

УДК 549.08

О.В. ГРУЩИНСЬКА  
Ю.Д. ГАЄВСЬКИЙ  
О.Р. БЄЛЄВЦЕВ, кандидат геологічних наук  
ДГЦУ



<http://www.profi-forex.org/news>

# Інструментальна діагностика облагороджених діамантів за допомогою інфрачервоної спектроскопії

В статті обосновується можливість використання інфрачервоної спектроскопії для ідентифікації бриліантів, облагорожених при допомозі облучення з послідувальною термообробкою.

The article proves the use of infrared spectroscopy for identification of diamonds treated by irradiation followed by heat treatment.

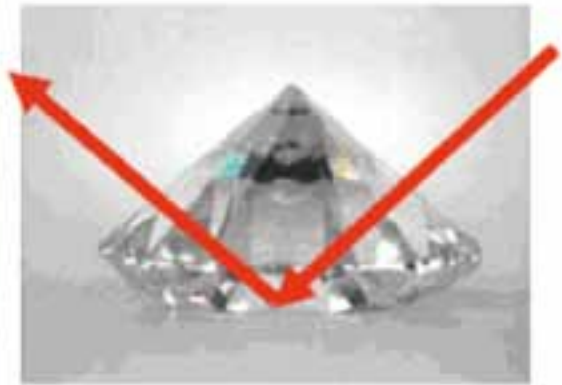
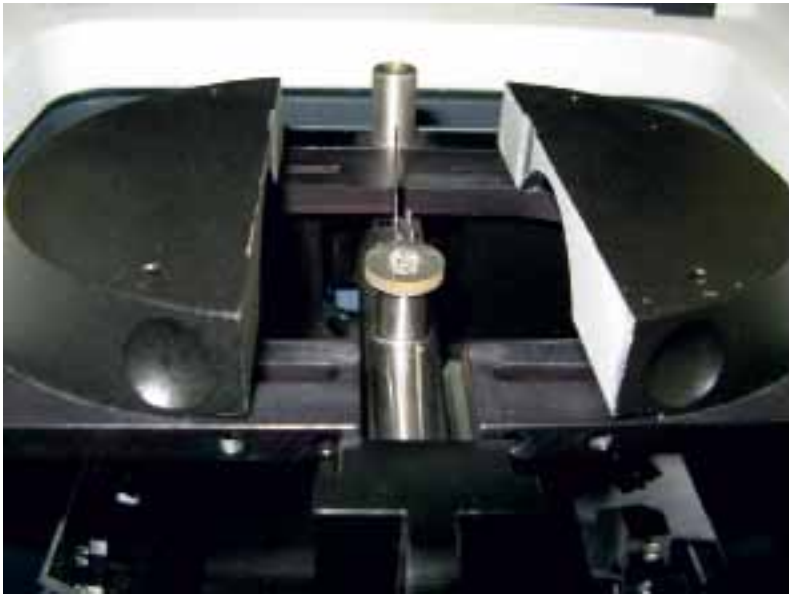


Рисунок 1. Приставка Collector II (на столику встановлено один з досліджуваних зразків) та схема проходження ІЧ-променя через досліджуваний зразок

**Вступ.** Природні алмази досить часто мають різноманітні дефекти і непривабливі колірні відтінки. Сучасні технології облагородження дорогоцінних каменів дозволяють усувати більшість дефектів та змінювати колір. Останнім часом різко зріс попит на кольорові алмази, вони мають дуже високу вартість, тому не дивно, що для зміни кольору алмазів використовують сучасні технології. Вчені мають у своєму розпорядженні широкий діапазон методів – від обробки алмазів за високої температури до опромінення. Сьогодні ринок алмазів не може наповнитися лише кольоровими алмазами природного походження, тому все частіше на ринку з'являються природні алмази зі штучно зміненим кольором. Для ідентифікації природного або штучно забарвленого кольорового алмазу слід застосовувати складне наукове гемологічне обладнання. У цій роботі для ідентифікації штучного забарвлення алмазів використовували метод інфрачервоної-Фур'є спектроскопії (далі – ІЧ-Фур'є спектроскопія). Сьогодні ІЧ-Фур'є спектрометри стали важливим інструментом для аналізу алмазів у сучасних гемологічних лабораторіях, зокрема і в лабораторії Державного гемологічного центру України. Загалом інфрачервона спектроскопія є одним з найпотужніших аналітичних методів, який використовують у фундаментальних і прикладних дослідженнях. Адже за допомогою інфрачервоної спектроскопії вирішується низка питань аналізу дорогоцінного каміння: визначення похо-

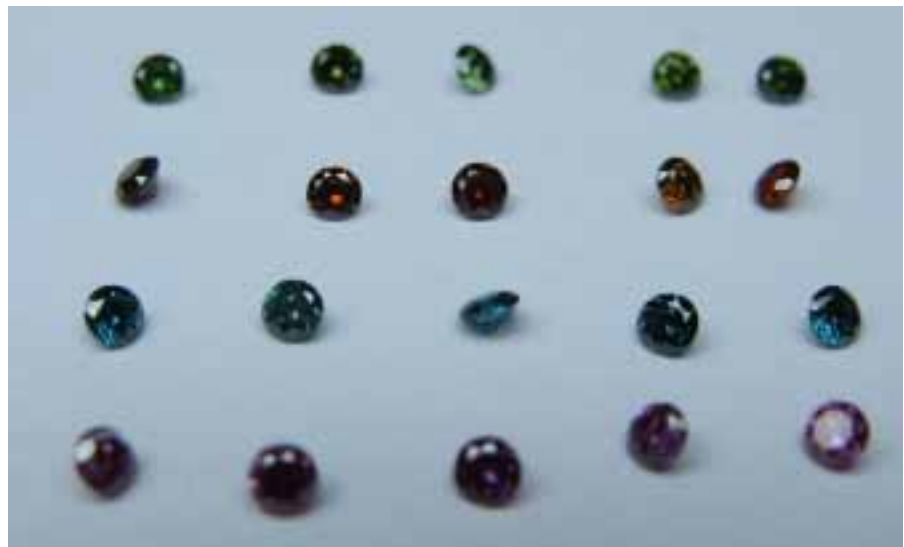


Рис. 2. Зразки діамантів

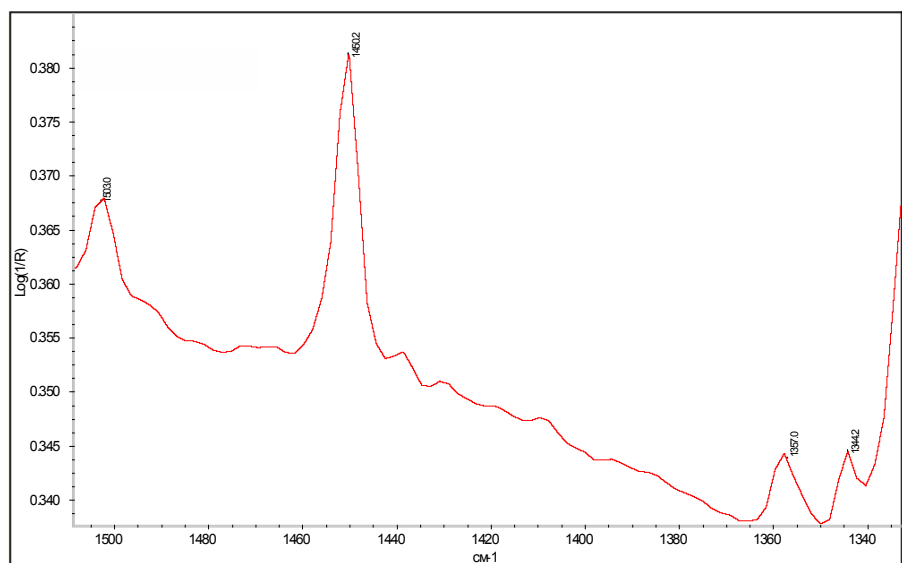


Рисунок 3. Пік  $1450\text{ см}^{-1}$  (H1a) (сліди радіаційного фарбування, а також ознаки наступної термообробки у фіолетових, жовто-оранжевих, зелено-жовтих і блакитно-зелених діамантах)

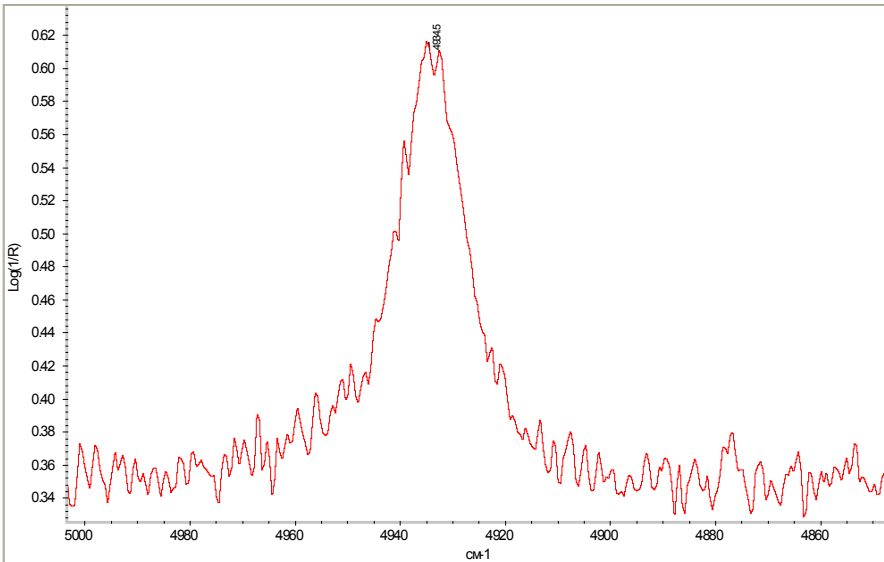


Рисунок 4. Пік  $4934\text{ см}^{-1}$  (H1b) (сліди радіаційного фарбування, а також ознаки наступної термообробки у фіолетових та жовто-оранжевих діамантах)

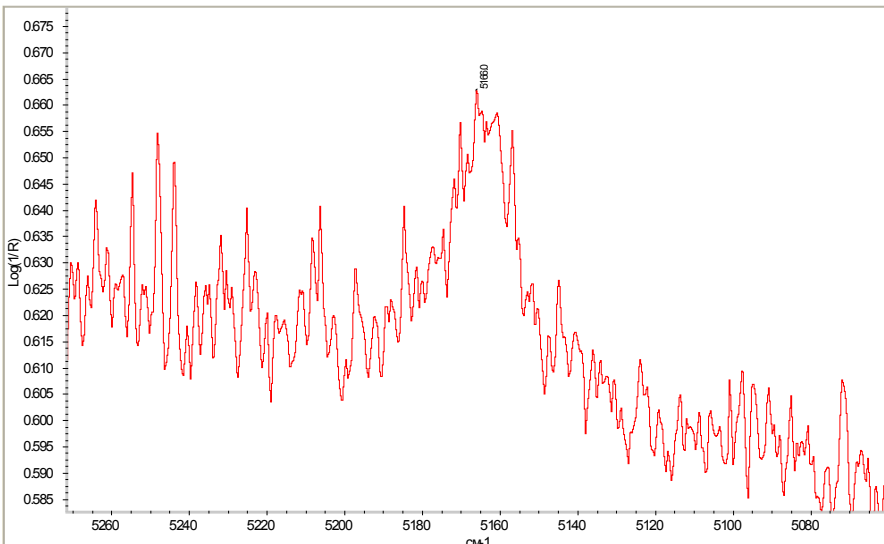


Рисунок 5. Пік  $5166\text{ см}^{-1}$  (H1c) (сліди радіаційного фарбування, а також ознаки наступної термообробки в жовто-оранжевих діамантах)

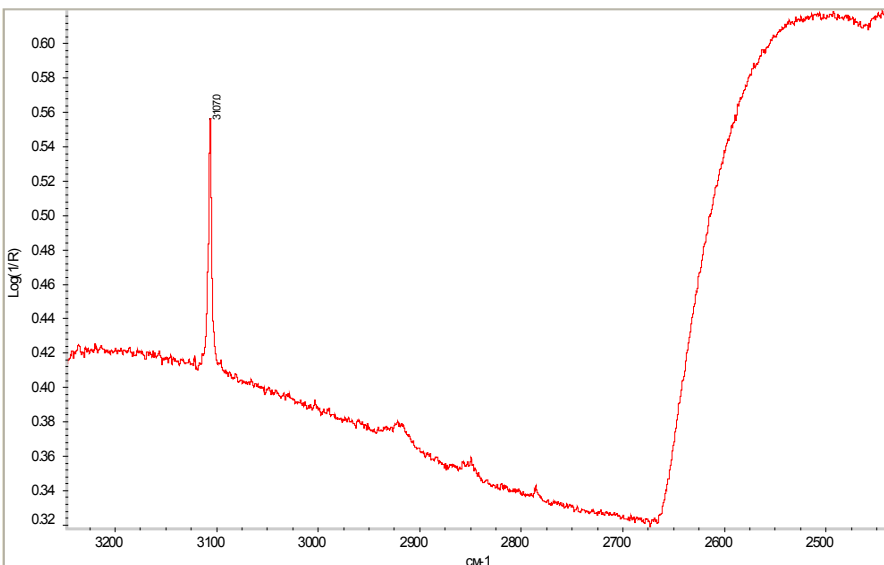


Рисунок 6. Водневий пік  $3107\text{ см}^{-1}$

дження, виявлення синтетичних аналогів і заміників дорогоцінного каміння, виявлення штучно зміненого каміння тощо.

Штучне забарвлення природних алмазів можна отримати різними шляхами: опроміненням, опроміненням у комбінації з обробкою високою температурою, НРНТ-методом (обробка за високих тиску і температури) тощо.

**Опромінення.** Характер забарвлення алмазів залежить від типу опромінення. Опромінення з більшою енергією глибше проникає в камінь. Опромінення нейтронами зумовлює рівномірний розподіл кольору в камені, тоді як опромінення електронами викликає зміну кольору тільки в обмеженому тонкому приповерхневому шарі. Інтенсивність зеленого/зеленувато-блакитного відтінку залежить від тривалості і дозування опромінення.

**Опромінення в комбінації з обробкою високою температурою.** Надалі колір опроміненого алмазу може змінюватися під дією високої температури. Камінь нагрівають до  $800\text{ °C}$  (в окремих випадках ще вище) у вакуумі або в контрольованому середовищі (без кисню). Колір змінюється в порівнянні з типовим кольором опроміненого каменя залежно від фізичного типу алмазу і його властивостей.

**НРНТ-метод.** Під час обробки НРНТ-методом камінь нагрівають до дуже високої температури ( $1500\text{ °C}$  і вище) під високим стабілізуючим тиском. Внаслідок цього дефекти кристалічної ґратки перерозподіляються, викликаючи тим самим зміну кольору каменя. Умови, створені під час цього процесу, дуже близькі до умов, за яких утворюється алмаз у надрах землі. Через це ознаки такої обробки виявити дуже проблематично.

**Параметри експерименту.** Вимірювання діамантів проводили на приставці дифузійного відбиття Collector II ІЧ-спектрометра Thermo Nicolet 6700 FTIR (рис. 1, 8) за кімнатної температури в спектральному діапазоні  $7000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ . Для отримання найкращих результатів для діамантів шляхом експерименту було обрано найбільш оптимальну кількість сканувань у циклі вимірювання – від 64 до 200 за роздільної здатності  $1\text{ см}^{-1}$  та  $4\text{ см}^{-1}$ .

**Гемологічне дослідження.** Для дослідження використовували колекцію

облагороджених діамантів загальною кількістю 100 штук. Зразки облагороджених діамантів являли собою набір огранених вставок переважно форми огранування Кр-57 (круглий діамант п'ятдесятигранний) і масою від 0,13 ст до 4,05 ст. Колір зразків – блакитно-зелений, зелено-жовтий, темно-оранжевий, фіолетово-червоний (рис. 2).

**Результати дослідження.** У процесі дослідження облагороджених діамантів залежно від їх кольору було встановлено такі діагностичні ознаки:

**В облагороджених діамантах фіолетового кольору** наявні певні піки –  $1450\text{ см}^{-1}$  (H1a) та  $4930\text{--}4934\text{ см}^{-1}$  (H1b) (рис. 3, 4), які сучасні дослідники пов'язують зі слідами радіаційного фарбування, а також з наступною термообробкою цих каменів [1, 2, 3]. У деяких каменях виявлено так званий amber-пік –  $4134\text{ см}^{-1}$ , який, за думкою дослідників, спричинений коричневим кольором діамантів, зумовленим пластичними деформаціями в кристалічній ґратці алмазу.

**В облагороджених діамантах темно-жовто-оранжевого кольору** сліди радіаційного фарбування, а також ознаки наступної термообробки встановлюють за наявністю піків  $1450\text{ см}^{-1}$  (H1a),  $4930\text{--}4934\text{ см}^{-1}$  (H1b) та іноді  $5166\text{ см}^{-1}$  (H1c), (рис. 3–5, ) [1–3].

**В облагороджених діамантах зелено-жовтого кольору** сліди радіаційного фарбування та ознаки наступної термообробки встановлюють за наявністю піка  $1450\text{ см}^{-1}$  (H1a) (рис. 3) [1, 3]. Також у цих зразках діагностовано amber-пік  $4065\text{ см}^{-1}$ , що свідчить про первинний коричневий колір досліджених діамантів.

**В облагороджених діамантах блакитно-зеленого кольору** сліди радіаційного фарбування та ознаки наступної термообробки встановлюють за наявністю піка  $1450\text{ см}^{-1}$  (H1a) (рис. 3) [1, 3]. Окрім цього, для блакитно-зелених діамантів властивий підвищений вміст водню. Домішковий водень діагностують за піками  $3107\text{ см}^{-1}$  та  $1405\text{ см}^{-1}$  (рис. 6, 7).

Отже, проведені дослідження дозволили за допомогою ІЧ-Фур'є спектроскопії ідентифікувати діаманти, які були облагороджені методом опромінення в комбінації з термообробкою. На жаль, окремо встановити радіаційне фарбування діамантів за допомогою цього методу неможливо.

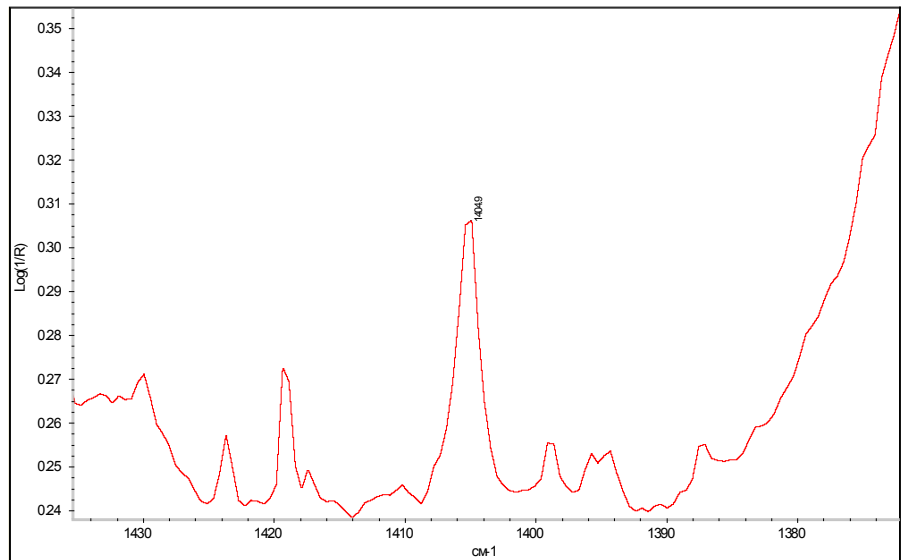


Рисунок 7. Водневий пік  $1405\text{ см}^{-1}$



Рисунок 8. Спектрометр Thermo Nicolet 6700 FTIR

#### Використана література

1. Винс В.Г., Елисеєв А.П., Сарин В.А. Физические основы современных методов облагораживания алмазов и бриллиантов // Драгоценные металлы и драгоценные камни. – 2009. – № 3 (183). – С. 127–148.
2. E. Gaillou, E. Fritsch, F. Notari. Photoinduced H1b and H1c centers in some natural treated diamonds // Diamond & Related Materials 17. – 2008. – P. 2029–2036.
3. Zaitsev A.M. (2001) Optical Properties of Diamond: A Data. Handbook. Springer-Verlag, Berlin.