

УДК 549.091+549.646.2:543.42 (477)

М. М. Таран, В. В. Яковлева, О. А. Вишневський, В. І. Панченко

Дослідження хромвмісного берилу — смарагду з прояву Крута Балка, Приазов'я

Зелений берил із прояву Крута Балка (Західне Приазов'я) за хімічним складом, густиною (2,70–2,72 г/см³), оптичними константами (N_o — 1,588–1,590, N_e — 1,580–1,582, $\Delta = 0,008$) та оптичними спектрами поглинання належить до найбільш коштовного гемологічного різновиду — смарагду. За даними мікрозондового аналізу, вміст хрому у вивчених зразках сягає 0,27 % Cr₂O₃. За підвищеним вмістом ванадію (до 0,20 % V₂O₃) смарагди з Приазов'я суттєво відрізняються від смарагдів більшості відомих родовищ світу, за винятком деяких родовищ Колумбії. В спектрах оптичного поглинання проявлені типові смуги і лінії поглинання, спричинені електронними переходами в октаедрично скоординованих іонах Cr³⁺, що однозначно вказує на входження хрому у структуру берилу. В спектрах виявлені також смуги поглинання, зумовлені іонами Fe²⁺ як в октаедричних (на місці Al³⁺), так і в тетраедричних (на місці Be²⁺) позиціях структури. У ближній ІЧ-області спостережено інтенсивні лінії, зумовлені наявністю молекул води в каналах структури поруч з лужними іонами, головним чином — Na⁺. Вивчені зразки вміщують значну кількість кристалічних включень, серед яких, за даними мікрозондового аналізу, переважає мусковіт, рідше зустрінутий біотит. Крім того, виявлено включення турмаліну дравіт-шерлового складу, вперше — поодинокі включення циркону, причому через високий вміст HfO₂ (до 10,6 %) такі циркони є досить специфічними.

Вступ. На території України відомі одне велике промислове родовище (Волинське — найбільше в Європі) і понад двадцять дрібних проявів берилу. Всі вони просторово і генетично пов'язані з породами Волинського і Приазовського мегаблоків Українського щита і належать до геолого-промислових типів кристалвмісних заноришових, керамічних і рідкіснометалевих пегматитів, апографічних грейзенів і алювіальних розсипів. Це, здебільшого, родовища звичайного берилу. безколірного, блідих жовтого, зеленкуватого, блакитного і подібних кольорів, обумовлених, головним чином, домішками іонів Fe²⁺ і Fe³⁺ в різних структурних позиціях бериллової ґратки [6, 8].

Яскраво-зелений смарагдоподібний берил в Україні вперше встановлено у 1964–1967 рр. під час вивчення рідкіснометалевих пегматитів ділянки Крута Балка, яка просторово належить до Сорокинської тектонічної зони в Західному Приазов'ї [4]. Тут розповсюджені породи архейського та ранньопротерозойського метаморфогенних комплексів і метаморфізованих інтрузій лужного складу, жильні утворення (пегматитові і кварцові жили). Загалом пегматити на ділянці Крута Балка належать до альбіт-сподуменового типу з комплексною Be-Li-Sc-Ta-мінералізацією. Виходячи з речовинного складу, внутрішньої будови та інших ознак, це — складно розгалужені жили, об'єднані в єдину або кілька великих мережеподібних систем. Смарагдоподібний берил знайдений у розширеннях прожилків сірого мусковіту поблизу контакту пегматитових жил з реакційною облямівкою (рис. 1). Пізніше, за більш детальних досліджень, об'єднанням "Західкварцсамоцвіти" Мінгео СРСР в 1980–1982 рр. було встановлено, що прожилки слюди зі смарагдоподібним берилом вміщує порода істотно альбітового складу з виділеннями сірого кварцу. Прожилки з зеленим берилом є типовими утвореннями потужністю до 3–4 см, що виповнюють розколини, утворюючи сплетіння, низки і ланцюжки, з'єднані тонкими провідниками, іноді з незначними розширеннями. Зазвичай вони починаються від контакту ультрабазитів, що вміщують жили, і порід реакційної облямівки; усередину жили можуть простягатися на відстань до 2 м. За результатами буріння, до глибини 50–70 м жили зустрічаються порівняно рідко, а на глибині до 230 м складають ~ 50 % керну, причому характер

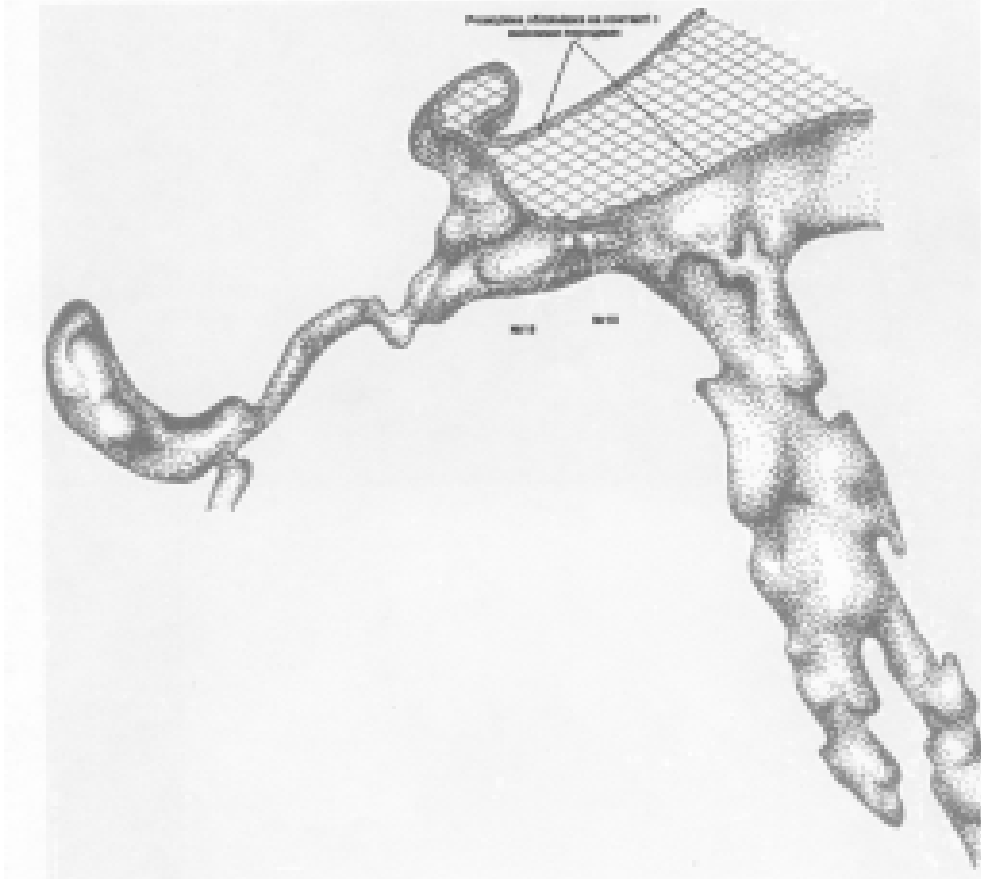


Рис. 1. Аксонометричне зображення пегматитової жили, з якої були відібрані зразки смарагдів (зр. 16 і 18) (масштаб 1 : 200). Вихід жили на ерозійний зріз заштриховано

внутрішньої будови і мінеральний склад їх з глибиною суттєво не змінюється.

Смарагдоподібний берил проростає слюду у вигляді окремих різноорієнтованих кристалів, їхніх зростків чи зернистих агрегатів. Кристали мають гексагонально-призматичний габітус зі зрізаним пінакоїдом, грані біпірамід нечіткі, з нерівною поверхнею, з чисельними включеннями зерен альбіту і слюди. Розмір кристалів становить 5–20 мм по довгій осі і 3–15 мм у поперечнику.

За даними досліджень, виконаних у 1981 р., Всесоюзним промисловим об'єднанням "Союзкварцсамоцветы" зроблено висновок: хром (до 0,06 % Cr_2O_3) не входить до структури берилу, зелене забарвлення не спричинене ізоморфною домішкою Cr^{3+} і тому зелені берили з ділянки Крута Балка не можна вважати смарагдами.

Зараз, коли доступні більш локальні методи вивчення хімічного складу і спектроскопічних властивостей мінералів, ми вирішили провести повторне вивчення зеленого берилу з Крутої Балки з метою визначити, чи належить він до найбільш цінного з гемологічної точки зору зеленого хромвмісного різновиду берилу — смарагду.

Деталі експерименту. За допомогою методів мікрозондового аналізу та оптичної спектроскопії вивчено зразки зеленого берилу з двох проб — зразки 16 і 18, що були відібрані в різних місцях прожилків в пегматитовій жилі. Визначені густина і показник заломлення вивчених зразків.

Мікрозондовий аналіз зразків берилу і включень у ньому виконали на скануючому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі *TESLA BS340* (Чехія), оснащеному енергодисперсійною системою для мікроаналізу *LINK 860* (Великобританія). Інтенсивність K_{α} -лінії характеристичного рентгєнівського спектру виміряно при напрузі прискорення 20 кВ,

струмі через зразок $6 \cdot 10^{-10}$ А та діаметрі електронного зонду 0,03–0,05 мкм. Стандартами для Si, Ti, Cr, V, Mn та Fe слугували чисті метали для Mg та Al — MgO та Al_2O_3 відповідно, для Ca — синтетичний воластоніт стехіометричного складу, для Na — природний NaCl, для K — мікроклін відомого складу.

Показники заломлення визначено за допомогою гемологічного рефрактометра РГ-1 фірми "КЛИО" (Росія) з точністю до 0,002.

Густина визначено методом гідростатичного зважування.

Поляризовані спектри оптичного поглинання вивчено на прозорій плоскопаралельній, полірований з обох боків пластинці товщиною 0,92 мм, вирізаній зі зразка 18 паралельно оптичній осі кристала. Оскільки у зразку 16 не знайдено придатного фрагмента, для нього були отримані спектри дифузного відбиття на грані призми.

Оптичні спектри поглинання і дифузного відбиття виміряно в діапазоні 350–2500 і 350–1000 нм відповідно (діаметр світлового зонду не перевищував 0,5 мм) на однопроменевому оптичному спектрофотометрі, зібраному на базі монохроматора *SpectraPro-275*, поляризаційного мінералогічного мікроскопа МИН-8 і персонального комп'ютера. Короткий опис спектрофотометра та його використання в режимах вимірювання оптичних спектрів поглинання і дифузного відбиття можна знайти в роботах [13, 14].

Результати та обговорення. Візуальні дослідження під бінокулярним мікроскопом показали, що вивчені зразки — дуже дефектні, забарвлені у зелений і сіро-зелений кольори кристали з численними мікроскопічними включеннями інших мінералів. Зелене забарвлення берилів нерівномірне з зональним, а, радше, плямистим розподілом по кристалу.

Хімічний склад вивчених зразків, наведений у табл. 1, є типовим для смарагдів. Проте, низка особливостей заслуговує уваги.

Передовсім, слід відзначити виразну хімічну негомогенність кристалів, яка має явно незакономірний характер: це не зональність, а певна "плямистість" в розподілі хімічних елементів по об'єму мінералу. Концентрація Cr і V в різних частинах кристала може

Таблиця 1. Результати мікрозондового аналізу смарагдів Призов'я, %

Компонент	Зразок 16			Зразок 18			
SiO ₂	65,55	65,40	64,89	65,52	65,39	65,55	66,09
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	17,95	17,62	18,33	17,66	18,01	17,80	17,92
Cr ₂ O ₃	0,21	0,17	0,12	0,19	0,27	0,13	0,17
V ₂ O ₃	0,12	0,11	0,13	0,20	0,16	0,09	0,12
FeO	0,36	0,35	0,17	0,35	0,31	0,43	0,29
MnO	0,00	0,02	0,00	0,04	0,08	0,01	0,00
MgO	0,76	0,79	0,48	0,92	0,68	0,93	0,87
CaO	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	1,21	1,29	1,66	1,41	1,37	1,46	1,36
K ₂ O	0,00	0,00	0,04	0,06	0,01	0,00	0,00
BeO	13,80	13,73	13,75	13,80	13,80	13,81	13,90
Сума	99,96	99,48	99,78	100,15	100,08	100,21	100,72
<i>Кристалохімічні коефіцієнти в перерахунку на n атомів кисню</i>							
Si	5,930	5,945	5,892	5,927	5,916	5,924	5,935
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	1,913	1,887	1,961	1,882	1,919	1,895	1,895
Cr	0,015	0,012	0,009	0,014	0,019	0,009	0,012
V	0,009	0,008	0,009	0,015	0,012	0,007	0,009
Fe	0,027	0,027	0,013	0,026	0,023	0,033	0,022
Mn	0,000	0,002	0,000	0,003	0,006	0,001	0,000
Mg	0,102	0,107	0,065	0,124	0,092	0,125	0,116
Ca	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,212	0,227	0,292	0,247	0,240	0,256	0,237
K	0,000	0,000	0,005	0,007	0,001	0,000	0,000
Be	3,000	3,000	3,001	3,000	3,001	2,999	3,000
n	18	18	18	18	18	18	18
N _o		1,590			1,589		
N _e		1,582			1,581		
Δ		0,008			0,008		
Густина		2,72			2,70		

Примітка. Вміст BeO розраховано за стехіометричною формулою.

Таблиця 2. Результати мікрзондового аналізу включень у смарагді з прояву Крута Балка, %

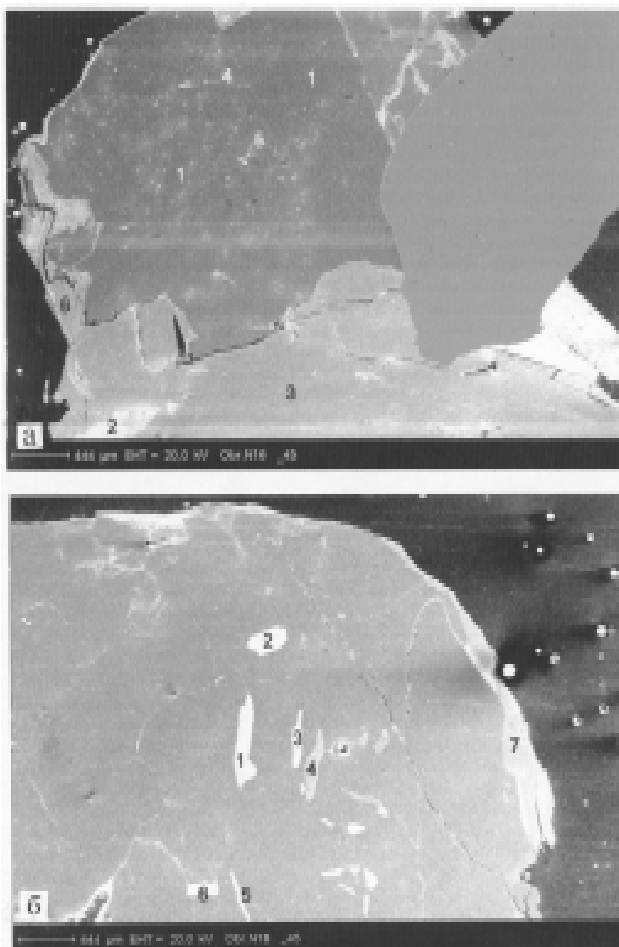


Рис. 2. Фрагменти внутрішньої будови кристалів приазовських смарагдів (а — зр. 16, б — зр. 18). Растрові знімки в режимі фазового контрасту, зб. 45. Цифрові позначення відповідають номерам аналізів в табл. 2

відрізнятися майже удвічі, а Fe, Mg та Na — в півтора рази.

Як видно з табл. 1, в обох зразках значення концентрації Cr і V приблизно рівні (в деяких точках вміст V навіть перевищує вміст Cr, тоді як у смарагдах з інших родовищ вміст Cr, як правило, майже на порядок перевищує вміст V, а концентрація останнього зазвичай не перевищує 0,10 % V_2O_5 . У наших зразках вміст V_2O_5 може сягати 0,20 %, що встановлено тільки у смарагдах з деяких родовищ Колумбії.

Цікавою особливістю приазовських смарагдів є досить низький вміст MgO і FeO, що не перевищує 1,0 і 0,5 % відповідно. За ступенем і характером лужності вивчені зразки належать до лужних натрових берилів: вміст Na_2O становить 1,20–1,50 %. З інших лугів встановлені K і Cs ($n \cdot 10^{-2} \%$). Загалом, за особливостями складу приазовські смарагди мають немало спільного з уральськими і бразильськими, проте є й специфічні риси: від уральських смарагдів вони відрізняються підвищеним вмістом V, від бразильських — низьким вмістом Mg і Na.

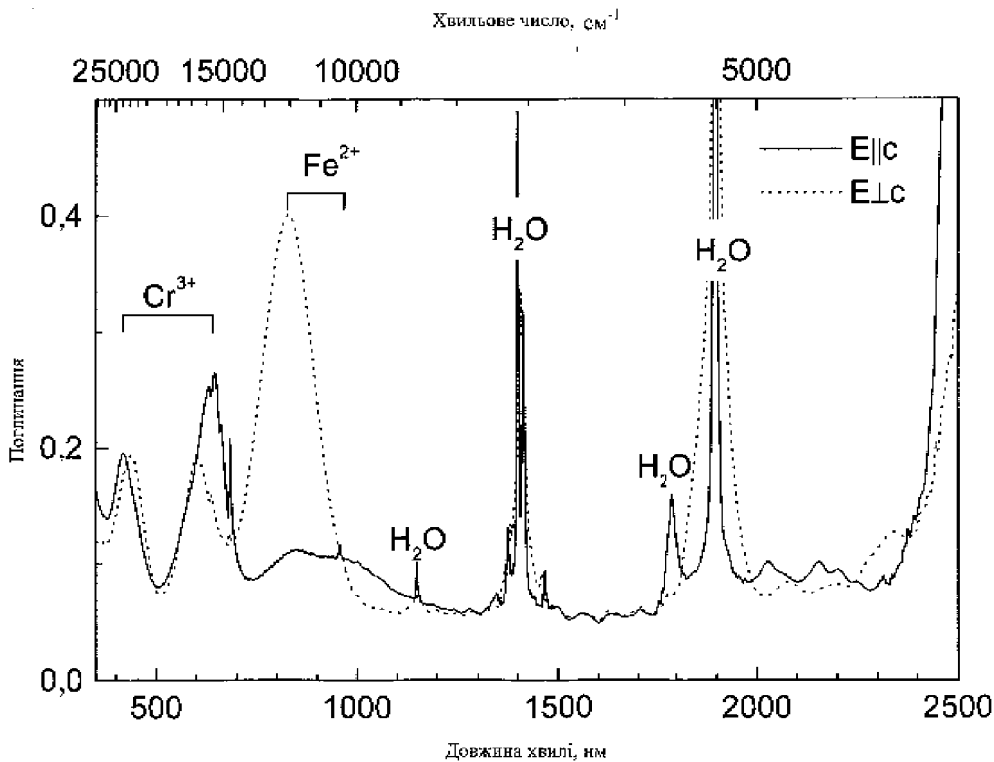


Рис. 3. Поляризований оптичний спектр поглинання зр. 18

Мікрозондове вивчення твердофазних включень у смарагдах з'ясувало, що більшість їх представлена пластинчастими вrostками слюди — мусковітом та біотитом, за явної переваги першого (табл. 2; рис. 2). Нечисельні темні, майже чорні, видовженопризматичні включення виявились турмаліном дравіт-шерлового складу. Поодинокі дрібні (0,01–0,03 мм) ізометричні кристалики ідентифіковані як циркон. Останній як включення у смарагді встановлений, наскільки нам відомо, вперше. Принаймні, ми не знайшли у літературі будь-яких згадок про включення циркону в смарагдах. Привертає увагу особливість складу зазначеного мінералу — високий вміст в ньому HfO_2 (10,6%), що проте цілком природно, оскільки приазовські смарагди пов'язані з пегматитами альбіт-сподуменового типу з комплексною Be-Li-Sc-Ta-мінералізацією, а згідно з роботою [12], високогафнієві циркони характерні саме для пегматитів з Ta-Nb-мінералізацією.

В результаті декількох замірів, виконаних для кожного з двох зразків, встановлено значення показника заломлення: $N_o = 1,588\text{--}1,590$, $N_e = 1,580\text{--}1,582$, $\Delta = 0,008$. Виявлене незначне коливання значень N_o і N_e в межах кожного зразка, пов'язано, швидше за все, з їх неоднорідністю. Співставлення отриманих результатів з літературними даними [1–3, 10, 11] показує, що за значенням показників заломлення N_o , N_e і двозаломлення (Δ) вивчені зразки ідентичні уральським смарагдам, а також вельми подібні до смарагдів з деяких родовищ Бразилії (Санта-Терезина, Ітабіра), Замбії (Кетуре), Танзанії (Ман'яра) і Мозамбіка.

За густиною (2,70–2,72 г/см³) вивчені берили дещо відрізняються від смарагдів більшості родовищ світу, для яких цей показник, зазвичай, трохи вищий — 2,72–2,75 г/см³.

Найбільш переконливим аргументом щодо приналежності вивчених зразків зеленого берилу з Крутої Балки в Приазов'ї до смарагдів є їхні оптичні спектри поглинання і дифузного відбиття (рис. 3 і 4 відповідно).

У спектрі оптичного поглинання смарагду зразка 18 (рис. 3) у видимій області (~380–750 нм) видно чіткі характерні смуги та лінії поглинання, зумовлені електронними dd -переходами в іонах Cr^{3+} , що ізоморфно замішують іони Al^{3+} в октаедричних позиціях

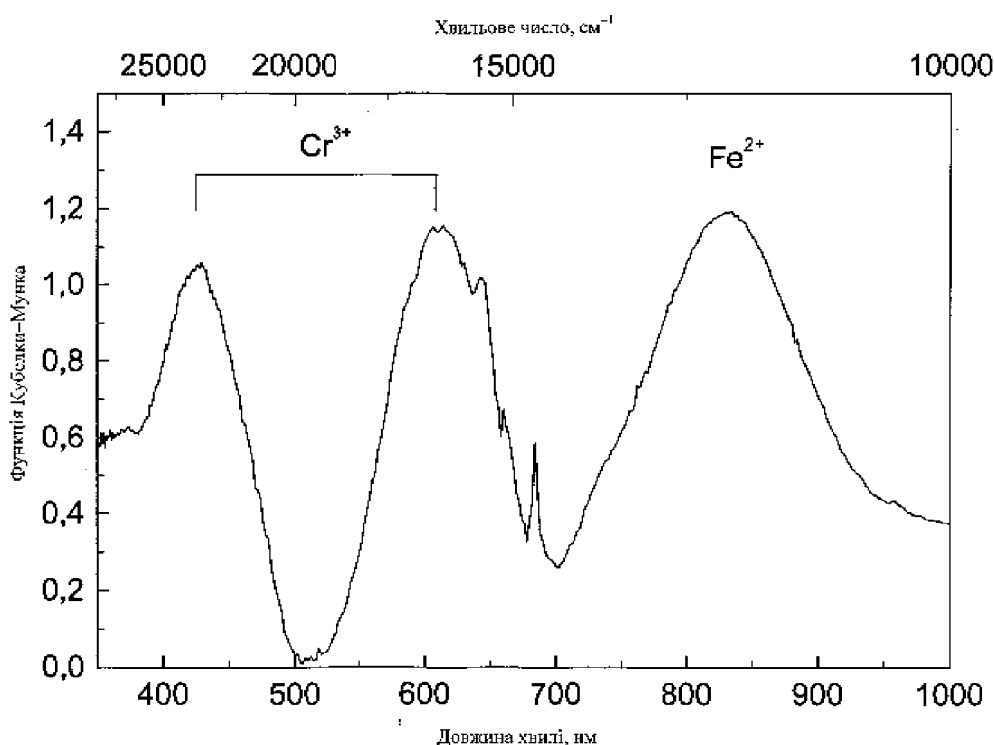


Рис. 4. Оптичний спектр дифузного відбиття зр. 16

кристалічної структури берилу. Так, дві широкі і порівняно інтенсивні смуги поглинання в області 410–440 і 600–640 нм пояснені, відповідно, дозволеними за спіном переходами ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}$ і ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}$ іонів Cr^{3+} [5]. Розщеплення названих вище смуг на дві компоненти, що відрізняються за енергією і поляризаційними властивостями, зумовлено пониженням симетрії структурної позиції Cr^{3+} до D_3 [7]. Відзначимо, що аналогічні спектри поглинання Cr^{3+} спостерігаються і в синтетичних хромвмісних берилах — смарагдах [9].

Накладені на більш довгохвильову смугу вузькі лінії поглинання (найбільш інтенсивна лінія при 684 нм або 14620 cm^{-1}) зумовлені забороненими за спіном переходами в ${}^{6}\text{Cr}^{3+}$ або так званими *R*-лініями. Зазначимо, що за гемологічною термінологією берил вважається смарагдом лише тоді, коли вузькі лінії поглинання *Cr*, тобто *R*-лінії, зокрема найбільш інтенсивна лінія при 684 нм, фіксуються за допомогою гемологічного спектроскопу [1]. Тобто те, що такі лінії поглинання проявлені у поляризованих спектрах зразка 18 (рис. 3), однозначно свідчить про ізоморфне входження домішки *Cr* до структури берилу і заміщення ним іонів Al^{3+} в октаедричних позиціях. Себто даний зразок, за спектроскопічними характеристиками, правомірно називати смарагдом.

Слід зазначити, що широкі смуги поглинання у ближній ІЧ-області спектру (~ 800 – 1000 nm) також притаманні природним смарагдам із відомих родовищ світу, за винятком унікальних з цієї точки зору каменів колумбійських родовищ Музо і Чивор, які практично не містять заліза. За даними Л. І. Третьякової і К. С. Бенавідеса [10], в них зафіксовано лише до 0,01 % заліза. Встановлено, що поляризовані смуги поглинання в області ~ 800 – 1000 nm в берилах, у тому числі і смарагдах, зумовлені дозволеними за спіном електронними переходами як в октаедрично- (на місці *Al*), так і тетраедричноскоординованих (в позиції *Be*) іонах Fe^{2+} [6, 8]. Так, з першими пов'язують подвійну, розщеплену за рахунок ефекту Яна–Телера, смугу в поляризації $E \parallel c$ з максимумами близько 850 і 1000 нм, а з другою — більш інтенсивну одиночну смугу при $E \perp c$ в області 830 нм. Наявність таких особливостей в спектрі вивченого нами зразка узгоджується з результатами мікрозондового аналізу (табл. 1), згідно з якими вивчені зразки містять до 0,5 % FeO . Зазначимо, що порівняно висока інтенсивність смуг поглинання іонів ${}^{6}\text{Fe}^{2+}$ і ${}^{4}\text{Fe}^{2+}$ в ближній ІЧ-області, коротко-

хвильовий хвіст яких попадає у видиму частину спектра, спричинює появу синюватого відтінку у забарвленні вивчених зразків.

Серія вузьких ліній поглинання у ближній ІЧ-області, як $E \parallel c$ -, так і в $E \perp c$ -поляризації, зумовлена обертонами і складеними частотами коливань в молекулах H_2O , причому загальна конфігурація, поляризаційні властивості й інші ознаки свідчать про присутність в даних зразках молекул води, головним чином, так званого другого типу, тобто таких, які знаходяться в каналах бериллової структури поблизу великих іонів лужних металів [15]. Це відповідає даним про присутність у складі вивчених зразків Na (до 1,50 %), K і Cs.

В оптичному спектрі дифузного відбиття зразка 16 (рис. 4) розрізняють смуги і лінії поглинання іонів Cr^{3+} , подібні за енергією та формою до таких у спектрі поглинання зразка 18 (рис. 3). Крім того, в області ~ 830 нм проявлена широка, порівняно інтенсивна смуга, пов'язана з присутністю іонів Fe^{2+} (у даному випадку при вимірюванні в неполяризованому світлі переважає інтенсивніша $E \parallel c$ -компонента, зумовлена тетраедричним Fe^{2+} в позиціях іонів Be). Лінії поглинання води не спостерігаються, оскільки найінтенсивніші з них знаходяться за межами вивченого спектрального діапазону.

Висновки. Вивчені зразки зеленого берилу із прояву Крута Балка у Західному Приазов'ї за основними ознаками (хімічний склад, показник заломлення, оптичні спектри поглинання) належать до найбільш цінного з гемологічної точки зору хромвмісного різновиду берилу — смарагду.

За комплексом показників (особливості хімічного складу, оптичні константи, спектроскопічні характеристики) вони найбільше подібні до смарагдів з відомих родовищ та проявів Центрального Уралу. Щодо генетичної приналежності, то скоріш за все приазовські прояви смарагду належать до так званого пневматоліт-гідротермального типу. Водночас це лише попередні висновки і для їх підтвердження необхідні подальші дослідження на більш представницькому матеріалі.

1. Андерсон Б. Определение драгоценных камней. — М.: Мир, 1983. — 458 с.
2. Гавриленко Е. В., Дашевская Д. М. Особенности изумрудов различного генезиса и их диагностическое значение // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. — 1998. — Ч. 127, вып. 1. — С. 47–57.
3. Громов А. В., Гранадчикова Б. Г., Андреев Э. Д. Типоморфные особенности изумрудов ряда месторождений мира // Там же. — 1990. — Ч. 119, вып. 2. — С. 102–112.
4. Лазаренко Е. К., Лавриненко Л. Ф., Бучинская Н. И. и др. Минералогия Приазовья. — Киев: Наук. думка, 1981. — 431 с.
5. Платонов А. Н., Дорфман М. Д., Таран М. Н., Тарацан А. Н. Спектроскопическое исследование изумрудов из различных месторождений // Конституция и свойства минералов. — 1978. — № 12. — С. 115–121.
6. Платонов А. Н., Таран М. Н., Польшин Э. В., Минько О. Е. О природе окраски железосодержащих бериллов // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1979. — № 10. — С. 54–68.
7. Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. — М.: Недра, 1984. — 125 с.
8. Таран М. Н., Кляхин В. А., Платонов А. Н. и др. Оптические спектры природных и искусственных железосодержащих бериллов в диапазоне температур 77–297 К // Кристаллография. — 1989. — 34, вып. 6. — С. 1470–1474.
9. Таран М. Н., Кляхин В. А. Спектроскопическое и колориметрическое исследование гидротермальных искусственных изумрудов различного состава // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. — 1990. — Ч. 119, вып. 3. — С. 81–93.
10. Третьякова Л. И., Бенавидес К. С. Минералогическое и спектрально-колориметрическое исследования изумрудов из месторождений Чивор и Музо (Колумбия) // Там же. — 1987. — Ч. 116, вып. 6. — С. 713–718.
11. Фекличев В. Г. Берилл. — М.: Наука, 1964. — 125 с.
12. Reviews in Mineralogy. Vol. 5: Orthosilicates. — Mineral. Soc. of America, 1982. — 450 p.
13. Taran M. N., Langer K. Electronic absorption spectra of Fe^{2+} ions in oxygen-based rock-forming minerals at temperatures between 297 and 600 K // Phys. and Chem. Minerals. — 2001. — 28, No 3. — P. 199–210.
14. Taran M. N., Langer K., Abs-Wurmbach I. et al. Local relaxation around $^{61}Cr^{3+}$ in synthetic pyrope-knorringite garnets, $^{18}Mg_3^{[6]}(Al_{1-x}Cr_x^{3+})_2^{[4]}Si_3O_{12}$, from electronic absorption spectra // Ibid. — 2004. — 31, No 9. — P. 650–657.

15. Wood D. L., Nassau K. The characterization of beryl and emerald by visible and infrared absorption spectroscopy // Amer. Miner. — 1968. — 53, No 5–6. — P. 777–800.

Ин-т геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України, Київ
Музей коштов. і декорат. каміння
МФ України, Володарськ-Волинський
ВАТ "Кварцсамоцвіти", Володарськ-Волинський

Надійшла 17.03.2005

РЕЗЮМЕ. Зеленый берилл из проявления Крутая Балка (Западное Приазовье) по химическому составу, плотности (2,70–2,72 г/см³), оптическим константам (N_o — 1,588–1,590, N_e — 1,580–1,582, $\Delta = 0,008$) и оптическим спектрам поглощения отнесен к наиболее ценной геммологической разновидности — изумруду. По данным микрозондового анализа, содержание хрома в изученных образцах достигает 0,27 % Cr₂O₃. По повышенному содержанию ванадия (до 0,20 % V₂O₃) приазовские изумруды существенно отличаются от изумрудов большинства месторождений мира, за исключением некоторых месторождений Колумбии. В спектрах оптического поглощения проявлены типичные полосы и линии, вызванные электронными переходами в октаэдрически скоординированных ионах Cr³⁺, что однозначно указывает на вхождение хрома в структуру берилла. В спектрах выявлены также полосы поглощения, обусловленные ионами Fe²⁺ как в октаэдрических (вместо Al³⁺), так и в тетраэдрических (вместо Be²⁺) структурных позициях. В ближней ИК-области установлены интенсивные линии, возникающие из-за присутствия молекул воды в каналах структуры вблизи щелочных ионов, преимущественно Na⁺. Изученные образцы содержат много кристаллических включений, среди которых, по данным микрозондового анализа, преобладает мусковит, реже встречен биотит. Кроме того, определены включения турмалина дравит-шерлового состава и впервые — единичные включения циркона, который из-за высокого содержания HfO₂ (до 10,6 %) несколько специфичен.

SUMMARY. Green beryls from Kruta Balka occurrence in the Western Peri-Azovian area were studied. It was found that allowing for such characteristics as chemical composition, density (2.70–2.72 g/cm³), refractive index ($N_o = 1.588–1.590$, $N_e = 1.580–1.582$, $\Delta = 0.008$) and optical absorption spectra the samples studied may be considered as emerald, the most valuable gemological variety of beryl. By the microprobe data, the chromium content reaches 0.27 % Cr₂O₃. As to somewhat higher content of vanadium up to 0.20 % V₂O₃, the emeralds from the Peri-Azovian area differ from emeralds from most deposits of the world except for the stones from some Columbia deposits. Optical absorption spectra display typical bands and lines caused by electronic transitions of octahedral Cr³⁺ which undoubtedly indicate chromium ions entering the beryl structure. Besides, there are absorption bands caused by octahedral and tetrahedral Fe²⁺ substituting Al³⁺ and Be²⁺ in the beryl structure. The intensive absorption lines in the near infrared range are caused by water molecules allocated in the structural channels and neighbored by alkali ions, mainly by Na⁺. The samples studied contain numerous solid inclusions among which, by the microprobe data, muscovite and biotite are predominant. There are also tourmalines of dravite-schurl compositions, as well as single microcrystals of zircon found as inclusion in emerald for the first time. Due to high content of hafnium (up to 10.6 % HfO₂), the composition of zircon is rather specific.