

УДК 549.64:549.08

О.П. БЕЛІЧЕНКО, кандидат геологічних наук

Ю.Д. ГАЄВСЬКИЙ

ДГЦУ

Комплексна інструментальна діагностика жадеїтів і нефритів

Проведено комплексное геммологическое исследование жадеита и нефрита с целью их сравнения. Описаны характерные диагностические особенности, проведен анализ ИК-спектров и спектров рентгеновского излучения, исследованы вещества-заполнители в облагороженных разновидностях жадеита и нефрита.

Comprehensive gemological study of jadeite and nephrite with the purpose of their comparison was conducted. The typical diagnostic features were described, IR-spectra and X-ray spectra analysis was conducted, filler materials in treated jadeite and nephrite differences were studied.

Вступ

Останнім часом на світовому ювелірному ринку зріс попит на вироби з каменями різних кольорів із сплутано-волокнистою структурою під загальною торговою назвою «Jade». Ця назва об'єднує два мінерали – жадеїт і нефрит, які дивовижно подібні зовні, але мають значну різницю за вартістю. Проблема точної діагностики цих каменів є дуже актуальною, оскільки часто нефрит, камінь розповсюджений і недорогий, використовують як заміник більш рідкісного і дорогого жадеїту, особливо жадеїту-імперіалу.

Жадеїт – мінерал групи лужних моноклінних піроксенів: $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

Хімічний склад: змінний. Містить: Na_2O – 10–15 %; Al_2O_3 – 17–26 %; SiO_2 – 55–59 %.

Колір – зелений, білий, коричневий, блідо-фіолетовий, жовтий, червонувато-оранжевий, чорний. До дорогоцінного каміння другого порядку належить зелений різновид, який просвічує, – імперіал.

Вперше запис про використання терміну «жадеїт» («Jadeite») з'являється в роботі Ніколя Монардеса про медичні рослини Нового Світу, написаній у 1565 р. Довгий час жадеїт не відрізняли за зов-

нішніми ознаками від нефриту. У 1863 р. було виявлено, що один з мінералів є силікатом натрію і алюмінію $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, тоді як інший є силікатом кальцію і магнію $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. У результаті було запропоновано назву «жадеїт» для першого мінералу, щоб відрізнити його від другого (тобто від нефриту). Так само як і нефрит, жадеїт має прихованокристалічну тонковолокнисту структуру переплутаних між собою мікроскопічних волокнистих кристалів, проте жадеїт є моноклінним піроксеном, а нефрит – моноклінним амфіболом [6]. О.Є. Ферсман писав: «У цьому випадку ми зустрічаємося з рідкісним явищем чудової подібності двох мінералів різного хімічного складу».

Жадеїт тісно пов'язаний з двома стародавніми цивілізаціями – Центральною Америкою та Китаєм. Його широко використовували більшість великих цивілізацій Мезоамерики – ольмеки, ацтеки, майя та інші. У Китаї вироби з мінералів, класифікованих, зазвичай, як нефрит, використовували протягом дуже довгого часу. Археологічні дані свідчать, що вже 7000–8000 років тому китайцям був знайомий цей камінь. Проте багато дослідників погоджуються з думкою [6], що жадеїт широко почав

імпортуватися в Китай з XVIII століття, коли його завезли з Бірми.

Основним постачальником жадеїту на світовий ринок є М'янма (Бірма), а основним споживачем – Китай. З ростом багатства Китаю зростає попит і ціни на жадеїт різноманітних якостей і кольорів, а особливо на жадеїт-імперіал, оскільки, крім своєї краси, цей дорогоцінний камінь традиційно символізує в китайській культурі процвітання і довголіття. Сьогодні підвищений інтерес до жадеїту пояснюється ще й тим, що, незважаючи на зростаючий попит, постачання жадеїту різко зменшилося останнім часом [9].

Об'єкти дослідження – шість огранованих ювелірних вставок жадеїту зеленого, блакитного, рожевого кольорів. Для порівняння було вивчено п'ять нефритів з навчальної колекції ДГЦУ.

Мета роботи та методи досліджень – комплексна діагностика жадеїтів і їх основних заміників (нефритів) методами ІЧ-Фур'є спектроскопії та рентгенофлуоресцентного аналізу (далі – РФА). Цим дослідженням передувало детальне геммологічне вивчення досліджуваних зразків жадеїтів і нефритів.

Гемологічне дослідження

Узагальнені характеристики жадеїтів:

- Маса каменів: 12,23–13,65 ст.
- Форма каменів: груша, овал.
- Тип огранування: кабошон.
- Колір: зелений, блакитний, рожевий (рис. 1).
- Показник заломлення: 1,645–1,65 (вимірювання проводилося методом краплі).
- Двозаломлення: не виявлено.
- Густина: 3,32–3,33.
- Люмінесценція при освітленні УФ-лампю 4 Вт (254 і 365 нм): відсутня.
- Фільтр Челсі: зелений колір.
- Прозорість: непрозорі.
- Мікроскоп: під мікроскопом добре помітна наявність на всій нижній поверхні кабошону широких листоподібних кристалів, які формують радіально-променисту структуру (рис. 2), що є одним з надійних критеріїв для діагностики жадеїтів. Також під час вивчення каменя в мікроскопі було виявлено, що він має добре видимі ознаки облагородження за кольором – профарбовані тріщини (рис. 3, 4).

Узагальнені характеристики нефритів:

- Маса каменів: 4,52–6,01 ст.
- Форма каменів: овал.
- Тип огранування: кабошон.
- Колір: блідо-зелений, зелений (рис. 5).
- Показник заломлення: 1,61–1,62 (вимірювання проводилося методом краплі).
- Двозаломлення: не виявлено.
- Густина: 2,99–3,05.
- Люмінесценція при освітленні УФ-лампю 4 Вт (254 та 365 нм): відсутня.
- Фільтр Челсі: зелений колір.
- Прозорість: непрозорі.
- Мікроскоп: під мікроскопом добре помітно сплутано-волокнисту структуру (рис. 5).

Дослідження методом ІЧ-Фур'є спектроскопії здійснювалося відповідно до «Методики діагностики дорогоцінного каміння методом ІЧ-Фур'є спектроскопії». Вимірювання виконували за допомогою спектрометра моделі «Nicolet 6700» виробництва «ThermoFisher Scientific» на приставці Collector II за кімнатної температури в спектральному діапазоні 7000–400 см⁻¹. Кількість сканувань у циклі вимірювання – 128–1384 за роздільної здатності 4 см⁻¹.

За результатами досліджень виявлено такі закономірності:



Рисунок 1. Жадеїти



Рисунок 2. Листоподібні кристали піроксенів у жадеїті зеленого кольору



Рисунок 3. Профарбовані тріщини у жадеїті блакитного кольору



Рисунок 4. Профарбована тріщина у жадеїті рожевого кольору



Рисунок 5. Сплутано-волокниста структура у нефриті



Рисунок 6. Нефрити

1. У жадеїтах було виявлено широку зону поглинання в інтервалі близько 3200–3700 cm^{-1} , який деякі дослідники пов'язують із коливаннями сполук типу М-ОН. Також у жадеїтах було виявлено серію піків близько 1070, 1049, 745, 665, 507, 463, 435 cm^{-1} , які (за літературними джерелами) пов'язані з коливаннями різних типів Si-O, Si-O-Si, O-Si-O в структурі мінералу [8]. Ці піки можуть служити діагностичною ознакою для групи мінералів піроксену взагалі та жадеїту зокрема.

2. У нефритах було виявлено серію піків близько 1096, 1041, 1002, 920, 683, 542, 640, 508, 464, 415 cm^{-1} , які зазвичай пов'язують з коливаннями різних типів Si-O-Si, O-Si-O, Т (М-ОН) в структурі мінералу (рис. 7) [1, 2].

3. В ІЧ-спектрах жадеїтів виявлено піки близько 4680, 4623, 4063, 5985 cm^{-1} та 3097, 3055, 3036, 2965, 2928, 2872, 2850 cm^{-1} . Ці піки, відповідно до даних деяких дослідників, інтерпретуються як піки заповнювачів – полімерів (рис. 8) [4, 10].

4. В ІЧ-спектрах нефритів виявлено серії піків близько 2952, 2916, 2848 cm^{-1} ; 2952, 2916, 2871, 2848 cm^{-1} ; 2962, 2921, 2852 cm^{-1} , що інтерпретуються як піки таких заповнювачів, як масло або парафін (рис. 9) [4].

Дослідження зразків методом РФА здійснювалося відповідно до «Методи-

ки діагностики дорогоцінного каміння та його замінників методом рентгенофлуоресцентного аналізу». Вимірювання виконували в лабораторних умовах за допомогою спектрометра енергій рентгенівського випромінювання «СЕР-01» моделі «ElvaX-Light» (далі – спектрометр ElvaX) з інтервалом досліджень від Na до U. Дослідження проводили методом якісного аналізу.

За результатами досліджень виявлено такі закономірності (табл. 1):

1. У жадеїтах присутні елементи у співвідношенні Si>Al>Fe>Ca>Na>Mg, а також присутні домішки Ga, Zr, K. Наявність Ca у складі жадеїтів пов'язане з наявністю в ньому деякої кількості мінералу діопсиду. Відносно мала кількість Na та Mg при замірах на енергодисперсійному спектрометрі пов'язана з малою чутливістю приладу (рис. 10).

2. У нефритах присутні елементи у співвідношенні Ca>Fe>Si>Mg>Al, а також домішки Cr, Na, Ni, Zn, K. Звертає на себе увагу велика варіативність Ca, Fe у складі нефритів, що, скоріш за все, пов'язано із змінним складом нефритів (рис.11).

Висновки

1. Досліджені ІЧ-спектри жадеїтів характеризуються зонами поглинання в інтервалі близько 3200–3700 cm^{-1} та

серією піків близько 1070, 1049, 745, 665, 507, 463, 435 cm^{-1} , які можуть служити діагностичною ознакою для групи мінералів піроксену взагалі та жадеїту зокрема. У нефритах було виявлено характерну серію піків близько 1096, 1041, 1002, 920, 683, 542, 640, 508, 464, 415 cm^{-1} .

2. В облагороджених різновидах жадеїтів і нефритів виявлено характерні піки заповнювачів та визначено їх вид – полімери в жадеїтах та масло або парафін у нефритах.

3. Необхідно зазначити, що піки, які були виявлені під час дослідження жадеїтів і нефритів не завжди збігаються з даними інших дослідників, що пов'язано з великою варіативністю складу полімерів та масел, а також варіативністю складу жадеїтів і нефритів.

4. Спектри рентгенівського випромінювання жадеїтів характеризуються співвідношенням елементів-домішок – Si>Al>Fe>Ca >Na >Mg, тоді як спектри нефритів – Ca>Fe>Si>Mg>Al.

5. Сукупність отриманих результатів свідчить про широкі можливості комплексної інструментальної діагностики жадеїту та його замінників під час проведення гемологічної експертизи в лабораторії ДГЦУ.

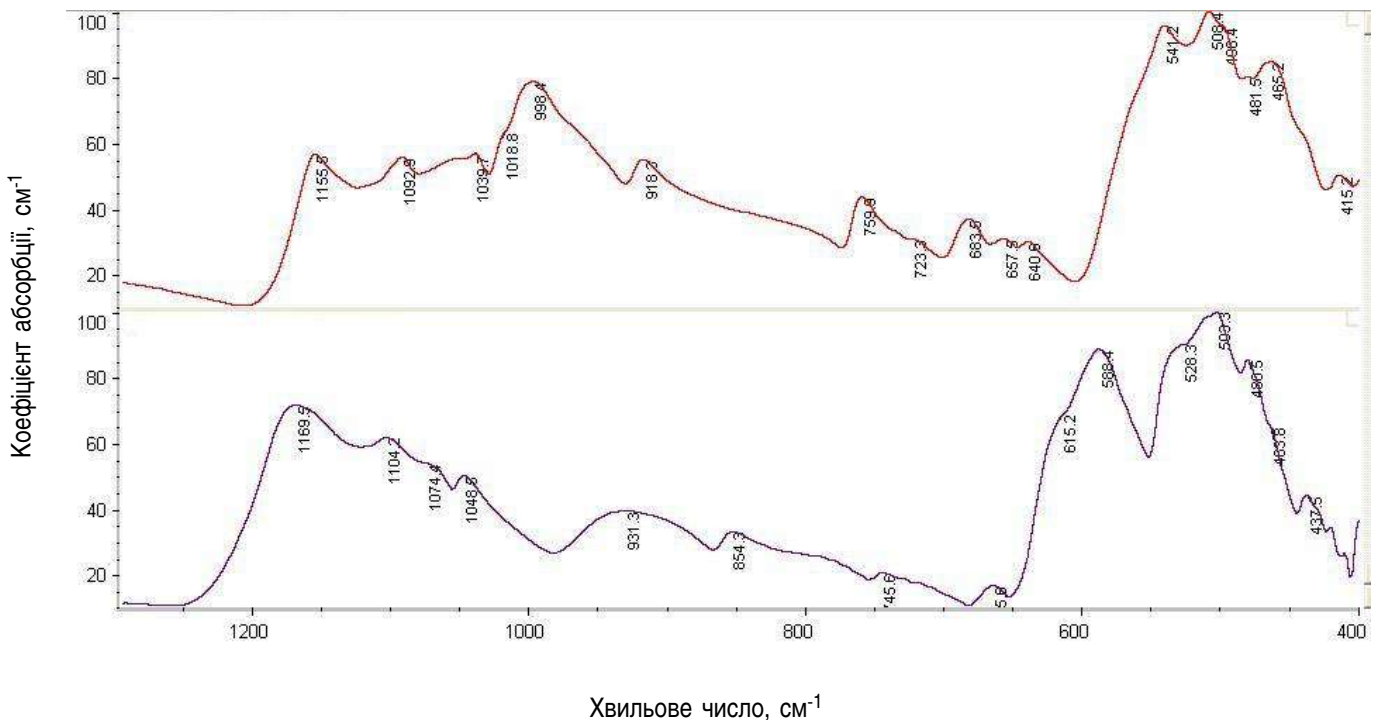


Рисунок 7. Інфрачервоний спектр різних типів коливань Si-O, O-Si-O жадеїту (1) і нефриту (2)

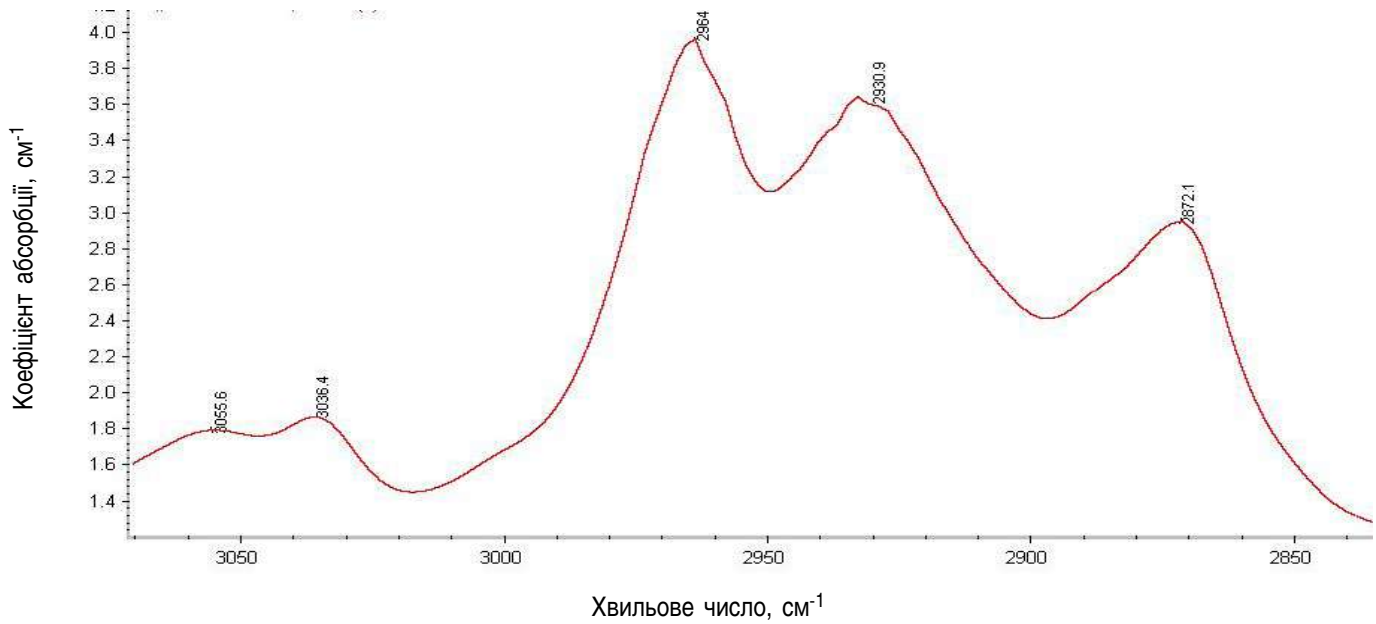


Рисунок 8. Інфрачервоний спектр заповнювача (полімеру?) у жадеїті

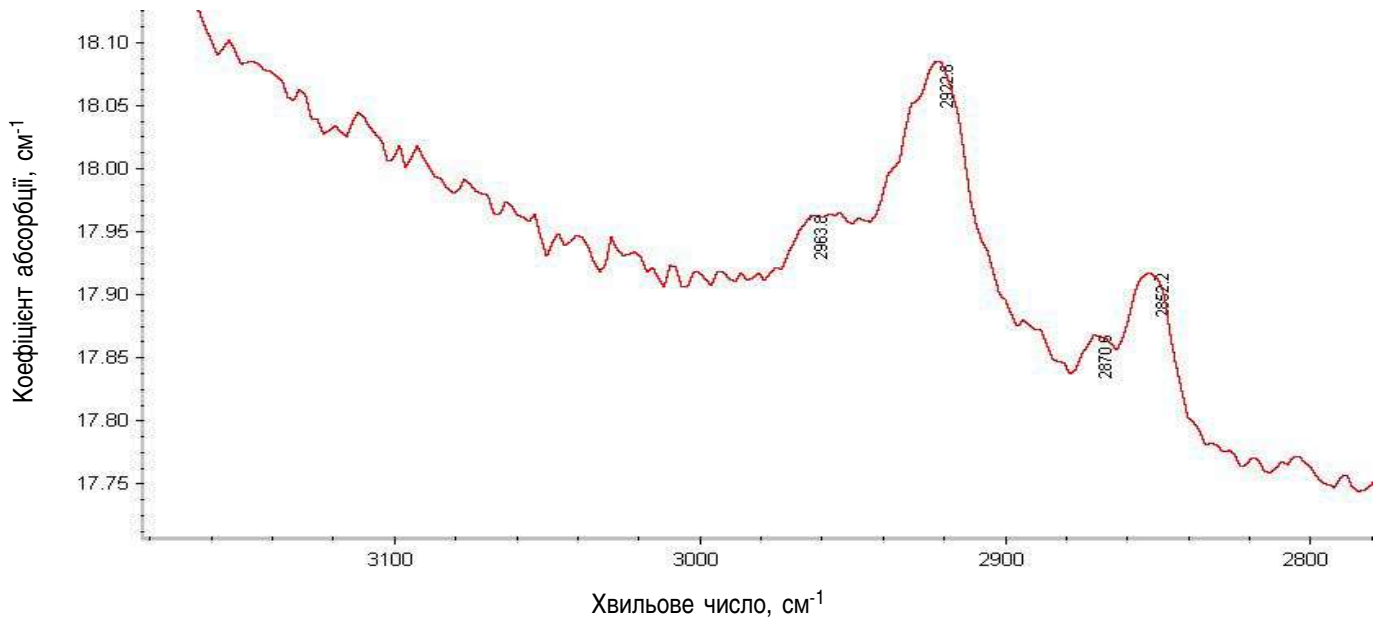


Рисунок 9. Інфрачервоний спектр заповнювача у нефриті

Таблиця 1. Інтенсивність ліній рентгенівської флуоресценції жадеїтів і нефритів

№ з/п	Колір	Форма/вид огранування	Маса, ct	Інтенсивність ліній рентгенівської флуоресценції в ум. од.											
				Na	Mg	Al	Si	Ca	K	Cr	Fe	Ni	Zn	Ga	Zr
Жадеїти															
1.	Рожевий	груша/кабош.	13,66	1,0	0,5	17,4	74,5	2,5	-	-	2,5	-	-	0,5	5,4
2.	Рожевий	груша/кабош.	13,23	0,9	0,6	15,5	71,2	2,6	-	-	5,4	-	-	0,6	5,8
3.	Блакитний	овал/кабош.	12,23	1,2	0,5	18,0	79,5	1,3	0,2	-	1,65	-	-	0,5	5,5
4.	Блакитний	овал/кабош.	12,98	1,1	0,5	17,8	76,6	0,7	-	-	1,4	-	-	0,5	5,8
5.	Зелений	овал/кабош.	12,71	0,9	0,5	14,5	64,6	2,9	0,2	-	8,7	-	-	-	5,6
6.	Зелений	овал/кабош.	13,33	0,9	-	14,7	66,0	5,1	-	-	14,4	-	-	0,8	6,1
Нефрити															
1.	Зелений	овал/кабош.	5,49	0,7	5,0	1,2	74,5	77,7	1,5	3,2	106,2	6,7	0,6	-	-
2.	Зелений	овал/кабош.	4,52	0,4	2,7	0,8	45,8	49,8	0,5	12,7	88,0	2,5	1,0	-	-
3.	Зелений	овал/кабош.	5,60	0,9	6,2	1,3	85,0	87,0	1,0	0,9	64,0	3,3	0,4	-	-
4.	Зелений	овал/кабош.	5,31	0,8	6,0	1,2	83,1	83,4	1,0	1,25	55,6	5,7	-	-	-
5.	Зелений	овал/кабош.	6,01	1,0	7,0	1,7	89,7	93,8	1,2	4,5	65,5	6,5	1,4	-	-

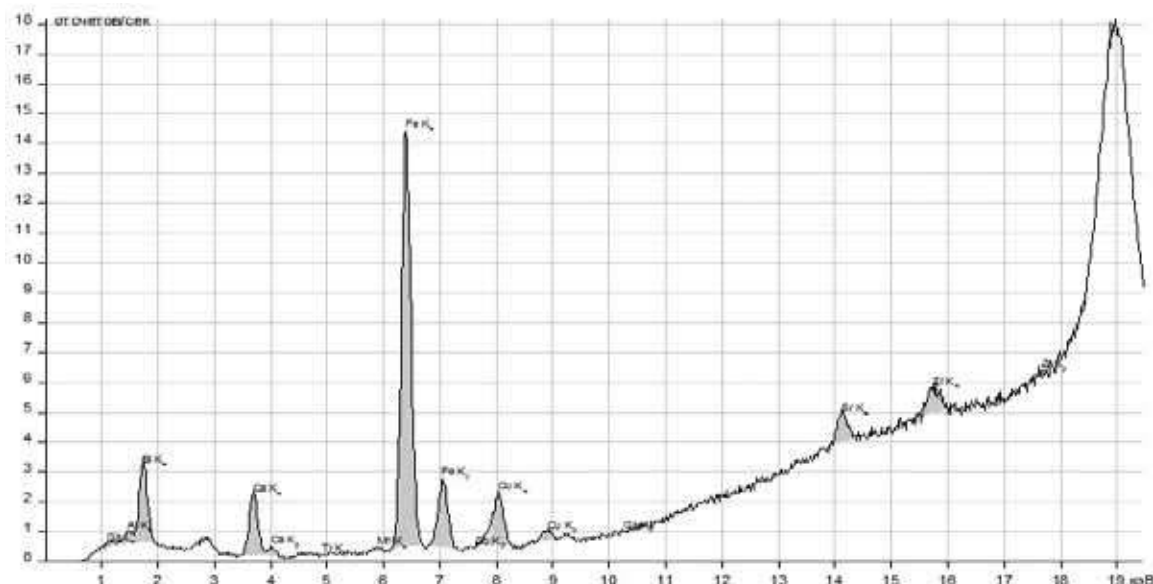


Рисунок 10. Рентгеновський спектр жадеїту

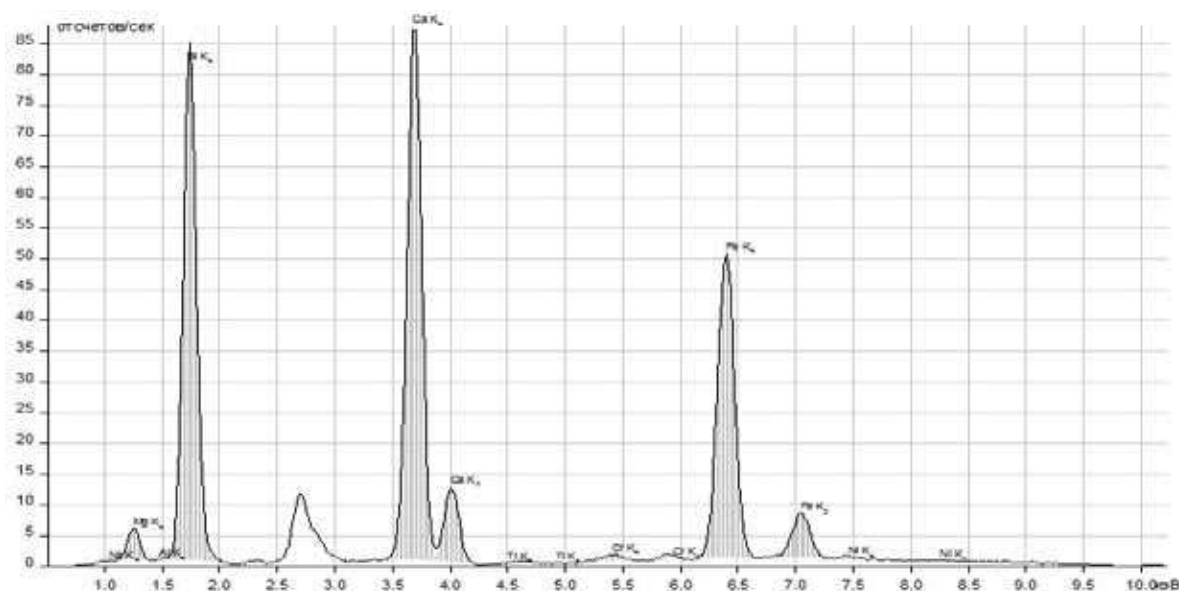


Рисунок 11. Рентгеновський спектр нефриту

Використана література

1. Партхасарати Г. Тремололиты из Кольской сверхглубокой скважины (12148 м) и их поверхностные аналоги: электросопротивление, теплоемкость и спектроскопические определения при высокой температуре // Вестник МГТУ. – 2007. – Том 10. – № 2. – С. 273–279.
2. Adamo I., Bocchio R., Nephrite Jade from Val Malenco, Italy: Review and Update // Gems & Gemology. – 2013. – Vol. 45. – No. 4. – P. 280–287.
3. Bromiley G.D., Keppler H. An experimental investigation of hydroxyl solubility in jadeite and Na-rich clinopyroxenes // Contrib Mineral Petrol. – 2004. – 147. – P. 189–200.
4. Fritsch, E., Wu S.T., Moses, T., McClure, S.F., and Moon, M.. Identification of bleached and polymer impregnated jadeite // Gems & Gemology. – 1992. – 28. – P. 176–187.
5. Guanghai Shi, Xia Wang, Bingbing Chu, Wenyuan Cui, Jadeite jade from Myanmar: its texture and gemological applications // Journal of Gemmology. – 2009. – Volume 31. – No. 5–8. – P. 185–195.
6. Howard K. B. Jadeite // C.I.G. – 2001. – <http://www.cigem.ca/431.html>
7. Lu Ren. Color origin of lavender jadeite: An Alternative Approach // Gems & Gemology. – 2012. – Vol. 48. – Issue 4. – P. 273–283.
8. Omori K., Analysis of the infrared absorption spectrum of diopside, // Am. Mineral. 52 – 1967– P. 169–179.
9. Shor R.. As Jadeite Prices Soar, So Does Supply Uncertainty // www.gia.edu/gia-news-research-jadeite-prices-supply-shor.
10. www.thermoscientific.fr.
11. www.gahk.org
12. www.geology.uaic.ro