

Манганов секанинаит от терциерни пегматити в метаморфния комплекс на Централните Родопи

Васил Арnaudов, Светослав Петрусенко, Елена Станчева

Arnaudov, V., S. Petrussenko, E. Stancheva. 2004. Manganoan sekaninaite in the Tertiary pegmatites from the metamorphic complex in the Central Rhodope. *Geochem. Mineral. Petrol.*, **41**, 45-52.

Abstract. Short prismatic (0.8×0.5 cm to 4×2 cm) sekaninaite crystals have been found in a small (15×12 cm) lens of miarolitic K-feldspar - quartz - muscovite pegmatite hosted by biotite gneiss, near Galabovo village, Central Rhodope. $a\{100\}$ (dominant), $m\{110\}$, $d\{130\}$ and $r\{111\}$ crystal forms are presented. Optical data: α 1.560, β 1.567, γ 1.570. The sekaninaite specimens are covered by a dark rusty brown limonite crust. The interior of the crystals is nearly completely pseudomorphosed by a mixture of muscovite, chlorite and isotropic, brown in colour, soft material. EPMA analyses of yellowish brown non altered relics of three sekaninaite crystals gave (wt.%): SiO_2 46.24-46.95, TiO_2 0.00-0.04, Al_2O_3 32.71-32.92, FeO 11.99-12.45, MnO 2.73-3.04, MgO 3.58-4.25, CaO 0.00-0.01, Na_2O 0.60-1.23. D_{meas} is 2.68 g/cm^3 . The increased Mn content in sekaninaite as well as in other minerals of the miarolitic pegmatites (garnet, gahnite, columbite, tsilasite, adularia), and in many skarn minerals, suggests of the high Mn potential of the fluids, related to Tertiary regional metamorphism and magmatism in the Rhodopian massif.

Key words: Manganoan sekaninaite, cordierite, miarolitic pegmatites

Adresses: V. Arnaudov, E. Stancheva - Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria; E-mail: arnaudov@geology.bas.bg; S. Petrussenko - National Museum of Natural History, 1000 Sofia, Bulgaria

Увод

Секанинаитът е по-рядко срещания в природата член на изоморфната редица кордиерит - секанинаит. Намерен е най-напред в пегматит от Dolní Bory, Чехия, и е описан от Sekanina (1928) като кордиерит с необичайно високо относително тегло и силен плеохроизъм. В резултат на подробно изследване на химизма, оптичните и физичните му свойства, Staněk & Miškovský (1964) стигат до извода, че този минерал е практически чистия железен краен член в изоморфната редица кордиерит - железен кордиерит, какъвто дотогава не е намиран в природата. След допълнителни изследвания те предлагат богатият на желязо кордиерит с формула $\text{Fe}_2[(\text{Al}_2\text{Si})\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{18}]$, да бъде

наречен секанинаит, на името на Iosef Sekanina (Staněk, Miškovský, 1975). Приетата сега формула на минерала е $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ (Mandarino, 1999). Железни аналози на кордиерита са известни и от още няколко други находища в Япония, Шотландия, Австралия, САЩ, Италия, Русия, Германия (Дир и др., 1965; Минералы, 1981; Birch, Gleadow, 1974; Speer, 1981; Orlandi, Pezzotta, 1993; Hiroi et al., 2001; Gottesmann, Förster, 2004). Между тях има няколко с високи съдържания на желязо: 18,48% FeO (Matsubara et al., 1992), 18,60% FeO (Gottesmann, Förster, 2004), 19,64% FeO (Birch, Gleadow, 1974; Armbruster, 1985). Публикуваните преди

1975 г. разновидности, с $Fe_{tot} > 1.00 \text{ apfu}$, описвани като железни, или богати на желязо кордиерити, би трябвало да се отнесат към секанинаита.

В българската геоложка литература има оскъдни, предимно петрографски данни за наличието на кордиерит в хорнфелзи (Димитров, Стр., 1930, 1934) и гнайси (Димитров, Ц., 1931; Димитрова, 1960). Костов (1956) изследва псевдоморфози по кордиеритови кристали в пегматитови лещи сред високометаморфна гнайс-амфиболитова серия в местността Шейтанкюпрю, северно от град Ардино, и публикува първите химични анализи у нас на кордиерит и неговите променителни продукти. Също в пегматитова леща от района на град Ардино, бяха намерени силно променени кристали на секанинаит, чийто химизъм е предмет на настоящото съобщение.

Бележки за състава и морфологията на пегматитите от Ардинско

На много места сред мигматизирани биотитови гнайси и амфиболити в Ардинско се разкриват секущи пегматитови жили, жилообразни и лещообразни тела, често зонални и с празнини в централните части. Възрастта на тези пегматити е олигоценска (33-35 Ма, Пейчева и др., 1993; Арnaudов, Амов, 1998), по-млада от възрастта на мигматичните пегматити в кристалина на Централните Родопи (42-54 Ма, Arnaudov et al., 1990a, b; Арnaudов, Амов, 1998). Данни за строежа и минералния състав на пегматитите от района на град Ардино се намират в публикации на Костов (1954, 1956), Бресковска (1954), Иванов (1991), Пейчева и др. (1994), Арnaudова и Арnaudов (1995). Размерите на пегматитовите тела варират в широки граници - от 30-40 cm до 2-3 m дължина и от 10-12 cm до 40-50 cm дебелина. По-рядко се наблюдават големи пегматитови тела, някои от които достигат до 90-100 m дължина и 5-6 m дебелина. Морфологията е сравнително проста. Обикновено контактните зони имат графична или

апографична структура, понякога усложнена от аплитонидни комплекси. Тези зони са изградени предимно от олигоклаз, кварц, калиев фелдшпат ± дребнолюспест биотит и мусковит. Следващата, към центъра на пегматитите зона, е блоковата, формирана от кварц, калиев фелдшпат и албит. В празнините на тази зона, най-често сред глинесто-серицитова маса, са наблюдавани кристали от кварц, албит, адулар, гранат, андалузит, кордиерит, турмалин, берил и колумбит. В минералната асоциация на тези пегматити са установени още апатит, циркон (циртолит), хлорит, спекуларит и пирит. Според Костов (1954, 1956) и Костов и др. (1964), описваните, често кавернозни пегматитови образувания, секущи метаморфните скали в Ардинско, имат характер на алпийски жили. Иванов (1991) ги отнася към т. нар. камерни пегматити.

Пегматитът, в който е намерен секанинаита, представлява малка леща, с дължина около 35 cm и дебелина 12-15 cm, секуща биотитови гнайси в местността Лочката, в околностите на с. Гълъбово (Ахряне). Лещата има апографична структура. Изградена е от калиев фелдшпат, кварц, албит, секанинаит, дребнолюспест биотит и ситен мусковит, заместващ биотита.

Морфология, физични свойства и промени на секанинаита

Секанинаитът е представен от сраснали помежду си и прораснали с калиев фелдшпат и албит късопризматични индивиди, които оформят друза в малко гнездо ($\sim 7 \times 6$ cm), в централната част на пегматитовата леща. Дължината на кристалите варира от 3 mm до 4 cm, а дебелината от 2 mm до 2 cm. Наблюдават се полисинтетни и кръстообразни двойници. Най-силно развита е $a\{100\}$, следвана от призматичните стени $m\{110\}$ и $d\{130\}$. Ромбичната бипирамида и базичният пинакоид не са добре представени. Само в няколко кристала присъства $r\{111\}$, а $c\{001\}$ е установена в един индивид. Призматичните стени са грубо

вертикално штриховани, матови, допълнително набраздени и разядени от късни, нискотемпературни променителни продукти, предимно глинести минерали и хидроокиси. Морфологията на секанинаита от Гълъбово е много близка до тази на кордиерита от Шейтанкюпрю, описана от Костов (1956), който наблюдава в прерези, и прорастъци по $m\{110\}$ от по три индивида. Възможно е някои от секанинаитовите кристали от Гълъбово също да са тройници.

Макроскопски цветът на секанинаита е тъмно ръждивокафяв. Оцветяването е резултат на силната промяна, на присъствието на желязни и манганови хидроокисни фази, които облепват стените на кристалите. Вътрешността на отделните индивиди представлява мозайка от относително добре запазени петна и ивици от секанинаит, чийто цвят варира от бледо топазовожълт до опушено бледокафеникав. Пресечени са от различно широки пукнатини, запълнени от дребнолюспеста слюдеста маса от биотит и мусковит, или хлорит. Според Костов (1956), който анализира многобройни литературни данни за химизма на слюдестите променителни продукти по кордиерити, би следвало да се говори по-скоро за образуването на минерални фази, отговарящи на хидромусковит и хидробиотит. Малки кристали, както и отделни участъци в големите индивиди, са напълно променени в червено-кафяво, прозрачно, изотропно и твърде меко вещество, което има химизъм близък до този на секанинаита, но с високо съдържание на вода (V6, табл. 1). По цепителните плоскоти на базичния пина-коид $\{001\}$ на голям (5×2 cm) кристал, е отложен бял глинест минерал, вероятно каолинит (?). Дребни (1-3 mm), бели, адуларови кристали ($\text{Or}_{89,4}\text{Ab}_{9,2}\text{An}_{1,4}$), нарастват предимно по призматичните и пинакоидалните стени на повечето от секанинаитовите индивиди.

Показателите на лъчепречупване на бледо топазовожълт секанинаит са: α 1,560, β 1,567, γ 1,570, а относителното тегло D 2,68 g/cm³. Измерените за сравнение показатели на лъчепречупване на наш образец от син секанинаит от Dolní Bory, чийто състав е определен с микросондов анализатор (V7 и V8, табл. 1), са: α 1,563, β 1,570, γ 1,578, а относителното тегло D 2,75 g/cm³.

Химичен състав на секанинаита

Микросондовите анализи на секанинаита от пегматитовата леща при с. Гълъбово го определят като богат на манган член на редицата кордиерит - секанинаит (табл. 1, фиг. 1, 2). Изследваните непроменени участъци от три кристала показват сравнително близки стойности за основните компоненти. Относително по-големи вариации има само съдържанието на Na (0,60-1,23% Na₂O). Съдържанието на Mn 0,24-0,27 *apfu* (2,73-3,04% MnO) е най-високо сред известните ни досега находки на този минерал. Между описаните досега в литературата представители на изоморфната редица кордиерит - секанинаит, с високо съдържание на Mn 0,17 *apfu*, (1,86% MnO), се отличава "богат на желязо кордиерит" от гранитов пегматит (16, табл. 1), описан от Miyashiro (1957: в Дир и др., 1965), и секанинаит (Mn 0,20 *apfu*, 2,18% MnO) в гранитов пегматит от остров Елба (Orlandi, Pezzotta, 1993). В сравнение със секанинаита от Гълъбово, анализираният от Костов (1956) кордиерит (K1, табл.1) от пегматит при Шейтонкюпрю, аналогичен по строеж и състав на пегматита при с. Гълъбово, и двата залягащи в гнайсамфиболитова серия северно от град Ардино, е по-беден на Fe и Mn, не съдържа Na, но има Ca (0,60% CaO). Химичният състав на променителните продукти (K3, табл. 1), развити по този кордиерит, се различава от химизма на едукта с по-високо

Таблица 1. Химични състави на секанинаити, тегл. %

Table 1. Chemical compositions of sekaninaites, wt. %

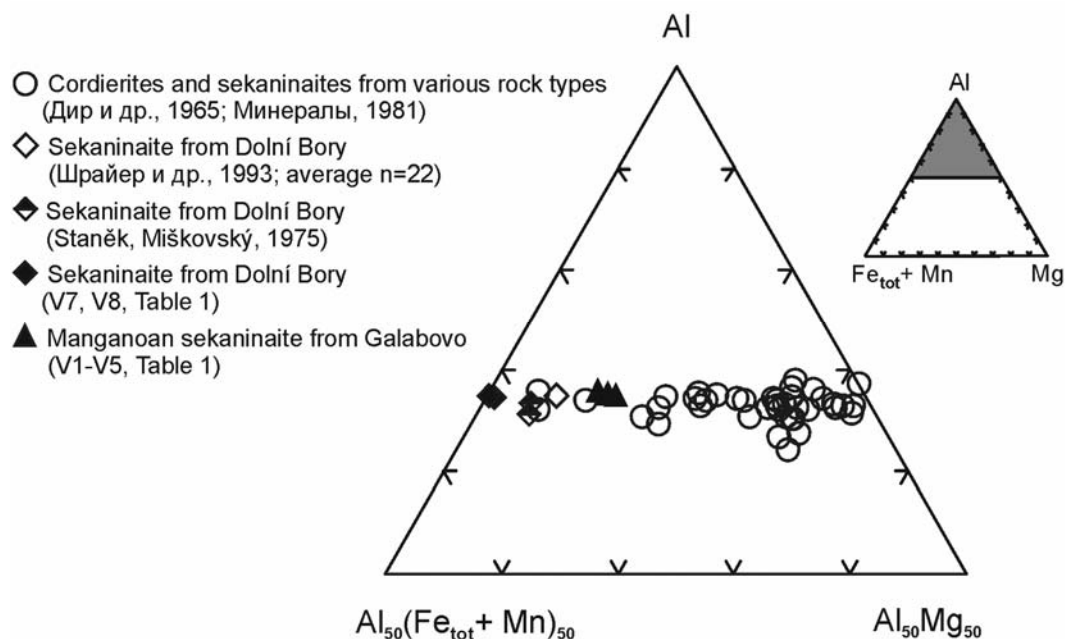
	V1	V4	V5	V6	K1	K3	BS1	VBS1	V7	V8	Sep	MKK	18	16	17	33	34
SiO ₂	46,24	46,95	46,58	39,39	46,30	42,74	45,10	45,02	45,53	44,98	44,94	45,93	43,27	44,64	46,69	47,67	46,52
TiO ₂	0,00	0,04	0,00	0,08	0,04	0,11	0,04	0,03	0,11	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,34	2,05	0,20
Al ₂ O ₃	32,85	32,71	32,92	31,40	33,18	22,24	30,63	30,71	30,40	30,64	31,77	31,52	30,25	29,96	32,00	31,12	30,92
Fe ₂ O ₃					3,48	10,53	0,91	0,87					1,08	2,72	0,39	1,18	1,13
FeO	12,00	12,45	11,99	10,33	6,60	2,32	17,85	17,65	18,55	18,91	16,89	18,48	15,31	11,02	12,04	11,53	11,76
MnO	2,73	3,04	3,03	2,78	0,59	0,00	0,92	0,94	1,77	1,75	0,74	0,88	1,20	1,86	0,09	0,41	0,69
MgO	4,25	3,58	3,93	1,73	7,04	1,88	1,69	1,57	0,25	0,27	2,23	1,95	1,48	3,08	5,91	6,14	5,44
CaO	0,00	0,01	0,00	0,63	0,60	1,26	0,39	0,50	0,20	0,21	0,04	0,00	0,10	0,02	0,18	0,00	0,00
Na ₂ O	1,23	0,60	0,89	0,28	0,00	0,00	0,68	0,70	0,96	1,20	0,58	0,00	3,53	2,05	0,28	0,12	1,94
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,03	0,04	0,08	0,11	0,01	0,26	0,90	0,75	0,16	0,03	0,64
H ₂ O					2,66	17,34	1,84	1,72					2,88	3,85	1,95	0,10	0,93
Total	99,30	99,38	99,34	87,27	100,49	98,42	100,08	99,75	97,85	98,19	97,21	99,02	100,00	99,95	100,03	100,35	100,17
								<i>apfu</i>									
Si	4,88	4,95	4,91	4,75	4,83	5,38	4,93	4,93	5,01	4,95	4,91	4,95	4,83	4,92	4,93	4,93	4,92
Ti	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,02
Al	4,09	4,07	4,09	4,46	4,08	3,30	3,94	3,96	3,94	3,98	4,09	4,01	3,98	3,89	3,98	3,79	3,86
Fe ³⁺					0,27	1,00	0,07	0,07					0,09	0,23	0,03	0,09	0,09
Fe ²⁺	1,06	1,10	1,06	1,04	0,58	0,24	1,63	1,62	1,71	1,74	1,54	1,67	1,43	1,02	1,06	1,00	1,04
Mn	0,24	0,27	0,27	0,28	0,05	0,00	0,09	0,09	0,16	0,16	0,07	0,08	0,11	0,17	0,01	0,04	0,06
Mg	0,67	0,56	0,62	0,31	1,10	0,35	0,28	0,26	0,04	0,04	0,36	0,31	0,25	0,51	0,93	0,95	0,86
Ca	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,17	0,05	0,06	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
Na	0,25	0,12	0,18	0,07	0,00	0,00	0,14	0,15	0,20	0,26	0,12	0,00	0,76	0,44	0,06	0,02	0,40
K	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,04	0,13	0,11	0,02	0,00	0,09
F	66,0	71,0	68,2	81,0	45,0	78,0	86,5	87,3	97,9	97,9	81,7	85,0	86,7	73,6	54,2	54,3	58,0

$$F = (\text{Fe}_{\text{tot}} + \text{Mn}) / (\text{Fe}_{\text{tot}} + \text{Mn} + \text{Mg})$$

V1–V6 (V6, псевдоморфозиран секанинаит) – Гълъбово; K1, K3 (K3, псевдоморфозиран кордиерит) – Шейтанкюпрю (Костов, 1956); BS1, VBS1 – Dolní Bory (Staněk, Miškovský, 1975); V7, V8 - Dolní Bory (в тази работа); Sep (средно от 22 анализа) - Dolní Bory (Шрайер и др., 1993); MKK – Kumano (Matsubara et al., 1992); 18, 16, 17 (Дир и др., 1965); 33, 34 (Минералы, 1981)

V1, V6 (V6, altered sekaninaite) – Galabovo; K1, K3 (K3, altered cordierite) – Sheitankjuprju (Костов, 1956); BS1, VBS1 – Dolní Bory (Staněk, Miškovský, 1975); V7, V8 - Dolní Bory (this paper); Sep (average n=22) - Dolní Bory (Шрайер и др., 1993); MKK – Kumano (Matsubara et al., 1992); 18, 16, 17 (Дир и др., 1965); 33, 34 (Минералы, 1981)

Microprobe analyses performed by a JEOL Superprobe 733 microanalyser equipped with an ORTEC-EDS at 15 kV. Standards: albite for Na, diopside for Mg and Ca, Fe₂O₃ for Fe, Al₂O₃ for Al, SiO₂ for Si, K-feldspar for K, apatite for Ca, TiO₂ for Ti, MnO₂ for Mn. H₂O was not directly determined



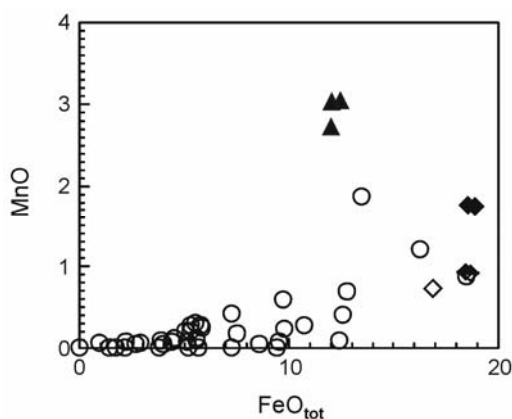
Фиг. 1. Al-(Fe_{tot}+Mn)-Mg диаграма (в молекулярни отношения) за съставите на изоморфната редица кордиерит - секанинаит

Fig. 1. Al-(Fe_{tot}+Mn)-Mg diagram (in molecular proportions) for compositions of the solid solution series cordierite - sekaninaite

съдържание на Fe, Ca и H₂O и понижено на Al, Mg и Mn. Псевдоморфозиращата секанинаита от Гълъбово червено-кафява минерална фаза (V6, табл. 1), запазва в основни линии съотношенията между някои от главните окиси, но се различава от непроменения секанинаит с по-ниски съдържания на Si, Mg и Na, с присъствието на Ca и K, и с високо съдържание на H₂O.

Публикуваните в литературата химични данни на секанинаити, включително на богати на желязо кордиерити, някои от които трябва да се отнесат към секанинаита, са твърде малко, и са предимно резултат от класически силикатен анализ. Възможността за вариации на химизма в един и същ кристал, особено на минерали, членове на изоморфни редици, както и необходимостта от база за сравнение, ни насочи към анализирането с микросондов анализатор на образец от секанинаит от типовото находище Dolní Bory (V7 и V8, табл. 1).

Изследваният минерален индивид има две слабо очертани призматични стени и изглежда е външна зона на голям кристал. Данните от микросондовите определения за повечето от елементите в този образец са близки до стойностите от химичните анализи на Staněk & Miškovský (1975), но показват и две съществени различия (табл. 1). Съдържанието на MgO в анализираните от нас участъци на секанинаита от Dolní Bory е много ниско, а на MnO почти два пъти по-високо. Шрайер и др. (1993), изследвали променителни продукти по секанинаит от Dolní Bory, определят с микросондов анализатор в един образец (Sep, табл. 1) относително по-ниско, (средно от 22 анализа) съдържание на FeO и MnO, и по-високо на MgO, отколкото в оригиналното описание на Staněk & Miškovský (1975).



Фиг. 2. FeO_{tot} -MnO диаграма на кордиерит – секанинаитовата изоморфна редица. Символите като на фиг. 1

Fig. 2. FeO_{tot} -MnO diagram of the cordierite – sekaninaite series. Same symbols as in Fig. 1

Тези данни свидетелстват за наличието на зоналност в химизма на секанинаитовите кристали от Dolní Bory.

Обсъждане

Секанинаитът от Гълъбово е междинен член в изоморфната редица кордиерит – секанинаит (табл. 1, фиг. 1), характеризиращ се с относително високо съдържание на Mg и Mn. Железистостта му (F 66,1-70,9) е по-ниска от железистостта на секанинаита от Dolní Bory, (F 81,6-87,4), определена по химическите анализи на Staněk & Miškovský (1975), както и от железистостта на някои, описани като богати на Fe кордиерити (16, 17, 18, табл. 1). Високото съдържание на Mn отличава изследвания секанинаит от досега описаните в литературата кордиерити, богати на желязо кордиерити и секанинаити; съдържанието на Mn компонент в най-богатия на Mn намерен досега секанинаит от о-в Елба (Orlandi, Pezzotta, 1993), е 11 mol.%, а на секанинаита от Гълъбово е 12-14 mol.%. Богатите на Mg членове в редицата кордиерит - секанинаит имат много ниски съдържания на Mn,

обикновено под 0,3% MnO (Дир и др., 1965; Минералы, 1981). Съдържанието на Mn расте заедно с повишаването на съдържанието на Fe. Тази тенденция е добре подчертана от богатите на Fe междинни членове и особено от съставите, отнасящи се към секанинаита (фиг. 2). Очевидно заместването на Mg от Mn е по-често явление в пегматитовите членове на редицата, които обикновено са и по-богати на Fe от широко разпространените метаморфогенни кордиерити. Секанинаитите, включително по-голямата част от богатите на Fe кордиерити, отличаващи се с относително повишени съдържания на Mn, са открити предимно в пегматити.

На фона на очертаващата се тенденция към нарастване съдържанието на Mn от кордиеритите към секанинаитите (фиг. 2), изпъква рязко високото му съдържание в секанинаита от Гълъбово. Като се имат предвид експерименталните данни за хидротермален синтез на Mn-кордиерит (Минералы, 1981), стабилен в много тесни P - T условия ($P \sim 1$ kbar, $T \sim 400^\circ\text{C}$), може да се предположи, че повишеното съдържание на Fe и Mn в минералообразуващите разтвори способства за образуване на богати на Mn секанинаити през хидротермалния етап от формирането на камерните пегматити. Има данни за повишаване съдържанието на Mn през късните фази на образуване на терциерните камерни пегматити в Ардинско; кристализация на спесартинов гранат и Mn-съдържащ гаанит (непубликувани данни на Е. Нейкова и А. Секиранов), на Mn-съдържащ шерл и тсилазит (до 6% MnO, Haralampiev, Dinolova, 1992). Съдържанието на Mn се увеличава 3 пъти в адулар, формиращ терминалните стени на зонални KFs кристали в камерен пегматит при с. Латинка, Ардинско (Пейчева и др., 1994). Нарастването, в заключителната фаза на оформяне на индивидите, върху призматичните стени на богатия на Mn секанинаит от Гълъбово, на непрозрачни адуларови

кристали, съдържащи относително висока $\text{Ab}_{9,2}$ и $\text{An}_{1,4}$ молекула, може да се тълкува като указание за неговото високо-температурно хидротермално образуване.

За високия потенциал на Mn във флуидите, генерирани в резултат на алпийския регионален метаморфизъм и магмообразуване в Централните Родопи (Arnaudov et al., 1990a), свидетелстват както минералните асоциации в олигоценските пегматити от Ардинско, така и богатите на Mn хидротермални минерализации в редица Pb-Zn орудявания в района на Ардино и Мадан (Бонев, 1991; Василева, 2002; Vassileva, Bonev, 2003, и др.).

Литература

- Арнаулов, В., Б. Амов. 1998. Терциерна Pb-Pb възраст на камерни пегматити от метаморфния комплекс в Централни Родопи. *Геохим., минерал. и петрол.*, **34**, 83-90.
- Арнаулова, Р., В. Арнаулов. 1995. Адулар в различни генетични типове минерализации от България. *Геохим., минерал. и петрол.*, **30**, 31-50.
- Бонев, И. К. 1991. Минералогия и геохимия на полиметалното находище Ардино. *Геохим., минерал. и петрол.*, **27**, 25-62.
- Бресковска, В. 1954. Изследвания върху колумбит от Родопите и Средна гора. *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. фак.*, **48**, 2 - геология, 91-92.
- Василева, Р. 2002. Мангановите скарни от Централнородопските оловно-цинкови находища. Автореферат, София, БАН.
- Димитров, Стр. 1930. Петрографски изследвания в контактнопроменените зони на интрузивните скали в Балкана между Берковица и Ржана планина. *Сп. Бълг. геол. д-во*, **2**, 2, 1-100.
- Димитров, Стр. 1934. Геоложки и петрографски изучавания в югоизточните отдели на Витоша и северните отдели на Плана планина с особен оглед на контактните зони около интрузивните скали. *Год. Соф. унив., Физ.-мат. фак.*, **30**, 1 - ест. история, 41-130.
- Димитров, Ц. 1931. Принос към геологията и петрографията на Конява планина. *Сп. Бълг. геол. д-во*, **3**, 3, 3-52.
- Димитрова, Е. 1960. Петрология на кристалинния цокъл в Северозападна Рила планина. *Тр. геол. Бълг., сер. Геохим. и полз. изкоп.*, **1**, 199-257.
- Дир, У.А., Р.А., Хауи, Дж. Зусман. 1965. *Породообразующие минералы*, **1**. Москва, Мир, 371 с.
- Иванов, И. 1991. *Гранитните пегматити в България*. София, Бълг. акад. наук., 205 с.
- Костов, И. 1954. Андалузит от пегматити в Ардинско, Централните Родопи. *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. фак.*, **47**, 2 - геология, 1-22.
- Костов, И. 1956. Върху кордиеритовите псевдоморфози. *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. фак.*, **49**, 2 - геология, 3-18.
- Костов, И., В. Бресковска, Й. Минчева-Стефанова, Г.Н. Киров. 1964. *Минералите в България*. София, Бълг. акад. наук., 540 с.
- Минералы, справочник*, **III-2**. 1981. Москва, Наука, 614 с.
- Пейчева, И., С. Соколов, А. Секиранов. 1993. Rb-Sr изотопное датирование пегматитов района г. Ардино, Центральные Родопы. *Докл. БАН*, **46**, 7, 63-65.
- Пейчева, И., Р. Арнаулова, В. Арнаулов, А. Секиранов. 1994. Адулар от камерни пегматити при с. Латинка, Централни Родопи. *Сп. Бълг. геол. д-во*, **55**, 1, 25-35.
- Шрайер, В., Х.Дж. Бернхард, О. Меденбах. 1993. Продукты замещения секанинаита (железистого кордиерита) из пегматитов Долни Бори, Моравия (ферожедрит, сидерофилит, септешамозит, андалузит и хлоритоид). *Геол. и геофиз.*, **34**, 12, 141-147.
- Armbruster, T. 1985. Fe-rich cordierites from acid volcanic rocks, an optical and X-ray single-crystal study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **91**, 180-187.
- Arnaudov, V., B. Amov, Z. Cherneva, R. Arnaudova, M. Pavlova, E. Bartnitsky. 1990a. Petrological-geochemical and lead-isotope evidence of Alpine metamorphism in the Rhodope crystalline complex. *Geol. Balcanica*, **20**, 5, 29-44.
- Arnaudov, V., B. Amov, Ts. Baldjieva, M. Pavlova. 1990b. Tertiary migmatitic pegmatites in the Central Rhodope crystalline complex. Uranium-lead zircon dating. *Geol. Balcanica*, **20**, 6, 25-32.
- Birch, W.D., J.W. Gleadow. 1974. The genesis of garnet and cordierite in acid volcanic rocks: Evidence from the Cerberean Cauldron, Central Victoria, Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **45**, 1-13.

- Gottesmann, B., H.-J. Förster. 2004. Sekaninaite from the Satzung granite (Erzgebirge, Germany): Magmatic or xenolithic? *Eur. J. Mineral.* **16**, 483-491.
- Haralampiev, E., E. Dinolova. 1992. Tsilasite – New tourmaline variety in Bulgaria. *C. R. Acad. bulg. Sci.*, **45**, 1, 25-27.
- Hiroi, Y., E. Grew, Y. Motoyoshi, D.R. Peacor, R.C. Rouse, S. Matsubara, K. Yokoyama, R. Miyawaki, J.J. McGee, S.-C. Su, T. Hokada, N. Furukawa, H. Shibasaki. 2001. Ominelite, (Fe,Mg)Al₃BSiO₉ (Fe²⁺ analogue of grandierite), a new mineral from porphyritic granite in Japan. *Amer. Mineral.*, **87**, 160-170.
- Mandarino, J.A. 1999. *Fleischer's Glossary of Mineral Species*. Mineral. Rec. Inc., Tucson, USA, 225 p.
- Matsubara, S., A. Kato, T. Kimura. 1992. Sekaninaite in the Kumano acidic rock, Mie Prefecture, Japan. *Geosci. Mag.*, **41**, 210-214.
- Orlandi, P., F. Pezzotta. 1993. La sekaninaite dei filoni pegmatitici Elbani. *Atti Soc. Toscana Sci. Nat., Mem., Ser. A*, **100**, 85-91.
- Sekanina, J. 1928. Nerosty moravských pegmatitů. *Čas. Mor. Zem. Muz., Vědy Přír.*, **26**, 113-224.
- Speer, J. A. 1981. Petrology of cordierite- and almandine-bearing granitoid plutons of the southern Appalachian Piedmont, USA. *Canad. Mineral.*, **19**, 35-46.
- Staněk, J., J. Miškovský. 1964. Železem bohatý cordierite z pegmatitu od Dolních Borů. *Čas. Min. Geol.*, **9**, 191-192.
- Staněk, J., J. Miškovský. 1975. Sekaninaite, a new mineral of the cordierite series, from Dolní Bory, Czechoslovakia. *Scripta. Fac. Sci. Nat. Univers. Purkynianae Brunensis*, Geologia, **5**, 21-29.
- Vassileva, R., I.K. Bonev. 2003. Retrograde alterations of manganoan skarns in the Madan Pb-Zn deposits, South Bulgaria. In: Eliopoulos et al. (Eds.) *Mineral Exploration and Sustainable Development*, 403-406.

Примета на 22.12.2004 г.

Accepted December 22, 2004