

<https://doi.org/10.46861/bmp.28.353>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Minerály řady bavenit-bohseit z pegmatitu Schinderhübel I v Maršíkově (silezikum, Česká republika)

Minerals of the bavenite-bohseite series from the Schinderhübel I pegmatite in Maršíkov (Silesicum, Czech Republic)

ZDENĚK DOLNÍČEK^{1)*}, MIROSLAV NEPEJCHAL²⁾ A MILAN NOVÁK³⁾¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9;*e-mail: zdenek.dolnicek@nm.cz²⁾Žižkova 8, 787 01 Šumperk³⁾Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno

DOLNÍČEK Z, NEPEJCHAL M, NOVÁK M (2020) Minerály řady bavenit-bohseit z pegmatitu Schinderhübel I v Maršíkově (silezikum, Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(2): 353-358 ISSN 2570-7337

Abstract

Bavenite and bohseite were found in an archive sample from Schinderhübel I granitic pegmatite, situated ca. 50 m NE from the famous chrysoberyl-bearing pegmatite body Schinderhübel III near Maršíkov (Silesicum, Czech Republic). Minerals of the bavenite-bohseite series together with minor quartz, muscovite and albite form chalky white radial aggregates up to 3.5 cm in size within a fissure cutting the pegmatite. The electron microprobe data revealed 29.0 - 65.4 mol. % of bavenite component, 0.03 - 0.12 *apfu* Na and 0.05 - 0.20 *apfu* F. Bavenite seems to be older than bohseite in the studied aggregate. The collected data suggest significant increase of Be/Al during growth of the studied aggregate, which could be explained in two ways. First, one can assume that different primary minerals with contrasting Be/Al ratios were dissolved during different stages of alteration (i.e., chrysoberyl in the early stage giving rise to bavenite-rich compositions and beryl during late stage giving rise to bohseite-rich members). Second, chemical fractionation of Be and Al due to complexation by fluoride anions is suggested from negative correlation between Al and F in the studied members of the bavenite-bohseite series. Identical behaviour is observed also in bavenite-bohseite from Piława Górna and Maršíkov D6e pegmatites, suggesting potential importance of fluoride complexation during hydrothermal stage of evolution of granitic pegmatites.

Key words: Schinderhübel, bohseite, bavenite, granitic pegmatites, hydrothermal alteration, Silesicum, Bohemian Massif

Obdrženo 25. 9. 2020; přijato 12. 11. 2020

Úvod

Minerály řady bavenit-bohseit jsou charakteristickými nerosty granitových pegmatitů bohatých na Be, v nichž obvykle vznikají alterací starších Be-fází. Hliníkem bohatý koncový člen řady, bavenit $\text{Ca}_4\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_9\text{O}_{26}(\text{OH})_2$, je běžným minerálem, známým z mnoha lokalit ve světě i v České republice. Naproti tomu beryliem bohatý koncový člen, bohseit $\text{Ca}_4\text{Be}_4\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_4$, je nepoměrně vzácnější. Jako samostatný minerál byl popsán teprve nedávno (Szeleg et al. 2017) a jeho přítomnost je dosud uváděna jen ze sedmi světových lokalit (přehled viz www.mindat.org). V rámci České republiky uvádějí bohseit z NYF pegmatitů v syenitech třebíčského masivu Zachař, Škoda (2019) a Zachař et al. (2020) a z beryl-columbitového pegmatitu D6e v Maršíkově Dolníček et al. (2020).

V této práci přinášíme výsledky revize archivního vzorku (obr. 1) nalezeného J. Bajerem v roce 1971 v drobné pegmatitové žíle na lokalitě Schinderhübel I u Maršíkova. Minerál z tohoto nálezu byl na základě makroskopického určení považován za bavenit. Podrobné laboratorní studium ukázalo, že ve vzorku je přítomen vedle bavenitu i bohseit. Obě fáze jsou navíc přítomny v zajímavém texturním uspořádání, nasvědčujícím komplikované genezi daného minerálního agregátu.

Geologická pozice a mineralogie studovaného pegmatitu

Okolí Maršíkova je známo řadou výskytů mineralogicky zajímavých pegmatitových těles. Lokalita Schinderhübel u Maršíkova je světoznámá výskytem usměrněné pegmatitové žíly s hojným chrysoberylem (v novější literatuře označované jako Schinderhübel III; Černý et al. 1992). Na dané lokalitě jsou přítomna i další drobnější pegmatitová tělesa. Jedním z nich je i žíla granitového pegmatitu, vystupující asi 50 m severovýchodně nad výše zmíněným chrysoberylovým pegmatitem. Tento pegmatit je označován jako Schinderhübel I (Černý et al. 1992). Je uložen v amfibolicko-biotitické rube sobotínského amfibolitového masivu. Mocnost pegmatitové žíly kolísá od 20 do 30 cm a má obloukovitý průběh. Z hlavní žíly odbohuje odžilek o proměnlivé mocnosti 15 až 45 cm, který je prakticky rovnoběžný s hlavní žílou. Pegmatit v hlavní žíle je zřetelně zonální. Okrajová zóna, mocná necelý 1 cm, má střední zrnitost a skládá se z albit-oligoklasu, křemene, muskovitu, méně i biotitu a granátu. Následuje hrubě zrnitá jednotka, tvořená albitem, křemenem, K-živcem a muskovitem, v malé míře i granátem, berylem, chrysoberylem, columbit-tantalitem, zirkonem a gahnitem. Primární columbit-tantalit bývá zatlačován fersmitem, minerály ze

skupiny mikrolitu a mladším tantalitem. Lokálně obsahuje hrubě zrnitá jednotka i smouhy cukrovitého albitu s granátem a muskovitem. Střed žíly vyplňuje křemen, místy obsahující i malé množství albitu, muskovitu a ojediněle i berylu. Mladší pukliny v pegmatitu obsahují bavenit, chlorit, epidot a hematit. Bavenit se vyskytoval především v hlavní žíle. Jako vzácný byl v této žíle popsán i sillimanit (Dostál 1964; Kruťa 1966; Kruťa et al. 1967, 1968; Černý et al. 1992; Novák, Dosbaba 2006; Chládek et al. 2020).

Materiál a metodika

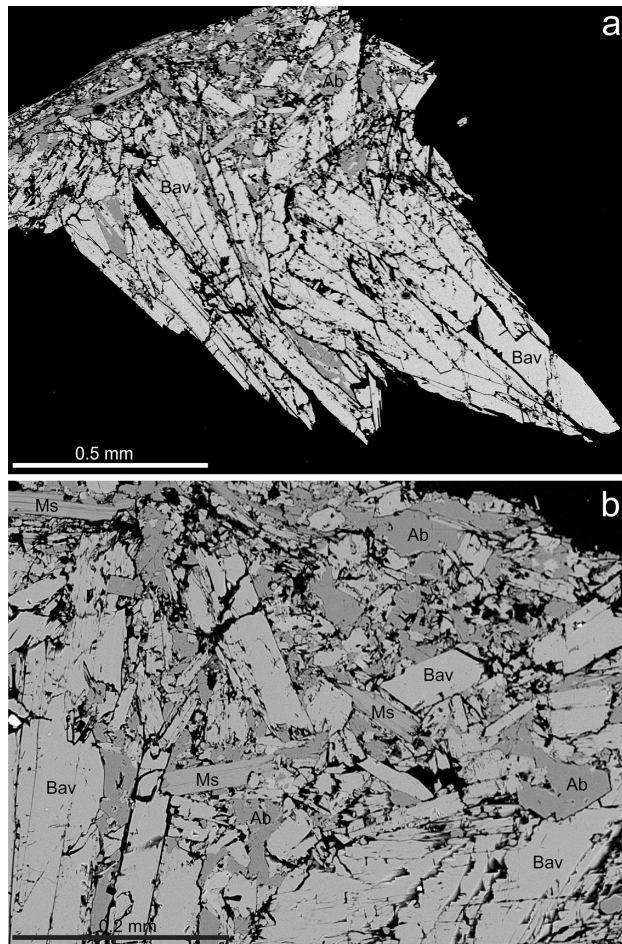
Studovaný vzorek (obr. 1) byl odebrán J. Bajerem z výkopu na výchozu výše zmíněného pegmatitu v roce 1971.

Nábrus zhotovený z odebraných úlomků bavenit-bohseitu byl vakuově napařen uhlíkovou vrstvou o tloušťce 30 nm a studován na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 (Národní muzeum, Praha). Na přístroji byly pořízeny snímky ve zpětně odražených elektronech (BSE), provedena identifikace jednotlivých fází pomocí energiově disperzních (EDS) spekter a kvantitativně měřeno chemické složení jednotlivých fází ve vlnově disperzním (WDS) modu. Při kvantitativních analýzách minerálů byly použity následující podmínky: urychlovací napětí 15 kV, proud svazku 10 nA a průměr elektronového svazku 5 μm (bavenit-bohseit), respektive 2 μm (slídy, živce). V minerálech řady bavenit-bohseit a v muskovitu byly měřeny

obsahy Al, Ba, Ca, Cl, Cs, Cu, F, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, P, Rb, S, Si a Sr, zatímco v živcích byly měřeny Al, Ba, Ca, Cs, Cu, Fe, Mg, Mn, N, K, Na, P, Pb, Rb, Si, Sr a Zn. Při analýzách byly použity následující standardy a analytické čáry: albit (NaK α), apatit (PK α), baryt (BaL β), BN (NK α), celestin (SrL β , SK α), Cs-sklo (CsL α), diopsid (MgK α), halit (ClK α), hematit (FeK α), chalkopyrit (CuK α), LiF (FK α), Rb-Ge-sklo (RbL α), rodonit (MnK α), sanidin (KK α , SiK α , AlK α) a wollastonit (CaK α). Měřicí časy na píku se pohybovaly obvykle mezi 10 a 30 s (pro dusík 120 s), měřicí časy pozadí trvaly polovinu času měření na píku. Načtená data byla přepočítána na obsahy oxidů vyjádřené v hm. %, s použitím standardní PAP korekce (Pouchou, Pichoir 1985), v případě minerálů řady bavenit-bohseit s automatickým dopočtem obsahu BeO do 100 %. Hodnoty *apfu* a skutečné obsahy Be byly ze získaných analýz vypočítány podle postupů doporučených v literatuře (Lussier, Hawthorne 2011; Szeleg et al. 2017) na základ 13 atomů Si+P+Al+Be při splnění podmínky Ca+Na = Al+Be. Obsah vody potažmo OH⁻ aniontů byl dopočítán na vyrovnání nábojové bilance na základ 28 negativních nábojů. Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách analýz minerálů, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti. Plošná distribuce vybraných prvků v agregátu bavenit-bohseitu byla snímána na téže mikrosondě při urychlovacím napětí 15 kV, proudu 40 nA, šířce svazku 1 μm a rozlišení 1024 \times 768 pixelů.



Obr. 1 Makroskopický vzhled studovaného vzorku. a - celkový pohled, velikost vzorku 16 \times 22 cm, b - detail agregátu minerálu bavenit-bohseitové řady o šířce 2.3 cm. Oba snímky J. Bajer.



Obr. 2 Minerální asociace studovaného agregátu bavenit-bohseitu na BSE snímcích. a - jehlicovitý bavenit (Bav) srůstající v okrajové partii vzorku s albitem (Ab) a muskovitem (Ms). b - detail horní části snímku (a). Snímky Z. Dolníček.

Výsledky

Minerály řady bavenit-bohseit byly identifikovány ve vzorku pocházejícím z hrubě zrnité texturně-paragenetické jednotky pegmatitu. Původně byly na základě vizuálního hodnocení považovány za bavenit. Vytváří až 3.5 cm velké, radiálně paprscité agregáty křídově bílé barvy, vyplňující asi 0.5 cm mocnou puklinu v pegmatitu (obr. 1). V mikroměřítku jsou tyto agregáty složené z jehliček o délce 0.05 až 1.2 mm (obr. 2). Jehlice jsou v okrajové části odebraného vzorku orientovány prostorově nahodile, zatímco ve střední části agregátu mají hypoparalelní či vějířovitě uspořádání.

Chemické složení minerálů řady bavenit-bohseit bylo studováno prostřednictvím 30 bodových WDS analýz. Reprezentativní výběr získaných analýz je uveden v tabulce 1. Chemické složení je poměrně jednoduché, vedle Si, Al a Ca byly naměřeny jen slabě zvýšené obsahy F a Na a u malé části analýz i P. Při přepočtu analýz na hodnoty *apfu* lze konstatovat obsahy Si v intervalu 8.97 - 9.04 *apfu*, Ca v intervalu 3.87 - 3.98 *apfu*, ^{vi}Al v intervalu 0.58 - 1.31 *apfu*, ^{iv}Al v intervalu 0.00 - 0.02 *apfu*, Na mezi 0.03 a 0.12 *apfu*, F mezi 0.05 a 0.21 *apfu* a P max. 0.012 *apfu*. Obsahy mikrosondou neměřitelných složek (OH a Be), dopočtené ze stechiometrie, se pohybují v intervalu 2.62 - 3.35 *apfu* (OH⁻), respektive 2.69 - 3.41 *apfu* (Be; tab. 1). Obsah bavenitové složky se v analyzované fázi tedy pohybuje mezi 29.0 a 65.4 mol. %, takže jde o bohseity i bavenity (obr. 3). Objemově v daném vzorku převažuje bavenit, který vytváří starší části studovaného agregátu, zatímco bohseit je přítomen jen v prostorově značně omezených doménách, situovaných zejména v okrajové, nejmladší části vzorku. Protože se agregáty bavenitu-bo-

hseit v BSE obraze jevíly všude jako homogenní (obr. 2, 4a) a z prostorové distribuce bodových analýz s různým složením nebyl zřejmý vzájemný vztah bavenitu a bohseitu, byly zhotoveny distribuční mapy vybraných prvků v jedné oblasti s výskytem obou minerálů. Plošná distribuce Al (obr. 4b) jasně ukazuje absenci dobře definovaných růstových zón s odlišným složením. Oba minerály jsou přítomny v okrajové části vzorku v texturně poměrně komplikovaných srůstech.

Detailní mineralogické studium ukázalo, že součástí nejstarších partií bavenit-bohseitových agregátů je i malé množství křemene, albitu a muskovitu, které se v podobě izolovaných individuí vyskytují v bavenitové matici (obr. 2). Křemen je nejvzácnější, vyskytuje se v podobě ojedinelých, xenomorfně omezených zrn nepravidelného tvaru o velikosti do 50 μm v mezerách mezi jehlicemi bavenitu. Muskovit je častější, objevuje se v podobě hypautomorfně omezených šupin o velikosti až 100 μm izolovaně uzavíraných v bavenitu. V BSE obraze je nezonální. Tři orientační WDS analýzy (tab. 2) ukázaly, že jde ve smyslu klasifikace Riedera et al. (1998) o muskovit (obsah mezivrstevních kationtů je mezi 0.90 a 0.95 *apfu*). Zvýšené obsahy Si (3.08 - 3.13 *apfu*), Fe (0.11 *apfu*) a méně i Mg (0.03 *apfu*) nasvědčují slabě zvýšenému podílu *fengitic*-ké komponenty. Zajímavé jsou dále zvýšené obsahy Na (0.15 - 0.17 *apfu*) a F (0.04 - 0.05 *apfu*). Nejhojnější akcesorickou komponentou bavenit-bohseitových agregátů je albit, který vytváří izometrická až mírně protažená, hypautomorfně až xenomorfně omezená zrna o velikosti do 100 μm (obr. 2). V BSE obraze je nezonální a jeho složení odpovídá albitu s 2.2 - 9.2 mol. % anortitové a 0.2 - 0.5 mol. % ortoklasové složky (tab. 2).

Tabulka 1 Příklady chemického složení minerálů řady bavenit-bohseit z lokality Schinderhübel I u Maršíkova. Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na základě 28 negativních nábojů, 13 atomů Si+P+Al+Be a splnění podmínky Ca+Na = Al+Be. Obsah bavenitové molekuly (v mol. %) je vypočítán z obsahu ^{vi}Al. bdl - pod mezí stanovitelnosti; * - obsah dopočten ze stechiometrie.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P ₂ O ₅	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.06	bdl	bdl	0.08	bdl	bdl	0.08	bdl	bdl
SiO ₂	59.60	59.07	59.51	59.40	59.09	59.48	59.34	59.69	59.55	59.70	59.08	59.04	59.26	58.69
Al ₂ O ₃	3.25	3.98	4.11	4.27	4.57	4.78	5.48	6.04	6.08	6.21	6.24	6.77	6.97	7.24
*BeO	9.39	9.05	8.94	8.93	8.67	8.55	8.30	7.99	8.00	8.05	7.80	7.64	7.53	7.31
CaO	24.33	24.28	24.33	24.40	24.23	24.04	24.32	23.88	24.26	24.40	23.89	24.40	24.40	24.08
Na ₂ O	0.16	0.21	0.13	0.18	0.13	0.22	0.18	0.37	0.20	0.27	0.26	0.10	0.09	0.15
*H ₂ O	3.32	3.12	3.10	3.13	2.96	3.00	2.93	2.90	2.86	2.79	2.78	2.60	2.63	2.56
F	0.24	0.39	0.36	0.28	0.44	0.34	0.23	0.22	0.16	0.36	0.25	0.35	0.23	0.24
O=F	-0.10	-0.16	-0.15	-0.12	-0.19	-0.14	-0.10	-0.09	-0.07	-0.15	-0.11	-0.15	-0.10	-0.10
Celkem	100.18	99.93	100.33	100.48	99.90	100.33	100.69	100.99	101.12	101.63	100.20	100.83	101.02	100.17
P ⁵⁺	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.008	bdl	bdl	0.010	bdl	bdl	0.010	bdl	bdl
Si ⁴⁺	9.011	8.982	9.013	8.990	9.005	9.021	8.996	9.023	9.001	8.986	9.016	8.983	9.002	8.999
^{iv} Al ³⁺	0.000	0.018	0.000	0.010	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.014	0.000	0.007	0.000	0.001
P+Si+ ^{iv} Al	9.011	9.000	9.013	9.000	9.005	9.029	9.000	9.023	9.012	9.000	9.016	9.000	9.002	9.000
^{vi} Al ³⁺	0.579	0.695	0.734	0.752	0.821	0.855	0.975	1.076	1.083	1.088	1.122	1.207	1.248	1.308
Be ²⁺	3.409	3.305	3.253	3.248	3.174	3.117	3.024	2.900	2.905	2.912	2.861	2.793	2.750	2.692
^{vi} Al+Be	3.989	4.000	3.987	4.000	3.995	3.971	4.000	3.977	3.988	4.000	3.984	4.000	3.998	4.000
Ca ²⁺	3.942	3.956	3.948	3.957	3.957	3.907	3.951	3.868	3.929	3.935	3.907	3.978	3.972	3.956
Na ⁺	0.047	0.062	0.038	0.053	0.038	0.065	0.053	0.108	0.059	0.079	0.077	0.030	0.027	0.045
Ca+Na	3.989	4.018	3.987	4.010	3.995	3.972	4.004	3.977	3.988	4.014	3.984	4.007	3.998	4.001
F ⁻	0.115	0.188	0.172	0.134	0.212	0.163	0.110	0.105	0.076	0.171	0.121	0.168	0.111	0.116
OH ⁻	3.349	3.166	3.133	3.161	3.010	3.036	2.964	2.925	2.885	2.802	2.831	2.640	2.666	2.619
Bav. %	29.0	34.8	36.7	37.6	41.0	42.7	48.8	53.8	54.2	54.4	56.1	60.4	62.4	65.4

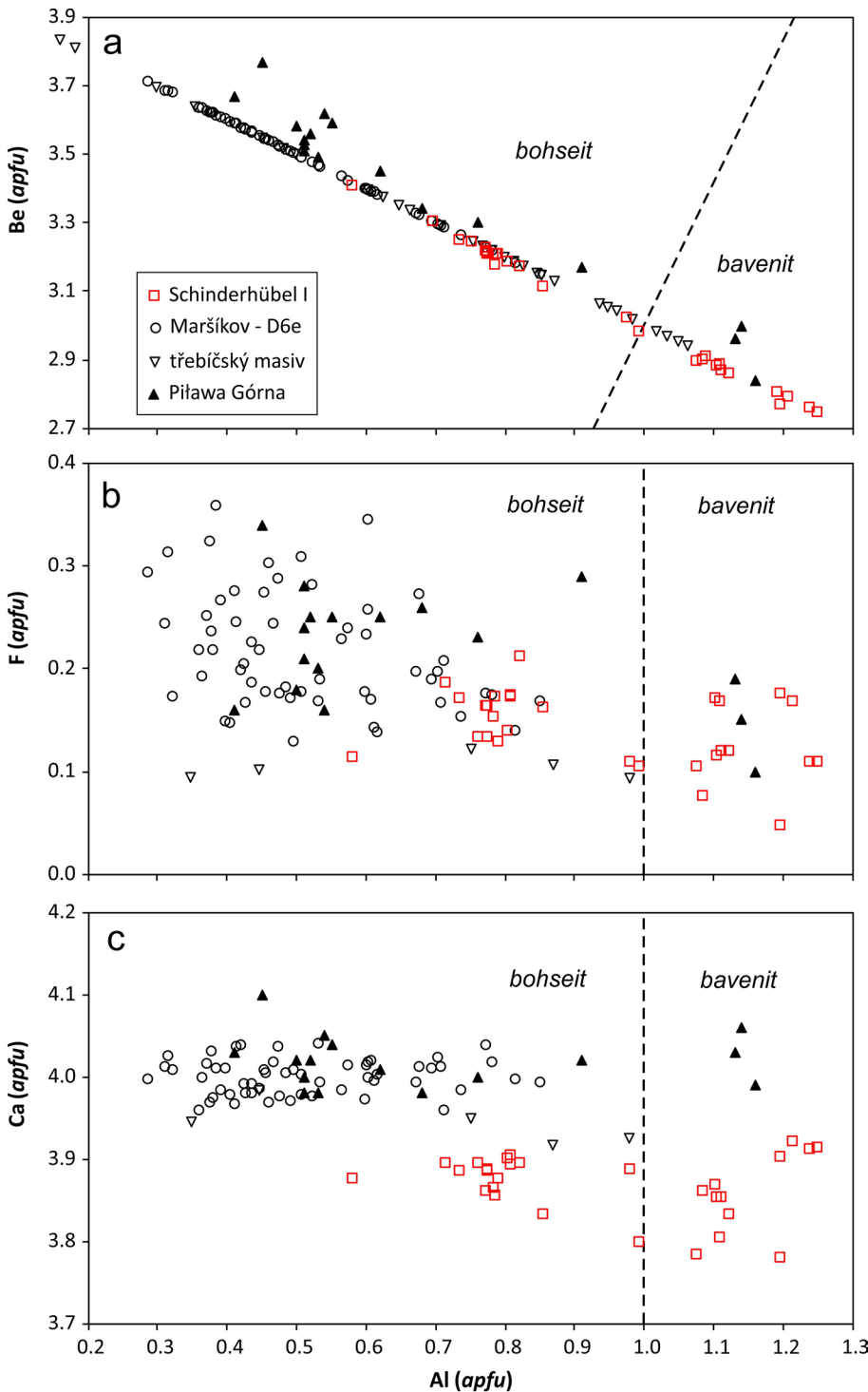
Diskuse

Studovaný minerální agregát pochází z hydrotermální žilky, protínající těleso hostitelského pegmatitu. Geologickou pozicí jde tedy o výskyt odlišný od dalších pegmatitových lokalit, kde se minerály řady bavenit-bohseit vyskytují buď v pseudomorfózách nebo vyloučených dutinkách po primárních (magmatických) Be-minerálech (např. Szeleg et al. 2017; Zachař, Škoda 2019; Zachař et al. 2020; Dolníček et al. 2020).

Na základě pozorovaných texturních vztahů lze považovat za nejstarší minerál muskovit. Méně jasná je paragenetická pozice albitu a křemene. Albit se minimálně zčásti jeví vůči bavenitu jako starší (automorfní omezení albitu), zčásti se však zdá, že se svým tvarem bavenitu přizpůsobuje (obr. 2). Skutečnost, že se albit vyskytuje výhradně jen v okrajové části jednoho úlomku a nikdy nebyly pozorovány žilkovité proniky albitu bavenitem/bohseitem spíše naznačuje, že jde o starší fázi, která svým

vznikem předcházela vzniku agregátů bavenitu-bohseitu. Pozici křemene je obtížné definitivně hodnotit z důvodu jeho velmi malého množství. Zajímavý je komplikovaný vzájemný vztah bavenitu a bohseitu. Texturu pozorovanou na obrázku 4b lze interpretovat buď jako metasomatické zatlačování bavenitu bohseitem nebo jako výplně korozních dutin v bavenitu, tvořené bohseitem. Bohseit se tedy (i s ohledem na jeho výskyt v okrajové části vzorku) v tomto případě zdá být parageneticky mladší fázi.

Ze srovnání chemického složení bavenitu a bohseitu z lokality Schinderhübel I u Maršíkova s nehojnými publikovanými údaji k chemismu této fáze (Szeleg et al. 2017; Zachař, Škoda 2019; Zachař et al. 2020; Dolníček et al. 2020) vyplývá v hlavních rysech značná jednoduchost chemického složení s jen minimálními obsahy dalších prvků. Zatímco na lokalitě D6e u Maršíkova (Dolníček et al. 2020) byl zjištěn pouze bohseit, z pegmatitů třebíčského masivu (Zachař, Škoda 2019; Zachař et al. 2020) a z typové lokality bohseitu Piława Górna v Polsku (Szeleg et al. 2017) jsou popisovány bohseity i bavenity, podobně jako na námi studované lokalitě (srov. obr. 3). Přítomnost bavenitu i bohseitu v rámci jedné lokality a případně dokonce i v rámci jednoho a téhož minerálního agregátu svědčí o variabilním uplatnění beryllia a hliníku během alteračních hydrotermálních procesů, při nichž dané minerální fáze vznikaly. Variace v poměru Be/Al v minerálu bavenit-bohseitové řady lze vysvětlit v kontextu dosud známých údajů dvěma možnými způsoby. Za prvé



Obr. 3 Variace v chemickém složení minerálů bavenit-bohseitové řady z lokality Schinderhübel I a porovnání s publikovanými údaji. a - diagram Al - Be, b - diagram Al - F, c - diagram Al - Ca. Srovnávací data byla převzata z prací Szelega et al. (2017), Zachaře et al. (2020) a Dolníčka et al. (2020).

můžeme předpokládat postupnou alteraci různých primárních Be obsahujících fází s různým poměrem Be/Al (Zachař et al. 2020). V daném případě tak lze hypoteticky uvažovat o alteraci chryzoberylu (v jehož ideálním vzorci převažuje Al nad Be) v první fázi alterace, při níž vznikl bavenit, a o alteraci berylu (v jehož ideálním vzorci převažuje Be nad Al) ve fázi druhé, při níž vznikl bohseit. Poměr Be/Al fluid mohl být také dále modifikován uvolňováním Al při alteraci dalších minerálů pegmatitu, obsahujících hliník. Druhou možností je uplatnění procesů chemické frakcionace Be a Al ve vodných roztocích během hydrotermálního vývoje. Jak naznačuje nepřímá úměrná závislost mezi obsahy Al a F v minerálech bavenit-bohseitové řady (obr. 3b), v daném prostředí lze uvažovat komplexaci Be a Al fluoridovými anionty. Vzhledem k tomu, že tento trend má jednotný charakter i pro výše zmiňované další lokality (viz obr. 3b), může představovat chemická frakcionace obou kovů v důsledku komplexace fluoridovými anionty v daném minerogenetickém prostředí obecně významný faktor. Role fluoru je zdůrazňována v průběhu postmagmatických alterací pegmatitu D6e v Maršíkově i na základě studia niobtantalátů (Chládek, Uher 2020).

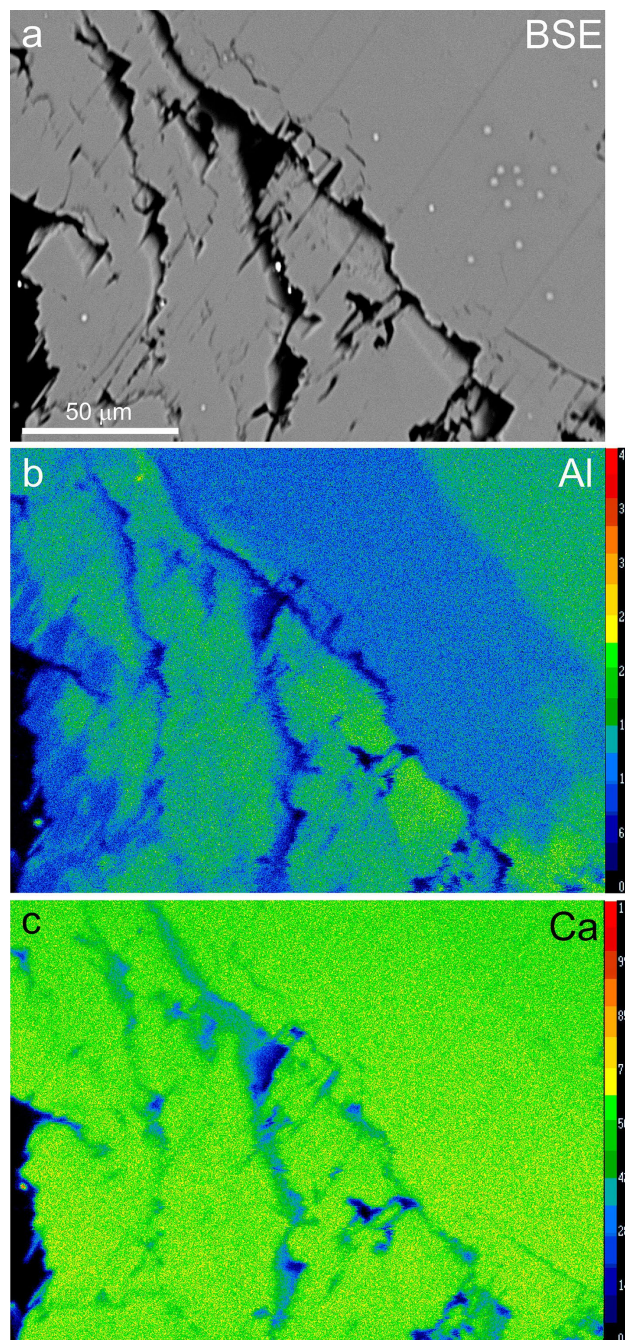
Závěr

Stanovení chemického složení na elektronové mikroskopě identifikovalo křídově bílý minerál z pegmatitové žíly Schinderhübel I u Maršíkova, který byl na základě dřívějšího makroskopického určení považován za bavenit, jako směs bavenitu a bohseitu. Obsah bavenitové komponenty v jednotlivých bodových analýzách kolísá mezi 29.0 a 65.4 mol. %. Parageneticky starší fází je prav-

děpodobně bavenit, který je objemově dominantní fází. Minoritní bohseit vytváří nejmladší partie agregátů a případně i proniká (a pravděpodobně i metasomaticky zatlačuje) bavenit. Nárůst poměru Be/Al během vývoje daného minerálního agregátu vysvětlujeme buď postupnou alterací různých primárních minerálů pegmatitu s odlišným poměrem Be/Al (v daném případě nejprve chryzoberylu a později berylu), nebo uplatněním chemické frakcionace obou prvků v hydrotermálních roztocích v důsledku tvorby různě stabilních fluoridových komplexů.

Tabulka 2 Chemické složení muskovitu (Ms) a albitu (Ab) z lokality Schinderhübel I u Maršíkova. Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základě 11 (muskovit), respektive 8 (albit) atomů O. bdl - pod mezí stanovitelnosti, na - neanalyzáno; f_{tot} - obsah mezivrstevních kationtů.

An. č.	1	2	3	4	5	6
Minerál	Ms	Ms	Ms	Ab	Ab	Ab
SiO ₂	47.40	46.86	45.87	67.49	68.07	66.04
Al ₂ O ₃	35.40	35.68	35.60	19.56	20.11	21.12
MgO	0.33	0.34	0.34	bdl	bdl	bdl
FeO	2.05	1.99	1.88	bdl	bdl	bdl
CaO	0.05	0.05	0.05	0.46	0.69	1.96
Na ₂ O	1.33	1.14	1.34	11.45	11.50	10.63
K ₂ O	8.99	8.85	8.98	0.08	0.06	0.07
F	0.22	0.20	0.22	na	na	na
Celkem	95.77	95.11	94.28	99.04	100.43	99.82
Si ⁴⁺	3.128	3.109	3.080	2.980	2.966	2.905
Al ³⁺	2.754	2.791	2.817	1.018	1.033	1.095
Mg ²⁺	0.032	0.034	0.034	bdl	bdl	bdl
Fe ²⁺	0.113	0.110	0.106	bdl	bdl	bdl
Ca ²⁺	0.004	0.004	0.004	0.022	0.032	0.092
Na ⁺	0.170	0.147	0.174	0.980	0.972	0.907
K ⁺	0.757	0.749	0.769	0.005	0.003	0.004
F ⁻	0.046	0.042	0.047	na	na	na
Suma kat.	6.958	6.943	6.984	5.004	5.005	5.003
f_{tot}	0.931	0.899	0.947			



Obr. 4 Distribuční mapy vybraných prvků z oblasti s výskytem bavenitu i bohseitu. Falešné barvy, teplejší odstín odpovídá vyšší koncentraci prvku. a - BSE snímek zájmové oblasti; nejmladší okraj agregátu se nachází v levé části snímku, b - distribuce hliníku, c - distribuce vápníku.

Poděkování

Autoři děkují J. Bajerovi za poskytnutí makrofotografií studovaného vzorku a recenzentům P. Uherovi a Š. Chládkovi za připomínky, které přispěly ke zkvalitnění rukopisu. Práce na článku byly finančně podpořeny Ministerstvem kultury ČR v rámci institucionálního financování výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2019-2023/1.II.b).

Literatura

- ČERNÝ P, NOVÁK M, CHAPMAN R (1992) Effect of sillimanite-grade metamorphism and shearing on Nb-Ta oxide minerals in granitic pegmatites: Maršíkov, northern Moravia, Czechoslovakia. *Can Mineral* 30: 699-718
- DOLNÍČEK Z, NEPEJCHAL M, SEJKORA J, ULMANOVÁ J, CHLÁDEK Š (2020) Bohseit z beryl-columbitového pegmatitu D6e v Maršíkově (slezikum, Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 28(1): 219-223
- DOSTÁL J (1964) Pegmatity z okolí Maršíkova. MS, diplomová práce, UK Praha
- CHLÁDEK Š, UHER P (2020) Komplexní magmaticko-hydrotermální vývoj columbitu, mikrolitu a fersmitu: příklad z beryl-columbitového pegmatitu D6e u Maršíkova, Česká republika. *Bull Mineral Petrol* 28(1): 23-34
- CHLÁDEK Š, UHER P, NOVÁK M (2020) Compositional and textural variations of columbite-group minerals from beryl-columbite pegmatites in the Maršíkov district, Bohemian massif, Czech Republic: magmatic versus hydrothermal evolution. *Can Mineral* 58: v tisku
- KRUŽA T (1966): Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1965. Moravské muzeum Brno
- KRUŽA T, PADĚRA K, POUBA Z, SLÁDEK R (1967): Die Mineralienparagenese in dem mittleren Teile des Altvatergebirges (Hrubý Jeseník, Hohes Gesenke, ČSSR) I. *Čas Mor muz, Vědy přír* 52: 5-28
- KRUŽA T, PADĚRA K, POUBA Z, SLÁDEK R (1968) Die Mineralienparagenese in dem mittleren Teile des Altvatergebirges (Hrubý Jeseník, Hohes Gesenke, ČSSR), Fortsetzung. *Acta Mus Moraviae* 53: 5-80
- LUSSIER AJ, HAWTHORNE FC (2011) Short-range constraints on chemical and structural variations in bavenite. *Mineral Mag* 75(1): 213-239
- NOVÁK M, DOSBABA M (2006) Breakdown of primary columbite-tantalite related to Alpine-type hydrothermal alteration, and redistribution of its components. *Acta Mineral Petrogr, Abstr Ser* 5: 85
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" (φpZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: ARMSTRONG JT (ed.) *Microbeam Analysis*: 104-106. San Francisco Press, San Francisco
- RIEDER M, CAVAZZINI G, D'YAKONOV YS, KAMENETSKII VAF, GOTTARDI G, GUGGENHEIM S, KOVAL' PV, MUELLER G, NEIVA AMR, RADOSLOVICH EW, ROBERT JL, SASSI FP, TAKEDA H, WEISS Z, WONES DR (1998) Nomenclature of micas. *Canad Mineral* 36: 905-912
- SZELĘG E, ZUZENS B, HAWTHORNE FC, PIECZKA A, SZUSZKIEWICZ A, TURNIAK K, NEJBERT K, ILNICKI SS, FRIIS H, MAKOVICKY E, WELLER MT, LEMÉE-CAILLEAU M-H (2017) Bohseite, ideally $\text{Ca}_4\text{Be}_4\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_4$, from the Piława Górna quarry, the Góry Sowie Block, SW Poland. *Mineral Mag* 81: 35-46
- ZACHAŘ A, NOVÁK M, ŠKODA R (2020) Beryllium minerals as monitors of geochemical evolution from magmatic to hydrothermal stage; examples from NYF pegmatites of the Třebíč Pluton, Czech Republic. *J Geosci* 65: 139-150
- ZACHAŘ A, ŠKODA R (2019) Bohseite-bavenite from intragranitic NYF pegmatites of the Třebíč Pluton. In *Book of abstracts of the 9th European Conference on the Mineralogy and Spectroscopy*, September 11-13, Prague, nestr.