

УДК 549.08

О.Р. БЄЛЄВЦЕВ, кандидат геологічних наук
О.В. ГРУЩИНСЬКА, кандидат геологічних наук
І.О. ЄМЕЛЬЯНОВ
І.А. СЕРГІЄНКО

ДГЦУ



Дослідження та встановлення ознак облагородження природних алмазів за допомогою інфрачервоної-Фур'є спектроскопії та інших аналітичних методів. Створення бібліотеки інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів

Упродовж 2011–2012 рр. у Державному гемологічному центрі України (далі – ДГЦУ) проводилась науково-дослідна робота за темою «Дослідження та встановлення ознак облагородження природних алмазів за допомогою інфрачервоної-Фур'є спектроскопії та інших аналітичних методів. Створення бібліотеки інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів».

Метою цієї роботи було створення бібліотеки інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів та адаптування сучас-

них методів дослідження мінеральної речовини для дослідження облагороджених алмазів з використанням складного гемологічного обладнання. Детальне дослідження облагороджених алмазів дозволить прискорити визначення походження алмазів та методів їх облагородження.

У роботі використовували такі методи дослідження: інфрачервона-Фур'є (далі – ІЧ-Фур'є) спектроскопія, оптична спектроскопія, рентгенофлуоресцентний аналіз, опромінення за допомогою ультрафіолету. Застосовані в роботі методики

дослідження – це накопичення експериментальних даних та систематизація інфрачервоних спектрів алмазів, оптичних спектрів алмазів, рентгенівських спектрів алмазів, даних, отриманих у процесі вивчення опромінених алмазів за допомогою ультрафіолету тощо.

Алмази утворюються в природних умовах за дуже високих температури і тиску. Досить часто алмази мають різні дефекти і непривабливі кольорні відтінки. Сучасні методи облагородження алмазів дозволяють перетворювати непривабливі кольори (коричневі, жовто-коричневі) в різноманітні кольори та відтінки.

Є закономірним, що вартість алмазів з яскравими і насиченими природними кольорами буде більшою, ніж каменів з непривабливими кольорами. У зв'язку з тим, що камені з яскравими фантазійними кольорами є дуже рідкісними, вчені за допомогою сучасних технологій навчилися досить успішно створювати методики зміни кольору, наприклад:

1) опромінення потоком високоенергетичних часток у комбінації з наступним високотемпературним відпалом або без нього;

2) відпал за надвисоких тиску і температури, який отримав у науковій літературі назву «НРНТ-відпал» (від англ. «high pressure, high temperature»);

3) багаторівнева послідовна комбінація різноманітних дій, таких як НРНТ + β НТ, де β – означає опромінення потоком високоенергетичних електронів, а НТ – наступний високотемпературний відпал без тиску.

У разі опромінення потоком високоенергетичних часток опромінені заряджені частинки вибивають атоми вуглецю з їх позицій у кристалічних ґратках, утворюючи вакансії. Ці вакансії порушують нормальну кристалічну та електронну структуру алмазу, є непостійними і поглинають енергію в червоній області спектра. Це проявляється в типовому зеленому або синьо-зеленому забарвленні опромінених алмазів. Швидкі нейтрони зумовлюють зелений відтінок, електрони – блакитне забарвлення. У зв'язку з цим потрібно зазначити, що нейтронне опромінення зумовлює рівномірний розподіл кольору в камені, тоді як опромінення електронами викликає зміну кольору тільки в обмеженому тонкому приповерхневому шарі. Інтенсивність зеленого/зеленува-

то-блакитного відтінку залежить від тривалості і дозування опромінення. Якщо камінь піддається опроміненню досить тривалий проміжок часу, він у кінцевому результаті стає чорним.

Метод НРНТ-обробки за високих тиску (НР) і температури (НТ) з метою поліпшення кольору «менш коштовних» каменів був розроблений компанією «Дженерал Електрик». Для обробки алмазів використовується НРНТ-устаткування таке саме, як і для одержання синтетичних алмазів. У разі обробки НРНТ камінь нагрівають до дуже високої температури (1500 °С і вище) під високим стабілізуючим тиском. Порушення кристалічної ґратки внаслідок цього перерозподіляються, викликаючи тим самим зміну кольору каменю. Умови, створені під час цього процесу, дуже близькі до умов, за яких утворюється алмаз у надрах землі. Через це є проблематичним виявлення ознак такої обробки. Під час довгохвильового ультрафіолетового (далі – УФ) випромінювання камені, оброблені НРНТ-способом, виявляють виразне зеленкувато-жовте світіння, а також зеленкувато-жовтий колір. Це явище має місце як у природних, так і в облагороджених зеленкувато-жовтих каменях. Незважаючи на сильну флуоресценцію, фосфоресценція відсутня або проявлена дуже слабо. Оброблені НРНТ алмази важко діагностувати. Інтенсивна зелено-жовта флуоресценція може бути ознакою обробки, в основному для вирішення цієї задачі використовують високотехнологічне обладнання.

Колір опроміненого алмазу надалі може змінюватися обробкою за високої температури. Камінь нагрівають до 800 °С (в окремих випадках ще вище) у вакуумі або в контрольованому середовищі (без кисню). Колір змінюється порівняно з типовим кольором опроміненого каменю залежно від типу алмазу і його властивостей. Кристалічна ґратка також деформується внаслідок обробки високою температурою (близько 800 °С), при цьому атомні дефекти в ґратках відновлюються або зникають. Вакансії, пов'язані з атомами вуглецю, переходять до атомів азоту, в результаті відбувається зміна поглинання світла і, таким чином, змінюється колір.

Для діагностики вищеперерахованих видів облагородження повинно застосовуватись наукове гемологічне обладнання різного профілю (ІЧ-Фур'є спек-

трометр, оптичний мікроспектрометр, рентгенофлуоресцентний спектрометр, прилад «DiamondView™»). Робота за допомогою такого обладнання потребує великих фінансових затрат, тому тільки деякі лабораторії світу мають потрібний повний комплект наукового обладнання.

У цій роботі для ідентифікації штучного забарвлення алмазів використовували методи ІЧ-Фур'є спектроскопії, оптичної спектроскопії, рентгенофлуоресцентного аналізу та опромінення за допомогою ультрафіолету.

Робота «Дослідження та встановлення ознак облагородження природних алмазів за допомогою інфрачервоної-Фур'є спектроскопії та інших аналітичних методів. Створення бібліотеки інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів» виконувалася у два етапи:

I етап – «Збір, аналіз та узагальнення літературних джерел, даних провідних гемологічних лабораторій світу, присвячених дослідженню облагороджених природних алмазів. Створення бібліотеки інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів» (Звіт, 2011 р.);

II етап – «Розробка методів діагностики облагороджених алмазів за допомогою складного гемологічного обладнання (ІЧ-Фур'є спектрометр тощо)» (Звіт, 2012 р.).

Під час I етапу виконання науково-дослідної роботи було проведено науково-літературний пошук джерел, присвячених облагородженню алмазів за допомогою ІЧ-Фур'є спектроскопії, досліджено колекцію зразків алмазів та виявлено сліди облагородження в алмазах, а саме опромінення в комбінації з обробкою за високої температури (β НТ). На основі отриманих результатів було створено бібліотеку інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів, що дозволило прискорити визначення слідів облагородження алмазів на основі порівняння спектра досліджуваного зразка з бібліотекою даних.

Під час II етапу роботи було проведено комплексне вивчення облагороджених алмазів за допомогою складного гемологічного обладнання – ІЧ-Фур'є спектрометра, оптичного мікроспектрометра, рентгенофлуоресцентного спектрометра, приладу «DiamondView™», а також поповнено бібліотеку ІЧ-спектрів алмазів, облагороджених за допомогою β НТ. До того ж на основі досліджень

найбільш характерних піків в однофоновій області досліджуваних облагороджених діамантів класифіковано за генетичними типами (IaA, IaAB, Ib, Ib+IaA). У процесі роботи вдалося адаптувати сучасні методи дослідження мінеральної речовини для дослідження облагороджених алмазів, використовуючи складне гемологічне обладнання, та зробити такі висновки:

- використання методу ІЧ-Фур'є спектроскопії дозволяє ідентифікувати діаманти, які були облагороджені методом опромінення в комбінації з термообробкою. Застосування цього методу також дозволяє ідентифікувати приналежність досліджуваних діамантів до певних генетичних типів алмазів (табл. 1);

- дослідження на приладі «Diamond View» дозволили встановити в деяких випадках значну неоднорідність складу досліджених діамантів, що також підтверджують дані ІЧ-Фур'є спектроскопії (табл. 1);





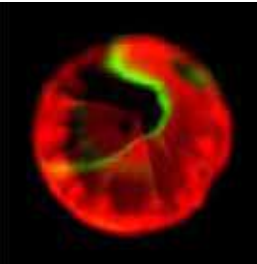
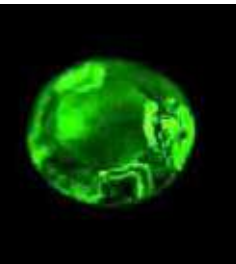
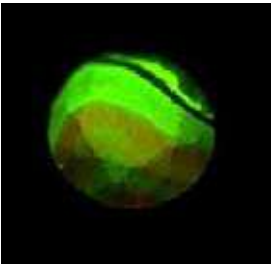

- використання методу оптичної спектроскопії дозволяє встановлювати діагностичні ознаки радіаційної обробки діамантів;

- використання методу рентгенофлуоресцентного аналізу для визначення більшості типів облагородження в алмазах не є інформативним.

Результати цієї роботи будуть використані під час проведення наукової гемологічної експертизи підвищеної складності.

За результатами науково-дослідної роботи створено та впроваджено у роботу ДГЦУ базу даних інфрачервоних спектрів облагороджених алмазів та методику діагностики облагороджених природних алмазів за допомогою ІЧ-Фур'є спектроскопії.

Таблиця 1. Зведені дані дослідження облагороджених діамантів

Колір діаманта	Фіолетовий	Жовто-зелений	Жовто-оранжевий	Зелено-блакитний
				
Колір люмінесценції (225 нм)	Червоний, червоний + зелений	Зелений	Зелений, зелений + червоний	Блакитний
				
Тип діаманта	Ib, Ib+IaA	IaA, IaAB	IaA, IaAB	IaA, IaAB
Діагностичні піки фізичних типів алмазів	1344 см ⁻¹ 1282 см ⁻¹	1282 см ⁻¹ 1175 см ⁻¹	1282 см ⁻¹ 1175 см ⁻¹	1282 см ⁻¹ 1175 см ⁻¹