

LITHNÉ SLÍDY Z ELBAITOVÝCH PEGMATITŮ ZÁPADNÍ MORAVY, ČESKÁ REPUBLIKA

LITHIUM-BEARING MICAS FROM ELBAITE-SUBTYPE PEGMATITES IN THE WESTERN MORAVIA,
CZECH REPUBLIC

LUKÁŠ ZAHRADNÍČEK & MILAN NOVÁK

Abstract

Zahradníček, L., Novák, M. (2012): Lithné slídy z elbaitových pegmatitů západní Moravy, Česká republika. - Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 97, 1, 25-37 (with English Summary).

Lithium-bearing micas from elbaite-subtype pegmatites in the Western Moravia, Czech Republic

Lithium-bearing micas from elbaite-subtype pegmatites of the Moldanubian Zone, western Moravia were examined using electron microprobe and the contents of Li_2O were calculated (method of TISCHENDORF *et al.* 1997). Very rare to minor Li-bearing micas occur in albite unit or in pockets as pink, pale violet to colorless small flakes or aggregates associated with schorl or elbaite. All studied samples exhibit $\text{Si} = 7.11-7.89$ apfu; this corresponds to ~60-90 mol. % of polyolithionite component. Vacancy in the octahedral position suggests presence of dioctahedral mica (muscovite or hypothetical mica with $\text{Si} = 8$ apfu). The compositional evolution (Si , Al , F , Li_{calc}) implies increasing of polyolithionite component during crystallization as in lepidolite-subtype pegmatites. Calculation of Li_2O (method of TISCHENDORF *et al.* 1997) is only approximate, it is not feasible for polyolithionite-rich Li-bearing micas.

Key words: lepidolite, polyolithionite, electron microprobe, elbaite-subtype pegmatite, Moldanubian Zone, Western Moravia, Czech Republic

Lukáš Zahradníček - Národní muzeum, Cirkusová 1740, Praha 9 - Horní Počernice

Milan Novák - Ústav geologických věd, Masarykova universita Brno, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic, lukas_zahradnicek@nm.cz

Úvod

V elbaitových pegmatitech je hlavním nositelem lithia Li-turmalín, zatímco Li-slídy jsou vzácné nebo zcela chybí stejně jako další Li-minerály (spodumen, petalít, amblygonit-montebrazit). Pegmatity elbaitového typu byly poprvé popsány z oblasti moldanubika (NOVÁK a POVONDRA 1995) a jsou zde poměrně rozšířené. Většinou tvoří relativně malá tělesa a jejich mocnost nepřesahuje 5 m. Také jejich stavba je odlišná od většinou symetricky zonálních lepidolitových pegmatitů. Lithné minerály bývají soustředěny do více center v rámci jedné žíly na rozdíl od lepidolitových pegmatitů, kde bývá většinou přítomno jen jediné jádro bohaté na Li-minerály. Některé žíly v moldanubiku jsou nevýrazně zonální, od okraje do středu roste pouze velikost zrna. Poměrně časté jsou dutiny s krystaly K-živce, křemene, albitu a elbaitu, a to především v oblasti strážeckého moldanubika (NOVÁK a POVONDRA 1995, NOVÁK 2005). Dalším typickým znakem řady žil jsou velmi časté grafické srůsty křemen+K-živec, křemen+albit dále křemen+turmalín nebo křemen+granát. Albitová jednotka, tvořená většinou lupenitým světle modrozeleným *cleavelanditem*, je méně častá než v lepidolitových pegmatitech, ale vždy indikuje přítomnost zajímavých a vzác-

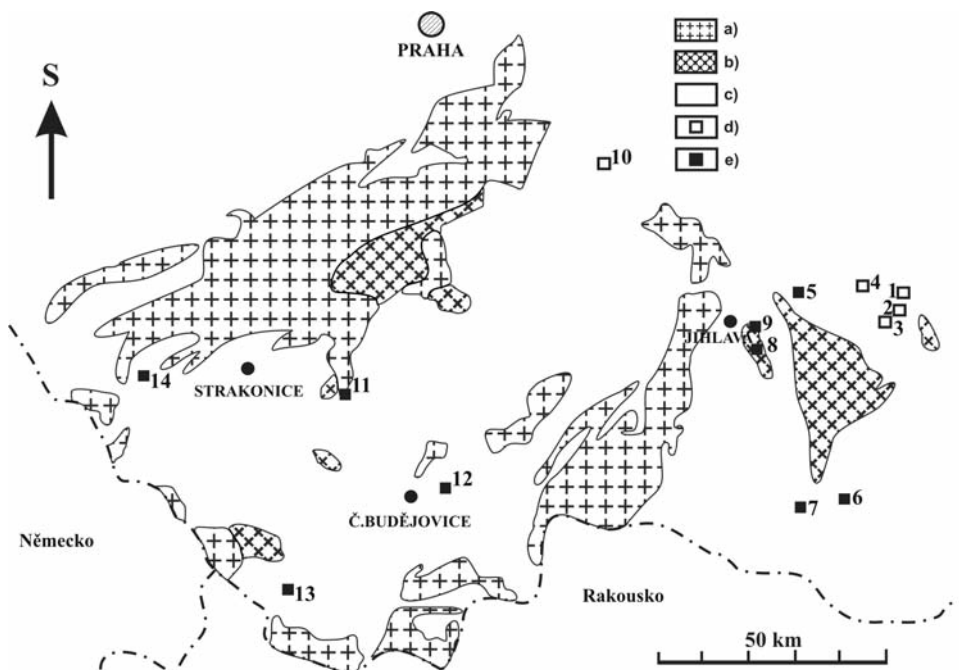
ných minerálů. Typickým znakem elbaitových pegmatitů je i převaha K-živce nad albitem a téměř úplná nepřítomnost primárního muskovitu. Červené, červenohnědé, žlutohnědé až špinavě šedo zelené elbaity jsou často bohaté Mn, vzácně byl zjištěn i liddicoatit (Řečice, Bližná I, Pikárec). V elbaitových pegmatitech moldanubika dosud nebyly nalezeny petalit a spodumen; amblygonit je velmi vzácný (PAULIŠ a MAZUCH 2003). Akcesorické minerály jsou velmi podobné lepidolitovým pegmatitům – granát (spessartin > almandin), apatit, beryl, kasiterit, columbit-tantalit a zirkon. Dále jsou typické B-bohaté minerály – hambergit, danburit, datolit, axinit, boromuskovit a tusionit (NOVÁK 2005).

Lithné slídy jsou v elbaitových pegmatitech vzácné a na části lokalit v moldanubiku zcela chybí (např. Bližná I, Černá, Jeclov II, Vlastějovice). Jejich chemické složení bylo dosud studováno jen zřídka (Biskupice – ČERNÝ *et al.* 1970, Puklice VII – NĚMEC 1990a, Ctičudovice – NOVÁK a POVONDRA 1995, Řečice – NOVÁK *et al.* 1999), a ve všech případech dominuje polyolithionit nad trillithionitem. V této práci jsou uvedeny další chemické analýzy Li-slíd, stručně jsou diskutovány chování jednotlivých prvků, substituce a také využitelnost výpočtu Li (TISCHENDORF *et al.* 1997) pro tento paragenetický typ Li-slíd.

Přehled elbaitových pegmatitů moldanubika a podobných pegmatitů v zahraničí

Dosud je známo zhruba 20 žil elbaitových pegmatitů, např. Řečice u Nového Města na Moravě, Pikárec u Křižanova, Dolní Rožinka, Vlastějovice nad Sázavou, Komárovice, Puklice VII a Jeclov II u Jihlavy, Biskupice u Hrotovic, Bližná I, Bližná II a Černá v Pošumaví, Ptáčkovna a Kamenné doly u Písku, Rudolfov, Sušice III aj.). Elbaitové pegmatity se vyskytují v určitých rojích (např. Bližná I, II a Černá v Pošumaví) ale i zcela izolovaně (Vlastějovice; Obr. 1). Vztah lepidolitových a elbaitových pegmatitů ale není zcela jasný. Některé elbaitové pegmatity (např. Strážek) lze na základě jejich minerálních asociací a objemového poměru elbaitu a lepidolitu označit jako přechodné, takže přinejmenším část elbaitových pegmatitů je geneticky velmi blízká lepidolitovým pegmatitům. Také společné výskyty lepidolitových a elbaitových pegmatitů ve většině regionů a srovnatelné akcesorické minerály ukazují na jejich genetickou příbuznost.

Elbaitové pegmatity byly nalezeny i v několika dalších pegmatitových oblastech ve světě (NOVÁK a POVONDRA 1995, ČERNÝ a ERCIT 2005, LONDON 2008). Typickými příklady jsou pegmatity z oblasti Malchan, Sibiř (ZAGORSKYI a PERETIAZHKO 1992). V těchto pegmatitech se vyskytují dutiny s Mn-bohatým elbaitem, který výrazně převládá nad akcesorickým lepidolitem. Muskovit je vzácný, zatímco danburit a hambergit jsou lokálně hojné jako pozdní minerály v dutinách. Podobné pegmatity byly popsány na Madagaskaru např. ze Sahatany Valley (Mariana, Antadrokomby, Manjaka; RANOROSOA 1986). Zdejší pegmatity obsahují velké množství Mn-bohatého elbaitu až liddicoatitu, který většinou převažuje nad spodumem. Dále jsou přítomny B-bohaté minerály – danburit, rhodizit-londonit, behierit a manandonit; zatímco lepidolit a muskovit většinou zcela chybí. Pegmatity s velkým množstvím elbaitů v dutinách byly popsány z jižní Kalifornie (např. Mesa Grande, San Diego, Little Three Mine, Ramona; FOORD 1976, STERN *et al.* 1986, FOORD *et al.* 1989, MORGAN a LONDON 1999). V některých případech ale jde spíše o přechodný subtyp k lepidolitovým pegmatitům. Typický elbaitový subtyp je reprezentován pegmatitem Belo Horizonte, San Jacinto, Riverside County (TAYLOR *et al.* 1993). Elbait je zde hlavním nositelem Li, primární muskovit a lepidolit chybí, a byly zde také nalezeny B-bohaté minerály jako danburit, hambergit a hellandit. Další elbaitové pegmatity jsou známy z himalájské oblasti, např. Sankhuwa Sabha, Nepál (BASSETT 1985), Shingus, Gilgit, Pákistán (KAZMI *et al.* 1985), Afghanistan (LONDON 1986). Pro nedostatek paragenetických dat (množství elbaitu, lepidolitu a spodumenu) ale nelze vždy spolehlivě definovat, zda pegmatit skutečně odpovídá elbaitovému subtypu.



Obr. 1. Schematická geologická mapa s vybranými elbaitovými pegmatity v české a moravské části moldanubika, a) granitická hornina, b) syenit, c) převážně metamorfované horniny, d) elbaitové pegmatity s dutinami, e) jiné elbaitové pegmatity.

Fig. 1. Schematic geological map of selected elbaite-subtype pegmatites in the Czech and Moravian part of the Moldanubian Zone, a) granitic rocks, b) syenites, c) metamorphic rocks, d) elbaite-subtype pegmatites with pockets, e) other elbaite-subtype pegmatites

Lokalita: 1 Dolní Rožinka, 2 Strážek, 3 Pikárec, 4 Řečice, 5 Rudolec, 6 Biskupice, 7 Ctidružice, 8 Komárovice, 9 Jeclov II, 10 Vlastějovice, 11 Písek-Ptáčkovna, 12 Rudolfov, 13 Blížná I, 14 Sušice III.

Metodika práce

Vzorky studovaných Li-slíd pocházejí zčásti ze sbírek mineralogicko-petrografického oddělení Moravského zemského muzea v Brně (Biskupice, Strážek, Komárovice, Ctidružice), část byla nalezena autory na lokalitách (Řečice, Dolní Rožinka, Pikárec). Chemické analýzy byly získány pomocí elektronové mikrosondy CAMECA SX 50 University of Manitoba, Winnipeg v letech 1992–1993 za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 keV, proud svazku 20 nA, šířka paprsku 5 μm , načítací čas 20 s pro Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Ti, Si a F, a 50 s a proud svazku 40 nA pro Rb, Cs, Sr, Ba, Zn, Sc a P. Použité standardy: albit (Na), fayalit (Fe), diopsid (Ca, Si), kyanit (Al), spessartin (Mn), ortoklas (K), zinnwaldit (F), titanit (Ti), Rb-mikroklin (Rb), gahnit (Zn) a pollucit (Cs). Naměřená data byla korigována automatickou korekcí PAP (POUCHOU a PICOIR 1985).

Výpočet obsahu Li_2O v Li-slídách se zabývalo více autorů např. TINDLE a WEBB (1990) a TISCHENDORF *et al.* (1997). Podle TISCHENDORFA *et al.* (1997) lze obsah Li_2O v trioktaedrických slídách vypočítat na základě empirického vztahu mezi obsahy Li_2O a SiO_2 , MgO , F nebo Rb_2O . Rovnice [tri 4] $\text{Li}_2\text{O} = 0.237\text{F}^{1.544}$, [tri 4a] $\text{Li}_2\text{O} = (0.697\text{F}) + 1.026$ a [tri 4b] $\text{Li}_2\text{O} = 0.177\text{F}^{1.642}$ (TISCHENDORF *et al.* 1997) byly vybrány jako nejvhodnější pro výpočet Li_2O . Všechny tři rovnice splňují podmínky pro naše data; rovnice [tri 4] je určena pro slídy, kde $\text{F} = 0,1$ až 9 hm %, rovnice [tri 4a] je určena pro výpočet Li_2O ve

slidách vyskytujících se v aplitech a pegmatitech, naopak rovnice [tri 4b] je určena pro výpočet Li_2O ve slidách vyskytujících se v granitoidních horninách; jako nejlepší se ukázala rovnice [tri 4a]. Analýzy (s vypočítaným Li_2O) byly přepočteny na 24 aniontů. Množství H_2O bylo určeno na základě stechiometrie $\text{OH}^- + \text{F}^- + \text{Cl}^- = 4$.

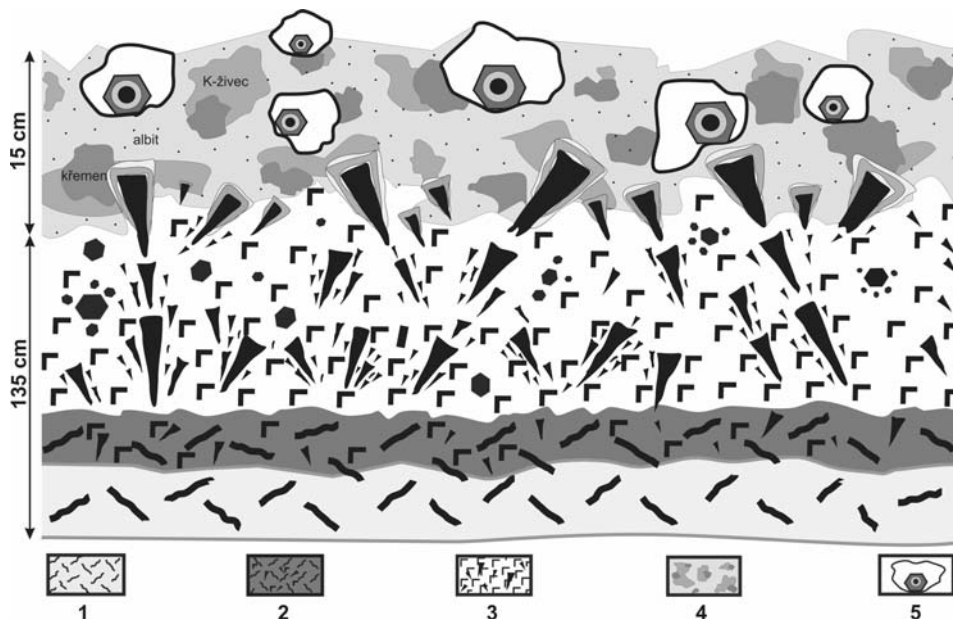
Charakteristika lithných slid a jejich lokalit

Popis lokalit elbaitových pegmatitů a pozice Li-slid v pegmatitu

Studované lokality (obr. 1) zahrnují všechny dosud známé výskyty Li-slid z elbaitových pegmatitů na Moravě. Většina studovaných lokalit jsou výchozy pegmatitů v polích a byly odkryty jen krátkodobě. Popis jednotlivých pegmatitů je založen na publikovaných datech, informacích od sběratelů minerálů, kteří kopáním odkryli některé z žil, na vzorcích uložených ve sbírkách muzeí a sběratelů a také na terénním výzkumu obou autorů.

Pikárec

Symetricky zonální pegmatitová žíla asi 3 m mocná proniká amfibolity a leží na poli asi 2 km J od Pikárce. Od kontaktu je složena z drobně až hrubě zrnité granitické zóny s biotitem přecházející do grafické zóny ($\text{Kfs} + \text{Qtz}$, $\text{Ab} + \text{Qtz}$) s černým turmalínem, která zaujímá podstatnou část objemu tělesa (obr. 2). Hrubnutím zrna přechází grafická jednotka do albitické jednotky s krystaly oranžového K-živce a místy s dutinami obsahujícími elbaity. Lithné slidy byly zjištěny jen zcela výjimečně jako drobné bezbarvé lupínky, až 3 mm velké, narůstající v dutině na K-živce.

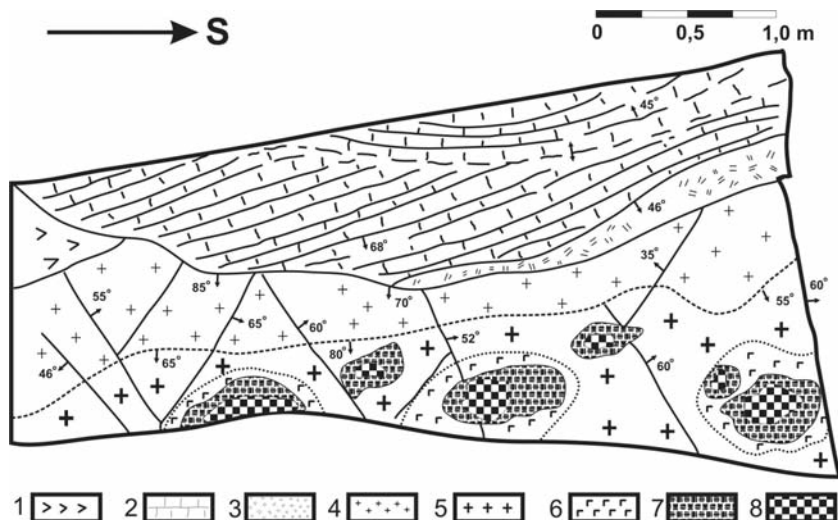


Obr. 2. Idealizovaný řez elbaitovým pegmatitem z Pikárce (ZAHRADNÍČEK 2012). 1 - granitická jednotka, 2 - grafická zóna s biotitem, 3 - grafická zóna s turmalínem, 4 - albitová zóna s blokovým K-živcem a křemenem, 5 - dutiny.

Fig. 2. Idealized cross-section through elbaite-subtype pegmatite from Pikárec (ZAHRADNÍČEK 2012). 1 - granitic unit, 2 - graphic unit with biotite, 3 - graphic unit with tourmaline, 4 - albitic unit with blocky K-feldspar and quartz, 5 - pockets.

Dolní Rožinka

Pegmatitová žíla asi 3 m mocná proniká dolomitickým mramorem a amfibolickou rulou a leží na poli při Z okraji Dolní Rožinky (obr. 3). Směrem od okraje je žíla složena z drobně zrnité granitické zóny s biotitem přecházející do grafické jednotky (Kfs+Qtz, Ab+Qtz) s černým turmalínem a hrubě zrnité jednotky s albitem místy s blokovými K-živci. Vzácně bylo zjištěno křemenné jádro. Lithné slidy byly zjištěny zcela výjimečně jako (i) světle nafialovělé drobné lupínky v albitu (analyzovaný) nebo (ii) bezbarvé lupeny až 1 cm velké narůstající v dutině na K-živce a albit.



Obr. 3. Elbaitový pegmatit z Dolní Rožinky - dno výkopu (upraveno podle NOVOTNÝ a MAZUCH 1999). 1 - amfibolická rula, 2 - mramor, 3 - drčená zóna, 4 - aplitický pegmatit, 5 - blokový pegmatit, 6 - grafický pegmatit, 7 - pegmatit s berylem, 8 - pegmatit s Li-minerály.

Fig. 3. Elbaite-subtype pegmatite from Dolní Rožinka - bottom of the trench, (modified from NOVOTNÝ and MAZUCH 1999) 1 - amphibole gneiss, 2 - marble, 3 - tectonic melange, 4 - aplitic pegmatite, 5 - blocky pegmatite, 6 - graphic pegmatite, 7 - pegmatite with beryl, 8 - pegmatite with Li-minerals.

Řečice

Pegmatitová žíla leží na poli asi 2 km J od Řečice. Její stavba je jednoduchá, žíla s xenolity okolní horniny (nebo jde o žilník) je asi 3 m mocná a je uložena v alterované pyroxenické rule (NOVÁK a KORBEL 1987, STANĚK a POVONDRA 1987). Pegmatit je složen z relativně úzké, drobně-zrnité granitické jednotky přecházející směrem do středu žíly do dominujícího hrubě zrnitého pegmatitu místy s lupeny biotitu, ale černý turmalín (skoryl) je mnohem hojnější. Zrnitost roste směrem k dutinám častěji hlavně v horních partiích pegmatitu. Typické texturní jednotky granitických pegmatitů, jako jsou grafické srůsty K-živce+křemen nebo albitická jednotka, jsou vzácné. Relativně častý, bezbarvý až nažloutlý lepidolit v lupenitých agregátech, až několik cm velkých, se vyskytuje výhradně v dutinách v asociaci s elbaitem a místy i s boromuskovitem (NOVÁK *et al.* 1999).

Strážek

Pegmatit byl odkryt v poli asi 1 km J od Strážku, ale o jeho stavbě a okolní hornině existuje jen málo informací. Mocnost tělesa je asi 1 m, v centru mělo být vyvinuto jádro bohaté Li-minerály (elbait, lepidolit). Poměrně hojný lepidolit byl zjištěn ve více typech, (i) nafialovělý, středně zrnitý agregát s albitem, (ii) jemnozrný, masivní, světle fialový lepidolit (analyzovaný) a (iii) vzácné lupeny v dutině (analyzovaný).

Komárovice

Tento pegmatit je znám pouze z hojných balvanů a úlomků na polích asi 1 km S od Komárovic (NĚMEC 1993). Jsou zde zastoupeny granitická jednotka s biotitem, grafický pegmatit (Kfs+Qtz), blokový K-živce a albitická jednotka s elbaity. Velmi vzácný narůžovělý lepidolit tvoří lupeny v albitu až 3 mm velké.

Biskupice

Pegmatit tvoří čočku až 2 m mocnou uloženou v hadci asi 2 km S od Biskupic (ČERNÝ a POVONDRA 1967). Zonální pegmatit se skládá od okraje z granitické jednotky s biotitem, grafické jednotky (Kfs+Qtz), blokového K-živce a albitické jednotky místy s elbaitem a lepidolitem. Jeho světle fialové lupinky v albitu a K-živci dosahují velikosti až 2 cm a jsou doprovázeny černým turmalínem.

Ctidružice

Pegmatitová žíla asi 3 m mocná leží v polích asi 1 km SZ od Ctidružic a je uložena v grafických rulách (ČECH 1962). Zonální pegmatit se skládá od okraje z drobně-zrnné granitické jednotky s biotitem, grafické jednotky (Kfs+Qtz, Ab+Qtz) přecházející do blokového K-živce a albitické jednotky místy se zonálními turmalíny (skoryl-elbait) a velmi vzácným muskovitem. Poměrně hojně, často zprohýbané, narůžovělé až světle fialové lupeny a jejich agregáty dosahují velikosti několik mm až 3 cm. Bývají doprovázeny černým turmalínem nebo zonálními krystaly skoryl-elbaitu.

Všechny elbaitové pegmatity jsou uloženy téměř vertikálně a většina má velmi podobnou zonální stavbu. Od okraje žíly jsou přítomny drobně- až hrubě-zrnná granitická jednotka s biotitem, následuje grafická jednotka (K-živce+křemen, méně albit+křemen), která se vyvíjí do blokových K-živců hnědé až oranžové barvy. Ty jsou často doprovázené drobně až středně lupenitým albitem (*cleavelandit*) místy s Li-minerály. V těchto partiích bývají přítomny dutiny, ale téměř výhradně v pegmatitech strážeckého moldanubika. Poněkud odlišný je pegmatit z Pikárce, kde výrazně dominuje grafická jednotka (obr. 2), a hlavně pegmatit z Řečice, který má jen velmi nevýrazně vyvinutou zonální stavbu a typické texturně-paragenetické jednotky (grafická, bloková) jsou přítomny jen nepatrně. V pegmatitech téměř vždy chybí křemenné jádro.

Přehled hlavních akcesorických minerálů z jednotlivých pegmatitů je uveden v tabulce 1. Množství Li-slíd v jednotlivých pegmatitech kolísá od velmi vzácné akcesorie (Pikárec, Dolní Rožinka, Komárovice) po poměrně hojný minerál (Strážek). Tabulka 1 také ukazuje na podobnost většiny žil, od nichž se poněkud odlišují pouze Řečice a Ctidružice (boráty Sn a/nebo Be), a Biskupice (andalusit a cordierit). Protože nebyly jednotlivé žíly studovány stejně detailně, je toto srovnání jen velmi přibližné.

Chemické složení lithných slíd

Na základě chemických analýz z elektronové mikrosondy (tabulka 2) je zřejmé, že studované Li-slídy odpovídají polyolithionitu většinou s nízkými obsahy Fe a Mn, pouze v Pikárci byl zjištěn také muskovit. Jedním z hlavních indikátorů množství polyolithionitové $K_2(Li_4Al_2)Si_8O_{20}F_4$ nebo trilitionitové komponenty $K_2(Li_3Al_3)Al_2Si_6O_{20}F_4$ ve slídách jsou obsahy Si a méně i Al; trilitionit = 6–7 apfu Si a polyolithionit = 7–8 apfu Si. Obsah Al kolísá výrazněji, ale není tak spolehlivým indikátorem, protože v tetraedrické pozici Si dochází většinou pouze k substituci Si-Al. Jen výjimečně může do této pozice vstoupit B jako např. v Řečici (NOVÁK *et al.* 1999). V oktaedrické pozici je Al nahrazováno Li, Fe, Mn, Mg a hlavně, tato pozice je běžně zčásti vakantní (např. ČERNÝ *et al.* 1995).

Tabulka 1. Přehled vybraných akcesorických minerálů.

Table 1. List of selected accessory minerals.

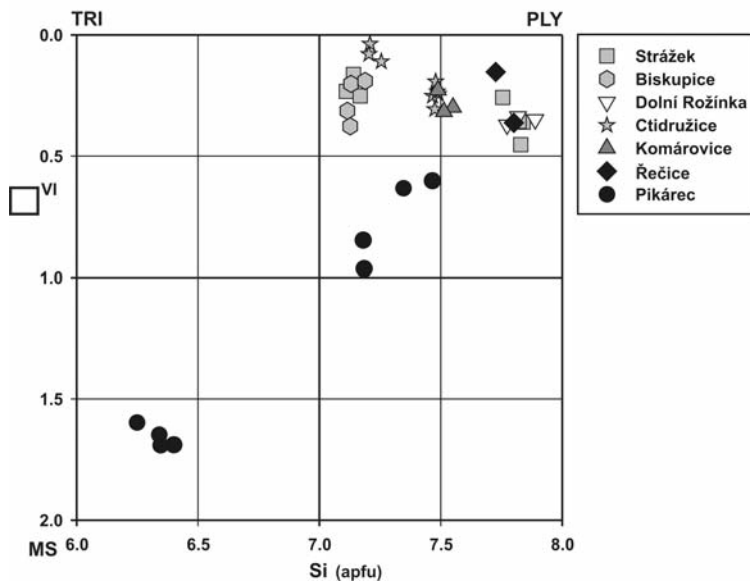
	Pikárec	Řečice	Dolní Rožínka	Strážek	Komárovice	Biskupice	Čtidružice
muskovit	+				+	+	+
lepidolit	+	++	+	+++	+	+	+++
granát	+	+	+		+	+	+
cordierit						+	
andalusit						+	
dumortierit	+						
beryl	+		++		+		+
hambergit							+
bertrandit		+					+
amblygonit			+			+	+
pollucit	+						
tusionit		+					
stokesit							+
mikrolit/pyrochlor	+	+					
löllingit	+	++					

+++ (častý), ++ (vzácný), + (velmi vzácný)

Na všech lokalitách se vyskytují fluorapatit, kasiterit, zirkon, columbit-tantalit (převažuje columbit-(Mn))

+++ (common), ++ (rare), + (very rare)

Fluorapatite, cassiterite, zircon, columbite-tantalite (columbite-(Mn) is dominant) are present at all localities.



Obr. 4. Diagram Si/vakance v oktaedrické pozici Li-slíd ze elbaitových pegmatitů, data z Řečice (NOVÁK *et al.* 1999).

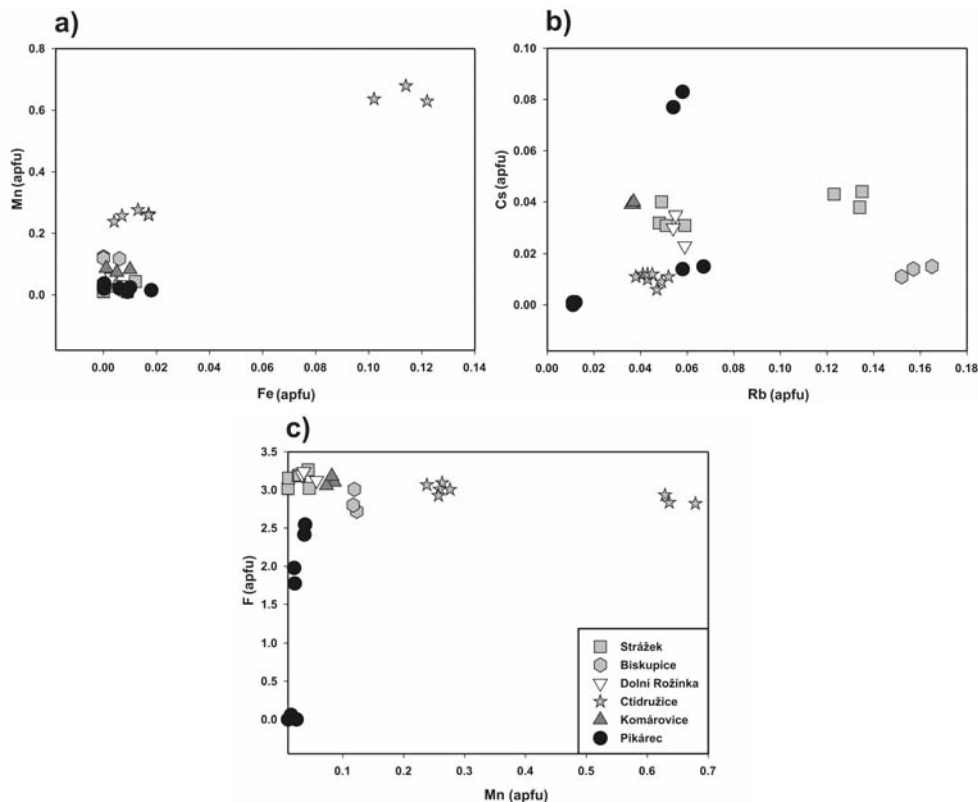
Fig. 4. Plot Si/vacancy in the octahedral position of Li-micas from elbaite-subtype pegmatites, data from Řečice (NOVÁK *et al.* 1999).

Tabulka 2. Reprezentativní chemické analýzy Li-slíd a muskovitu z elbaitových pegmatitů ze Strážku (Str), Biskupic (Bis), Dolní Rožinky (DR), Komárovice (Kom), Ctidružic (Cti), Pikárce (Pik) a Řečice (Řeč) (NOVÁK *et al.* 1999).

Table 2. Representative chemical analyses of Li-micas and muscovite from elbaite-subtype pegmatites from Strážek (Str), Biskupice (Bis), Dolní Rožinka (DR), Komárovice (Kom), Ctidružice (Cti), Pikárec (Pik) and Řečice (Řeč) (NOVÁK *et al.* 1999).

	Str-lep	Str-lep	Bis-lep	DR-lep	Kom-lep	Cti-lep	Cti-lep	Pik-lep	Pik-lep	Pik-mus	Řeč-lep
SiO ₂	54,49	61,1	53,38	60,25	58,26	56,33	52,73	55,87	56,29	47,65	60,49
TiO ₂	0,02	0,01	0,06	0	0,05	0	0,04	0	0	0,12	0
Al ₂ O ₃	21,58	15,98	21,1	16,36	18,17	17,85	17,7	21,28	19,77	34,24	15,72
B ₂ O ₃	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0,44
FeO	0	0,02	0	0,03	0,01	0,15	1	0	0	0,08	0,03
MnO	0,09	0,25	1,05	0,52	0,78	2,31	5,87	0,33	0,34	0,09	0,06
ZnO	0	0	0	0,03	0,01	0	0	0	0	0,01	0,03
Li ₂ O	6,09	6,5	5,99	6,37	6,3	6,03	5,58	5,08	5,26	1,03	6,43
Na ₂ O	0,24	0,06	0,29	0,07	0,2	0,23	0,13	0,03	0,01	0,07	0,07
CaO	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0,03
K ₂ O	10,73	11,44	10,43	11,53	11,28	11,07	10,63	11,2	11,24	10,63	11,27
Rb ₂ O	1,6	0,71	1,77	0,66	0,44	0,5	0,59	0,69	0,79	0,14	0,66
Cs ₂ O	0,79	0,56	0,2	0,63	0,7	0,18	0,19	0,25	0,27	0,01	0,6
F	7,26	7,85	7,12	7,66	7,57	7,18	6,53	5,81	6,07	0	7,76
Cl	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0	0,01
H ₂ O	1,11	0,95	1,11	1,02	1,04	1,12	1,29	1,81	1,64	4,5	0,97
O=F	-3,06	-3,31	-3	-3,23	-3,19	-3,02	-2,75	-2,45	-2,56	0	-3,27
O=Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100,96	102,14	99,56	101,98	101,66	100,02	99,57	99,93	99,15	98,66	101,35
Si ⁴⁺	7,168	7,839	7,13	7,773	7,55	7,466	7,204	7,346	7,465	6,346	7,801
Ti ⁴⁺	0,002	0,001	0,006	0	0,005	0	0,004	0	0	0,012	0
Al	0,83	0,16	0,862	0,226	0,445	0,532	0,792	0,654	0,535	1,641	0,199
IVΣ	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al ³⁺	2,516	2,256	2,46	2,261	2,33	2,256	2,058	2,644	2,555	3,733	2,19
Fe ²⁺	0	0,002	0	0,003	0,001	0,017	0,114	0	0	0,009	0,003
Mn ⁺	0,01	0,027	0,119	0,057	0,086	0,259	0,679	0,037	0,038	0,01	0,007
Zn ²⁺	0	0	0	0,003	0,001	0	0	0	0	0,001	0,003
B ³⁺	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0,098
Li ⁺	3,222	3,354	3,218	3,305	3,283	3,214	3,066	2,686	2,805	0,552	3,335
VIΣ	5,748	5,64	5,798	5,629	5,701	5,748	5,921	5,367	5,398	4,309	5,637
vakance	0,252	0,36	0,202	0,371	0,299	0,252	0,079	0,633	0,602	1,691	0,363
Na ²⁺	0,061	0,015	0,075	0,018	0,05	0,059	0,034	0,008	0,003	0,018	0,018
Ca ²⁺	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0,004
K ⁺	1,801	1,872	1,777	1,898	1,865	1,872	1,853	1,879	1,902	1,806	1,854
Rb ⁺	0,135	0,059	0,152	0,055	0,037	0,043	0,052	0,058	0,067	0,012	0,055
Cs ⁺	0,044	0,031	0,011	0,035	0,039	0,01	0,011	0,014	0,015	0,001	0,033
XIIΣ	2,042	1,977	2,018	2,01	1,993	1,987	1,951	1,961	1,989	1,84	1,966
F ⁻	3,02	3,185	3,008	3,125	3,103	3,01	2,822	2,416	2,546	0	3,165
Cl ⁻	0,002	0	0,002	0	0	0,002	0	0	0	0	0,002
OH ⁻	0,977	0,815	0,99	0,875	0,897	0,988	1,178	1,584	1,454	4	0,833
Σ	3,999	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
O ²⁻	20,977	20,815	20,99	20,875	20,897	20,988	21,178	21,584	21,454	24	20,833
Σkat	15,789	15,617	15,816	15,637	15,694	15,734	15,873	15,327	15,386	14,148	15,602
Σan	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Všechny analýzy Li-slíd vykazují $Si > 7$, takže převažuje polyolithionit, některé lokality ale leží při hranici s trilithionitem (obr. 4). Důležitou hodnotou je také vakance v oktaedrické pozici. Ta by měla být nízká ($\leq 0,5$ pfu), protože jde o trioktaedrické slídy, ale kolísá ve značném rozpětí 0–1 pfu. Obsahy Mn jsou nízké ($\leq 0,28$ apfu), výjimku tvoří tři analýzy Li-slíd ze Ctidružic (0,63–0,68 apfu). Obsahy Fe jsou také velmi nízké $\leq 0,02$ apfu s výjimkou Ctidružic (0,1–0,12 apfu Fe; obr. 5a). Koncentrace Rb kolísají v rozmezí 0,04–0,17 apfu (obr. 5b), zatímco Cs je ve studovaných Li-slídách nízké ($\leq 0,04$ apfu), pouze analýzy z Pikárce dosahují hodnot až 0,08 apfu a 1,4 váh. % Cs_2O (obr. 5b) Většina slíd obsahuje vysoké koncentrace F (2,72–3,26 apfu). Pouze polyolithionit z Pikárce obsahuje méně (1,78–2,55 apfu F; obr. 5c). Obsahy Mn a F (obr. 5c) nevykazují žádnou korelaci.



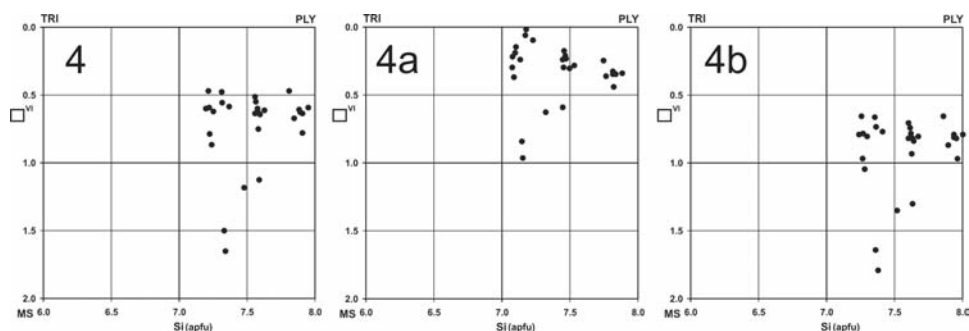
Obr. 5. Diagramy chemického složení Li-slíd: a) Fe/Mn, b) Rb/Cs, c) Mn/F (apfu).

Fig. 5. Plots: a) Fe/Mn, b) Rb/Cs, c) Mn/F (apfu) of Li-micas.

Diskuse

Výpočet množství Li_2O v lithných slídách

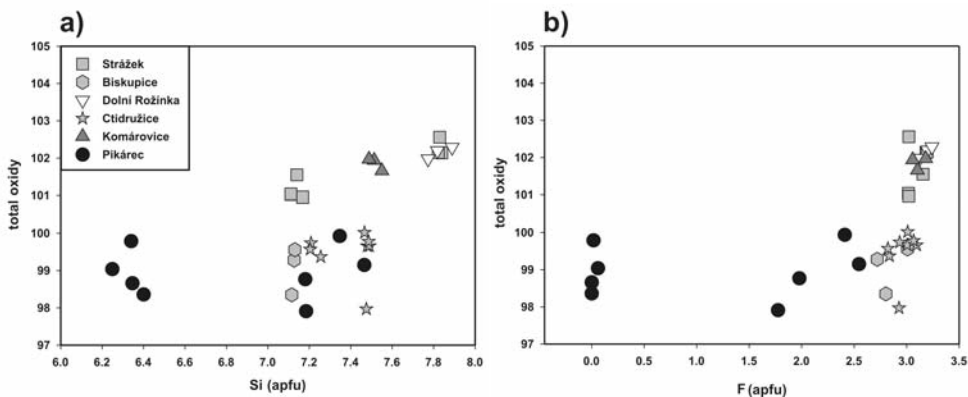
TISCHENDORF *et al.* (1997) nabízejí 9 různých rovnic pro výpočet obsahu Li_2O ve slídách. Pro naše data jsou vhodné 3 rovnice: [tri 4] s podmínkou, že $F = 0,1$ až 9 hm %, a dále dvě rovnice, které předpokládají, že analýzy Li-slíd pocházejí buď z pegmatitických a aplitických hornin [tri 4a] a nebo z granitických hornin [tri 4b]. Nejlepší výsledky poskytl rovnice [tri 4a] (obr. 6). Výsledky z rovnic [tri 4] a [tri 4b] poskytují příliš velké vakance v oktaedrické pozici a některé hodnoty spadají do pole v přírodě dosud nepopsané dioktaedrické slídy (obr. 6).



Obr. 6. Diagramy Si/vakance v oktaedrické pozici podle tří různých rovnic 4, 4a, 4b (TISCHENDORF *et al.* 1997).
 Fig. 6. Diagrams Si/vacancy in octahedral position based on three equations 4, 4a, 4b (TISCHENDORF *et al.* 1997).

Vzhledem k poměrně komplikované stechiometrii slíd neexistuje jednoduchý způsob, jak ověřit spolehlivost výpočtu obsahu Li_2O . Pokusili jsme se srovnat celkový obsah oxidů (suma oxidů včetně vypočítaných Li_2O a H_2O) a obsah Si, jako hlavního indikátoru množství trilithionitové/polyolithionitové složky, a také obsah F (obr. 7a,b). Je zřejmé, že část slíd s vyšším podílem polyolithionitové složky a s vyšším obsahem F, hlavně lokality Strážek, Komárovice a Dolní Rožinka, vykazují velmi vysoké sumy oxidů, takže použitá rovnice není pro tyto Li-slídy příliš vhodná.

Také analýzy z Pikárce, s relativně nízkým obsahem F, poskytly příliš velkou vakanci v oktaedrické pozici (obr. 4), takže i v tomto případě zřejmě není výpočet obsahu Li_2O správný. Lze tedy konstatovat, že výpočet množství Li_2O v Li-slídách podle rovnic uvedených v práci TISCHENDORF *et al.* (1997) není příliš vhodný pro Li-slídy s vyšším podílem polyolithionitové složky, popř. s relativně nízkým obsahem F, a výsledky lze považovat pouze za přibližné.

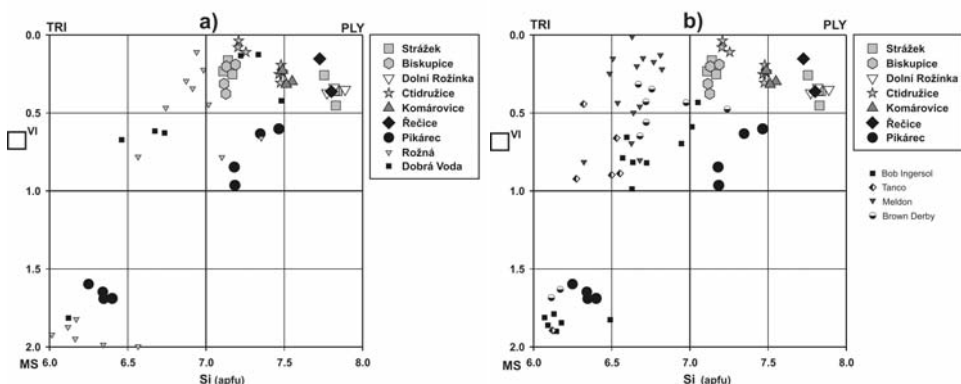


Obr. 7. Diagramy chemického složení Li-slíd: a) Si/suma oxidů a b) F/suma oxidů.
 Fig. 7. Plots: a) Si/sum oxides and b) F/sum oxides in Li-micas.

Vývoj chemického složení a substituce v lithných slídách

Všechny studované Li-slídy odpovídají polyolithionitu, i když část analýz leží při hranici s trilithionitem a část slíd z Pikárce vykazuje velkou vakanci v oktaedrické pozici téměř až 1 pfu. Tyto analýzy potom leží při hranici s dosud nepopsanou hypotetickou dioktaedric-

kou slídou např. se složením $K_2(LiAl_2)Si_8O_{20}(OH, F)_4$ (obr. 4). Protože se ukazuje, že vypočítané obsahy Li_2O nejsou příliš spolehlivé, je odhad poměru jednotlivých komponent velmi omezený. V těchto slídách navíc nelze zcela vyloučit přítomnost B (NOVÁK *et al.* 1999). Na lokalitách, kde byl studován lepidolit z masivního pegmatitu a z dutiny, je patrný nárůst množství polyolithionitové složky (Strážek) a všechny dutinové slídy se blíží složení polyolithionitu (Řečice, Strážek; obr. 4). Během krystalizace slíd tedy dochází k nárůstu polyolithionitové složky podobně jako v lepidolitových pegmatitech (ČERNÝ *et al.* 1995; obr. 8).



Obr. 8. Diagram Si (apfu) vs. vakance (pfu) v oktaedrické pozici Li-slíd z lepidolitových pegmatitů: a) Rožná a Dobrá Voda (ČERNÝ *et al.* 1995) a b) Meldon, V. Británie, (CHAUNDHRY a HOWIE 1973), Brown Derby, Colorado, USA, (HEINRICH 1967), Bob Ingersoll, Black Hills, USA, (JOLLIFF *et al.* 1987), Tanco, JV Manitoba, Kanada, (RINALDI *et al.* 1972).

Fig. 8. Plots Si (apfu) vs. vacancy (pfu) in octahedral position from Li-micas from lepidolite pegmatites: a) Rožná and Dobrá Voda (ČERNÝ *et al.* 1995); b) Meldon, Great Britain, (CHAUNDHRY and HOWIE 1973), Brown Derby, Colorado, USA, (HEINRICH 1967), Bob Ingersoll, Black Hills, USA, (JOLLIFF *et al.* 1987), Tanco, SE Manitoba, Canada, (RINALDI *et al.* 1972).

Většina slíd má poměrně nízké obsahy Cs a většinou i Rb, poněkud nižší, než v lepidolitových pegmatitech moldanubika (ČERNÝ *et al.* 1995, NOVÁK a ČERNÝ 1998). Výjimkou je Li-slída z Pikárce, kde je až 1,4 hm. % Cs_2O a byl zde zjištěn také pollucit (Tab. 1), což indikuje nabohacení Cs. Obsahy Fe a Mn jsou většinou nízké podobně jako v lepidolitových pegmatitech. Výjimkou jsou Ctidružice, kde je poměrně vysoký obsah Mn (obr. 5c, tabulka 2).

Odvodit substituce, které probíhají v Li-slídách, je komplikované, protože vypočítaný obsah Li_2O je pouze přibližný a právě Li je jedním z hlavních prvků v substitucích. Z obr. 4 je zřejmé, že hlavní substitucí je zřejmě $Al^{VI} 2Al^{IV} = Li^{VI} 2Si^{IV}$. Zvýšený obsah Mn(Fe) v Ctidružicích (až 0,68 apfu Mn a 0,12 apfu Fe) indikuje další substituci, např. $R^{2+VI} Al^{IV} = Li^{VI} Si^{IV}$. Také přítomnost vakance v oktaedrické pozici a spíše konstantní obsah Si u jednotlivých slíd (Obr. 4) vyžaduje substituci $2\Box^{VI} Al^{VI} = 3Li^{VI}$ spíše než $\Box^{VI} Al^{VI} Al^{IV} = 2Li^{VI} Si^{IV}$. Detailnější odvození substitucí ale není z těchto analytických dat možné.

Závěr

Lithné slídy z elbaitových pegmatitů moldanubika odpovídají polyolithionitu s variabilním vysokým až nízkým podílem trilithionitové složky a také muskovitové složky (vakance v oktaedrické pozici), nebo jiné hypotetické dioktaedrické slídy (obr. 4). V případě lokality Pikárec je ale velká vakance v oktaedrické pozici nejspíše způsobena nepřesným

výpočtem Li_2O nebo možná přítomností B ve struktuře (NOVÁK *et al.* 1999). Převahou polyolithionitu nad trilitionitem se liší od většiny lepidolitových pegmatitů (obr. 8). Pouze lepidolit z pegmatitu Little Three Mine (STERN *et al.* 1986) se svým složením (Si = 7,44 apfu, Li = 2,94 apfu, vakance v oktaedrické pozici = 0,48 pfu) odpovídá polyolithionitu a slídám z elbaitových pegmatitů moldanubika.

Převaha polyolithionitové složky v Li-slídách z elbaitových pegmatitů není zatím experimentálně objasněna. Na základě minerálních asociací se však dá vyzorovat jeden důležitý znak charakteristický pro elbaitový subtyp, kterým se odlišuje od lepidolitového subtypu a jiných Li-bohatých pegmatitů. Jen v omezené míře se zde vyskytují minerály vyžadující ke svému vzniku kyselé prostředí (např. topaz, muskovit-křemenné agregáty, lepidolit-křemenné agregáty). Naopak jsou zde zastoupeny minerály vyžadující ke svému vzniku spíše alkalické prostředí (např. boráty; NĚMEC 1988, 1990b). Převaha polyolithionitové složky v Li-slídách je tedy nejspíše důsledkem relativně alkalického složení pegmatitové taveniny, které je typické pro elbaitový subtyp (NOVÁK a POVONDRA 1995).

Poděkování

Autoři děkují oběma anonymním recenzentům za kritické pročtení rukopisu a S. Houzarovi z Mineralogicko-petrografického oddělení Moravského zemského muzea v Brně za poskytnutí části vzorků ke studiu. Tato publikace byla připravena s finanční podporou projektu 2011/05/IG-PM pro LZ a s využitím analytických dat, která získal MN během postdoktorandského pobytu na University of Manitoba, Winnipeg.

LITERATURA

- BASSET, A. M. 1985: The tourmalines of Nepal. - *Mineral. Record*, 16, 413-418.
- ČECH, F. 1962: Mineralogické a genetické poměry pegmatitového ložiska od Ctědružic u Moravských Budějovic. MS - *kand. Disert. Práce*. Karlova univerzita Praha., 169 stránek.
- ČERNÝ, P., ERCIT, T. S. 2005: The classification of granitic pegmatites revisited. - *Can. Mineral.*, 43, 2005-2026.
- ČERNÝ, P., POVONDRA, P. 1967: Cordierite in West-Moravian desilicated pegmatites. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 203-221.
- ČERNÝ, P., STANĚK, J., NOVÁK, M., BAATSGAARD, H., RIEDER, M., OTTOLINI, L., KAVALOVÁ, M., CHAPMAN, R. 1995: Chemical and structural evolution of micas at the Rožná and Dobrá Voda pegmatites, Czech Republic. - *Mineral. Petrol.*, 55, 177-202.
- ČERNÝ, P., RIEDER, M., POVONDRA, P. 1970: Three polytypes of lepidolite from Czechoslovakia. - *Lithos*, 3, 319-325.
- FOORD, E. E. 1976: Mineralogy and petrogenesis of layered pegmatite-aplite dikes in the Mesa Grande District, San Diego County, California. - *Thesis*, Stanford University.
- FOORD, E. E., SPAULDING, L. D., MASON, R. A., MARTIN, R. F. 1989: Mineralogy and paragenesis of the Little Three mine pegmatites, ramona district, San Diego County, California. - *Mineral. Record*, 20, 101-127.
- HEINRICH, E. W. 1967: Micas of the Brown Derby pegmatites, Gunnison County, Colorado. - *Amer. Mineral.*, 52, 110-112.
- CHAUNDHRY, M. N., HOWIE, R. A. 1973: Lithium-aluminium micas from the Meldon aplite, Devon-shire, England. - *Mineral. Mag.*, 39, 289-296.
- JOLLIFF, B. L., PAPIKE, J. J., SHEARER, C. K. 1987: Fractionation trends in mica and turmaline as indicators of pegmatite internal evolution: Bob Ingersoll pegmatite, Black Hills, South Dakota. - *Geochim Cosmochim Acta*, 51, 519-534.
- KAZMI, A. H., PETERS, J. J., OBODDA, H. P. 1985: Gem pegmatite of the Shingus-Dusso area Gilgit, Pakistan. - *Mineral Record*, 16, 393-411.
- LONDON, D. 1986: Formation of tourmaline-rich gem pockets in miarolitic pegmatites. - *Amer. Mineral.*, 71, 396-405.
- LONDON, D. 2008: Pegmatites. *Canadian Mineralogist, Special publication*, 10, 347 p.
- MORGAN, G. B. VI., LONDON, D. 1999: Crystallization of the Little Three layered pegmatite-aplite dike, Ramona District, California. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 136, 310-330.

- NĚMEC, D. 1988: Das Be-Borat Hambergit im Pegmatit Jeclov II (West-Morava/ČSSR) und seine Entstehung. - *Z. geol. Wiss.*, 16, 245-251.
- NĚMEC, D. 1990a: Chemical composition of white micas of the West-Moravian pegmatites. - *Acta. Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 75, 41-51.
- NĚMEC, D. 1990b: Neues zur Mineralogie eines Hambergit-führenden Pegmatitigangs von Kracovice (bei Třebíč, Westmorava, ČSFR). - *Z. geol. Wiss.*, 18, 1 105-1 115.
- NĚMEC, D. 1993: Lithné pegmatity jihlavského masívu, západní Morava. - *Vlast. Věst. Vysočiny*, 11, 75-99.
- NOVÁK, M., 2005: Granitické pegmatity Českého masívu (Česká republika), geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. - *Acta. Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 90, 3-74.
- NOVÁK, M., ČERNÝ, P. 1998: Abundances and fraktionation trends of Rb and Cs in micas from lepidolite-and elbaite-subtype pegmatites in the Moldanubicum, Czech Republic. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 42, 86-90.
- NOVÁK, M., ČERNÝ, P., COOPER, M., HAWTHORNE, F. C., OTTOLINI, L., XU Z., LIANG J.-J. 1999: Boron-bearing 2M1 polyolithionite and 2M1+1M boromuscovite from an elbaite pegmatite at Řečice, western Moravia, Czech Republic. - *Eur. J. Mineral.*, 11, 669-678.
- NOVÁK, M., KORBEL, P. 1987: Sekundární arseničnany v lithném pegmatitu z Řečic u Nového Města na Moravě. - *Acta Musei Moraviae, Sci. Nat.*, 72, 29-34.
- NOVÁK, M., POVONDRA, P. 1995: Elbaite pegmatites in the Moldanubicum: a new subtype of the rare element class. - *Mineral. Petrol.*, 55, 159-176.
- NOVOTNÝ, P., MAZUCH, J. 1999: Pegmatit u Dolní Rožinky, Žďár nad Sázavou. - *Zpr. Vlastivěd. Mus.*, Olomouc, 277, 44-48.
- PAULÍŠ, P., MAZUCH, J. 2003: Amblygonit z lithného pegmatitu z Dolní Rožinky. - *Vlastivěd. Sbor. Vysočiny*, 16, 59-61.
- POUCHOU, J. L. & PICOIR, F. 1985: „PAP“ procedure for improved quantitative microanalysis. - *Microbeam Analysis* 20, 104-105.
- RANOROSOA, N. 1986: Etude minéralogique et microthermométrique des pegmatites du champ de la Sahatany - Madagascar. - *PhD Thesis*, University Paul Sabatier, Toulouse.
- RINALDI, R., ČERNÝ, P., FERGUSON, R. B. 1972: The Tanco pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. VI. Lithium-rubidium-caesium micas. - *Can Mineral.*, 11, 690-707.
- STANĚK, J., POVONDRA, P. 1987: Elbaite from Řečice, western Moravia. - *Acta Musei Moraviae, Sci. nat.*, 72, 35-42.
- STERN, L. A., BROWN, G. E. JR., BIRD, D. K., JAHNS, R. H., FOORD, E. E., SHINGLEY, J. E., SPAULDING, L. B. JR. 1986: Mineralogy and geochemical evolution of the Little Three pegmatite-aplite layered intrusive, Ramona, California. - *Amer. Mineral.*, 71, 407-427.
- TAYLOR, M. C., WILLIAMS, A. E., MCKIBBEN, M. A., KIMBROUGH, D. L., NOVÁK M. 1993: Mirolitic elbaite subtype of complex rare-element pegmatite, Peninsular Ranges batholith, Southern California. - *GSA Annual Meeting 1993*, Boston (Abstracts).
- TINDLE, A. G., WEBB, P. C. 1990: Estimation of lithium contents in trioctahedral micas using microprobe data: application to micas from granitic rocks. - *Eur. J. Mineral.*, 2, 595-610.
- TISCHENDORF, G., GOTTESMANN, B., FÖRSTER, H. J., TRUMBULL, R. B. 1997: On Li - bearing micas: estimating Li from elektron microprobe analyse and an improved diagram for graphical representation. - *Mineral. Mag.*, 62, 809-834.
- ZAGORSKIY, V. E., PERETIAZHKO, I. C. 1992: Pegmatites with gemstones of Central Transbaikalia. - *Nauka*, Novosibirsk.
- ZAHRADNÍČEK, L. 2012: Vývoj textur a chemického složení zonálních turmalínů z elbaiteového pegmatitu v Pikárci u Křižanova. *Ms, Diplomová práce*, PřF MU Brno.