

УДК 343.983:553.84



<https://doi.org/10.33994/kndise.2026.71.30>

Чистякова Галина Сергіївна

судовий експерт Житомирського відділення
Київського науково-дослідного інституту судових експертиз
Міністерства юстиції України



<https://orcid.org/0009-0004-6092-3648>
galinazt@i.ua

Бібліографічний опис статті: Чистякова Г.С. (2026) Гемологічні особливості топазу та фактори, що впливають на його якість і прозорість. *Криміналістика і судова експертиза*, 71, 465–475. doi: <https://doi.org/10.33994/kndise.2026.71.30>

ГЕМОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТОПАЗУ ТА ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЙОГО ЯКІСТЬ І ПРОЗОРИСТЬ

У статті розглянуто гемологічні характеристики мінералу топаз та фактори, що визначають його якість і прозорість. Проаналізовано основні фізичні та оптичні властивості мінералу, умови його формування, типи включень і структурні дефекти, які впливають на гемологічну цінність каменю. Особливу увагу приділено причинам зниження прозорості топазу, зокрема мікровключенням, тріщинам і порушенням кристалічної структури. **Метою дослідження** є розглядення особливостей діагностики топазів у сировині при проведенні гемологічної судової експертизи, а також показати характерні діагностичні ознаки імітованого, штучного або покращеного каміння. **Методологічну основу** становлять комплексні гемологічні та мінералогічні методи дослідження, зокрема візуальна діагностика, мікроскопічні дослідження, вивчення фізико-оптичних властивостей, а також порівняльний аналіз природних та облагороджених зразків топазів. **У висновках** дослідження встановлено, що топази характеризуються значною різноманітністю кольорових відтінків, фізичних властивостей та генетичних особливостей утворення. Проаналізовано вплив домішок, природного опромінення та термічної обробки на формування кольору мінералу. Визначено, що зміна забарвлення топазів безпосередньо пов'язана з дефектами кристалічної ґратки, дією радіаційних процесів і температурними умовами.

Ключові слова: топаз, дорогоцінне каміння, прозорість, включення, гемологічна оцінка, якість мінералів.

Chystiakova Halyna

Forensic expert of the Zhytomyr branch
Kyiv Scientific Research Institute of Forensic Expertise
Ministry of Justice of Ukraine



<https://orcid.org/0009-0004-6092-3648>
galinazt@i.ua

GEMOLOGICAL FEATURES OF TOPAZ AND FACTORS AFFECTING ITS QUALITY AND TRANSPARENCY

To cite this article: Chystiakova, H.S. (2026). Hemolohichni osoblyvosti topazu ta faktory, shcho vplyvaiut na yoho yakist i prozorist [Gemological features of topaz and factors affecting its quality and transparency]. *Criminalistics and Forensics*, 71, 465–475. doi: <https://doi.org/10.33994/kndise.2026.71.30>

Topaz is a widely studied gemstone valued for its diverse colors, high clarity, and physical durability. This paper examines the key gemological characteristics of topaz, including its chemical composition, crystal structure, optical properties, and typical inclusions. Special attention is given to factors influencing its quality and transparency, such as the presence of inclusions, structural defects, and trace elements. **The aim of the study** is to examine the features of topaz identification in rough materials during gemmological forensic examination, as well as to demonstrate the characteristic diagnostic features of simulated, synthetic, or treated stones. **The methodological basis** is complex gemological and mineralogical research methods, including visual diagnostics, microscopic studies, study of physical and optical properties, as well as comparative analysis of natural and refined topaz samples. The results obtained can be used to improve the accuracy of jewelry raw material evaluation. **The conclusions** of the study established that topazes are characterized by a significant variety of color shades, physical properties and genetic features of formation. The influence of impurities, natural irradiation and heat treatment on the formation of the color of the mineral was analyzed. It was determined that the change in the color of topazes is directly related to defects in the crystal lattice, the action of radiation processes and temperature conditions.

Key words: topaz, gemstones, transparency, inclusions, gemological evaluation, mineral quality.

Постановка проблеми

Топаз є одним із найпоширеніших ювелірних мінералів, що широко використовується в ювелірній справі завдяки своїм оптичним властивостям, різноманіттю кольорів та високій прозорості. Водно-

час на сучасному ринку дорогоцінного каміння зростає кількість топазів різного генетичного походження, а також каменів, що зазнали різних видів обробки (термічної, радіаційної, дифузійної), що суттєво впливає на їхні гемологічні характеристики та ринкову вартість.

Наявність широкого спектра природних різновидів топазу, відмінності у фізико-хімічних властивостях, колірних варіаціях та морфологічних особливостях кристалів створюють певні труднощі у їх ідентифікації, класифікації та оцінюванні якості. Особливо актуальним є питання диференціації природних топазів від оброблених або синтетично модифікованих зразків, а також визначення критеріїв, що дозволяють встановити їхню гемологічну цінність.

У зв'язку з цим виникає потреба у систематизації гемологічних характеристик топазу, дослідженні його морфологічних, оптичних та структурних особливостей, а також у вдосконаленні підходів до оцінювання якості цього мінералу в ювелірній та науковій практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання діагностики топазів, їх включень та якісних характеристик досліджувались вітчизняними вченими та зарубіжними науковцями у цій галузі знань, зокрема такими як: Індутний В. В., Ладжун Ю. І., Сурова В. М., Гелета О. Л., Беліченко О. П. та ін. У цій статті проаналізований світовий досвід у цій сфері на підставі відкритих джерел інформації, у тому числі й з мережі Інтернет.

Мета дослідження

Мета дослідження – розглянути особливості діагностики топазів у сировині при проведенні гемологічної судової експертизи, а також показати характерні діагностичні ознаки імітованого, штучного або покращеного каміння. Окремі положення сформульовані у статті допоможуть експертам спростити розуміння дослідницьких етапів необхідних при проведенні ідентифікації, та допомогти з висновками.

Викладення основного матеріалу

Топаз – мінерал класу силікатів $(Al_2(SiO_4)(F,OH)_2)$ і належить до алюмосилікатів. Топази бувають усіх відтінків блакитного і синього, рожевого і фіолетового, жовтого і помаранчевого, червоного і навіть зеленого. Найбільш рідкісні та дорогі за кольором камені – це рожеві, зелені та жовті топази. Його кристали зазвичай утворюються у вигляді добре сформованих призматичних кристалів з характерною досконалою спайністю по базальній площині. Мінерал має твердість 8 за шкалою Мооса, що робить його одним із найтвердіших природних мінералів, які використовуються у ювелірних виробках.

Фізичні властивості: твердість 8; густина 3,4–3,6 г/см³; блиск скляний; спайність досконала; прозорість: від прозорого до напівпрозорого.

Важливими гемологічними показниками, які визначають цінність топазу як ювелірної сировини, є його прозорість, колір, розмір, ступінь чистоти, структурні особливості та морфологія кристалів. При цьому на формування цих характеристик впливають різні фактори, зокрема умови кристалізації мінералу, хімічні домішки, мікротріщини, включення інших мінералів, а також процеси природного або штучного впливу (термічна обробка, опромінення тощо).

Сировину топазів поділяють за масовими групами (вимірюють вагу в грамах, результат зважування записують до другого знака після коми). Окрім ваги важливою є форма сировини, яка може бути ізометричною, наближено до ізометричної, помітно не ізометричною, не ізометричною, та несиметричною.

Залежно від прозорості сировина топазів поділяється на *відмінну* якість, яка характеризується точковими безбарвними або забарвленими дефектами, окремими тріщинами або невеликими за розмірами включеннями сторонніх мінералів, невеликим помутнінням та слабкою зональністю забарвлення в окремих частинах внутрішнього простору або скупчення дефектів, у тому числі в середній частині зерна. Загальний об'єм ділянок з підвищеним вмістом дефектів не перевищує 20 %. Значна частина внутрішнього простору не містить дефектів. Наявні окремі неглибокі тріщини в периферійній зоні. Дефекти спостерігаються неозброєним оком.

Добру – характеризується безбарвним або забарвленими дефектами, помутнінням та зональністю забарвлення, які добре спостерігаються у значній частині внутрішнього простору каменю. Помітна зональність забарвлення від слабкої до помірної. В окремих частинах внутрішнього простору спостерігаються значні помутніння або скупчення дефектів, у тому числі в центральній частині кристала. Загальний об'єм ділянок з підвищеним вмістом дефектів не перевищує 40 %. Присутні тріщини в периферійній та середній зоні. Дефекти спостерігаються неозброєним оком.

Задовільну – характеризується безбарвним або забарвленими дефектами, помутнінням та зональністю забарвлення, які добре спостерігаються у значній частині внутрішнього простору каменю, у тому числі в центральній частині кристала. Добре помітна зональність забарвлення. Загальний об'єм ділянок з підвищеним вмістом дефектів становить 40–70 %. Присутні тріщини по всьому об'єму каменю, або такі, що ділять камінь рівно навпіл та впливають на його міцність. Дефекти спостерігаються неозброєним оком.

Прозорість топазу є однією з ключових гемологічних характеристик, що визначає його якість та ювелірну цінність. Водночас у природних умовах значна частина кристалів топазу характеризується зниженою прозорістю або повною непрозорістю, що обумовлено наявністю внутрішніх дефектів, насамперед включень різної приро-

ди. Формування таких включень безпосередньо пов'язане з фізико-хімічними умовами кристалізації мінералу.

Топаз формується переважно в пегматитових та пневматоліто-гідротермальних середовищах, де кристалізація відбувається за участю флюїдів, насичених леткими компонентами. У процесі росту кристала відбувається захоплення частини цього середовища у вигляді рідинних включень. Такі включення можуть бути однофазними або багатофазними (рідина, газ, тверді частинки) і часто утворюють скупчення, що спричиняє ефект внутрішньої «туманності». Висока концентрація мікроскопічних рідинних включень призводить до інтенсивного розсіювання світла, внаслідок чого топаз набуває напівпрозорого або молочного вигляду «топаз мило».

Крім рідинних, у топазах широко представлені тверді мінеральні включення, які можуть бути як сингенетичними, так і протогенетичними. Найчастіше це польові шпати, слюди, флюорит, а також рудні мінерали, зокрема магнетит або сульфіди. Оптичний ефект таких включень визначається різницею показників заломлення між включенням і мінеральною матрицею, а також їхньою власною прозорістю. Особливо суттєво на оптичні властивості впливають непрозорі або напівпрозорі включення темного кольору, які здатні не лише розсіювати, а й поглинати світло. За значної їх концентрації топаз може втрачати прозорість майже повністю.

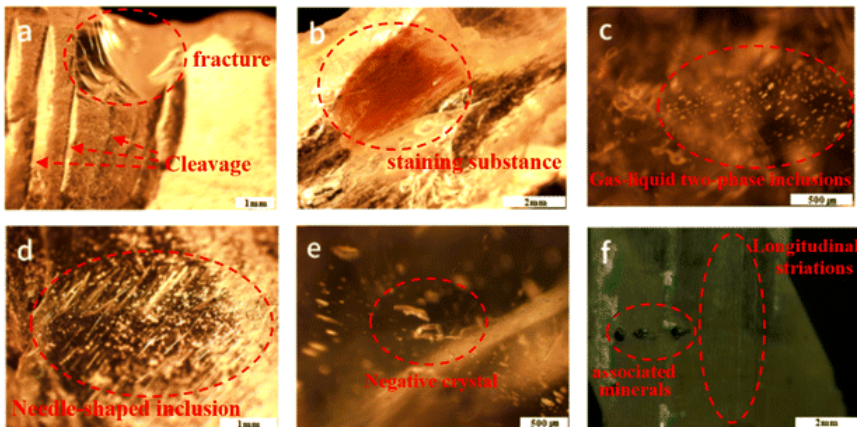


Рис. 1. Зображення поверхневих та об'ємних змін топазу: (а) скол та злам; (б) жовтувато-коричнева речовина, що забарвлюється; (с) двофазні газорідинні включення; (d) голкоподібне включення; (е) негативний кристал; (f) циліндричні поздовжні борозни та пов'язані з ними мінерали.
Зображення на рис. 1 заповиченні з мережі «Інтернет» (URL: https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2025/ra/d5ra02029h?utm_source=chatgpt.com).

Окрему роль у зниженні прозорості відіграють структурні дефекти, зокрема мікротріщини та зони вторинного перерозчинення. Такі дефекти часто заповнюються флюїдами або вторинними мінеральними фазами, утворюючи так звані «загоєні» тріщини. Вони фор-

мують складні внутрішні структури, що спричиняють багаторазове відбиття та розсіювання світлових променів, підсилюючи ефект мутності.

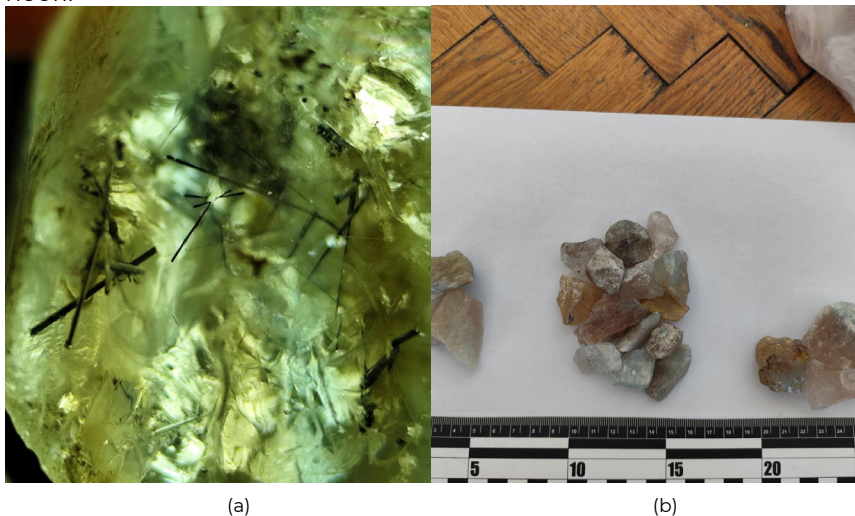


Рис. 2. Зображення мінералів з кластером включень (імовірно турмалін шерл) (а) – з матеріалів Житомирського відділення КНДІСЕ; (б) – Володар-Волинські топази (напівпрозорі, велика кількість внутрішніх включень)

Суттєвим фактором є також розмір та просторовий розподіл включень. Поодинокі дрібні включення, як правило, не мають значного впливу на прозорість, тоді як їх скупчення або рівномірно розподілені мікровключення формують дифузні «хмари», що істотно знижують світлопропускання. Таким чином, непрозорість топазу є результатом сукупної дії процесів розсіювання та поглинання світла, інтенсивність яких визначається морфологією, концентрацією та оптичними властивостями включень.

Отже, включення в топазах є не лише індикаторами умов їх утворення, а й основним чинником, що визначає їх оптичну якість. Дослідження характеру включень дає змогу реконструювати параметри мінералоутворюючого середовища, зокрема температуру, тиск і склад флюїдів, а також пояснити причини варіацій прозорості від високоякісних прозорих різновидів до повністю непрозорих агрегатів (див. рис. 1, 2).

Наступною важливою ознакою є колір. Топаз є алохроматичним, що означає, що його колір зумовлений домішковими елементами або дефектами в його кристалічній структурі, а не елементом його основного хімічного складу. Елемент хром зумовлює природні рожеві, червоні та фіолетово-пурпурові кольори топазу. Недосконалість на атомному рівні в кристалічній структурі топазу можуть

спричиняти жовтий, коричневий та синій кольори. Топаз також є плеохроїчним, що означає, що дорогоцінний камінь може мати різні кольори в різних кристалічних напрямках.



Рис. 3. Зображення чистого блакитного та двокольорного топазу з Волинського родовища (зображення зліва запозичене з мережі «Інтернет» (URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/spring-2024-gemnews-ukrainian-pegmatitic-heliodor-and-topaz>)

Поліхромний топаз — це рідкісний різновид природного топазу, який демонструє зональне забарвлення, поєднуючи в одному кристалі кілька кольорів (наприклад, блакитний, рожевий, жовтий або безбарвні зони). Має чіткі або плавні переходи між зонами різних кольорів. Колір зумовлений домішками в структурі кристала (див. рис. 3). У разі визначення власного кольору камені аналізують за світлотою, насиченістю та яскравістю забарвлення, а також за розповсюдженістю колірного тону. За сукупними характеристиками забарвлення топаз в сировині поділяють на три групи якості відмінну (насичений колір, який є типовим і традиційним для цього мінерального виду), добру (середня насиченість, менша яскравість, звичайність колірного тону. Слабо помітна кольорова зональність), задовільна (слабка насиченість, занадто темний або занадто світлий, тьмянний колір. Помітна кольорова зональність).

Топаз безколірний на групи якості за кольором не поділяють.

Блакитний топаз — найпопулярніший мінерал, колірна гамма якого може варіюватися від ніжно-блакитного до василькового. Однак майже всі такі дорогоцінні камені починалися як безбарвні або блідо-блакитні топази. Безпечна обробка тепловим і радіаційним

випромінюванням дає їм яскраві, більш темні, насичені відтінки. Як результат, найпопулярніші камені топазу у блакитному відтінку:

Відтінок топазу під торговою назвою «Sky Blue» називають найніжнішим. Ці мінерали відрізняються високим рівнем прозорості, а під променями сонця в глибині камінню видніються відблиски дивовижної краси. Виразний небесний колір досягається термічною обробкою, також важливу роль відіграє правильно підібрана огранювання.



Рис. 4. Зображення ювелірних виробів бренду «Містик топаз»
Зображення на рис. 4 запозичене з мережі «Інтернет»
(URL: <https://topgems.com.ua/kamni/mistik-topaz-el5915.html>)

Відтінок топазу під торговою назвою «Swiss Blue» користується неймовірною популярністю, зважаючи на свій яскравий і блакитний колір. Відтінок вражає шармом і блиском. В Україні це найпопулярніший відтінок серед цієї тріади, оскільки в нашій країні є родовища мінералу, тому вартість нижче. Щоби підкреслити яскравий і насичений відтінок, ювеліри обробляють самоцвіт і надають йому вигрешне огранювання. Однак, під сонячними променями самоцвіт може здатися майже прозорим.

Відтінок топазу під торговою назвою «London Blue» називають загадковим і таємничим, з огляду на його насичений і глибокий синій колір. Родовища в Україні практично не зустрічаються, але це не заважає українцям насолоджуватися його містичною аурую. Це темно-блакитний самоцвіт із деякою часткою димчастості, який на-

гадує ранній ранок у Лондоні. Такі топази отримують свій відтінок шляхом опромінення (нейтронами), після чого вони проходять період витримки для безпеки.

Ще один вид покращення (облагородження) каменів – технологія PVD (Physical Vapor Deposition) є нанесення надтонкого (1–5 мкм), але надтвердого та довговічного покриття у вакуумній камері. Це створює розкішний блиск та гру кольорів (ефект веселки). Топаз, що проходить такий вид облагородження, має торгову назву «Містик топаз». Містик топаз отримують шляхом нанесення тонкого шару титану або золота на поверхню натурального безбарвного топазу за допомогою спеціальної технології напилення (PVD — Physical Vapor Deposition) (див. рис. 4).

Отже, вартісна оцінка залежить від багатьох факторів, таких як колір, прозорість, форма кристалів для сировини, вагових груп. Визначення вартості топазів у сировині здійснюється за преїскурантами, що публікуються у довідковому бюлетені «Довідник цін коштовного та декоративного каміння» відповідно до якісних характеристик та масових груп». У разі якщо вартість в сировині не може бути визначена за ціною, яка опублікована в довіднику цін, експерт-гемолог самостійно збирає і проводить аналіз інформації про продаж або пропонування ідентичного чи подібного (аналогічного) каміння в сировині та визначає об'єкти порівняння. При цьому експерт повинен проаналізувати всі доступні інформаційні джерела, пов'язані з об'єктом оцінки.

Висновки

У результаті проведеного аналізу встановлено, що топаз є мінералом із чітко вираженими гемологічними характеристиками, які визначають його цінність та сферу використання. Основними діагностичними ознаками топазу є висока твердість, досконала спайність, значний показник заломлення та характерна кольорова гама.

Доведено, що якість і прозорість топазу формуються під впливом комплексу природних і техногенних факторів. Ключову роль відіграють включення різного генезису (газово-рідинні, тверді мінеральні, тріщини), які знижують прозорість мінералу, сприяють появі оптичних дефектів та можуть обумовлювати ефекти помутніння або так званого «мильного» вигляду.

Встановлено, що забарвлення топазу зумовлене як природними домішками (Fe, Cr), так і впливом природної радіації та термічних процесів. Значна частина комерційно привабливих кольорів є результатом штучної обробки (опромінення, термообробка), що також впливає на стабільність кольору.

Показано, що ступінь прозорості топазу є визначальним критерієм його якості та вартості, причому навіть незначна кількість мікрочлукочень або внутрішніх дефектів може суттєво впливати на оптичні

властивості каменю. Особливу увагу слід приділяти неоднорідності структури, яка може бути наслідком умов кристалізації.

Таким чином, гемологічна оцінка топазу повинна базуватися на комплексному підході, що враховує морфологічні, оптичні та внутрішньоструктурні характеристики мінералу, а також історію його природного формування та можливих методів обробки.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням методів діагностики включень, вивченням механізмів утворення дефектів та розробкою більш точних критеріїв оцінювання якості топазів різного генезису.

Список використаних джерел:

1. *Коштовне та декоративне каміння*: довідковий бюлетень № 1 (64) Березень 2025. К.: ДГЦУ, 2025. С. 4-6.
2. Smith T. Spray of Columbite Crystals in Topaz. MICRO-WORLD, Fall 2023, Vol. 59, No. 3. URL : <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2023-microworld-spray-of-columbite-crystals-in-topaz0> (Дата звернення: 14.04.2026).
3. Лисенко О. Ю., Белєвцев О. Р., Грущинська О. В., Ємельянов І. О., Таран М. М., Лисиченко Г. В., Сотнікова І. І. Дослідження облагороджених топазів методом оптичної спектроскопії. *КОШТОВНЕ ТА ДЕКОРАТИВНЕ КАМІННЯ*. 2015. № 3(81). С. 10–15.
4. Topaz Description. URL : <https://www.gia.edu/topaz-description> (Дата звернення: 14.04.2026).
5. Беліченко О.П., Белєвцев О.Р., Вишневська Л.І., Гаєвський Ю.Д., Донцова Г.Д., Зубарев С.М., Ладжун Ю.І., Татарінцева К.В. Атестація та експертна оцінка дорогоцінного каміння: навч. посіб. К.: ДГЦУ, 2014. С. 4-54.
6. Ukrainian Pegmatitic Heliodor and Topaz. URL : <https://www.gia.edu/gems-gemology/spring-2024-gemnews-ukrainian-pegmatitic-heliodor-and-topaz> (Дата звернення: 14.04.2026).
7. G&G Features in a Flash: Texas Topaz. URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2023-texas-topaz> (Дата звернення: 14.04.2026).
8. Molybdenite in Topaz. URL : <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2015-microworld-molybdenite-topaz> (Дата звернення: 14.04.2026).
9. TopGems. URL: <https://topgems.com.ua/kamni/mistik-topaz-e15915.html> (Дата звернення: 14.04.2026).
10. Volyn Gems. URL: <https://www.quarts.productions/post/view?id=9> (Дата звернення: 14.04.2026).
11. Унікальні українські топази – родовище, різновиди. URL: <https://nvovkjewelry.com.ua/unikalni-ukrainski-topazy-rodovishche-riznovydy> (Дата звернення: 14.04.2026).

References:

1. Koshtovne ta dekoratyvne kaminnia: dovidkovo-informatsiinyi biuletен No. 1(64), berezen 2025 [Precious and Decorative Stones: reference bulletin No. 1(64), March 2025]. Kyiv: DHCU, 2025, 4–6 [in Ukrainian].

2. Smith T. MICRO-WORLD, Fall 2023, Vol. 59, No. 3. Spray of columbite crystals in topaz. (2023). URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2023-microworld-spray-of-columbite-crystals-in-topaz0> (accessed: 14.04.2026) [in English].

3. Lysenko O.Yu., Belevtsev O.R., Grushchynska O.V., Yemelyanov I.O., Taran M.M., Lysychenko G.V., Sotnikova I.I. (2015). Doslidzhennia blahorodnykh topaziv metodom optychnoi spektroskopii [Research of refined topazes by optical spectroscopy]. *Koshtovne ta dekoratyvne kaminnia*, 3(81), 10–15 [in Ukrainian].

4. Topaz description. (n.d.). URL: <https://www.gia.edu/topaz-description> (accessed: 14.04.2026) [in English].

5. Belichenko O.P., Belevtsev O.R., Vyshnevskaya L.I., Gaevsky Yu.D., Dontsova G.D., Zubarev S.M., Ladzhun Yu.I., Tatarintseva K.V. (2014). Sertyfikatsiia ta ekspertna otsinka koshtovnoho kaminnia: posibnyk [Certification and expert assessment of precious stones: manual]. Kyiv: DHCU, 4–54 [in Ukrainian].

6. Ukrainian pegmatitic heliodor and topaz. (2024). URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/spring-2024-gemnews-ukrainian-pegmatitic-heliodor-and-topaz> (accessed: 14.04.2026) [in English].

7. G&G features in a flash: Texas topaz. (2023). URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2023-texas-topaz> (accessed: 14.04.2026) [in English].

8. Molybdenite in topaz. (2015). URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2015-microworld-molybdenite-topaz> (accessed: 14.04.2026) [in English].

9. Mistyk-topaz [Mystic topaz]. (n.d.). URL: <https://topgems.com.ua/kamni/mistik-topaz-e15915.html> (accessed: 14.04.2026) [in Ukrainian].

10. Volyn gems. (n.d.). URL: <https://www.quartzproductions/post/view?id=9> (accessed: 14.04.2026) [in English].

11. Unikalni ukrainski topazy: rodovyshche, riznovydy [Unique Ukrainian topazes: deposit, varieties]. (n.d.). URL: <https://nvovkjewelry.com.ua/unikalni-ukrainski-topazy-rodovyshche-riznovydy> (accessed: 14.04.2026) [in Ukrainian].

Надійшла до редакції / Received: 18.03.2026

Отримана після доопрацювання / Received after revision: 17.04.2026

Прийнято до друку / Accepted for publication: 20.04.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026

Фінансування: відсутнє / Funding: none.

Конфлікт інтересів: автор(и) заявляє(ють) про відсутність конфлікту інтересів / Conflict of interest: the author(s) declare no conflict of interest.

Дотримання етичних норм: дослідження виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності / Ethical compliance: the study was conducted in accordance with the principles of academic integrity.

Дані дослідження: усі дані, необхідні для обґрунтування висновків, наведено у статті / Research data: all data necessary to substantiate the conclusions are presented in the article.