

Діагностика дорогоцінного каміння за допомогою спектрометра енергій рентгенівського випромінювання “СЕР-01”

В статье освещается возможность применения рентгенофлуоресцентной спектроскопии для диагностики драгоценных камней.

The possibility of using the x-ray fluorescence spectroscopy for the diagnosis of precious stones was highlighted in this article.

Діагностика дорогоцінного каміння за допомогою спектрометра енергій рентгенівського випромінювання “СЕР-01” базується на визначенні якісного та кількісного елементного складу речовини за допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу (далі – РФА).

Метод РФА заснований на вимірюванні енергій (довжин хвиль у спектрометрах з хвильовою дисперсією) й інтенсивності спектральних ліній, емітованих при вторинній рентгенівській емісії. Первинний потік квантів від рентгенівської трубки опромінює речовину зразка, змушуючи кожен її елемент випускати вторинні рентгенівські кванти, які мають властивий лише цьому елементу набір енергій, що потрібно для визначення якісного складу речовини, та інтенсивність потоку вторинного виходу, залежну від змісту цього елемента в пробі, яка є основою для кількісного аналізу. Спектри рентгенівської флуоресценції пов'язані з електронними переходами в остовних (внутрішніх) рівнях атома, що робить їх нечутливими до хімічних зв'язків.

Головним завданням кількісного РФА є обчислення вмісту вимірюваного елемента за інтенсивністю спектральних ліній усіх елементів зразка. Ця аналітична залежність ускладнена впливом матричних ефектів, тобто поглинанням, або, навпаки, посиленням характеристичної вторинної емісії вимірюваного

елемента іншими елементами матриці. Відмінність підходів до обчислення таких матричних ефектів зумовлює різноманітність теоретичних моделей розрахунку концентрацій. Із зростанням порядкового номера елемента чутливість методу зростає, а похибка визначення кількісного елементного складу знижується. Звичайні спектрометри можуть визначати вміст елементів із середніми атомними номерами з похибкою 0,1 %.

Головним завданням якісного РФА є визначення наявності того чи іншого хімічного елемента в об'єкті, який досліджується.

Завдяки застосуванню комп'ютера в сучасних РФА-спектрометрах вдалося досягти необхідної гнучкості та універсальності в налаштуванні процедури розрахунку концентрацій, що задовольняє певного користувача. Висока ступінь автоматизації процесу вимірювань робить спектрометр зручним для наукового та промислового використання.

У Державному гемологічному центрі України (далі – ДГЦУ) для виявлення діагностичних ознак будь-яких дорогоцінних каменів використовують спектрометр “ElvaX”. За його допомогою можна виявляти елементи в діапазоні від хлору до урану. Виокремлюють два типи спектрів, що реєструються:

- звичайні, або важкі;
- легкі.

Звичайні, або важкі спектри (рис. 1) отримують за напруги випромінювача в межах 40-49 кВ. За такої напруги визначають елементи від сірки до урану.

Для визначення концентрацій легких елементів (рис. 2), від натрію до сірки, важкі спектри не застосовують. Ці елементи неефективно збуджуються за високої напруги випромінювача; вона має бути знижена до величини близько 10-15 кВ. Крім того, характеристичне випромінювання легких елементів має низьку енергію й активно поглинається навіть невеликим повітряним проміжком між зразком і детектором. Тому така модифікація спектрометра “ElvaX”, яка здатна виявляти і ці легкі елементи, обладнана системою напуску гелію в робочу камеру. Спектри, отримані за низької напруги, називаються легкими.

Якщо зразок, який досліджують, містить і важкі, й легкі елементи, то для їх аналізу необхідно отримувати обидва види спектрів. Для цього у спектрометрі передбачена програма, яка може пов'язувати ці спектри в єдиний розрахунковий алгоритм. Вони реєструються за різних значень напруги рентгенівської трубки (наприклад, 45 і 10 кВ), але обов'язково при однаковому струмі анода. Така пара називається подвійними, або пов'язаними спектрами (рис. 3).

Неруйнівна сутність методу є однією з основних його переваг. Це дозволяє застосовувати РФА в комплек-

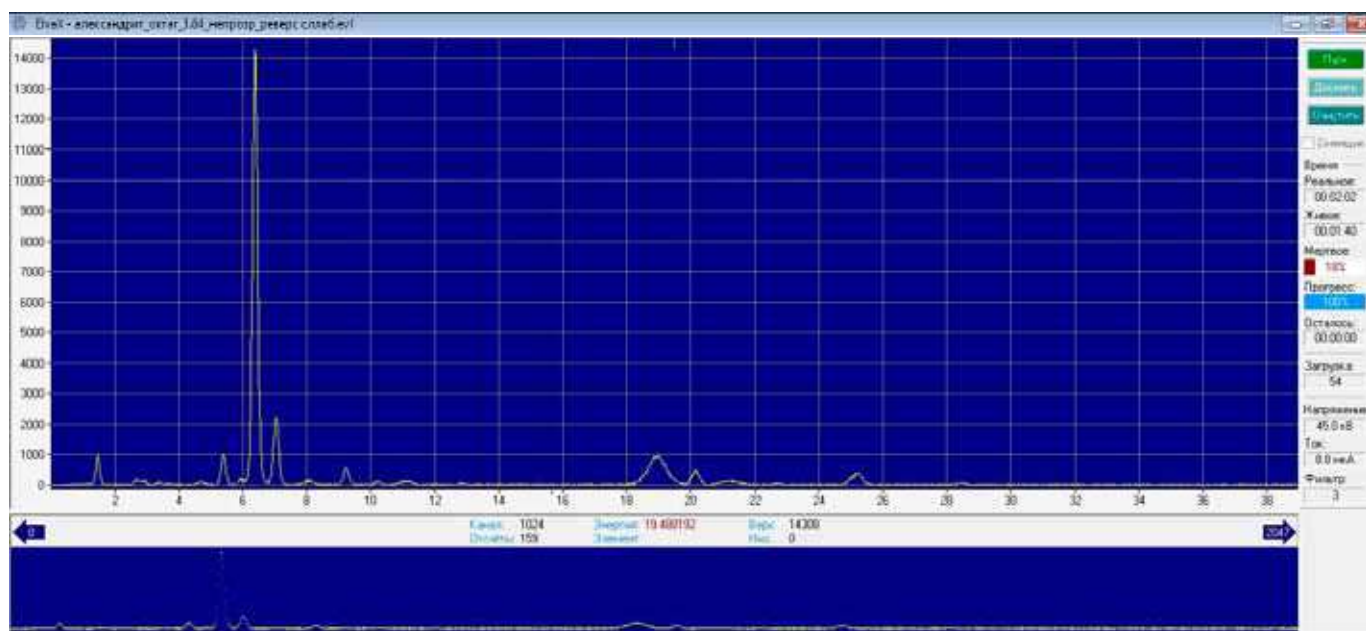


Рисунок 1. Вигляд важкого спектру



Рисунок 2. Вигляд легкого спектру

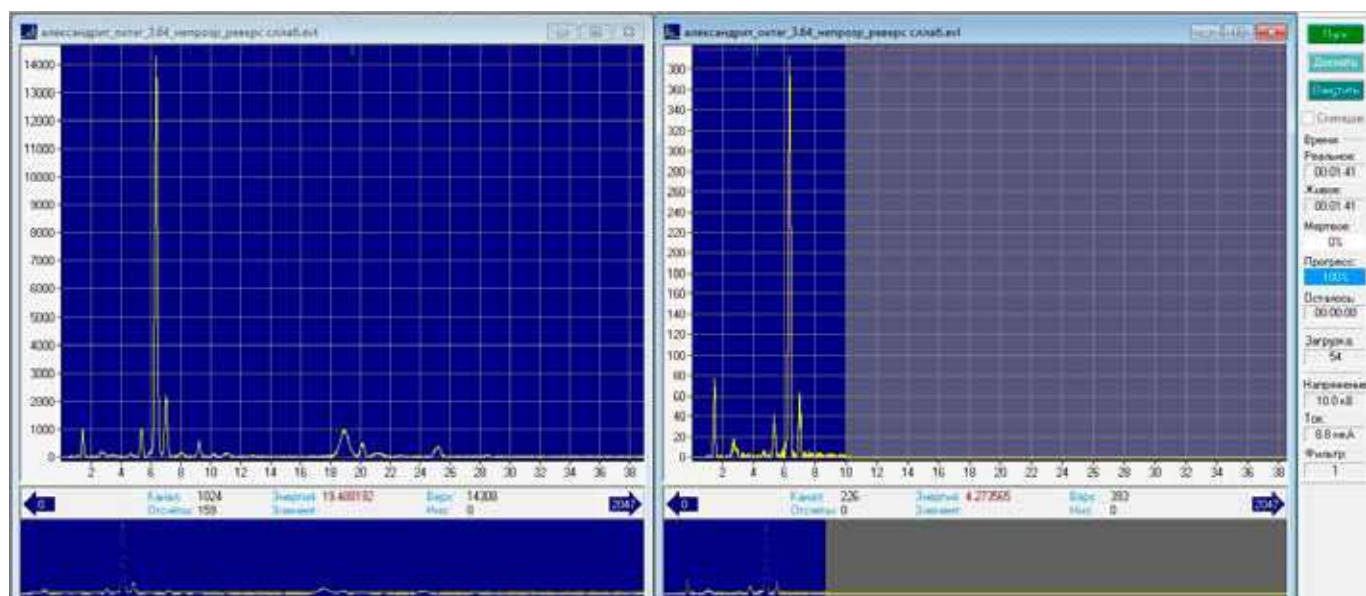


Рисунок 3. Вигляд подвійного спектру

сних послідовних вимірюваннях у поєднанні з іншими методами досліджень дорогоцінного каміння, що підвищує достовірність отриманих результатів. Підготовка зразків для вимірювань відсутня, потрібно лише правильно розмістити камінь.

Основні технічні характеристики спектрометра "ElvaX" подано у таблиці 1.

Умови експлуатації спектроскопа: температура від 10 до 25°C, відносна вологість до 80 % при 25°C і більш низьких температурах без конденсації вологи, атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (630-800 мм рт.ст.).

Спектрометр "ElvaX" (рис. 4) складається з аналітичного блоку з відеокамерою, в який уміщують досліджуваний об'єкт. Сам аналітичний блок складається з пристрою збудження та детектора рентгеновського випромінювання. Внаслідок спектрометричного процесу за допомогою аналого-цифрового перетворювача та програмного забезпечення отримують спектр для подальшого аналітичного дослідження.

Рентгенофлуоресцентні спектрометри застосовують у різних галузях науки і техніки:

- екологія та охорона навколишнього середовища – визначення важких металів у ґрунтах, опадах, воді, аерозолях і ін;
- геологія і мінералогія – якісний і кількісний аналіз мінералів, гірських порід та ін;
- металургія та хімічна індустрія – контроль якості сировини, виробничого процесу і готової продукції;
- лакофарбна промисловість – аналіз свинцевих фарб;
- ювелірна промисловість – визначення концентрацій цінних металів, визначення пробності виробів;
- нафтова промисловість – визначення забруднень нафти та інших видів палива;
- харчова промисловість – визначення токсичних металів у харчових інгредієнтах;
- сільське господарство – аналіз мікроелементів у ґрунтах і сільськогосподарських продуктах;
- археологія – елементний аналіз, датування археологічних знахідок;
- мистецтво – вивчення картин, скульптур, для проведення аналізу та експертизи.

Таблиця 1. Технічні характеристики "ElvaX"

Діапазон елементів, що визначаються	від Cl (ат. номер 17) до U (ат. номер 92)
Час вимірювання	10-1200 сек
Живлення	100-240 В, 50/60 Гц
Потужність	40 Вт



Рисунок 4.

Спектрометр "ElvaX" (1 – аналітичний блок з камерою, 2 – комп'ютер з програмним забезпеченням)

Виятком не є і гемологія. Дослідженням дорогоцінного каміння за допомогою рентгенофлуоресцентної спектроскопії (XRF), яка лежить в основі РФА, займаються такі провідні лабораторії світу, як: HRD, CISGEM of the Milan Chamber of Commerce, Гемологічний центр Московського Державного Університету, Gubelin Gem lab Ltd., SSEF Swiss Gemmological Institute, EGL USA, American Gemological Laboratories, Inc., GIA Laboratory та багато інших.

За допомогою методу РФА в ДГЦУ вирішують основні проблеми діагностики дорогоцінного каміння. Спектрометр застосовують у випадках, коли об'єкт експертизи має обмежену кількість діагностичних ознак для його точної діагностики або коли діагностичні ознаки неможливо визначити. До таких випадків належить діагностика:

- більшості оправлених дорогоцінних каменів, у яких неможливо визначити основні діагностичні властивості – показник заломлення, густину;
- каменів, для яких основні діагностичні властивості не дають однозначної відповіді при їх діагностиці;

- непрозорих каменів, у яких навіть за наявності показника заломлення та густини неможливо однозначно встановити назву каменя;
- зразків у сировині;
- зразків дуже великих або малих розмірів довільної форми, неограничених.

Крім того, за допомогою спектрометра можна проводити:

- визначення походження дорогоцінного каміння;
- визначення ознак облагородження дорогоцінного каміння;
- точну діагностику дорогоцінного каміння за наявності широкого ряду ізоморфізму мінералу;
- діагностику синтетичних або штучних сполук.

Діагностика дорогоцінних каменів за допомогою спектрометра "ElvaX" є зручною та швидкою. За допомогою спектрометра в більшості випадків експерт може визначити назву каменя, його походження (природний або штучний) та наявність облагородження.

**Бизнес-организатор
производителей и потребителей
декоративного камня**

Журнал «Мрамор салон» - Ваша информационная поддержка круглый год *



г. Киев, ул. Инженерная, 4
0 44 451 45 80
www.mramor-salon.org.ua