчастим візерунком. Камінь названо на честь рекламного магната Р. Рівза, який подарував дорогоцінний камінь Смітсонівському інституту (1965), а до того був його щасливим каменем. Р. Рівз часто стверджував, що купив камінь на аукціоні в Стамбулі в середині 1950-х років. Насправді він купив камінь у Р. С. Нельсона-молодшого з Нью-Йорка, який діяв від імені *Firestone & Parson* (м. Бостон, США). Своєю чергою цей рубін купили на аукціоні в Лондоні 1953 р. — на той час він важив трохи більше ніж 140 карат (28 г), але був дуже подряпаний, тому кілька карат були видалені під час повторного полірування, що також допомогло центрувати зірку каменю [3].

DeLong Star Ruby — один із найвідоміших зірчастих рубінів високої якості та виняткової ваги, який виявили в Бірмі на початку 1930-х або наприкінці 1920-х років. 1937 р. відомий колекціонер мінералів і дорогоцінних каменів М. Л. Ерманн продав його Е. Х. Делонг, дружині Дж. Б. Делонга, за 21400 доларів. Того ж року вона подарувала його Американському музею природної історії в Нью-Йорку (США). Рубін важить 100,32 карата, колір — від напівпрозорого до майже прозорого, має надзвичайно сильний пурпурно-червоний колір і дуже виразну зірку.

29.10.1964 його було викрадено разом із деякими іншими відомими дорогоцінними каменями (зокрема, зірчастим сапфіром «Зірка

Індії» та Орлиним діамантом вагою 16,25 карата), що увійшло в історію як «крадіжка коштовностей століття», злочинцями виявилися Дж. Мерфі з двома спільниками.

Eminent Star Ruby — найбільший відомий зірчастий рубін у світі. Він був знайдений в Південній Індії (імовірно в регіоні Майсур або Майсуру). Необроблений камінь мав неймовірну вагу — приблизно 30 000 карат. Він був огранений у Джайпурі (Раджастан) — центрі індійської індустрії кольорового каменю, компанією *Jaipur Lapidaries M/s Mali-ram Puramal Rawat*. Вони створили камінь вагою 6465 карат, розміром 109×91×58 мм за висловом *gemdat.org* «поганої якості». Колір цього індійського гіганта — пурпурно-червоний (відомо, що камінь був покращений олією). Така сувора обробка є звичайною практикою для значної кількості індійських зірчастих рубінів нижчої якості.

Найвідоміші зіркові сапфіри — *Star of India, Star of Bombay, Star of Ceylon, Star of Lanka, Star of Asia, Star of Artaban, Midnight Star, Black Star of Queensland, Star of Jolie, Gordon Star Sapphire, Golconda Star Sapphire, Starry Night Sapphire, Star of Carolinas, The King, Lone Star Sapphire, Star of Adam*.

Star of India — ймовірно, найвідоміший з усіх зірчастих сапфірів і найбільший зірчастий сапфір високої якості. Він має розмір м'яча для гольфу та неймовірну вагу 563,35 карата. Його колір дуже інтенсивний, від світлого до середнього блакитного [5]. Зірка дуже гостра, виразна і майже ідеальна. З одного боку кабошон демонструє деякі лінії зростання, які, однак, не заважають красі каменя [3]. Зірка вирізна так, що на ній також видно гарну зірку з її полірованого зворотного боку (це можливо, коли рутілові голки з того боку достатньо сконцентровані). Всупереч тому, що може впливати з назви, цей зірчастий сапфір був знайдений у Шрі-Ланці. Індійських зірчастих сапфірів такого кольору та якості не існує.

Star of Bombay — овальний камінь, що важить 182 карата і має фіолетово-блакитний колір. Експертизи С. W. Fryer та J. J. Koivula (1986) довели, що він був знайдений також на Шрі-Ланці.

Star of Ceylon — надзвичайно прозорий овальний зірчастий сапфір важить 101,01 карат і має дуже тонкий середньо-інтенсивний синій колір зі слабким фіолетовим відтінком. Зірка цього каменя досить слабка (приблизно 35% *MPSS*). Ймовірно, камінь був знайдений на Шрі-Ланці. Хьюз (1997) процитував Р. Аллана (1994), який сказав, що камінь є частиною приватної колекції в Сіетлі (США).

Ефект зірки означає оптичне явище, визначене наявністю променів світла, які зустрічаються в одній точці та орієнтовані один щодо одного під дуже точними кутами. Це явище виникає внаслідок відбиття світла від паралельних трубок або заповнених рідиною каналів

і голок мінеральних включень, які утворюють симетричний візерунок усередині кристала. Орієнтація та просторове положення включень у кристалі узгоджуються з симетричними структурами будови кристала, а кути між включеннями різних систем відповідають кутам між кристалографічними осями [7].

Астеризм можна поділити на два види залежно від положення джерела світла відносно положення каменя, коли видно зірку. Відбиття падаючого (відбитого) світла над масивами (наприклад, орієнтованих рутилових голок) називають епіастеризмом. Якщо світло має проходити крізь камінь, щоб зробити ці включення видимими у вигляді зірчастого малюнка — це діастеризм. Це залежить від якості каменю та положення відбиваючих включень, який буде домінуючим ефектом, але загалом діастеризм у природі зустрічається рідше [3].

У результаті дифракції світла на ґратках таких мікровключень за відповідного освітлення спостерігається група смужок, які світяться, а також перетинаються в одній точці (зірці). Кількість таких точок залежить від симетрії кристалу. Для кристалів кубічної сингонії (шпінелі) дві взаємно перпендикулярні системи включень утворюють дві смужки, тобто чотирипроменеву зірку, а у кристалів гексагональної (берил) і тригональної (корунди) сингоній — три системи включень утворюють три смуги — шестипроменеву зірку.

Якщо волокна, трубки або голки орієнтовані лише в одному напрямі в мінералі-хазяїні, то світло, відбите від цих включень, перетворюється на єдину світлову смугу, яка ортогональна до їхньої орієнтації та злегка подовжена до їх фактичної орієнтації. Переміщення джерела світла змушує цю світлову смугу блукати разом із ним. У цьому випадку можна спостерігати локальне мерехтливе світлове явище (так зване котяче око).

Правила та передумови зіркового ефекту можна узагальнити на мінералогічній основі.

1. У мінеральних голках або дрібних витягнутих дисперсних включеннях у деяких випадках можуть бути заповнені рідиною або бути порожніми трубки або канали. Ці дрібно розподілені голки всередині кристала на торговельній мові називають «шовк». Здебільшого причиною є мінерал рутил, який спричиняє ефект зірки.
2. У типовому зірковому камені (наприклад, сапфірі, а також в інших мінералах, що мають ефект зірки) включення орієнтовані відповідно до областей симетрії та площин кристалічної структури.
3. У класичному описі астеризму загально визнано, що тонкі голки відбивають світло назад до ока глядача. Сам ефект зірки обумовлений вибіркоким відбиттям і розсіюванням світла на цих включеннях.

4. Щоб ефект зірки був помітним або для збільшення його контрасту, необхідно використовувати точкове джерело світла (найкраще — сонце).

Насправді ґратчаста система та систематичне впорядкування включень викликає створення променів і смуг відбитого світла. Якщо є тільки один напрям орієнтації, то виникає ефект котячого ока. Якщо присутня інша орієнтована система включень і вона повернута проти першої, то з'являються два пересічні промені світла, що виглядає як чотирипроменева зірка. За наявності трьох напрямів орієнтації включень з'являються три промені світла і під прямим кутом спостереження видно шестипроменеву зірку.

Якщо цю ґратчасту систему в одному, двох або трьох напрямках орієнтації подвоїти в камені та повернути проти першої ґратки, то можуть з'явитися зірки навіть з більш ніж шістьма променями. Тому можна знайти камені з подвійними системами двох орієнтацій, які дають 8-променеву зірку, і подвійними системами трьох орієнтацій, які дають 12-променеву зірку.

Причина полягає в кристалографічній орієнтації клітини. Двійнування та порушення зростання можуть створити нові орієнтації мереж для включень, тому можна знайти множинність одно-, дво- і трикратної орієнтації в каменях, якщо існує множинне двійникування (наприклад, 16 або 18 променів зірок).

Але в більшості випадків ці камені надто непрозорі, щоб показати всі площини в їхніх різних шарах росту, тому в оброблених каменях здебільшого зустрічаються лише дванадцятипроменеві зірки.

У кристалах кубічної кристалічної системи (наприклад, зірка аль-мандин або зірчаста шпінель) астеризм спричинений включеннями, орієнтованими за краями октаедричної системи. Дивлячись просто на верхівку октаедра, можна побачити два напрями орієнтації, а дивлячись на грань октаедра — три напрями. Тому на першому місці може розвинутиися зірка з чотирма променями, а на другому — з шістьма.

Котяче око — термін, який зазвичай застосовують лише для хризоберилу котячого ока. Що стосується решти видів мінералів, то за правилами *CIBJO* до назви мінералу необхідно додавати «котяче око».

Для кожного мінералу може бути своя причина ефекту котячого ока (включення, волокнисті агрегати мінерального типу, порожнисті канали або канали рідини). У табл. 1 узагальнено причини ефекту котячого ока для кількох мінералів.

**Причина ефекту котячого ока в різних мінералах
(за W. F. Eppler, 1994)**

Назва	Причини ефекту
Олександрит	Незначні вclusions, орієнтовані паралельно осі c
Апатит	Орієнтовані заповнені рідиною канали
Діопсид	Орієнтовані вclusions
Хризоберил	Незначні голчасті вclusions та пластинки, паралельні осі c
Кордієрит	Тонкі паралельні волокна
Енстатит	Тонкі та паралельні кристалічні голки
Корнерупін	Тонкі голчасті вclusions паралельні осі c
Місячний камінь	Незначні вclusions
Ортоклаз	Не відомо
Петаліт	Можливо щільне з'єднання тонких пластинок
Перидот (хризоліт)	Паралельно орієнтовані вclusions
Фенакіт	Короткі та паралельно орієнтовані голки
Кварц	Незначні паралельно орієнтовані волокна роговообманкового асбесту протогенетичного походження
Силліманіт	Довгі, дуже тонкі орієнтовані кристалічні голки
Скаполіт	Подвійно заломлюючі, орієнтовані мінеральні голки
Турмалін	Мінеральні волокна, орієнтовані паралельно осі c, або ростові трубки
Цоїзит	Волокна тремоліту у вигляді вclusions

Можливими також є помилки огранювання каменів з астеризмом: під час огранювання кабошона із зіркою можуть виникнути деякі недоліки через неправильну орієнтацію купола та його форму вирізу (за К. Фішером, 1996). Якщо орієнтація верхньої частини кабошона не відповідає орієнтованим вclusions, може статися, що:

- зірка на кабошоні зміщена від центру;
- світлові промені в астеризованих каменях розподілені по кабошону нерівномірно та мають різний розмір (див. рис. 1).

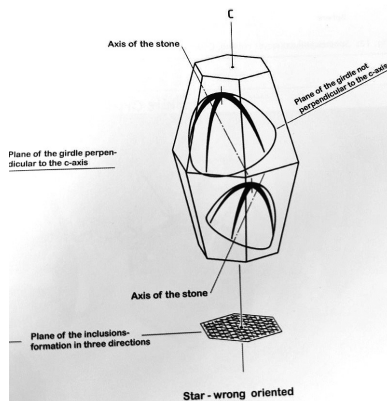


Рис. 1. Можливі помилки огранування

Причиною астеризму є систематично розташовані вclusions та порожнисті/заповнені рідиною канали. Огляд цих вclusions у деяких популярних дорогоцінних каменях наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Включения та їхні характеристики в різних зіркових дорогоцінних каменях (за W. F. Erppler, 1994)

Тип дорогоцінного каменя	Кількість променів	Кут між променями	Включения, їх склад та орієнтація
Хризоберил	4	90	Зазвичай порожнисті/заповнені рідиною канали
Діопсид	4	Непрямокутний 107/73	Включения магнетиту у вигляді смуг і голок, також містять ільменіт і шпінель. Голки перетинаються під кутами 73° і 107°. Каміні дещо магнітні
Еканіт	4	-	Численні дрібні, витягнуті та двозаломлюючі включения, упорядковані за тетрагональною симетрією
Енстатит	4 і 6	-	Орієнтовані рутилові та ільменітові голки
Гранат	4 і 6	90/60	Сингенетичні орієнтовані включения рутилу, що проходять паралельно чотирьом краям ромбічного додекаедра

Тип дорогоцінного каменя	Кількість променів	Кут між променями	Включення, їх склад та орієнтація
Місячний камінь	4	-	Включення (не специфічні)
Перидот (хризоліт)	4 6	90 60	Включення дуже тонких голок, що перетинаються під кутом 90°. Наявність багатьох дуже тонких голок, що перетинаються під кутом 60°
Кварц	6	60	Орієнтовані включені голки гетиту, що йдуть паралельно краям ромбоедра
Рубін	6	60	Орієнтовані включення рутилу перетинаються під кутом 60°
Синтетичний рубін	6	60	TiO ₂ додається до синтетичного розплаву. Після цього матеріал запікають і рутилові голки розміщуються під кутом 60°, орієнтовані одна на одну
Сапфір	6	60	Зазвичай орієнтовані рутилові голки, як у рубіна
Шпінель	4 — у центральній точці октаедра, 6 — у гранях октаедра	90/60	Незначні голчасті кристали (титаніту або рутилу) йдуть паралельно краям октаедра і викликають астеризм

Висновки. Камені з ефектом астеризму неймовірно гарні та рідкі. У цій статі висвітлено причини цього оптичного ефекту, різновиди каміння, в якому може спостерігатися такий ефект. Різні камені демонструють різні зірки залежно від кристалічної будови та площини у відбитому та прохідному світлі.

Перелік посилань

References

1. Пагель-Тайсен В. Все об оценке бриллиантов : практ. пособ. 9-е изд., перераб. и доп. Донецк, 2008.
- Pagel-Tajsen, V. (2008). All about diamond appraisal : a practical guide. 9th ed., rev. and supplement. Donetsk [in Russian].

2. Татаринцев В. І., Павлишин В. І. та ін. Як оцінювати коштовності з дорогоцінних каменів і металів. Київ, 2002. 272 с. / Tatyryntsev, V. I., Pavlyshyn, V. I. et al. (2002). How to evaluate jewelry made of precious stones and metals. Kyiv [in Ukrainian].
3. Steinbach, M. P. (2016). Asterism. «Gems with a star». Germany.
4. Otsuka, K. (2024). Rainbow-Colored Partially Healed Fissure in Blue Sapphire. *Gems & Gemology*. Vol. 60. No. 3. URL : <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2024-microworld-rainbow-fissure-in-sapphire> (access date: 10.03.2025).
5. Star of India (gem) / Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Star_of_India_\(gem\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Star_of_India_(gem)) (access date: 10.03.2025).
6. Gems@Gemology. 2019. Vol. 55. No. 3. URL: <https://www.gia.edu/doc/Fall-2019-Gems-Gemology.pdf> (access date: 10.03.2025).
7. Беліченко О. Л., Белєвцев О. Р., Вишнеvsька Л. І. та ін. Атестація та експертна оцінка дорогоцінного каміння: навч. посіб. Київ, 2014. / Belichenko, O. L., Bielievstev, O. R., Vyshnevskya, L. I. et al. (2014). Certification and expert evaluation of precious stones: a textbook. Kyiv [in Ukrainian].
8. Гаєвський Ю. Д., Беліченко О. П., Вовк Н. І. Гемологічні дослідження шпінелі з ефектами астеризму та зміни кольору. *Коштовне та декоративне каміння*. 2023. № 1 (111). С. 20—22. DOI: 10.53036/2023-1(111)-3 (дата звернення: 10.03.2025). / Haievskiy, Yu. D., Belichenko, O. P., Vovk, N. I. (2023). Gemological study of spinel with asterism and color change effects. *Precious and decorative stones*. No. 1 (111). DOI: 10.53036/2023-1(111)-3 (access date: 10.03.2025) [in Ukrainian].
9. Costantini, L. (2020). Trapiche gemstones and Carmel Sapphire / International Gemological Institute. URL: <https://www.igi.org/trapiche-gemstones-and-carmel-sapphire/> (access date: 10.03.2025).
10. DeLong Star Ruby / Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/DeLong_Star_Ruby (access date: 10.03.2025).

Asterism in precious and semi-precious stones

Galina Chystiakova

The article discusses the diversity of samples of stones with stars on the surface and the diagnostic characteristics of precious and semiprecious stones with the effect of asterism - an optical effect observed in cabochons or other curved cuts and manifested by the appearance on the surface of the stone during its illumination of a star-shaped light figure formed by the intersection of several radiant bands at one point and caused by the combined manifestation of refractive phenomena, diffraction and reflection of light from naturally oriented needle-like

mineral inclusions (usually rutile) or cavities (growth channels, etc.) in the stone (for example, cat's eye - an optical effect that appears on the surface of a stone when it is illuminated in the form of a radiant band caused by the oriented reflection of light from inter-parallel thin-fiber mineral inclusions). The purpose of the article is to review gemological, chemical, physical and optical microscopic studies of various types of stones with asterism effect. Since this issue is considered for the first time in the field of forensic institutions of Ukraine and ways to solve it within the framework of forensic homologous examination are proposed, this confirms the relevance of this study.

Keywords: *asterism; gemstone; refractive index; density; hardness; purity; cut; inclusions; defect.*

⇒ Чистякова, Г. (2025). Астеризм у дорогоцінному та напівдорогоцінному камінні. *Криміналістика і судова експертиза*. Вип. 70. С. 779—789. DOI: 10.33994/kndise.2025.70.57.