

## Хромсъдържащи и хром-ванадиеви мусковити в мрамори от Родопския метаморфен комплекс

*Васил Арнаудов, Елена Станчева, Люси Таджер*

Arnaudov, V., E. Stancheva, L. Tadjer. 1999. Chrom-containing and crom-vanadian muscovites in marbles from the Rhodope metamorphic complex. - *Geochem., Mineral. and Petrol.*, **36**, 111-124

**Abstract.** Chromium-containing green muscovites and phengites (0.06-0.68% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and chromian-vanadian green muscovites and phengites (0.39-3.87% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.96-5.20% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) have been found in impure marbles from the metamorphic complex in Central and Eastern Rhodopes, Bulgaria. The predominant part of the investigated micas (59 microprobe analyses) is of phengite composition ( Si 3.20-3.45 p. f. u., Si<sup>IV</sup>Al 4.06-6.27). Green micas usually associate with quartz, phlogopite, amphibole, diopside, zoisite, titanite, rutile, graphite, and pyrite. In heavy mineral concentrates from some marble quarries in Central Rhodopes, apatite, garnet, tourmaline, magnetite, lepidocrocite and cleiophane have been observed. Main features of the chemical composition of the green micas are: the content of MgO (0.50-4.37%) is always higher than that of FeO (< 0.01-1.66%); concentrations of Cr and V usually increase from the core to the rim of the mica flakes investigated. An attempt to standardise the available mineral names of Cr- and V-bearing micas according to the Nomenclature of the micas (Rieder et al., 1998) is made.

*Keywords:* green micas, chromium-containing muscovites and phengites, chromian-vanadian muscovites and phengites, impure marbles

*Address:* Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria;

*E-mail:* arnaudov@geology.bas.bg

*Ключови думи:* зелени слюди, хромсъдържащи мусковити и фенгити, хром-ванадиеви мусковити и фенгити, нечисти мрамори

*Адрес:* Геологически институт, Българска академия на науките, 1113 София

### Увод

Описаните досега в Рило-Родопската област зелени хромсъдържащи слюди, с малки изключения (Арнаудов, Петрусенко, Павлова, 1982), са установени в хидротермални минерализации на Маданските оловно-цинкови находища (Стефанов и др., 1988; Бонев и др., 1995). Морфоструктурните, химични и оптични изследвания на Бонев и др. (1995) определят

тези слюди като хромсъдържащи фенгити (марипозити). За зелена слюда от находище Голям Палас, определена по рентгенографски данни като селадонит, споменава Терзиев (1963), а като фуксит Кольковски (1984) описва зелен дребнолюспест минерал от находище Рибница, в който спектрално е определено присъствие на Cr.

В настоящето изложение се разглеждат минералните асоциации и химизма на зелени хромсъдържащи и хром-ванадиеви диоктаедрични слюди намерени в мрамори, сред метаморфните скали на Централни и Източни Родопи.

### Геоложка обстановка

Количеството на карбонатните скали в метаморфния комплекс на Родопите нараства в горните му нива. В пъстрите свити, мрамори и калцифири прослойват различни гнайси, слюдени шисти и амфиболити. Не рядко сред тях се наблюдават лещи от метабазити и метаултрабазити. Мощността на мраморните пластове, лещи и прослойки варира от няколко десетки сантиметри до 25-30 m. Най-дебел (1500-2000 m) е масивът на т. н. Добростански мрамори, който заема връхната част на метаморфния комплекс в Централни Родопи (Иванов и др., 1984; Кожухаров, 1984). Сред мраморите от различните части на метаморфния разрез преобладават сравнително чисти калцитови мрамори, но се срещат и доломитови и доломитсъдържащи разновидности. На много места в разрезите на пъстрите свити се описват и нечисти мрамори - "мрамори със слюда", "мрамори с флогопит", "калцифири с диопсид", "скарнирани мрамори" и др. (Кожухаров, 1984), в минералните асоциации на които се наблюдават най-често някои от следните минерали: графит, кварц, фелдшпати, флогопит, биогит, мусковит, диопсид, скаполит, амфибол, цоизит, епидот, титанит, гранат, рутил, магнетит, пирит, пиротин (Борисов, Борисова, 1960; Петров, 1994; Арнаудов и др., 1998).

### Изследвани образци

Изследваните образци със зелени хромсъдържащи и хром-ванадиеви слюди от Централни Родопи, както и асоцииращите с тях бели слюди, са от разкрития на мрамори

при вливането на р. Луковица в Чепеларска река (262), с. Лилково, Асеновградско (304), както и при с. Огняново (198<sup>a</sup> и 198<sup>b</sup>), Пазарджишко. За сравнение са изследвани химичните състави на нецветена бяла слюда от мрамори при с. Три водици, Пазарджишко (197) и на едролюспеста (до 1 cm<sup>2</sup>) бяла слюда със зеленикав оттенък (607) от аплитоиден, на места с пегматоиден облик гнайс, отнасящ се към т. н. Бачковски лептитоидни гнайси, от околностите на Юговското ханче, СИ от с. Наречен. Разкритията на мрамори в Централни Родопи, в които са намерени хромсъдържащи и хром-ванадиеви слюди, лежат в профила на метаморфния комплекс по-високо от Бачковските лептитоидни гнайси.

В Източни Родопи зелени хромсъдържащи слюди са установени в мрамори от околностите на с. Камилски дол, Ивайловградско (2432, 2433, 2434, 2435, 2438).

### Описание на слюдите и минералните им асоциации

#### *Находище при р. Луковица*

Дебелите до няколко метра нечисти мраморни пачки при устието на р. Луковица се прослойват с амфибол-биогитови шисти, съдържащи хлорит, епидот и гранат. Мраморите са сивобели, дребнозърнести (0,5-2 mm), често съдържащи лещи (до 15 x 3 cm), изградени предимно от диопсид, амфибол, епидот, кварц. Единични бледозелени люспи, или агрегатни струпвания от хромсъдържаща слюда с размери до 2-3 mm<sup>2</sup>, изграждат тънки до 2 mm ивици, или са разпръснати неориентирано из карбонатната маса. Зелената слюда асоциира предимно със зелено-кафяв флогопит (<0,1-2 mm) и по-рядко със светлозелен амфибол (0,2-0,5 mm) дребнозърнест кварц, недобре оформен дребнокристален титанит (0,1-0,5 mm) и ситнокристален (<0,05 mm) пирит.

### *Находище при с. Лилково*

В кариера, намираща се СИ от селото, се разкриват бели, чисти, предимно едрозърнести (до 0,5 cm<sup>2</sup>) мрамори отнасяни към Ситовската мраморна свита, според Иванов и др. (1984), или Добростанската мраморна свита, според Кожухаров (1984). Зелена хромсъдържаща слюда, с размери до 2 x 2 mm се наблюдава заедно с дребнокристален (<0,1 mm) окислен пирит в много тънки (1-2 mm) ивици по шистозността на мраморите. Среща се и дребнозърнест кварц (<0,1-0,3 mm) в асоциация със сивозелен дребнокристален диопсид и тъмночервен призматичен рутил (0,1-0,3 mm).

### *Находище при с. Огняново*

Сред отнасяните към Добростанската свита (Кожухаров, 1984) мрамори при с. Огняново, които според Иванов и др. (1984) нямат нормални стратиграфски отношения с останалите части на метаморфния разрез в Централни Родопи, се срещат различни по зърнометрия и цвят мраморни партии. В кариерата при с. Огняново преобладават плътни сивобели, на места петнесто оцветени, бежови до сиворозови, или с ръждиви оттенъци разновидности. Зелената хром-ванадиева слюда образува фини (1,5-2 mm) ивици, на места с характер на прожилки, или отделни петнести участъци с размери до няколко cm<sup>2</sup>. По-често слюдата е дребнолюспеста (0,1-0,5 mm<sup>2</sup>), но се срещат и добре оформени, с кристални очертания пластинки, достигащи до 4-5 mm<sup>2</sup>. Цветът е смарагдовозелен до наситенозелен; Ng<sup>1</sup> 1,602, отн.т. 2,83-2,84 (198<sup>b</sup>, No 16, 17; табл 1). По пукнатини и в малки празнини е наблюдавана очевидно по-късно образувана, прекристализирала, ситнолюспеста (<0,5 mm), бледозелена слюда. Установено е на места присъствието заедно със зелена хром-ванадиева слюда и на безцветни, несъдържащи Cr и V разновидности.

В образците с хром-ванадиева слюда са установени следните минерали: кварц, графит, калиев фелдшпат, бяла слюда,

биотит, апатит, дравит, гранат, титанит, рутил, рипидолит, магнетит, лепидокрокит, пирит, клейофан. С изключение на слюдите, графита и пирита, чиито размери достигат до 2-3 mm, останалите минерали са много дребни, обикновено <0,1 mm. Хром-ванадиевата слюда кристализира предимно самостоятелно, но се среща и в асоциация с апатит, кварц, титанит, рутил, графит и пирит, които рядко са включени в нея.

### *Находище при с. Камилски дол*

В околностите на с. Камилски дол мраморите прослойват гнайси, гнайсо-шисти, калкошисти, амфиболити, включващи на места малки, будинирани тела от еклогити и метаултрабазити. Зелената хромсъдържаща слюда е наблюдавана в дребнозърнести мрамори, разкрити с кариера в близост до селото. Среща се като отделни люспи (2-4 mm<sup>2</sup>), или струпвания с размери до 1,5 cm<sup>2</sup>, които образуват редуващи се, на места през 0,5 до 3 cm, дебели до 3-4 mm, успоредни на шистозността прослойки. Най-честите минерални асоциации, изграждащи прослойките, в повечето от които присъства и зелена слюда, са:

- зелена слюда-бяла слюда-кварц-флогопит-цоизит-рутил-титанит;
- зелена слюда-кварц-флогопит-хлорит-цоизит-рутил-титанит-пирит;
- зелена слюда-кварц-графит-флогопит-пирит;
- кварц-флогопит-цоизит-амфибол;
- кварц-цоизит-амфибол-диопсид-пирит.

Цветът на хромсъдържащата слюда варира от бледозелен до смарагдовозелен; Ng<sup>1</sup> 1,581, отн.т. 2,78. (2434, No 6, табл. 2). В зоналнооцветени слодени пластинки се наблюдават преходи от почти безцветни вътрешни части - до по-светло - или потъмнозеленооцветени периферии. Често зелената слюда включва титанит, рутил и пирит.

## Класификационни и терминологични бележки

Зелените слюди съдържащи хром се описват обикновено с понятията фуксит и марипозит. Първоначално към фуксита са отнасяни мусковити съдържащи  $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 1\%$ , а към марипозита, мусковити с по-ниски съдържания (Whitmore et al., 1946). Запазвайки понятието фуксит за мусковитите с високо съдържание на  $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 1\%$ , Дир и др., (1966) смятат, че названието марипозит е излишно и тъй като повечето от описаните преди 1962 г (когато е публикуван труда им “Скалообразуващи минерали”) като марипозити слюди са високосилициев мусковити (фенгити), предлагат вместо марипозит да се използва названието хромсъдържащ или хромов фенгит. За съдържащите ванадий зелени мусковитови слюди, които са много редки в природата, не са използвани досега специални названия. Изключение прави роскоелитът, който е краен ванадиев член в групата на диоктаедричните слюди. За избягване на неясноти при наименоването на диоктаедрични слюди съдържащи елементи-примеси като: Li, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn и др., Bailey (1984) предлага да се използват прилагателни към имената на съответните крайни членове на тези слюди, например хромов мусковит вместо фуксит.

Ние използваме, в съответствие с указанията в номенклатурата на слюдите (Rieder et al., 1998), названията хромсъдържащ мусковит, вместо фуксит и съответно хромсъдържащ фенгит, вместо марипозит, за слюди, в които съдържанието на Cr е по-ниско от 0,1 формулни единици (ф. е.) и хром-ванадиев мусковит, или хром-ванадиев фенгит, за слюдите с по-високи съдържания на Cr и V.

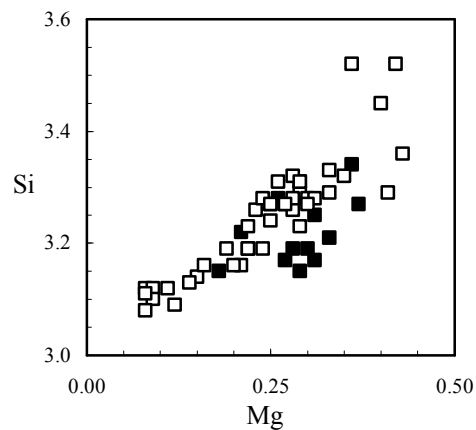
С понятието фенгит, което според тази класификация е серийно название, а не име на краен член, се наричат калиеви диоктаедрични слюди, преходни членове

между мусковит  $\text{KAl}_2\lambda\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  - алумоселадонит  $\text{KAl}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})\lambda\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  и мусковит - селадонит  $\text{KFe}^{3+}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})\lambda\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ .

## Химизъм на слюдите

Направените 59 микросондови анализи с JEOL Superprobe-733, (аналитик Ц. Илиев) определят слюдите като мусковити. Открояват се някои характерни черти и тенденции в изменението на химичните им състави.

$\text{KAl}_{1,5}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_{0,5}\text{Si}_{3,5}\text{Al}_{0,5}\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ , разглеждан доскоро от редица автори, в това число Bailey (1984) и Guidotti (1984), като краен член в групата на диоктаедричните слюди.



Фиг. 1. Зависимост между съдържанията (ф. е.) на Si и Mg; черни квадратчета - слюди съдържащи V, празни квадратчета - слюди несъдържащи V. Знаците са валидни за всички фигури

Fig. 1. Si versus Mg (p. f. e.); solid squares - V-bearing micas, open squares - V-non-bearing micas. Symbols are the same for all figures

Таблица 1. Представителни микросондови анализи на хромсъдържащи и хром-ванадиеви мусковити и фенгити от Централни Родопи и кристалохимични формули при  $O = 11$ ; c - централна част, r - периферна част на слюдните индивиди (тегл.%)

Table 1. Representative microprobe analyses of chromium-containing and chromian-vanadian muscovites and phengites and crystallochemical formulas based on  $O = 11$ ; c - core, r - rim (wt.%)

Sample	607	262	304				197	198 <sup>a</sup>				
No	1	2	3c	3r	4c	4r	5	6	7	8	9	
SiO <sub>2</sub>	53,31	52,63	46,87	48,68	47,21	47,50	51,89	49,38	51,39	48,11	47,14	
TiO <sub>2</sub>	0,15	0,37	0,20	0,10	0,30	0,28	0,33	0,27	0,19	0,27	0,43	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,21	26,61	35,21	36,63	35,14	35,76	30,69	29,99	29,03	29,51	29,16	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,07	0,15	0,09	0,13	0,12	-	0,49	0,56	1,56	1,52	
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	1,43	1,01	2,97	2,93	
FeO	2,75	1,66	-	0,06	-	0,07	-	0,04	0,12	-	0,07	
MnO	0,21	-	0,04	-	0,10	-	0,05	0,02	-	-	-	
MgO	3,65	4,13	0,85	0,50	1,09	0,94	3,46	2,63	3,75	2,13	2,18	
CaO	0,14	0,12	0,04	-	0,05	0,04	0,02	0,21	0,08	0,10	0,16	
BaO	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	
Na <sub>2</sub> O	0,17	0,45	1,88	1,67	1,64	1,42	0,38	0,43	0,20	0,26	0,49	
K <sub>2</sub> O	10,91	10,71	9,03	9,10	9,22	8,91	11,16	10,11	10,90	10,36	10,50	
Σ	96,51	96,75	94,27	96,83	94,88	95,04	98,06	95,00	97,23	95,27	94,58	
Si	3,52	3,45	3,12	3,14	3,12	3,12	3,33	3,28	3,34	3,22	3,19	
<sup>IV</sup> Al	0,48	0,55	0,88	0,86	0,88	0,88	0,67	0,72	0,66	0,78	0,81	
<sup>VI</sup> Al	1,48	1,50	1,88	1,92	1,86	1,89	1,65	1,63	1,56	1,54	1,51	
Ti	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	
Cr	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,03	0,03	0,08	0,08	
V	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,05	0,16	0,16	
Fe	0,15	0,09	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	
Mn	0,01	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	
Mg	0,36	0,40	0,08	0,15	0,11	0,09	0,33	0,26	0,36	0,21	0,22	
Na	0,02	0,06	0,24	0,21	0,21	0,18	0,05	0,06	0,03	0,03	0,06	
K	0,92	0,90	0,77	0,75	0,78	0,75	0,91	0,85	0,90	0,88	0,90	
Ca	0,01	0,01	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Si/ <sup>IV</sup> Al	7,33	6,27	3,54	3,65	3,54	3,54	4,97	4,56	5,06	4,12	3,94	

По-голямата част от зелените слюдите имат повишено съдържание на Si > 3,2 ф. е. (табл. 1, 2). Означаваме ги, съгласно предложените от Radoslovich (1962) гранични за фенгитите стойности на Si 3,2-3,5 ф. е., като фенгити или фенгитови мусковити; фигуративните им точки попадат в полето на мусковитовите състави с отношение  $\frac{VI R^{2+}}{(VI R^{2+} + VI R^{3+})}$  между 0,15 и

0,25 на диаграмата мусковит - алумоселадонит - селадонит (Rieder et al., 1998)

С най-високо съдържание на Si 3,52 ф. е. от анализираният слюди, се отличава едролоспестият фенгит от аплитонидните гнайси при Юговско ханче (607). Химизмът му е много близък до теоретичния състав на идеалния фенгит:

Таблица 1. Продължение

Table 1: Continued

Sample	198 <sup>b</sup>										
	10c	10r	11	12	13	14	15c	15r	16	17c	17r
SiO <sub>2</sub>	49,98	50,54	49,30	47,90	47,76	48,02	48,06	44,84	47,14	46,40	46,58
TiO <sub>2</sub>	0,58	0,19	0,34	0,13	0,13	0,33	0,23	0,17	0,11	0,23	0,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,53	28,39	30,52	30,49	28,88	28,68	26,07	26,11	29,11	26,01	26,79
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,37	0,99	1,78	1,93	2,05	3,17	2,65	3,91	3,56
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,96	1,76	2,91	2,19	2,96	4,11	4,82	4,89	5,20
FeO	-	0,02	0,15	0,13	-	0,12	0,05	0,15	0,18	0,06	0,02
MnO	0,01	0,03	-	-	-	-	0,03	-	-	0,12	0,07
MgO	4,21	4,37	3,13	2,88	3,05	3,35	3,63	2,82	1,85	3,05	2,73
CaO	0,15	0,09	0,25	0,16	0,11	0,19	0,10	0,14	0,16	0,07	0,17
BaO	-	-	-	-	0,01	0,15	-	0,20	-	0,26	-
Na <sub>2</sub> O	0,63	0,41	0,39	0,48	0,54	0,49	0,32	0,46	0,95	0,45	0,28
K <sub>2</sub> O	10,94	11,08	10,56	10,69	10,55	10,45	10,69	10,38	9,02	9,57	8,43
Σ	96,03	95,12	95,97	95,61	95,72	95,90	94,19	92,55	95,99	95,02	94,05
Si	3,29	3,36	3,25	3,19	3,19	3,21	3,27	3,15	3,15	3,17	3,17
<sup>IV</sup> Al	0,71	0,64	0,75	0,81	0,81	0,79	0,73	0,85	0,85	0,83	0,83
<sup>VI</sup> Al	1,58	1,58	1,62	1,59	1,47	1,47	1,32	1,32	1,44	1,26	1,32
Ti	0,03	0,01	0,01	-	-	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01
Cr	-	-	0,02	0,05	0,09	0,10	0,11	0,17	0,14	0,21	0,19
V	-	-	0,05	0,09	0,15	0,11	0,17	0,23	0,26	0,27	0,28
Fe	-	-	0,01	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	0,41	0,43	0,31	0,28	0,30	0,33	0,37	0,29	0,18	0,31	0,27
Na	0,08	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,04	0,06	0,12	0,06	0,04
K	0,92	0,94	0,89	0,91	0,90	0,89	0,93	0,93	0,77	0,83	0,73
Ca	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	-	0,01
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-
Si/ <sup>IV</sup> Al	4,63	5,25	4,33	3,94	3,94	4,06	4,48	3,70	3,70	3,82	3,82

Слюдите в образци от нечисти мрамори (197, 262, 2434) показват обикновено повишени стойности за Si>3,2 ф. е. В някои случаи в един и същ образец (198<sup>b</sup>, 2435, 2438) се наблюдават преходи между нискосилициеви мусковитови състави и фенгитови мусковити. В други (304, 2433), както съставите на нецветените, така и на зелените хромсъдържащи слюди се доближават до идеалния мусковит; те се характеризират с ниски стойности на отношението Si/<sup>IV</sup>Al 3,4-

3,9, докато при фенгитите то се колебае между 4,0 и 7,3.

Слюдите от Централни Родопи, с изключение на тези от нечистите мрамори при р. Луковица и фенгитът от аплитонидните гнайси, са бедни на Fe; в слюдите от кариерите при Лилково, Огняново и Три водици, съдържанието на FeO не надхвърля 0,15%. Относително високо е то в слюдите от Камилски дол, от<0,1 до 1,4%, като в 60% от анализите е по-ниско от 0,5%.

Таблица 2. Представителни микросондови анализи на хромсъдържащи мусковити и фенгити от Източни Родопи при  $O = 11$ ;  $c$  - централна част,  $r$  - периферна част на слодените индивиди (mezl.%)

Table 2. Representative microprobe analyses of chromium-containing muscovites and phengites and crystallochemical formulas based on  $O = 11$ ;  $c$ - core,  $r$  – rim (wt.%)

Sample	2432		2433		2434						
	1	2	3	4	5c	5r <sub>1</sub>	5r <sub>2</sub>	6c	6r <sub>1</sub>	6r <sub>2</sub>	6r <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	49,25	49,50	47,39	44,93	49,71	50,89	50,58	50,76	52,84	51,16	47,50
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,51	0,84	0,56	0,47	0,56	0,72	0,57	0,62	0,62	0,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,98	31,36	35,35	33,61	30,20	29,98	30,41	31,37	32,05	31,35	30,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,13	0,14	0,21	-	0,16	0,30	0,13	0,32	0,49	0,68
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FeO	0,58	0,74	0,34	0,24	0,30	0,13	0,26	0,11	0,06	0,19	0,22
MnO	-	-	0,10	0,04	0,14	-	-	-	-	-	-
MgO	2,54	2,38	0,96	1,13	2,98	3,56	3,37	3,10	3,16	3,26	2,85
CaO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BaO	-	-	-	0,10	0,16	0,09	-	-	-	0,07	0,22
Na <sub>2</sub> O	1,13	1,32	0,82	0,90	1,36	1,25	1,09	1,33	1,35	1,13	0,77
K <sub>2</sub> O	9,58	9,62	10,47	10,22	9,80	9,90	10,25	9,66	9,60	9,93	9,98
Σ	94,77	95,56	96,41	91,94	95,12	96,52	96,98	97,03	100,0	98,20	93,15
Si	3,27	3,26	3,10	3,09	3,29	3,32	3,29	3,28	3,31	3,28	3,23
<sup>IV</sup> Al	0,73	0,74	0,90	0,91	0,71	0,68	0,71	0,72	0,69	0,72	0,77
<sup>VI</sup> Al	1,69	1,70	1,83	1,82	1,65	1,62	1,62	1,67	1,67	1,64	1,63
Ti	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
Cr	-	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-
Mn	-	-	0,01	-	0,01	-	-	-	-	-	-
Mg	0,25	0,23	0,09	0,12	0,29	0,35	0,33	0,30	0,29	0,31	0,29
Na	0,15	0,17	0,10	0,12	0,17	0,16	0,14	0,17	0,16	0,14	0,10
K	0,81	0,81	0,87	0,90	0,83	0,82	0,85	0,80	0,77	0,81	0,87
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Si/ <sup>IV</sup> Al	4,48	4,40	3,44	3,40	4,63	4,88	4,63	4,55	4,80	4,55	4,19

За разлика от Fe, което поради ниските си съдържания в случая играе незначителна роля при Чермаковото заместване между основните катиони в състава на слодите, Mg е съществен фактор при конституирането на фенгитовите мусковити (фиг. 1). Най-високо е съдържанието на MgO 3,6-4,4% във фенгитите от

аплитоидните гнайси и мраморите при р. Луковица, както и в две безцветни фенгитови разновидности от Огняново. С ниски стойности на MgO се отличават мусковитите от Лилково, средно съдържание 0,83% и образец 2433 от Камилски дол - средно съдържание 1,2%.

Таблица 2. Продължение

Table 2: Continued

Sample	2435						2438			
	7c	7r	8c	8r	9c	9r	10c	10r	11c	11r
SiO <sub>2</sub>	47,65	48,32	48,74	48,86	48,92	47,12	49,33	47,30	49,80	46,93
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,67	0,74	0,67	0,41	0,31	0,42	0,59	0,64	0,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,08	33,27	32,61	33,09	30,31	29,51	30,77	32,75	30,28	30,95
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,11	0,09	0,13	-	0,06	-	0,12	0,15	0,23
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FeO	0,75	0,98	0,97	1,06	1,14	1,34	0,97	0,80	0,96	0,83
MnO	-	-	-	0,04	0,09	-	0,04	0,22	-	0,03
MgO	2,18	2,15	2,22	1,98	2,67	2,67	2,41	1,97	2,84	2,39
CaO	-	0,06	-	0,04	-	-	-	-	-	-
BaO	-	0,22	-	-	-	0,11	-	-	-	0,30
Na <sub>2</sub> O	1,16	0,77	0,84	0,71	1,46	1,15	0,71	0,54	1,17	0,62
K <sub>2</sub> O	9,54	10,31	10,41	10,40	9,38	9,36	10,38	10,94	10,10	10,87
Σ	92,94	96,86	96,62	96,98	94,38	91,63	95,03	95,23	95,94	93,73
Si	3,23	3,16	3,19	3,19	3,27	3,26	3,28	3,16	3,28	3,19
<sup>IV</sup> Al	0,77	0,84	0,81	0,81	0,73	0,74	0,72	0,84	0,72	0,81
<sup>VI</sup> Al	1,72	1,73	1,71	1,73	1,66	1,66	1,69	1,73	1,63	1,68
Ti	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Cr	-	0,01	-	0,01	-	-	-	0,01	0,01	0,01
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,05	0,04	0,05	0,05
Mn	-	-	-	-	0,01	-	-	0,01	-	-
Mg	0,22	0,21	0,22	0,19	0,27	0,28	0,24	0,20	0,28	0,24
Na	0,15	0,10	0,11	0,09	0,19	0,15	0,09	0,07	0,15	0,08
K	0,83	0,86	0,87	0,87	0,80	0,83	0,88	0,93	0,85	0,94
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Si/ <sup>IV</sup> Al	4,19	3,76	3,94	3,94	4,48	4,40	4,55	3,76	4,56	3,94

Ti и особено Mn вземат слабо участие в състава на изследваните слюди. Съдържанието на TiO<sub>2</sub> варира от 0,2% до 1%; средното му съдържание в слюдите от Централни Родопи е 0,25%, а в тези от Камилски дол - 0,6%. Не се установяват корелационни зависимости между Ti и останалите елементи, но се очертава слаба тенденция на намаляване съдържанието му в периферните части на голяма част от анализирани слюди.

В повече от половината от анализирани слюди съдържанието на MnO е под чувствителността на метода, а в останалите се колебае между 0,01 и 0,1%,

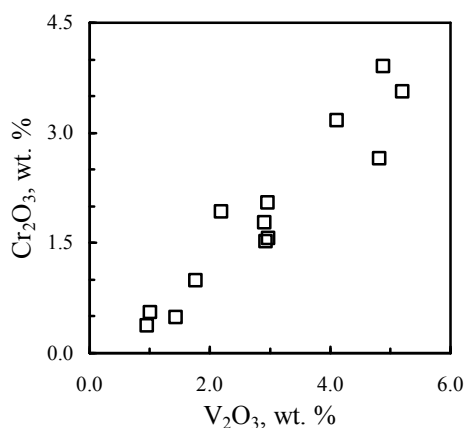
като само в 7 случая е по-високо (0,11-0,22%).

Всички зелени слюди от Централни Родопи и Камилски дол съдържат Cr, а преобладаващата част от тези в кариерата при Огняново и V. Слюдите с ниски съдържания на Cr <0,1 ф. е. (0,04-0,68% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) наричаме хромсъдържащи мусковити и фенгити, а слюдите от Огняново, в които Cr и V имат по-високи съдържания от 0,1 ф. е., определяме като хром-ванадиеви мусковити и фенгити (табл. 1, 2). Не са установени различия между съдържанията на Cr в хромсъдържащите мусковити и хромсъдържащите фенгити.

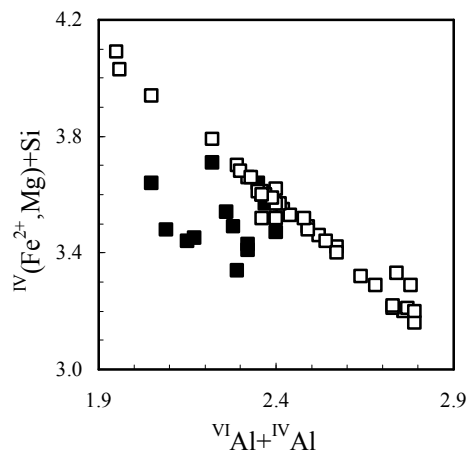


Разпределението на Cr е неравномерно както в рамките на слюдите в един и същи образец, така и в различните части на една и съща слюдена пластинка. В повечето случаи се наблюдава тенденция към увеличаване съдържанието на Cr от центъра към периферията на отделните пластинки, добре изразена в слюдите от Камилски дол (табл. 2). Средното съдържание на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в хромсъдържащите слюди от Лилково и Луковица е 0,12%, а в тези от Камилски дол - 0,68%. То е много по-високо в хром-ванадиевите слюди от Огняново - 1,97%, при вариации между 0,39 и 3,87% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; само в три от анализите съдържанието на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> е по-ниско от 1%. Всички хром-ванадиеви слюди се отличават с по-високо съдържание на V (V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,67-5,20%, средно 3,13%) отколкото на Cr; отношението V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> варира между 1,3 и 2,9; средна стойност 1,8. Установена е права корелационна зависимост между съдържанията на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (фиг. 2).

Високите съдържания на Cr и V в зелените слюди от Огняново определят ниското, под корелационната крива, разположение на фигуративните им точки на диаграмата  $^{VI}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) + \text{Si} \text{ -- } ^{VI}\text{Al} + ^{IV}\text{Al}$



Фиг. 2. Зависимост между съдържанията (тегл.%) на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Fig. 2. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (wt. %) versus V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (wt. %)



Фиг. 3. Чермаково заместване:  $^{VI}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) + \text{Si} \text{ -- } ^{VI}\text{Al} + ^{IV}\text{Al}$   
 Fig. 3. The Tschermak exchange:  $^{VI}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) + \text{Si} \text{ -- } ^{VI}\text{Al} + ^{IV}\text{Al}$

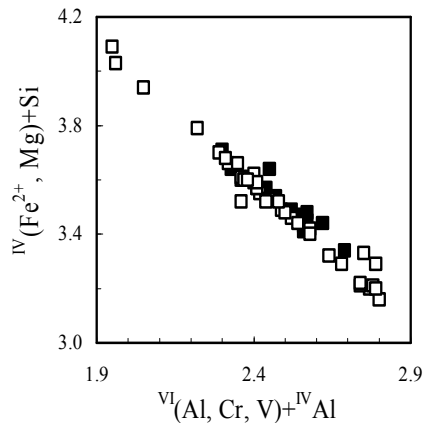
(фиг. 3). Тъй като Cr и V заемат част от местата на  $^{VI}\text{Al}$ , то схемата на Чермаковото заместване в случая се изписва като:  $^{VI}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) + \text{Si} = ^{VI}(\text{Al}, \text{Cr}, \text{V}) + ^{IV}\text{Al}$ .

Правомерно е следователно фигуративните точки на слюди богати на Cr или V, или едновременно на Cr и V, каквито са хром-ванадиевите слюди от Огняново, да лежат близо до, или на идеалната Чермакова линия (фиг. 4).

Сумата на алкалните и алкалоземните елементи (K, Na, Ca, Ba) в кристалохимичната формула на слюдите, с изключение на две крайни стойности, 0,76 ф. е. и 1,25 ф. е., варира в сравнително тесни граници 0,89-1,03 ф. е., средно значение 0,97 ф. е.

Съдържанието на Ca, който присъства едва в 50% от анализиранияте слюди е незначително (0,02-0,21% CaO).

Барият, присъстващ в 20 от анализиранияте слюди, има също ниски съдържания (0,02-0,30% BaO).



Фиг. 4. Чермаково заместване:  $^{VI}(\text{Al, Cr, V}) + ^{IV}\text{Al}$   
 $^{IV}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) + \text{Si}$   
 Fig. 4. The Tschermak exchange:  $^{VI}(\text{Al, Cr, V}) + ^{IV}\text{Al}$   
 $^{IV}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) + \text{Si}$

Не са установени корелационни зависимости между Ca, Va и останалите елементи в състава на слюдите.

Няма стабилни тенденции в разпределението на алкалните елементи между мусковитовите разновидности. В слюдите от Лилково, например, средните съдържания на  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  са съответно 8,82 и 1,81%, а в тези от останалите находища са средно 10,36%  $\text{K}_2\text{O}$  и 0,69%  $\text{Na}_2\text{O}$ . Сравнението на съдържанията на алкалите в слюдите от Камилски дол показва слаба тенденция към намаляване на  $\text{K}_2\text{O}$  от 10,63% средно, до 10,11% и увеличаване на  $\text{Na}_2\text{O}$  от 0,67% до 0,97% от мусковитите към фенгитовите им разновидности. Обратни са съотношенията им в богатите на V и Cr слюди от Огняново; мусковитите имат средни съдържания 9,88%  $\text{K}_2\text{O}$  и 0,55%  $\text{Na}_2\text{O}$ , а фенгитовите мусковити 10,65%  $\text{K}_2\text{O}$  и 0,39%  $\text{Na}_2\text{O}$ .

### Обсъждане на химизма и генезиса на зелените слюди

Аналози на хромсъдържащите зелени слюди от мраморите в Родопите са описани в литературата с различни названия - фуксити, марипозити, хромсъдържащи и хромови

мусковити и фенгити. Като хромсъдържащи мусковити са описани и слюди съдържащи едновременно  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,08-0,14%) и  $\text{V}_2\text{O}_3$  (0,07-0,09%) (Дмитриев, Ишан-Шо, 1987). Най-често мусковитови слюди съдържащи Cr са наблюдавани в хидротермални, хидротермално-метасоматични и метаморфогенни минерализации. Преобладават състави с ниски съдържания на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  <1%. Рядко се срещат слюди с по-високи съдържания. В справочната минераложка литература се цитира като пределно съдържание на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  4,8% (Костов, 1993) или 6% (Whitmore et al., 1946; Strunz, 1970; Deer et al., 1992 и др.). Оказва се обаче, че има описания на диоктаедрични слюди и с много по-високи съдържания на Cr, с или без присъствие на V. Kiss (1960) публикува данни за "хромова слюда" от Унгария съдържаща 12,18%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и 0,25%  $\text{V}_2\text{O}_3$ . Диоктаедрични слюди с аналогично съдържание на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  9,80-14,11% ( $\text{MgO}$  2,49-3,48;  $\text{FeO}$  0,92-1,18%) са открити от Берлянд-Кожевников и др. (1990) в теригенно-карбонатен комплекс в Южна Якутия. Румянцева и др. (1984) установяват в метасоматични жили и лещи сред доломити, шисти и диабази в Южна Карелия "хромов фенгит" с вариации на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  между 14,2 и 17,93% ( $\text{MgO}$  4,0-10,7%;  $\text{V}_2\text{O}_3$  0,3-0,87%), а Резницкий и др. (1988) съобщават за слюди с необичайно високи съдържания на Cr и V. Сред тях се различават "ванадийсъдържащи фенгити" и "хромови фенгити" без Fe, с  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  16,74-19,22% и  $\text{V}_2\text{O}_3$  4,29-6,15% ( $\text{MgO}$  4,29-7,97%) и "ванадийсъдържащи" или "ванадий-хромови мусковити" с  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  7,49-15,05% и  $\text{V}_2\text{O}_3$  3,81-6,93 ( $\text{MgO}$  2,65-4,28%;  $\text{FeO}$  0,53-1,09%). Установени са в Южното Прибайкалие на Русия, в метаморфен комплекс представен от диопсидити, апатит-диопсидови скали с преходи към диопсидови мрамори и прослойки от магнезиални мрамори и кварцити.

Диоктаедричните слюди с високо съдържание на V, преобладаващо над това на Cr, каквито са слюдите от Огняново, се срещат много рядко. Досега са известни

само няколко находища, предимно с метаморфен произход. За “бариево-ванадиев мусковит” с BaO 2,39%, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,48%, V<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 1,95% (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,21%; FeO 0,48%), установен в кварц-графитови шисти в Калифорния, САЩ, пише Snetsinger (1966). “Ванадийсъдържаща зелена слюда” с 5,09% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 0,8% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> описват Imai et al., (1980) в кварцити от Република Корея. Kazachenko et al. (1993) намират в контактнометаморфозирани въгленосни седименти от Приморieto в Русия зелен “ванадийсъдържащ мусковит” с 2,73% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (FeO 0,34). Румянцева и др. (1984) определят в Южна Карелия, заедно с “хромов фенгит”, и “ванадиев мусковит”, който съдържа V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8,76-10,4%; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,6-4,72% и MgO 4,0-10,7%.

Съпоставянето на химизма на тези екзотични засега зелени диоктаедрични слюди с високи съдържания на Cr и V показва някои общи черти:

- В повечето случаи, включително в слюдите от Огняново, съдържанието на Fe е много ниско (FeO <0,01-1,18%); само в един образец от Южна Карелия то е по-високо FeO - 4,32% (Румянцева и др., 1984).

- Съдържанието на Mg (1,08-7,98% MgO) във всички анализи е по-високо от това на Fe, като в слюда от Южна Карелия достига до 10,7% MgO (Румянцева и др., 1984).

- Значителните вариации на съдържанията на Cr и V са съпроводени със съществени изменения в съдържанията на Mg и особено на Al, което свидетелства за широк размах на изоморфните замествания между диоктаедричните катиони в структурата на описаните досега зелени слюди.

Направен е опит (табл. 3) за уеднаквяване названията на изследваните от нас и цитираните по-горе по литературни данни зелени слюди, основаващ се на изчислените според публикуваните анализи кристалохимични формули, съобразен с изискванията на номенклатурата на слюдите по Rieder et al. (1998).

Преобладаващата част от коментиранияте зелени слюди се отнасят към мусковита в широкия смисъл на това понятие. Тук се

включват и фенгитовите разновидности, или по-точно фенгитовите мусковити, чиито химичен състав отговаря на приетото от нас условие  $\frac{VI R^{2+}}{(VI R^{2+} + VI R^{3+})}$  да е в интервала 0,15-0,25.

Оскъдните данни за химизма, физичните константи и минерализациите, в които участват слюдите от Южна Карелия и Южното Приморие в Русия, които се отличават с много високи съдържания на Cr и по-ниски, но също значителни съдържания на V, затруднява засега тяхното класифициране. Предложените от нас по-горе названия имат до известна степен спекулативен характер. Това се отнася предимно за слюдите отнесени към алумоселадонита и хромфилита (табл. 3). Двете слюди, наречени “хром-ванадиев алумоселадонит” и “литий-хром-ванадиев алумоселадонит” са най-близки до алумоселадонита, въпреки ниските съдържания на <sup>VI</sup>Al (0,47 и 0,17 ф. е.), по-голямата част от който е заместен от октаедричните катиони на V, Cr и Li. Високите стойности на Mg и до известна степен на Fe<sup>3+</sup>, както и на отношението  $\frac{VI R^{2+}}{(VI R^{2+} + VI R^{3+})} > 0,25$ , също приближават тези зелени слюди към алумоселадонитовия състав. Означените като “ванадий-магнезиев хромфилит” и “ванадийсъдържащ магнезиев хромфилит” слюди, могат да се разглеждат като преходни между алумоселадонита KAl(Mg,Fe<sup>2+</sup>)<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub> и хромфилита, със състав KCr<sub>2</sub>AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>. Основание за това намираме от една страна във високото съдържание на Mg 0,54-0,94 ф. е., а от друга, във високото съдържание на Cr 0,94-1,13 ф. е. и практически липсата на <sup>VI</sup>Al.

Геоложката обстановка, в която са установени зелените слюди съдържащи Cr, или Cr и V в Централни и Източни Родопи, свидетелства за образуването им при условията на регионален метаморфизъм (амфиболитов фацииес) в предимно богати

Таблица 3. Кристаллохимични формули на слюди, съдържащи хром и ванадий  
Table 3. Crystallochemical formulas of vanadium and chromium-bearing micas

Cr-съдържащ мусковит (табл. 1, 2.) Cr-containing muscovite (table 1, 2)	(K <sub>0</sub> ,69-0,94Na <sub>0</sub> ,08-0,27Ca <sub>0</sub> ,00-0,06Ba <sub>0</sub> ,00-0,01)0,93-1,03(Al <sub>1</sub> ,68-1,92Mg <sub>0</sub> ,05-0,24 Fe <sub>2</sub> +0,00-0,06Ti <sub>0</sub> ,00-0,04Cr <sub>0</sub> ,00-0,01)1,96-2,03Al <sub>0</sub> ,80-0,92Si <sub>3</sub> ,08-3,20
Cr-съдържащ фенгит (табл. 1, 2.) Cr-containing phengite (table 1, 2)	(K <sub>0</sub> ,77Na <sub>0</sub> ,05-0,17 Ca <sub>0</sub> ,00-0,01)0,94-1,00(Al <sub>1</sub> ,62-1,75Mg <sub>0</sub> ,22-0,40Fe <sub>2</sub> +0,00-0,09Cr <sub>0</sub> ,00-0,04 Ti <sub>0</sub> ,01-0,05Mn <sub>0</sub> ,00-0,01)2,00-2,04Al <sub>0</sub> ,68-0,79Si <sub>3</sub> ,21-3,32
Cr-V-съдържащ фенгит (табл. 1) Cr-V-containing phengite (table 1)	(K <sub>0</sub> ,85-0,90Na <sub>0</sub> ,03-0,06Ca <sub>0</sub> ,01-0,02)0,92-0,96(Al <sub>1</sub> ,56-1,63Mg <sub>0</sub> ,26-0,36V <sub>0</sub> ,05-0,08Cr <sub>0</sub> ,02-0,03Ti <sub>0</sub> ,01Fe <sub>2</sub> +0,00-0,01)2,01-2,02Al <sub>0</sub> ,60-0,75Si <sub>3</sub> ,25-3,34
ванадиев мусковит vanadium muscovite (Kazachenko et al., 1993)	(K <sub>0</sub> ,97Na <sub>0</sub> ,04)1,01(Al <sub>1</sub> ,66V <sub>0</sub> ,15Mg <sub>0</sub> ,13Fe <sub>2</sub> +0,02Ti <sub>0</sub> ,02)1,98Al <sub>0</sub> ,97Si <sub>3</sub> ,13
Ва-съдържащ ванадиев мусковит Ва-containing vanadium muscovite (Sneisinger, 1966)	(K <sub>0</sub> ,83Na <sub>0</sub> ,07Ba <sub>0</sub> ,05Ca <sub>0</sub> ,02)0,97(Al <sub>1</sub> ,61Mg <sub>0</sub> ,11V <sub>0</sub> ,4+0,10V <sub>3</sub> +0,08Ti <sub>0</sub> ,06Fe <sub>2</sub> +0,03)1,99Al <sub>1</sub> ,05Si <sub>3</sub> ,2,95
Cr-ванадиев мусковит (табл. 1) Cr-vanadium muscovite (table 1)	(K <sub>0</sub> ,74-0,93Na <sub>0</sub> ,04-0,12Ca <sub>0</sub> ,01)0,80-1,00(Al <sub>1</sub> ,22-1,54Mg <sub>0</sub> ,21-0,37V <sub>0</sub> ,16-0,31V <sub>0</sub> ,16-0,29Cr <sub>0</sub> ,09-0,2)Ti <sub>0</sub> ,01)2,02-2,08Al <sub>0</sub> ,81-0,85Si <sub>3</sub> ,15-3,19
Cr-ванадиев фенгит (табл. 1) Cr-vanadium muscovite (table 1)	(K <sub>0</sub> ,88-0,93 Na <sub>0</sub> ,03-0,04)0,91-0,97(Al <sub>1</sub> ,32-1,54Mg <sub>0</sub> ,21-0,37V <sub>0</sub> ,16-0,31V <sub>0</sub> ,16-0,29Cr <sub>0</sub> ,09-0,2)Ti <sub>0</sub> ,01)1,97-2,00Al <sub>0</sub> ,73-0,78Si <sub>3</sub> ,22-3,27
V-хромов мусковит V-chromian muscovite (Резнищай и др., 1988)	(K <sub>0</sub> ,80-0,93Na <sub>0</sub> ,04-0,05)0,84-0,98(Al <sub>0</sub> ,62-0,78Cr <sub>0</sub> ,44-0,91Mg <sub>0</sub> ,30-0,47V <sub>0</sub> ,23-0,41Fe <sub>2</sub> +0,03-0,07)2,01-2,17Al <sub>0</sub> ,89-1,04Si <sub>3</sub> ,96-3,11
V-съдържащ хромов фенгит V-containing chromian phengite (Kiss, 1966)	(K <sub>0</sub> ,71Na <sub>0</sub> ,02Ca <sub>0</sub> ,04)0,77(Al <sub>1</sub> ,04Cr <sub>0</sub> ,68Mg <sub>0</sub> ,25Fe <sub>2</sub> +0,09V <sub>0</sub> ,02)2,08Al <sub>0</sub> ,70Si <sub>3</sub> ,30
хромов фенгит chromian phengite (Берлянд и др., 1990)	(K <sub>0</sub> ,79-0,91Na <sub>0</sub> ,00-0,04Ca <sub>0</sub> ,00-0,01)0,83-0,91(Al <sub>0</sub> ,86-1,15Cr <sub>0</sub> ,53-0,77Mg <sub>0</sub> ,25-0,35Fe <sub>2</sub> +0,05-0,07Mn <sub>0</sub> ,00-0,02)2,00-2,07Al <sub>0</sub> ,50-0,58Si <sub>3</sub> ,42-3,50
Cr-ванадиев алумоселадонит Cr-vanadian aluminoseladonite (Румянчева и др., 1984)	K1,00(V <sub>0</sub> ,58Al <sub>0</sub> ,47Mg <sub>0</sub> ,42Fe <sub>3</sub> +0,25Cr <sub>0</sub> ,20)1,92Al <sub>0</sub> ,33Si <sub>3</sub> ,67
Li-Cr-ванадиев алумоселадонит Li-Cr vanadian aluminoseladonite (Румянчева и др., 1984)	(K <sub>0</sub> ,76Na <sub>0</sub> ,03)0,79(Mg <sub>1</sub> ,11V <sub>0</sub> ,49Cr <sub>0</sub> ,26Al <sub>0</sub> ,17Fe <sub>3</sub> +0,15Li <sub>0</sub> ,1)3Fe <sub>2</sub> +0,07Ti <sub>0</sub> ,03)2,41Al <sub>0</sub> ,61Si <sub>3</sub> ,39
V-магнезиев хромфилит V-magnesian chromphyllite (Резнищай и др., 1988)	(K <sub>0</sub> ,83-0,98Na <sub>0</sub> ,00-0,17)0,95-1,00(Cr <sub>0</sub> ,94-1,13Mg <sub>0</sub> ,54-0,84V <sub>0</sub> ,24-0,37)1,98-2,06Al <sub>0</sub> ,12-0,49Si <sub>3</sub> ,49-3,83
V-съдържащ магнезиев хромфилит V-containing magnesian chromphyllite (Румянчева и др., 1984)	(K <sub>0</sub> ,86Na <sub>0</sub> ,01Ca <sub>0</sub> ,01)0,88(Cr <sub>1</sub> ,01Mg <sub>0</sub> ,94)1,010,10Fe <sub>3</sub> +0,06V <sub>0</sub> ,05Al <sub>0</sub> ,02Ti <sub>0</sub> ,01)2,19Al <sub>0</sub> ,31Si <sub>3</sub> ,69

на Si, K, Al, а на места и на Mg, нечисти карбонатни седименти.

Хромът е един от характерните елементи-примеси във високометаморфните скали на Родопския кристалин; установен е в окисни и силикатни минерали. Първоизточникът му трябва да се търси в състава на протолитите (акцесории в първичните седименти), както и в състава на различни базити и ултрабазити от кристалина. Малки тела от масивни амфиболити, серпентинити, амфибол-хлоритови шисти и други метаялтрабазити се разкриват на много места сред мраморите от поречието на р. Вьча, както и в околностите на с. Камилски дол. Ултрабазити са предполагаемия източник на Cr и в зелените хидротермални слюди (марипозити) от Маданските оловно-цинкови находища (Бонев, 1996). Източник на V могат да бъдат както метабазити и метаялтрабазити, така и първично обогатени с органично вещество седименти, в т. ч. и карбонатни утайки. В нечисти графитсъдържащи мрамори по р. Вьча са установени съдържания на V достигащи до 185 g/t (непубликувани данни на Й. Узунов и др.). В мраморите от кариера Бялата скала при язовир Вьча, съдържащи средно 0,8% графит, са намерени ванадиев паргасит и ванадиев единит, както и други V-съдържащи силикати и окиси (Арнаутов и др., 1998).

Хром-ванадиевите мусковити и фенгити от графитсъдържащите мрамори при с. Огняново са единствените установени засега у нас зелени слюди, съдържащи едновременно Cr и V. Наличието на места на ситнолюспести агрегатни маси от зелена слюда, очевидно с белези на прекристализация, в асоциацията на които са установени още апатит, титанит, рипидолит, магнетит, лепидокрокит, клейофан, пирит, които предполагат относително по-късно, хидротермално минералообразуване, поставят под съмнение в случая, едноактното, само по време на

регионалния метаморфизъм, образуване на зелените Cr- и V-съдържащи слюди.

Изложените данни и съображения за генезиса на съдържащите Cr и V зелени слюди предполагат възможности за намиране и на други Cr и V-съдържащи минерали в родопските метаморфити.

## Литература

- Арнаутов, В., Св. Петрусенко, М. Павлова. 1982. Берилийсъдържащ маргарит и фуксит от десилицирани пегматити в Рила. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **15**, 33-40.
- Арнаутов, В., Св. Петрусенко, Е. Станчева, Л. Таджер. 1998. Ванадиев паргасит и други ванадий-съдържащи амфиболи от метаморфния комплекс в Централни Родопи. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **35**, 69-78.
- Берлянд-Кожевников, П. В., Ю. В. Богданов, Е. Л. Розина, Н. П. Симороз. 1990. О находке хромсодержащей слюды в докембрийских отложениях Угуйского грабена (Ю. Якутия). - *Зап. Всес. минерал. об-ва*, **119**, 4, 49-52.
- Бонев, И. К., А. Н. Платонов, Д. Стефанов. 1996. Зелена хромсъдържаща слюда - марипозит - от Маданските хидротермални оловно-цинкови находища. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **31**, 51-59.
- Борисов, И., Н. Борисова. 1960. Върху някои петрографски, химични и физикохимични особености на мраморите в България. - *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, **54**, 1, Геология, 97-1395
- Дмитриев, Э. А., Г. А. Ишан-шо. 1987. Хромсодержащие мусковиты в метасоматических и гидротермальных образованиях Памира. - *Зап. Всес. минерал. об-ва*, **116**, 6, 690-697.
- Дир, У. А., Р. А. Хауи, Дж. Зусман. 1966. *Породообразующие минералы*. Т. 3, М., Мир, 317 с.
- Иванов, Ж., С. Московски, К. Колчева, Д. Димов, Л. Клайн. 1984. Геологическое строение Централных Родоп. I. Литостратиграфическое расчленение и особенности разреза метаморфических пород в северных частях Централных Родоп. - *Geologica Balc.*, **14**, 1, 3-42.
- Кожухаров, Д. 1984. Литостратиграфия докембрийских метаморфических пород Родопской супергруппы в Централных Родобах. - *Geologica Balc.*, **14**, 1, 43-88.

- Кольковский, 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.*, **74**, 1, Геология, 97-139.
- Костов, И. 1993. *Минералогия*. С., Техника, 734 с.
- Петров, Б. 1994. *Естествени декоративно-облицовачни скали в България*. С., СБХ, 314с.
- Резницкий, Л. З., Е. В. Скляр, З. Ф. Ушаповская. 1988. Минералы хрома и ванадия в Слюдянском кристаллическом комплексе. - *Метаморфические образования докембрия Восточной Сибири*. Сб. науч. тр., Новосибирск, Недра, 64-74.
- Румянцева, Е. В., К. С. Мищенко, Л. И. Калинин. 1984. Тайниолит и хромванадиевые слюды в метасоматитах Карелии. - *Зап. Всес. минерал. об-ва*, **113**, 1, 68-75.
- Стефанов, Д., И. К. Бонев, Е. В. Пальшин, 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.
- Bailey, S. W. 1984. Classification and structure of the micas. In: *Micas (Bailey, S. W. Ed.)*, *Rew. in Mineralogy*, **13**, 1-12.
- Deer, W.A., R. A. Howie, J. Zussman. 1992. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Essex, Longman, 696 p.
- Guidotti, C. V. 1984 Micas in metamorphic rocks. - In: *Micas (Bailey S. W. Ed.)*, *Rew. in Mineralogy*, **13**, 357-468.
- Imai, H., H. K. Lee, M. Machida. 1980. Vanadium-bearing green mica from the Jangsan quartzite in Janggun mine area, Republic of Korea. - *Clay Sci.*, **5**, 221-236.
- Kazachenko, V. T., L. A. Butsik, V. I. Sapin, I. V. Kitaev, N. N. Barinov, G. A. Narnov. 1993. Vanadium-chromian tourmaline and vanadian muscovite in contact-metamorphosed carbonaceous rocks, Primorye, Russia. - *Canad. Mineral.*, **31**, 2, 347-356.
- Kiss, J. 1960. Az uran-krom-vanadium eloszlazaes az epigen kromcsillam szerepe a Mecseki Permi ossrletben. - *Foldtani közlöny*, **90**, 1, 73-82.
- Radoslovich, E. W. 1962. The cell dimensions and symmetry of layer-lattice silicates: Regression relations. - *Amer. Mineral.*, **47**, 617-636.
- Rieder, M., G. Cavazzini, Y. S. D'Yakonov, V. A. Frank-Kamenetskii, G. Gottardi, S. Guggenheim, P. V. Koval', G. Müller, A. M. R. Neiva, E. W. Radoslovich, J-L. Robert, F. P. Sassi, H. Takeda, Z. Weiss, D. R. Wones. 1998. Nomenclature of the micas. - *Can. Mineral.*, **36**, 905-912.
- Snetsinger, K. 1966. Barium-vanadium muscovite and vanadium tourmaline from Mariposa county, California. - *Amer. Mineral.*, **51**, 11/12, 1623-1639.
- Strunz, H. 1970. *Mineralogische Tabellen*. Leipzig, Acad. Verlag., 621 p.
- Whitmore, R. E., L. G. Berry, J. E. Hawley. 1946. Chrome micas. - *Amer. Mineral.*, **31**, 1, 1-21.

Приета на 18. 11. 1999

Accepted November 18, 1999