

Зелена хромсъдържаща слюда — марипозит — от Маданските хидротермални оловно-цинкови находища

Иван К. Бонев, Алексей Н. Платонов, Дечко Стефанов

Bonev, I. K., A. N. Platonov, D. Stefanov. 1996. Green chromian mica, mariposite, from the Madan hydrothermal lead-zinc deposits. — *Geochem., Mineral. and Petrol.*, 31, 51–59

Local concentrations of green mottled or laminated quartz-ankerite-mica rocks occur inside the intensely hydrothermally altered gneissic wall-rocks embedding the ore veins of many of the deposits in the Madan ore district. Two specimens from the Murzyan and Ribnitza deposits have been studied. The colour of the mica mineral varies from pale green to deep- and emerald-green. Its optical spectrum is characterized by two broad absorption bands in the areas 24000–22000 cm^{-1} and 16000–15000 cm^{-1} , interpreted as ${}^4A_{2g} - {}^4T_{1g}$ and ${}^4A_{2g} - {}^4T_{2g}$ electron transitions of octahedrally coordinated Cr^{+3} ions. The wave-length of the resulting basic colouring is λ_k 502–505 nm, and the colour intensity p_c , in the range of 0,034 to 0,044 relative units.

The X-ray diffractometry established dioctahedral, 1M muscovite type structure, with d_{060} 1,500 Å, and strong, sharp and symmetric reflexes.

The main features of the chemical composition, according to microprobe analyses (Table 1) are: 1) high silica content in the range 49,67–53,39 wt.% SiO_2 , with 6,53 to 6,94 atoms in the 8 octahedral sites, and Si:Al^{IV} ratio in the range 4,44–6,55, close to the phengitic one; 2) occupancy of the 4 octahedral positions by ca. 3,5 Al^{VI} atoms and 0,5 atoms of Mg plus minor Fe^{2+} , Mn, Ti and Cr; 3) largely varying Cr_2O_3 content in the range 0,10–2,15 %, i.e. 0 to 0,22 atoms, also in one and the same sample; 4) high K content with up to 9,86 % K_2O , and 1,75 atoms K, but with deficiency for the two interlayer sites, indicating considerable hydration. Thus, these green micas can be characterized as high-silica dioctahedral, potassium-rich, chromian hydromuscovites or chromian illites, for which the term mariposite is most adequate.

Mariposite is clearly a product of intensive sericitic type hydrothermal alteration of the gneissic wall-rocks, and most probably its Cr content is mobilized from altered small ultrabasic bodies, occurring within the gneissic complex.

Key words: chromian illite, mariposite, optical spectra, Madan lead-zinc deposits.

Addresses: I. K. Bonev, D. Stefanov — Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, 1113 Sofia, Bulgaria; A. N. Platonov — National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Deposition, Kiev 142, Ukraine.

Ключови думи: хром-съдържащ илит, марипозит, оптични спектри, Мадански оловно-цинкови находища.

Адреси: И. К. Бонев, Д. Стефанов — Българска академия на науките, Геологически институт, 1113 София; А. Н. Платонов — Национална Академия наук Украйни, Институт геохимии, минералогии и рудообразования, Киев 142, Украйна.

Увод

Висококристалинните гнайсови и гранитогнайсови скали, вместиращи оловно-цинковите орудявания от Маданския район, в съседство с рудните жили са значително променени и осветлени в резултат от въздействието на рудоотлагачите кисели високотемпературни хидротермални разтвори. Главните променителни продукти на тези силикатни скали са кварц, карбонати и финослоисти силикати. Интензитетът на околорудните изменения в значителна степен се определя от степента на тектонска раздробеност и увеличена проницаемост на скалите, която е максимална при мощните щокверкови рудни зони от типа на Рибница и доста по-ограничена при простите жили на запълване като Страшимир.

Финослоистите силикатни минерали от главните рудни находища в района бяха подробно изследвани и описани минераложки и рентгенографски в наша предишна работа (С т е ф а н о в и др., 1988). Доказани бяха разнообразни минерали на хидротермалните глинни: смектити, хлорити, слюди, хидрослюди, каолинит, дикит, халуазит.

Локално разпространение в кварц-серицитовите зони на някои от находищата има и своеобразен зелен слюден минерал, определен като хромсъдържащ фенгит — марипозит. Минераложкото характеризизиране на този минерал е цел на настоящите бележки.

В нашата литература има някои указания за подобен минерал от оловно-цинкови находища в Родопите. Т е р з и е в (1963) споменава за зеленикави восякоподобни маси от находището Голям Палас, които въз основа на дебаеграма определя като селадонит. Като фуксит К о л ь к о в с к и и др. (1984) описват бледозелен финолюспест минерал от Рибница с мусковитов тип структура и спектрално установен Cr. Т о д о р о в (1979) изследва зелен люспест минерал от находище Устрем, участък Барита. Въз основа на спектрално доказани Si, Al, K и Cr и на рентгенограма от мусковитов ($2M_1$) тип той определя минерала като фуксит. Фуксит се споменава и за някои други рудопроявления.

Без прецизни данни за химичния състав понастоящем всички тези определения могат да се приемат само като ориентировъчни, още повече като се има предвид доказаното видово разнообразие на хидротермалните глинести минерали със зелен цвят в този тип рудни находища (С т е ф а н о в и др., 1988).

А р н а у д о в и др. (1982) описват бледо- до смарагдовозелен фуксит в десилицираните пегматити от районите на Урдините и Седемте езера в Рила. В състава му те доказват 0,28 % Cr_2O_3 , 0,99 % F, 45,88 % SiO_2 и отношение $Si:Al^{IV}$ 3,16:0,84 = 3,76, много близко до това на обикновения мусковит — 3,00.

Хромова слюда — марипозит — от слабо минерализирана кварцова жила на рудопроявление Ямките, пресичаща гнайсите в Ихтиманска Средна гора, изследват V e l i n o v, N o k o v (1992). Приведените два анализа установяват до 0,41 % Cr_2O_3 и повишено съдържание на SiO_2 при отношение $Si:Al^{IV}$ 3,40:0,60 = 5,67 и дават право за означаването на слюдата като марипозит. За отбелязване е, че количеството на K (+ Ca) е по-ниско от 1: 0,80 и 0,84.

Номенклатурни бележки

Номенклатурата на зелените хромсъдържащи слюди с мусковитов тип структура, включваща две понятия — марипозит и фуксит, невинаги се ползува ед-

нозначно. Някои автори отнасят по-бедните на хром слюди ($<1\% \text{Cr}_2\text{O}_3$) към мариопозитите, а по-богатите ($>1\% \text{Cr}_2\text{O}_3$) — към фукситите, а други предпочитат за всички хромови разновидности термина фуксит (А р н а у д о в и др., 1982). Всъщност, разделението понастоящем (H e i n r i c h, L e v i n s o n, 1955; Д и р и др., 1966; B a i l e y, 1984; К о с т о в, 1993) се базира на типа на съответната диоктаедрична калиева слюда: мусковит $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ и фенгит $\text{K}[\text{Al}_{1,5}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_{0,5}](\text{Si}_{3,5}\text{Al}_{0,5})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})$, и съответно фукситът се разглежда като хромсъдържащ мусковит, а мариопозитът — като хромсъдържащ фенгит. Определящо диагностично значение в случая има силициевото съдържание в тетраедричните позиции (H e i n r i c h, L e v i n s o n, 1955; H e i n r i c h, 1965), като в изоморфната редица на тези слюди съответното отношение $\text{Si}:\text{Al}^{\text{IV}}$ се изменя от 3:1 до 7:1 при високосилициевия фенгит (при крайния член — селадонита, Al^{IV} липсва и тетраедричните позиции се заемат почти изцяло от Si_4). Разбира се, при оценяване на природните състави тези граници са достатъчно условни. Хидратираните слюди от типа на илита се отличават с фенгитово $\text{Si}:\text{Al}^{\text{IV}}$ отношение. Хромовото съдържание е важна, но допълнителна характеристика на зелените хромови слюди. При фукситите обикновено то е по-високо, достигайки до 6% (Д и р и др., 1966) и дори до 7,9% Cr_2O_3 (C h a o et al., 1986) и 8,5% (C h a l l i s et al., 1995).

Понятията фуксит и мариопозит имат широка употреба в минераложката литература. Напоследък има стремеж към избягване на отделните имена за минерални разновидности с изоморфни примесни елементи. Предпочитат се означенията само с прилагателни, характеризиращи конкретния състав, например хромов мусковит (B a i l e y, 1984), но все пак традиционните термини продължават да се използват.

За мариопозитите е характерен хидротермалният произход (H e i n r i c h, 1965), докато фукситите са полигенни, но по-често метаморфогенни.

Характеристика на минералите

Зелените хромови слюди бяха наблюдавани в минните изработки на много от рудните находища на Маданския район, включително в Градище, Рибница, Голям Палас, Могилата, Крушев дол, Мързян, Еньовче и др. По-подробно бяха изучени типични образци от Мързян и Рибница, а именно:

— обр. МЗ-424 от находище Мързян, хор. 871, заезд-1: зелена петниста скала с впръследи и прожилки от кварц, кремав карбонат и сулфиди;

— обр. Р-721 от находище Рибница, хор. 350: зелена глинясала скала.

Зелените слюди са представени в неголеми гнезда, лещи и струпвания сред светлите интензивно изменени серицитизирани гнайсови скали, непосредствено сред и около рудните зони. Агрегатите им са с неравномерно петниста или слоиста текстура, съставени от зелени и светли неправилни или удължени гнезда от слюди, кварц и карбонати. Отделянето на фино прорасналите минерали е затруднено. Агрегатите са процепени от кварц-галенит-сфалеритови прожилки и съдържат фини импрегнации от рудни минерали.

Зелената слюда е представена от неголеми люспи с бисерен блясък, съвършена цепителност, и субпаралелна ориентация. При наблюдение със сканиращ електронен микроскоп (СЕМ) люспите имат вълнообразна повърхност и неясни, неправилни очертания (табл. 1, 1). Размерите им достигат до 1 и повече mm.

Таблица 1

Представителни микросондови анализи на хромови илити – марипозити – (тегл. %) от находищата Мързян (No 1–6) и Рибница (No 7) и кристалохимични формули при $O = 22$

Table 1

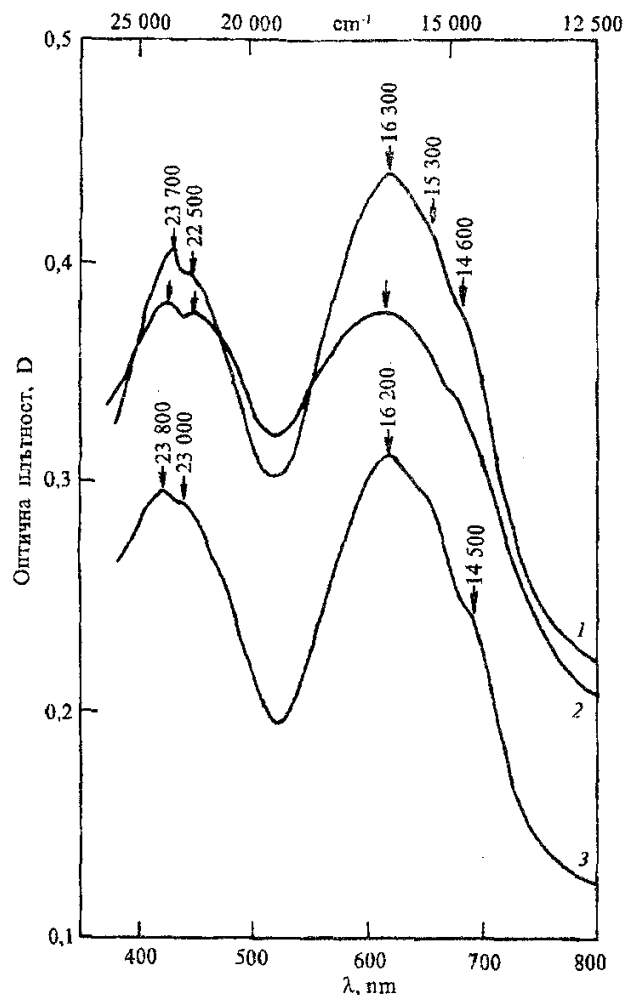
Representative microprobe analyses of chromian illites, mariposites, (wt. %) from the Murzyan (No 1–6) and Ribnitsa (No 7) deposits, and crystal chemical formulas based on $O = 22$

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	50,49	49,67	50,86	51,45	53,39	52,69	50,75
Al ₂ O ₃	31,21	32,21	29,49	31,07	28,78	29,45	31,05
Cr ₂ O ₃	0,10	0,43	0,83	1,25	1,61	2,15	0,73
TiO ₂	0,04	0,08	0,13	0,17	0,16	0,05	0,05
FeO	0,79	0,62	1,22	0,77	1,05	0,67	1,32
MnO	—	0,29	0,21	0,13	0,14	0,08	0,08
MgO	1,99	1,89	1,83	1,43	1,42	1,14	1,41
K ₂ O	9,82	9,65	9,47	8,79	8,49	8,68	9,86
Na ₂ O	0,08	0,18	0,31	0,24	0,23	0,24	0,15
CaO	0,29	0,35	0,46	0,24	0,54	0,69	0,21
Σ	94,81	95,37	94,81	95,54	95,81	95,84	95,61
Si ^{IV}	6,67	6,53	6,75	6,72	6,94	6,87	6,67
Al ^{IV}	1,33	1,47	1,25	1,28	1,06	1,13	1,33
Σ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{IV}	3,53	3,53	3,36	3,51	3,35	3,39	3,48
Cr	—	0,05	0,09	0,13	0,17	0,22	0,08
Ti	—	—	0,01	—	0,02	0,01	0,01
Fe	0,09	0,07	0,14	0,08	0,11	0,08	0,14
Mn	—	0,03	0,02	0,01	0,02	—	0,01
Mg	0,39	0,37	0,36	0,28	0,28	0,22	0,28
Σ VI	4,01	4,05	3,98	4,01	3,95	3,92	4,00
K	1,66	1,62	1,60	1,47	1,41	1,44	1,65
Na	0,02	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04
Ca	0,04	0,05	0,07	0,03	0,08	0,09	0,03
Σ XII	1,72	1,72	1,74	1,56	1,55	1,59	1,72
Si:Al ^{IV}	5,01	4,44	5,40	5,25	6,55	6,07	5,01

При сравнение на кристалната морфология на различните финослоести хидротермални минерали в находищата (С т е ф а н о в и др., 1988) се установяват интересни различия: докато каолинитът и хлоритът имат гладки и плоски пинакоидални повърхности, при хидромусковитите и илитите, вкл. и при марипозита, повърхностите са неравномерно огънати, а още по-силно огънати са те при смектитите. Тази морфология се определя както от структурата, така и от условията на растеж. Може да се предположи, че включването на водата в междуслоевите пространства на хидромусковитовата структура става неравномерно, водейки до локални струпвания на напрежения и деформации на кристалните повърхности. Подобни напрежения и деформации предизвиква вероятно и неравномерно включения в марипозита Cr.

Цвят и оптични спектри

Слюдата има бледозелен до наситенозелен или смарагдовозелен цвят. В един и същ образец могат да се наблюдават значителни вариации в интензитета на оцветяването, което предполага различие в концентрацията на хромофорния компонент.



Фиг. 1. Оптически абсорбционни спектри на хромови слюди: 1 — от Рибница; 2 — от Якутия (за сравнение); 3 — от Мързян

Fig. 1. Optical absorption spectra of chromian micas: 1 — from Ribnitsa; 2 — from Yakutia (for comparison); 3 — from Murzyan

За анализ на оцветяването на хромовите слюди бяха заснети оптичните абсорбционни спектри на образците от Мързян и Рибница, изследвани и химически (фиг. 1). Ясно се фиксират две широки, леко усложнени абсорбционни ивици в областите $24\,000\text{--}22\,000\text{ cm}^{-1}$ и $16\,000\text{--}15\,000\text{ cm}^{-1}$, които, следвайки анализа на Faye (1968), е логично да се обвържат със съдържанието на хром. Тези ивици се интерпретират като електронни преходи ${}^4A_{2g} - {}^4T_{1g}$ и ${}^4A_{2g} - {}^4T_{2g}$ на намиращите са в октаедрична координация хромови йони Cr^{1g}_{3+} . Подобен преход определя и неголямото рамо при $14\,500\text{--}14\,600\text{ cm}^{-1}$. Еталонният спектър на хромсъдържащ мусковит — фуксит от Якутия, приведен за сравнение, е аналогичен на разглежданите спектри. Характерът на оптичния спектър не дава индикации за друго окислително състояние на хромовите йони (фиг. 1).

Невисокото желязно съдържание, установяващо се в изследваните зелени слюди (табл. 1), очевидно в случая не играе съществена хромофорна роля.

Зеленото оцветяване на изучените образци се характеризира със следните колориметрични параметри, изчислени с помощта на специалната програма ЦВЕТ-5: дължина на вълната на основния цветови тон $\lambda_k = 502\text{ nm}$ и наситеност на цвета $p_c = 0,044$ относителни единици — за образца от Рибница, и съответно $\lambda_k = 505\text{ nm}$ и $p_c = 0,034$ отн. ед. — за образца от Мързян.

Анализирането на оптичните спектри показва, че основният цветови максимум, намиращ се в зелената област на спектъра, има комплексен характер поради налагането на ивици на поглъщане във виолетово-синята (430 nm) и оранжево-червената (620 nm) област. По тези си особености оцветяването на зелените хромови слюди съществено се отличава от зеленото оцветяване на другите финослоисти силикатни минерали в находищата, при които хромофорна роля играе желязото (С т е ф а н о в и др., 1988).

Структурна характеристика

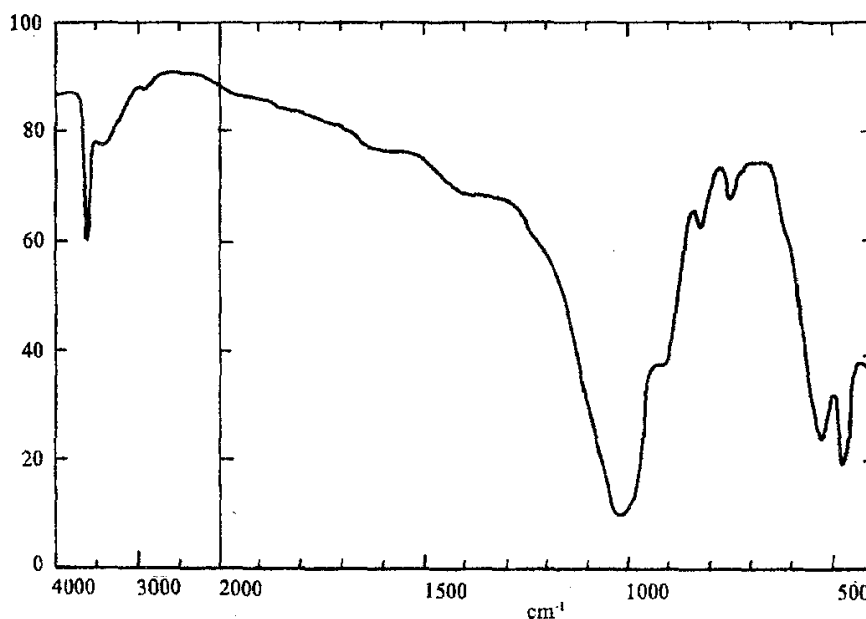
Рентгендифрактометричното изследване на хромсъдържащите слюди показва ясно принадлежността им към мусковитовия тип диоктаедрична структура с d_{060} 1,500 Å. Дифракционната картина еднозначно определя еднослойния моноклинен 1M полиморфен тип на слюдата (Crystal Structures..., 1980), като рефлексите са интензивни, добре оформени, тесни и симетрични. Интензитетите на базалните рефлeksi от 001 (10,04 Å) до 005 са, както следва: 100, 38, 80, 6, 30, почти напълно съвпадащи с изчислените за алуминиеви, безжелезни диоктаедрични слюди с междуслоевни катиони К:Н₂О 1,5:0,5, само с известно усилване на рефлекса 003 (3,34 Å) поради примеси от кварц. Няма данни за наличие на набъбващи слоеве в структурата на минерала. В образеца от Мързян се установяват примеси и от каолинит.

Инфрачервени спектри

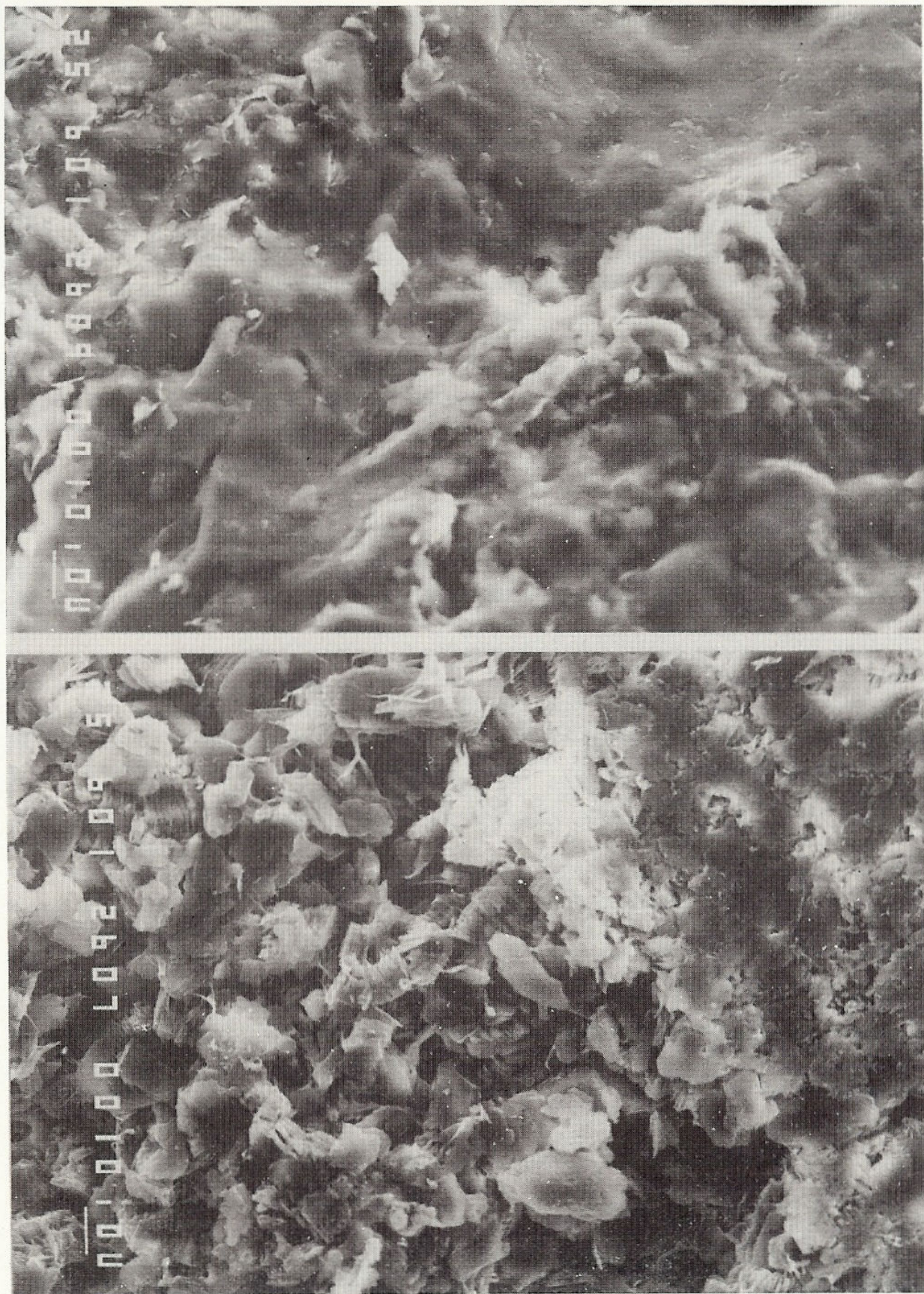
Инфрачервените спектри на хромовата слюда (фиг. 2) са напълно сходни с тези на мусковита (Stubican, Roy, 1961; Болдырев, 1976). Както отбелязват първите автори, политипията оказва известно влияние върху спектрите. Относително не много силната ивица при 750 cm⁻¹ и наличието на рамо при 640 cm⁻¹ свидетелствуват за проява на моноклинните, не и на триклинната 3Т модификация. Присъствието на хром не се отразява ясно, изглежда поради относително ниското му съдържание.

Химичен състав

Химичният състав на хромовите слюди беше определен чрез локални микросондови анализи с микроанализатор JEOL Superprobe-733 (аналитик Кр. Рекалов). Представителни резултати са приведени в табл. 1, като анализите от



Фиг. 2. Инфрачервен спектър на хромова слюда от Мързян
Fig. 2. Infrared spectrum of chromian mica from the Murzyan deposit



Геохимия, минералогия и петрология, кн. 31
Иван К. Бонев, Алексей Н. Платонов, Дечко Стефанов —
Зелена хромсъдържаща слюда. . .

ТАБЛИЦА I

Морфология на люспест марипозитов агрегат от Мързян. СЕМ

1. Неправилна вълнообразна повърхност на марипозитова люспа
2. Дезинтегриране и реконструктивно заместване на марипозитов агрегат (горе, дясно) от финозърнест и хармониковиден каолинит (в средата и ляво)

PLATE I

Morphology of a flaky aggregate of mariposite from the Murzyan deposit. SEM

1. Irregular undulating surface of a mariposite flake
2. Disintegration and reconstructive replacement of a mariposite aggregate (upper, right) by fine grained and vermicular kaolinite (in the middle and right)

№ 1 до 6 са получени от съседни точки на образеца от Мързян, а анализ № 7 се отнася за образеца от Рибница. Съдържанието на вода (+ флуор — не определян) се извежда по разликата. Главните особености на химичния състав са следните:

— Съдържанието на Si в образците е постоянно високо, варирайки в границите 49,67—53,39 %, като от осемте тетраедрични позиции Si заема между 6,53 и 6,94, и отношението Si:Al^{IV} е в границите 4,44—5—6,55, значително по-високо от отношението 6:2 = 3 при мусковита, и много по-близко до отношението 7:1 при фенгита. По тези данни минералът следва да се отнесе към високосилициевите диоктаедрични слюди, каквито са фенгитите, а също и илитите. Постоянното повишено съдържание на SiO₂ при всички локални анализи доказва реалното му присъствие в минерала като структурен, а не като механичен примес от кварцови включения.

— Четирите октаедрични празнини са нормално заети, включвайки средно 3,5 атома Al^{VI}, и около 0,5 атома Fe²⁺, Mg, Mn, Cr, Ti, от които основна роля се пада на Mg. Съдържанието на Fe и Mn е ниско и поради това те не влияят върху оцветяването.

— Хромовото съдържание е твърде променливо дори в един и същ образец. Така например при образеца от Мързян (анализи 1—6 от табл. 1) то варира в границите от 0,10 до 2,15 % Cr₂O₃, т.е. в един интервал от 0 до 0,22 атома Cr. Тези вариации са незакономерни и определят различния интензитет и неравномерното пространствено разпределение на зеленото оцветяване. Challis et al. (1995) също установяват значителна нехомогенност при хромови мусковити от Нова Зеландия.

— К рязко преобладава над другите алкални елементи (Na, Ca) като съдържанието на K₂O достига до 9,86 %. Сумата от алкални атоми е постоянно ниска, достигайки 1,74. Систематично явяващата се разлика до 2 свидетелствува за значителна степен на хидратиране на слюдата, като по химичен състав тя е много близка до хидромусковит — илит, идеалната формула на който (Bailey, 1984), е K_{0,75}(Al_{1,75}R_{0,25}²⁺)(Si_{3,50}Al_{0,50})O₁₀(OH,F)₂. Съществена особеност на илита се счита неговата висока дисперсност, но очевидно това не може да бъде определящ белег.

Забелязват се известни корелационни връзки между компонентите — с увеличаване съдържанието на Cr слабо нараства съдържанието на Ca, а намалява съдържанието на Mg и K.

По своя химичен състав и структурни особености изследваните зелени слюди представляват хромсъдържащи диоктаедрични, калиеви, богати на силиций, хидрослюди — хромови хидратирани фенгити или по-точно хромови илити. Като се отчита повишеното хромово и силициево съдържание, за означаването им подходящо е понятието мариопозит.

Генезис

Разполагането на зеления мариопозит сред интензивно околорудно променените гнайсови скали определя безспорно хидротермално-метасоматичния му произход. Промените са извършени под действие на активните кисели хидротермални разтвори (Бонев, Пиперов, 1977), като серицитовите слюди разлагат и заместват фелдшпатите и заедно с кварца образуват слоисти агре-

гати, унаследяващи гнайсовата текстура. Хромът е елемент регионално обогатен в метаморфните скали. Зелените хромови марипозити обаче са локализирани само в отделни неголеми участъци, поради което най-вероятно е в случая заимствуването на хрома от обогатени на този елемент неголеми ултрабазични тела, пресечени от рудните зони. Поради ограничената си подвижност в хидротермални условия, той е претърпял незначителен транспорт, като се е включил в кристалохимично подходящата структура на новообразуваните променителни слюди. В други минерали този елемент не се установява.

Парагенезата на марипозита включва освен кварц и кремав карбонат, богат на Fe и Mg, манганов анкерит със следния състав: $\text{Ca}_{1,0} (\text{Mg}_{0,45} \text{Fe}_{0,22} \text{Mn}_{0,22} \text{Ca}_{0,12}) (\text{CO}_3)_2$. До голяма степен вероятно и този карбонат е заимствувал елементи от околното пространство.

Тясна пространствена връзка на подобни кварц-марипозитови минерализации сред гнайсови скали, в съседство с неголеми изменени ултрабазитови тела е наблюдавана от Velinov, Nokov (1992). Интересно е, че източникът на хром при фуксита от десилицираните пегматити в Рила, също са ултрабазични тела, вместени в гнайсите (Арнаудов и др., 1982).

С напредване на променителните процеси от хромовите слюди постепенно се извлича Cr и се достига до почти безхромови хидрослюди. В по-напреднала степен на изменение по периферията си марипозитовите люспи се заместват от финолюспест каолинит (табл. I, 2). Заместването има реконструктивен характер, като пълното изнасяне на K и Cr води до дезинтегриране и разрушаване на слюдата, а новообразуваната фаза кристализира директно от разтворите. Така на места възниква брекчиевидна микротекстура, в която зелени реликтови късчета са обхванати от процепващи ги бели каолиновите струпвания.

Зелените хромови слюди богати на силиций са интересен и важен компонент от хидротермалната минерална парагенеза на оловно-цинковите орудявания, вместени в родопските кристалинни скали.

Изследванията са подкрепени от проект НЗ-434 на НФНИ.

Литература

- Арнаудов, В., Св. Петрусенко, М. Павлова. 1982. Бериллий-съдържащ маргарит и фуксит от десилицирани пегматити в Рила. — Геохим., минерал. и петрол., 15, 33—40.
- Болдырев А. И. 1976. Инфракрасные спектры минералов. М., Недра, 200 с.
- Бонев, И. К., Н. Б. Пиперов. 1977. Отложение руд, кипение и вертикальный интервал свинцово-цинкового оруденения в Маданском рудном районе. — Геология Балк., 7, № 4, 27—42.
- Дир, У. А., Р. А. Хауи, Дж. Зусман. 1966. Породообразующие минералы. Т. 3, М., Мир, 317 с.
- Кольковски, Б. Г., К. Б. Богданов, С. Л. Петров. 1984. Минералогия, геохимия и генетични особености на находищата по разлома Голям Палас — Рибница, Маданско рудно поле. — Год. СУ, Геол.-геогр. фак., № 1, Геология, 74, 97—139.
- Костов, И. 1993. Минералогия. С., Техника. 734 с.
- Стефанов, Д., И. К. Бонев, Э. В. Польшин, А. Н. Платонов, Й. Минчева-Стефанова. 1988. Финодисперсни слоисти силикати от Маданските оловно-цинкови находища. — Геохим., минерал. и петрол., 25, 28—45.

- Терзиев, Г. 1963. Минералогия на оловно-цинковото находище Димов дол — Голям Палас. — Тр. геол. Бълг., сер. Геохим., минерал. и петрол., 4, 93—124.
- Тодоров, Т. 1979. Фуксит от оловно-цинковото находище Устрем. — Геохим., минерал. и петрол., 10, 56—63.
- Bailey, S. W. 1984. Classification and structure of the micas. — In: Micas (Bailey, S., Ed.), Rev. in Mineralogy, 13, 1-12.
- Challis, A., R. Grapes, K. Palmer. 1995. Chromian muscovite, uvarovite, and zincian chromite: Products of regional metasomatism in Northwest Nelson, New Zealand. — Canad. Mineral., 33, 6, 1263-1284.
- Chao, F., C. M. Farrow, B. E. Leake. 1986. Polydimite and chrome-rich fuchsite in virginites from Baia Verte, Newfoundland. — Mineral. Mag., 50, 723-724.
- Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification. 1980. Eds. G. W. Brindley and G. Brown. Mineral. Soc. Monogr. No 5, London. 500 p.
- Faye, G. H. 1968. The optical absorption spectra of certain transition metal ions in muscovite, lepidolite, and fuchsite. — Can. J. Earth Sci., 5, 31-38.
- Heinrich, E. W. 1965. Further information on the geology of chromian muscovites. — Amer. Mineral., 50, No 5/6, 758-762.
- Heinrich, E. W., A. A. Levinson. 1955. Studies on the mica group: Polymorphism among the high-silica sericites. — Amer. Mineral., 40, 983-995.
- Stubican, V., R. Roy. 1961. Isomorphous substitution and infrared spectra of the layer lattice silicates. — Amer. Mineral., 46, 1-2, 32-51.
- Velinov, I., S. N. N. 1992. Gold-bearing listwenite type of hydrothermally altered metamorphites from the Ihtiman Sredna Gora (Bulgaria). — C.R. Acad. bulg. Sci., 45, No 5, 79-82.

Одобрена на 20.05.1996 г.

Accepted May 20, 1996