



Аналіз аметистів за допомогою інфрачервоної спектроскопії

ГАЄВСЬКИЙ Юрій
ГРУЩИНСЬКА Олена

Мета роботи: аналіз критеріїв для визначення генезису аметистів за допомогою інфрачервоної спектроскопії (далі – ІЧ-спектроскопія).

УДК 549.08 В работе обосновывается возможность использования инфракрасной спектроскопии для определения генезиса аметистов.

The possibility of using of infrared spectroscopy for the determination of the amethyst genesis is proved in this work.

Аметист (з грец. – “тверезий”, за стародавніми повір’ями – камінь проти сп’яніння) – мінерал класу силікатів, прозорий фіолетовий різновид кварцу (SiO_2). Він має колір від блакитно-фіолетового, фіолетово-синього до темно-фіолетового, що зумовлено невеликим вмістом марганцю і заліза.

Відповідно до Законом України від 27 квітня 2007 р. № 995-V “Про державне регулювання видобутку, виробництва і використання дорогоцінних металів і дорогоцінного каміння та контроль за операціями з ними” аметист віднесено до дорогоцінного каміння четвертого порядку.

У гемологічній практиці вста-

новлено залежність вартості аметистів від інтенсивності їх забарвлення (рис. 1). Природне забарвлення аметистів можна змінювати шляхом нагрівання. Воно є стійким до температури 300–500° С, а при нагріванні до температури 460–750° С отримують світло-жовті, червоно-коричневі, зелені або безбарвні різновиди цього мінералу. Є аметисти, які під дією сонячних променів втрачають свій колір (вицвітають і тьмяніють). Обробка променями радіо може повернути їм первинне забарвлення [1].

Історія дослідження. З появою на ринку штучних аналогів аметисту виникла проблема його ідентифікації (рис. 2). Синтетичні аметисти вирощують двома способами: у лужному (K_2CO_3) та близькому до нейтрального (NH_4F) розчинах. Дані ІЧ-спектроскопії у комплексі з іншими методами дозволяють у багатьох випадках вирішити питання ідентифікації природного і синтетичного дорогоцінного каміння [2, 3, 4].

Більша частина синтетичних аметистів у світовій практиці вирощується з лужного розчину (K_2CO_3). Для діагностики цих аметистів найбільш інформативним параметром є наявність піка 3543 см^{-1} [4] та відсутність піка 3595 см^{-1} [3]. Діагностика кристалів, вирощених із нейтрального розчину, проводиться за допомогою застосування ІЧ-спектроскопії з виявленням піків 3630 см^{-1} , 3684 см^{-1} , 3664 см^{-1} [2].

Експеримент. Для дослідження було відібрано п'ятдесят зразків природних аметистів та їх синтетичних аналогів. Окрім обмежених вставок, для досліджень використовувалися тонкі (0,2–0,3 см) поліровані або розпиляні пластини природних і синтетичних аметистів, а також зразки у вигляді необроблених кристалів.

Гемологічне дослідження. На початку експерименту було виконано гемологічне дослідження зразків аметистів та узагальнено їх характеристики:

- **Колір:** від блідо-фіолетового до темно-фіолетового.



Рисунок 1. Природні аметисти з родовищ Болівії



Рисунок 2. Синтетичний аметист

- **Показник заломлення:** 1,54–1,55.
- **Густина:** $2,64\text{ г/см}^3$.
- **Люмінесценція:** відсутня.
- **Внутрішня будова:** природним аметистам властива зональність забарвлення за ромбою, наявність двійників за “японським” і “бразильським” за-

конами (рис. 3).

Синтетичні аметисти характеризуються специфічною внутрішньою структурою, яка виражена в наявності викривлених конічних фігур. Також є включення типу “хлібних крихт” та в поодиноких випадках “струменеві” включення.

- **Маса зразків:** 0,3–20,0 ст.

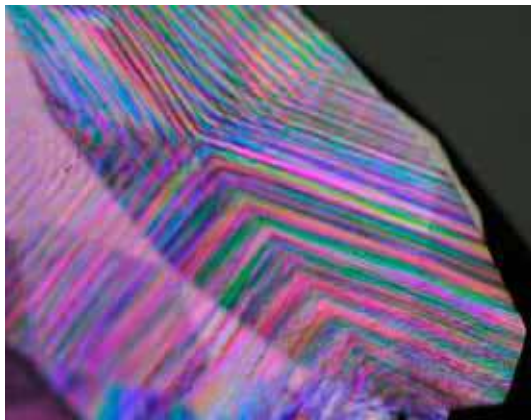


Рисунок 3. Аметист здвійникований за “бразильським” законом

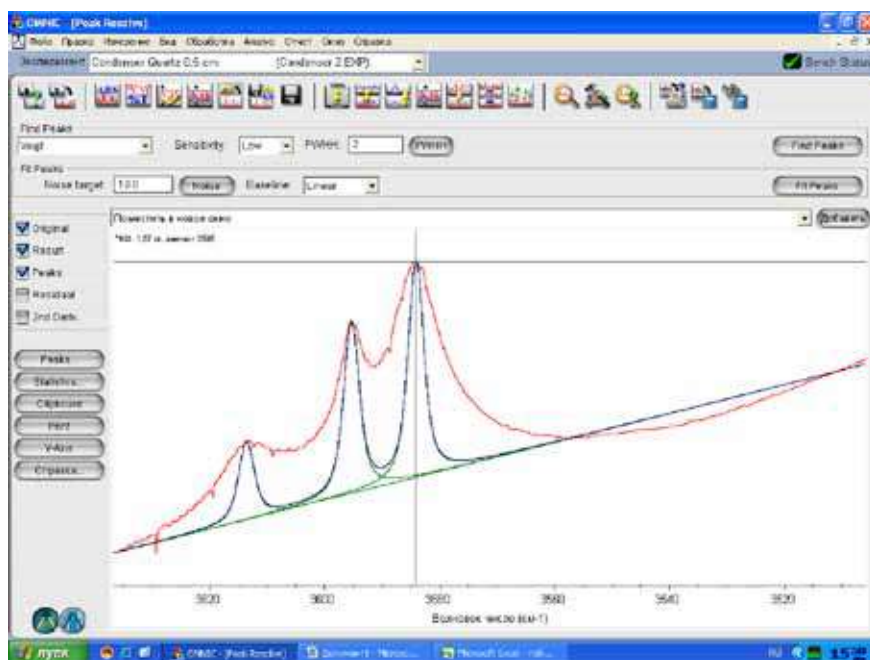


Рисунок 4. Алгоритм розрахунку параметра FWHM

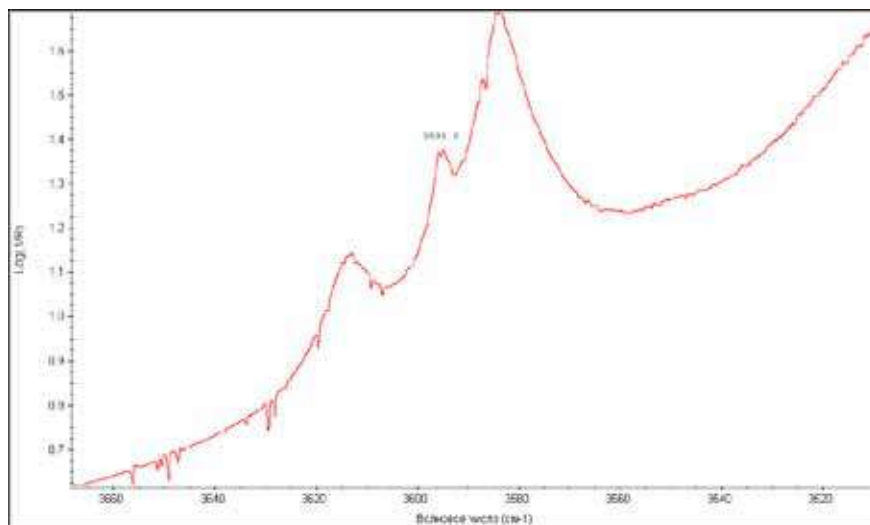


Рисунок 5. Спектр природного аметисту з наявністю піка 3595 cm^{-1}

Параметри експерименту.

Вимірювання проводилося на приставках дифузійного відображення та конденсаторі пучка променів за кімнатної температури у спектральному діапазоні 4000–400 cm^{-1} . Для отримання найкращих результатів цього дослідження шляхом експерименту було підібрано найбільш оптимальну кількість сканувань у циклі вимірювання – 300 за роздільної здатності 0,5 cm^{-1} . Тому що лише при дотриманні таких параметрів у більшості каменів було виявлено пік 3595 cm^{-1} .

У процесі вимірювання аметистів були отримані спектри, за допомогою яких камені було поділено на дві групи – природні та синтетичні.

Найбільш інформативною спектральною областю для дослідження аметистів є діапазон між 3500 cm^{-1} та 3600 cm^{-1} , а точніше – наявність або відсутність піків 3595 cm^{-1} [3] та 3543 cm^{-1} [4]. Ці піки тривалий час вивчаються провідними дослідниками в наукових лабораторіях Західної Європи та Росії і визнані найбільш інформативними критеріями для визначення природи аметистів. Також у своїй роботі ми використали алгоритм для визначення повної ширини на напіввисоті (FWHM) піка 3595 cm^{-1} , який дозволяє більш точно розмежувати природні і синтетичні аметисти (рис. 4) [3].

У результаті досліджень виявлено такі закономірності:

- У переважній більшості зразків природних аметистів виявлено наявність піка 3595 cm^{-1} (рис. 5). Щоб виявити пік 3595 cm^{-1} , перед вимірюванням спектра необхідно зорієнтувати зразок з урахуванням його фізичних властивостей та власних характеристик (наявність огранювання, обробка поверхні, насиченість кольору, внутрішні особливості будови та наявність внутрішніх дефектів). Для отримання найкращих результатів важливо враховувати орієнтацію зразка відносно оптичної осі.

- Параметр FWHM піка 3595 cm^{-1} у природних аметистах має величину 1,5–4 cm^{-1} . Ця величина залежить від орієнтації опти-

чної осі досліджуваного зразка відносно джерела ІЧ-випромінювання (за умови орієнтації оптичної осі зразка вздовж напрямку проходження ІЧ-променю параметр FWHM є більшим в абсолютному значенні, а у випадку проходження ІЧ-променю перпендикулярно до оптичної осі параметр FWHM у більшості зразків є меншим). Така закономірність яскраво виявлена в каменях з деяких родовищ Уругваю і Бразилії. Розрахунок параметра FWHM виконувався за допомогою програмного забезпечення "Omnisc". У цьому програмному забезпеченні пропонується декілька алгоритмів математичної обробки даного параметру. Під час дослідження було обрано алгоритм розрахунку "Voigt", завдяки якому отримано зазначені результати.

- У досліджених синтетичних аметистах пік 3595 cm^{-1} не був виявлений у жодному зразку (рис. 6).

- У переважній більшості зразків синтетичних аметистів виявлено пік 3543 cm^{-1} .

- У жодному зразку не виявлено разом піки 3595 cm^{-1} та 3543 cm^{-1} (рис. 7).

Таким чином, авторами цієї публікації були досліджені критерії визначення походження аметистів за допомогою ІЧ-спектроскопії. У результаті проведених досліджень природних і синтетичних аметистів за допомогою ІЧ-спектроскопії в комплексі з іншими гемологічними методами діагностики дорогоцінного каміння з'явилася можливість ідентифікації генезису аметистів у гемологічній лабораторії ДГЦУ.

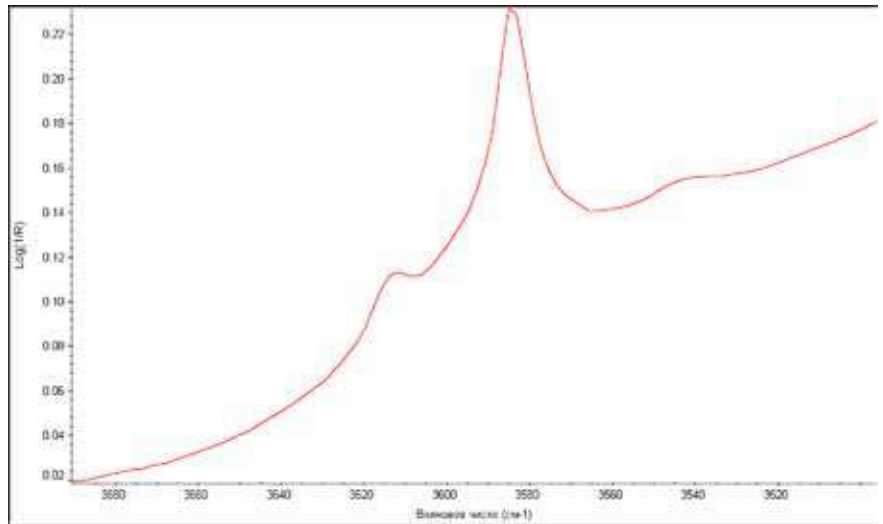


Рисунок 6. Спектр синтетичного аметисту з відсутністю піка 3595 cm^{-1}

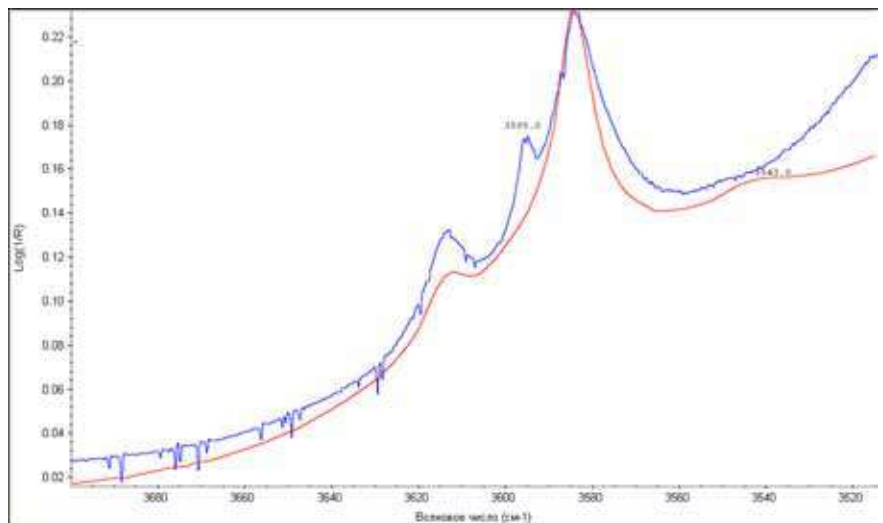


Рисунок 7. Накладені спектри природного (фіолетовий спектр) і синтетичного (червоний спектр) аметистів

Література

1. Шуман В. Драгоценные и полудрагоценные камни. / Пер. с нем. – М.: БММ АО, 2006. – 312 с.: ил.
2. Balitsky V., Balitsky D., Bondarenko G., Balitskaya O. The 3543 cm^{-1} infrared absorption band in natural and synthetic amethyst and its value in identification // *Gems and Gemol.*, 2004. – V. 40. – P. 146–161.
3. Karamelas S., Fritsch E., Zorba T., Paraskevopoulos K.M. and Sklavounos S. Distinguishing natural from synthetic amethyst: the presence and shape of the 3595 cm^{-1} // *Mineralogy and Petrology*, 2005. – V.85. P. 45–52.
4. Notari F, Boillat PY, Grobon C Discrimination des amethystes et des citrines naturelles et synthétiques // *Rev Gemmol AFG*, 2001. – V.141-142. – P. 75–80.