

<https://doi.org/10.46861/bmp.28.347>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Minerály skupiny columbitu a mikrolitu v granitovom pegmatite pri Liešťanoch: prvý výskyt vzácnoprvkovej Nb-Ta mineralizácie v Strážovských vrchoch (Slovenská republika)

Minerals of columbite and microlite groups in granitic pegmatite near Liešťany: the first occurrence of rare-element Nb-Ta mineralization in the Strážovské vrchy Mts. (Slovak Republic)

PAVEL UHER^{1)*}, MARTIN ŠTEVKO^{2,3)} A SERGII KURYLO⁴⁾

¹⁾Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Illkovičova 6, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; *e-mail: pavel.uher@uniba.sk

²⁾Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, Slovenská republika

³⁾Mineralogicko-petrologické oddelení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice, Česká republika

⁴⁾Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, pracovisko Banská Bystrica, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

UHER P, ŠTEVKO M, KURYLO S (2020) Minerály skupiny columbitu a mikrolitu v granitovom pegmatite pri Liešťanoch: prvý výskyt vzácnoprvkovej Nb-Ta mineralizácie v Strážovských vrchoch (Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 28(2): 347-352. ISSN 2570-7337

Abstract

Accessory minerals of columbite and microlite groups were identified in granitic pegmatite dike intruded into parental Carboniferous (~350 Ma) leucogranites of the crystalline basement of the Tatric Unit, Central Western Carpathians. The pegmatite is situated on E slope of Bystrý Hill near Liešťany village, the Strážovské vrchy Mts., Slovakia. Primary columbite-(Fe) forms euhedral crystal (~3 mm across) with diffuse internal zoning reflecting a relatively small compositional variations: Mn/(Mn + Fe) = 0.40 - 0.45 and Ta/(Ta + Nb) = 0.21 - 0.24. Secondary anhedral domains of Ta-rich columbite-(Fe) to tantalite-(Fe) ($\leq 200 \mu\text{m}$) with Mn/(Mn + Fe) = 0.45 - 0.47 and Ta/(Ta + Nb) = 0.45 - 0.62 partly replace primary columbite-(Fe) along crystal rims. Moreover, secondary subhedral crystals of microlite-group minerals ($\leq 25 \mu\text{m}$) form fracture fillings in columbite-(Fe). The microlites show uniform high Ta/(Ta + Nb) ratio (0.77 - 0.80) and U content (7.7 - 10.2 wt.% UO₂; 0.18 - 0.21 U *apfu*) but different contents of F, Ca, Na and Pb: central parts locally show fluorcalciomicrolite composition (~2 wt.% F, ~9.5 wt.% CaO, 2.2 - 2.7 wt.% Na₂O), whereas main microlite mass forms zero-valent-dominant microlite with inclusions ($\leq 8 \mu\text{m}$) of Pb-rich zero-valent-dominant microlite (16.8 - 19.7 wt.% PbO; 0.46 - 0.56 Pb *apfu*). Textural relationships and chemical compositions of Nb-Ta minerals indicate primary magmatic origin of columbite-(Fe) and post-magmatic (early subsolidus to late hydrothermal) formation of secondary Ta-rich columbite-(Fe) to tantalite-(Fe) and microlite-group minerals.

Key words: columbite-(Fe), Pb-U rich microlite, Nb-Ta oxide minerals, granitic pegmatite, Liešťany, Strážovské vrchy Mts., Western Carpathians, Slovak Republic

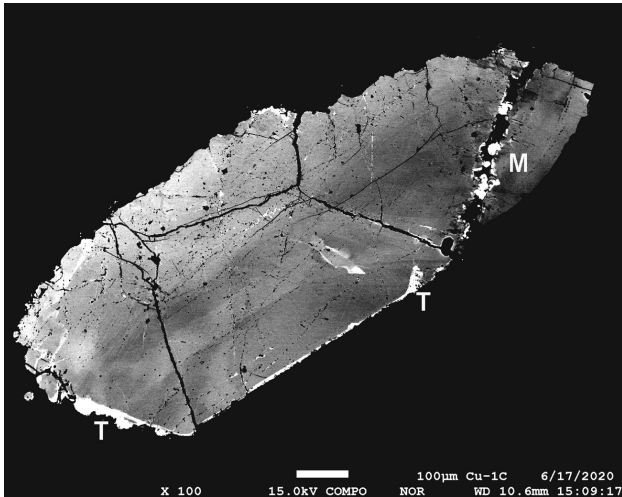
Obdrženo 6. 10. 2020; přijato 18. 11. 2020

Úvod

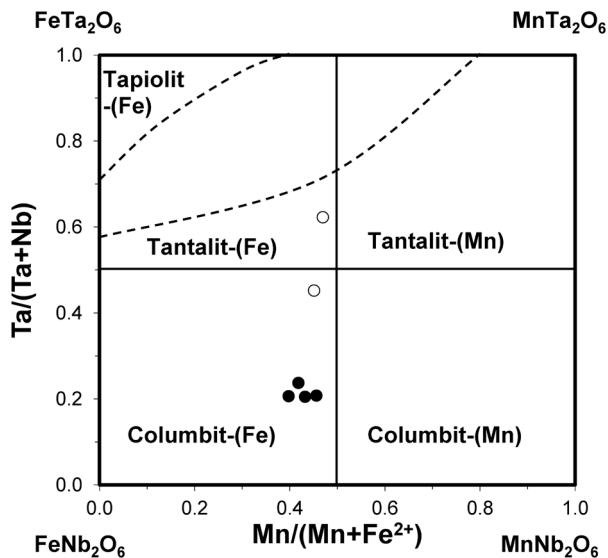
Oxidické minerály Nb a Ta patria medzi charakteristické akcesorické fázy vysoko frakcionovaných granitových pegmatitov, ktoré sú klasifikované v rámci muskovitovo-vzácnoprvkovej, vzácnoprvkovej a miarolitickej triedy (Černý, Ercit 2005). Vnútorňa zonalita a textúra, ako aj variácie chemického zloženia minerálov Nb-Ta (hlavne skupina columbitu, tapiolitu, wodginitu, superskupina pyrochlóru, REE-Ti-Nb-Ta oxidy), najmä pomer Ta/(Ta+Nb) a Mn/(Mn+Mg), ako aj obsahy Mg, Ca, REE, Ti, Sn, W, U, Na, Li, F atď. sú významnými genetickými indikátormi stupňa geochemickej frakcionácie a magmatickej až hydrotermálnej evolúcie, prípadne neskoršej metamorfnej

transformácie granitových pegmatitov (napr. Černý et al. 1986, 1992; Novák et al. 2003; Škoda, Novák 2007; van Lichtenvelde et al. 2007; Rao et al. 2009; Chudík et al. 2011; Melcher et al. 2015; Galliski et al. 2016).

Na území Slovenska, respektíve Západných Karpát, boli granitové pegmatity so vzácnoprvkovou Be-Nb-Ta mineralizáciou identifikované pomerne nedávno, od 80. rokov 20. storočia. V týchto vyššie frakcionovaných pegmatitoch vystupujú akcesorické oxidické minerály Nb-Ta, najmä zo skupiny columbitu, superskupiny pyrochlóru a Nb-Ta rutil, ojedinele členy skupiny wodginitu, ferotapiolit, fersmit, stibiotantalit, Nb-Ta armalcolit až pseudobrookit (napr. Uher 2000, 2008, 2019; Uher et al. 1994, 1998a, b, 2007; Uher, Broska 1995; Novák et al. 2000;



Obr. 1 Nevýrazne difúzne zonálny kryštál columbitu-(Fe), po okrajoch zatlačaný Ta-oboňatým columbitom-(Fe) až tantalitom-(Fe) (T) a minerálmi skupiny mikrolitu po trhline (M). Pegmatit pri Liešťanoch. BSE foto S. Kurylo.



Obr. 2 Štvorcový diagram chemického zloženia columbitu-(Fe) (•) a Ta-oboňatého columbitu-(Fe) až tantalitu-(Fe) (o) z pegmatitu pri Liešťanoch (atómové množstvá).

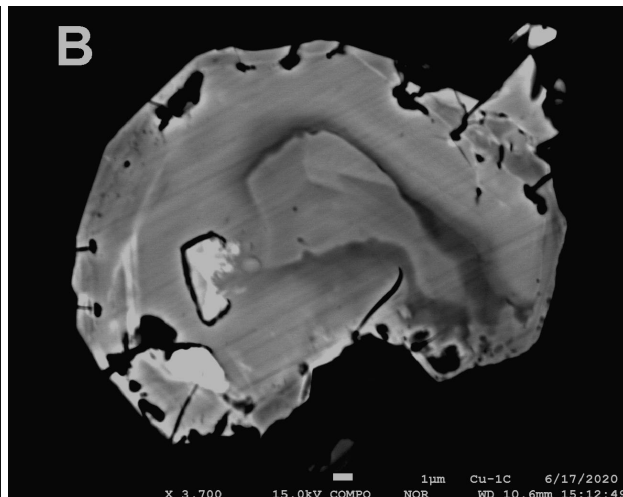
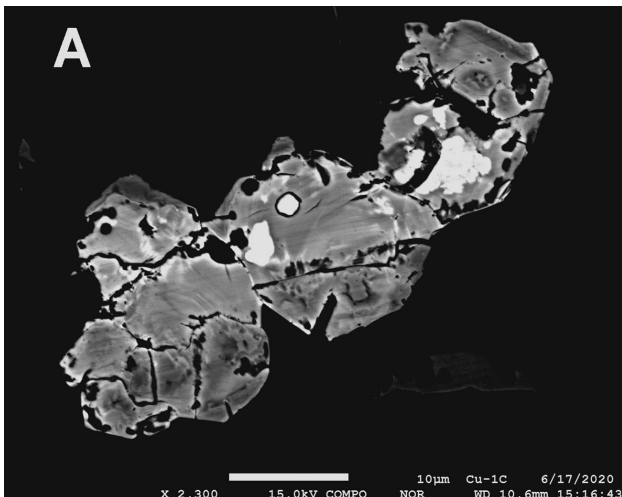
Chudík, Uher 2009; Chudík et al. 2011). Uvedené granitové pegmatity s prítomnosťou minerálov Nb-Ta sa vyskytujú v podobe zonálnych žíl (výplní puklín) až šošovkovitých telies v materských variských (karbónskych) granitických horninách alebo v bezprostredne susediacich paleozoických metamorfovaných horninách (najmä pararulách) v rámci kryštalinika tektonickej jednotky tatrika. Doteraz boli zaznamenané v Malých Karpatoch, Považskom Inovci, Žiari a Nízkych Tatrách (Uher 2019).

Náš príspevok charakterizuje nový nález Nb-Ta minerálov v granitovom pegmatite pri Liešťanoch, ktorý predstavuje prvý zistený výskyt tohto typu vzácnoprvkovej mineralizácie v regióne Strážovských vrchov a súčasne dopĺňa náš obraz o regionálnom rozšírení tejto mineralizácie v rámci variských pegmatitov tatrika Západných Karpát. Okrem dominantného columbitu-(Fe) sme identifikovali aj mladšiu asociáciu s tantalitom-(Fe) a minerálmi skupiny mikrolitu, vrátane vzácných členov oboňatých olovom.

Lokalizácia a geologická charakteristika pegmatitu

Študovaný granitový pegmatit sa nachádza v južnej časti Strážovských vrchov, na východnom svahu kóty Bystrý vrch (792.3 m n. m.), približne 3.5 km sz. od obce Liešťany, respektíve jej miestnej časti Lomnica a približne 15 km sz. od okresného mesta Prievidza (Trenčiansky kraj) na západnom Slovensku. GPS koordináty výskytu študovaného pegmatitu sú 48.854565° N a 18.449947° E, nadmorská výška je 632 m.

Okolie výskytu pegmatitu patrí do kryštalinického masívu Suchého, je budované leukokrátymi peraluminóznymi, biotiticko-muskovitickými granitmi s granátom (almandínom) a sillimanitom, ktoré majú geochemickú afinitu ku granitom S-typu (Hovorka, Fejdi 1983; Maheľ 1985; Vilinovičová 1990; Petrák, Kohút 1997). Granity často plynule prechádzajú do apliticko-pegmatických leukogranitov, v širšom okolí výskytu boli zaznamenané aj paleozoické metamorfované horniny, najmä biotitické pararuly, ktoré sú lokálne migmatizované, s prechodmi do anatektických granitických hornín (Kahan in Maheľ et al. 1981; Maheľ 1985). Relatívne časté sú výskyt žíl až šošoviek granitových pegmatitov, ktoré intrudujú do pararúl až migmatitov aj granitov (Dávidová 1978; Maheľ 1985). Granitické horniny Strážovských vrchov intrudovali počas



Obr. 3A-B Minerály skupiny mikrolitu z pegmatitu pri Liešťanoch: fluórkalciomikrolit (centrálna časť kryštálu - A), mikrolit s deficitom A-katiónov (centrálna až okrajové časti kryštálov - A-B) a Pb-oboňatý mikrolit s deficitom A-katiónov (biele inklúzie - A-B). BSE foto S. Kurylo.

variského orogénu; datovanie zirkónu na základe izotopov olova ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) poskytlo spodnokarbónsky vek 356 ± 9 Ma (lokalita Chvojnica - Kamenistá dolina; Král et al. 1997).

Fragmenty granitových pegmatitov veľkosti do 20×10 cm sa na študovanej lokalite sporadicky vyskytujú v sutinách na ploche cca 250×200 m. Na základe štúdia viacerých úlomkov je možné konštatovať, že sa pravdepodobne jedná o niekoľko samostatných pegmatitových žíl s mocnosťou do 20 cm a pomerne nevýraznou zonálnosťou. Prevláda hrubozrnná kremeňovo-mikroklinovo-muskovitová zóna s lokálnym výskytom blokového mikroklinu a len s minoritným zastúpením masívneho kremeňa v centrálnej časti žíl (kremenné jadro). Ojedinele boli nájdené aj fragmenty jemnozrnného cukrovitého albitu s granátom. Makroskopické Nb-Ta minerály boli pozorované len v jednom prípade vo fragmente hrubozrnného pegmatitu s rozmermi 12×8 cm.

Metodika

Leštený nábrus s Nb-Ta minerálmi bol študovaný pomocou elektrónového mikroanalyzátoru JEOL JXA-8530FE (Ústav vied o Zemi SAV, pracovisko Banská Bystrica) vo vlnovo-disperznom móde (WDS). Analytické podmienky merania Nb-Ta minerálov boli nasledovné: urýchľovacie napätie 15 kV, vzorkový prúd 20 nA, čas načítania na píku 20 s (30 s pre Th, U a Pb) a 10 s na pozadí. Priemer elektrónového lúča dosahoval 1 až 3 μm . Použité štandardy, rtg. línie a spodné detekčné limity (3σ , v ppm) boli nasledovné: scheelit (W L α , 640), LiNbO₃ (Nb L α , 380), CrTa₂O₆ (Ta M α , 500), rutil (Ti K α , 490), ZrO₂ (Zr L α , 230), kasiterit (Sn L α , 160), ThO₂ (Th M α , 180), UO₂ (U M β , 270), ScVO₄ (Sc K α , 150), YPO₄ (Y L α , 270), CePO₄ (Ce L α , 920), antimonit (Sb L α , 190), BiTe (Bi L α , 650), hematit (Fe K α , 350), rodonit (Mn K α , 370), willemit (Zn K α , 770), diopsid (Mg K α , 100; Ca K α , 80), krockoit (Pb M β , 340), albit (Na K α , 120) a fluorit (F K α , 300). Na výpočet koncentrácií prvkov bola použitá korekčná metóda ZAF (Bence, Albee 1968). Na uvedení prístroji boli urobené snímky minerálov v spätne rozptýlených elektrónoch (BSE).

Výsledky

Študovaná vzorka je tvorená prizmatickým tabuľkovitým kryštálom columbitu-tantalitu čiernej farby s kovovým leskom o veľkosti cca 3 mm, ktorý je zarastený v hrubozrnnom agregáte K-živca, kremeňa a muskovitu. Columbit-tantalit vykazuje v BSE nevýraznú, nepravidelne difúznú vnútornú zonalitu (obr. 1) s relatívne malými variáciami obsahov hlavných a stopových prvkov (tab. 1, anal. 1

- 4); jedná sa o **columbit-(Fe)** s atómovým pomerom Mn/(Mn + Fe) = 0.40 - 0.46, Ta/(Ta + Nb) = 0.21 - 0.24 (obr. 2), 0.2 - 0.3 hm. % TiO₂ (0.010 - 0.015 Ti *apfu*), obsahy ostatných meraných prvkov sú veľmi nízke (pod 0.005 *apfu*). Uvedená hlavná masa tohto primárneho columbitu-(Fe) je po okraji kryštálu zatlačaná nepravidelnými doménami (~20 - 100 μm), svetlejšími v BSE (obr. 1), ktoré na základe chemického zloženia možno klasifikovať ako Ta-obohatený columbit-(Fe) až **tantalit-(Fe)** s Mn/(Mn + Fe) = 0.45 - 0.47 a Ta/(Ta + Nb) = 0.45 - 0.62 (obr. 2), pričom obsahy Ti a ostatných meraných prvkov sú podobné ako v prípade primárneho columbitu-(Fe) (tab. 1, anal. 5 - 6).

Tabuľka 1 Chemické zloženie primárneho columbitu-(Fe) (anal. 1 - 4) a sekundárneho columbitu-(Fe) až tantalitu-(Fe) (anal. 5 - 6) z pegmatitu Liešťany, Bystrý vrch (hm. %).

Minerál	Col-(Fe) 1	Col-(Fe) 2	Col-(Fe) 3	Col-(Fe) 4	Col-(Fe) 5	Tan-(Fe) 6
WO ₃	0.22	0.18	0.10	0.24	0.00	0.38
Nb ₂ O ₅	55.35	55.45	52.66	54.93	34.10	21.77
Ta ₂ O ₅	23.71	23.97	27.20	23.98	46.84	59.84
TiO ₂	0.31	0.26	0.29	0.21	0.32	0.21
ZrO ₂	0.10	0.03	0.06	0.09	0.04	0.00
SnO ₂	0.07	0.11	0.10	0.12	0.00	0.04
UO ₂	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
Sc ₂ O ₃	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.05
Ce ₂ O ₃	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	0.29
Bi ₂ O ₃	0.19	0.00	0.14	0.00	0.25	0.00
Fe ₂ O ₃	1.54	0.83	0.98	2.53	2.45	2.40
FeO	10.30	11.10	10.59	9.56	8.54	7.72
MnO	7.74	7.24	7.51	7.91	6.92	6.75
ZnO	0.03	0.13	0.00	0.09	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
Suma	99.59	99.39	99.67	99.77	99.57	99.51
W	0.004	0.003	0.002	0.004	0.000	0.007
Nb	1.556	1.565	1.502	1.540	1.064	0.729
Ta	0.401	0.407	0.467	0.404	0.879	1.204
Ti	0.015	0.012	0.014	0.010	0.017	0.012
Zr	0.003	0.001	0.002	0.003	0.001	0.000
Sn	0.002	0.003	0.002	0.003	0.000	0.001
Fe ³⁺ B	0.019	0.009	0.011	0.036	0.039	0.047
Suma B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
U	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Sc	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.003
Ce	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.008
Bi	0.003	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000
Fe ³⁺	0.053	0.030	0.036	0.082	0.088	0.086
Fe ²⁺	0.536	0.580	0.559	0.496	0.493	0.478
Mn	0.408	0.383	0.402	0.416	0.405	0.423
Zn	0.001	0.006	0.000	0.004	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
Suma A	1.002	1.001	1.001	1.001	0.999	0.999
O	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Mn/(Mn+Fe ²⁺)	0.432	0.398	0.418	0.456	0.451	0.469
Ta/(Ta+Nb)	0.205	0.206	0.237	0.208	0.452	0.623

Empirické vzorce boli vypočítané na základe O = 6 atómov, A+B = 3 atómy a valenčného prepočtu Fe³⁺ a Fe²⁺. Obsahy Th, Sb, Y, Ca, Pb a Na boli pod spodným detekčným limitom elektrónového mikroanalyzátoru.

Tabuľka 2 Chemické zloženie fluórkalciummikrolitu (anal. 1 - 2) a mikrolitu s deficitom A-katiónov (anal. 3 - 7; Pb-obohatený anal. 6 - 7) z pegmatitu Liešťany, Bystrý vrch (hm. %).

Minerál	Fluórkalciummikrolit		Mikrolit s deficitom A-katiónov					
	Anal.	1	2	3	4	5	6	7
WO ₃		0.55	0.59	0.14	0.29	0.26	0.33	0.38
Nb ₂ O ₅		9.71	10.12	9.45	9.59	9.95	9.28	9.05
Ta ₂ O ₅		62.68	61.70	59.12	62.76	62.58	54.46	51.70
TiO ₂		0.93	1.08	1.13	0.95	0.92	1.02	0.76
ZrO ₂		0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
UO ₂		10.24	10.25	10.22	9.96	9.37	8.46	7.66
Sc ₂ O ₃		0.06	0.04	0.05	0.00	0.08	0.00	0.00
Ce ₂ O ₃		0.16	0.34	0.00	0.34	0.38	0.34	0.36
Sb ₂ O ₃		0.24	0.15	0.18	0.26	0.23	0.24	0.11
Bi ₂ O ₃		0.00	0.00	0.10	0.21	0.00	0.00	0.09
FeO		0.42	0.38	0.68	0.81	0.61	1.08	1.69
MnO		0.20	0.19	0.44	0.34	0.30	0.56	0.29
CaO		9.45	9.55	1.93	1.42	2.82	0.43	0.64
SnO		0.85	0.90	0.65	0.78	0.81	0.70	0.84
PbO		0.13	0.11	2.37	2.92	3.56	16.77	19.71
Na ₂ O		2.25	2.70	0.00	0.00	0.04	0.19	0.11
F		1.92	2.00	0.24	0.32	0.28	0.24	0.18
O=F		-0.81	-0.84	-0.10	-0.13	-0.12	-0.10	-0.08
Suma		98.98	99.28	86.58	90.88	92.07	93.99	93.50
W		0.013	0.014	0.003	0.007	0.006	0.009	0.010
Nb		0.394	0.410	0.402	0.390	0.404	0.423	0.435
Ta		1.530	1.503	1.514	1.536	1.528	1.492	1.494
Ti		0.063	0.073	0.080	0.064	0.062	0.077	0.061
Zr		0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Suma B		2.000	2.001	1.999	2.000	2.000	2.001	2.000
U		0.205	0.204	0.214	0.199	0.187	0.190	0.181
Sc		0.005	0.003	0.004	0.000	0.006	0.000	0.000
Ce		0.005	0.011	0.000	0.011	0.012	0.013	0.014
Sb		0.009	0.006	0.007	0.010	0.009	0.010	0.005
Bi		0.000	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.002
Fe		0.032	0.028	0.054	0.061	0.046	0.091	0.150
Mn		0.015	0.014	0.035	0.026	0.023	0.048	0.026
Ca		0.909	0.916	0.195	0.137	0.271	0.046	0.073
Sn		0.034	0.036	0.027	0.031	0.032	0.031	0.040
Pb		0.003	0.003	0.060	0.071	0.086	0.455	0.564
Na		0.392	0.469	0.000	0.000	0.007	0.037	0.023
Suma A		1.609	1.690	0.598	0.551	0.679	0.921	1.078
Vakancia A		0.391	0.310	1.402	1.449	1.321	1.079	0.922
F		0.545	0.566	0.071	0.091	0.080	0.076	0.060
O		6.329	6.357	5.745	5.688	5.809	6.030	6.203
Suma an.		6.874	6.923	5.816	5.779	5.889	6.106	6.263
Ta/(Ta+Nb)		0.795	0.786	0.790	0.798	0.791	0.779	0.774
Mn/(Mn+Fe)		0.319	0.333	0.393	0.299	0.333	0.345	0.148

Empirické vzorce boli vypočítané na základe sumy $B = 2$ atómy. Obsahy Th, Y, V, Zn a Mg boli pod spodným detekčným limitom elektrónového mikroanalýzátora.

Kryštál primárneho columbitu (Fe) je pretínaný cca 35 μm hrubou puklinou, čiastočne vyplnenou minerálmi skupiny mikrolitu (obr. 1 a 3). Minerály skupiny mikrolitu tvoria hypidiomorfné až xenomorfné jedince s veľkosťou 15 - 25 μm , s náznakmi kryštálových plôch (obr. 3). Hlavnú hmotu minerálov skupiny mikrolitu tvorí **fluórkalciummikrolit** (centrálne zóny) až **mikrolit s deficitom A-katiónov** (centrálne až okrajové zóny) s jemnou koncentrickou až oscilačnou rastovou zonalitou, s nepravidelnými cca 1 - 8 μm inklúziami fázy, ktorú možno klasifikovať ako **Pb-obohatený mikrolit s deficitom A-katiónov** (obr. 3A-B). Kým fluórkalciummikrolit sa vyznačuje vysokými obsahmi Ca (~0.9 *apfu*), Na (~0.4 *apfu*), F (~0.6 *apfu*) a nízkymi obsahmi Pb (~0.003 *apfu*) a nižším deficitom katiónov v pozícií A (0.3 - 0.4 *apfu*), oba typy mikrolitov s deficitom A-katiónov majú podstatne nižšie obsahy Ca (0.05 - 0.3 *apfu*), Na (≤ 0.04 *apfu*) a F (0.2 - 0.3 *apfu*), avšak vykazujú zvýšené obsahy Pb (≤ 0.56 *apfu*, ≤ 19.7 hm. % PbO v Pb-obohatenej fáze); obsahy U dosahujú 0.18 - 0.21 *apfu* (~8 - 10 hm. % UO₂) vo všetkých troch mikrolitových fázach (tab. 2). Ukazuje sa tak výrazná negatívna korelácia, respektíve antagonizmus medzi obsahmi Ca a Pb (obr. 4), respektíve medzi Ca, Na a F na jednej strane a Pb a deficitom katiónov v pozícií A na strane druhej, čo naznačuje možnú substitúciu typu ^A(vakancia, H₂O) + ^APb²⁺ + ^Y(vakancia, H₂O) = ^ACa²⁺ + ^ANa + ^YF. Presnejšiu klasifikáciu minerálov skupiny mikrolitu, najmä členov s dominantným deficitom A-katiónov, však možno aplikovať len v prípade exaktného stanovenia množstva molekulej vody a (OH) v pozíciách A a Y, prípadne aj X.

Diskusia a záver

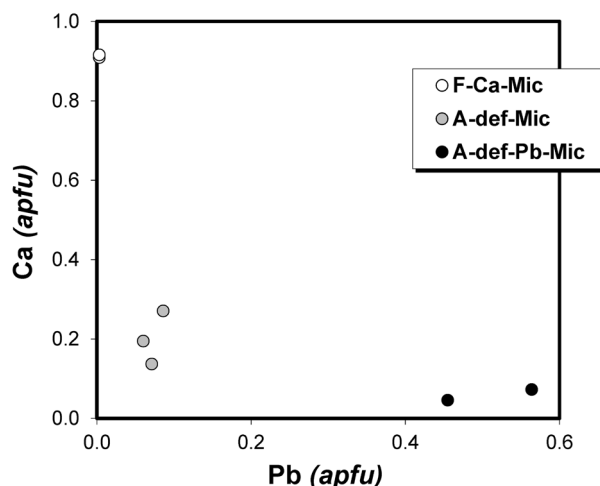
Študovaná lokalita pegmatitu pri Liešťanoch predstavuje prvý známy výskyt Nb-Ta mineralizácie v regióne Strážovských vrchov, čo dopĺňa naše poznatky o plošnom rozšírení variských granitových pegmatitov so vzácnoprvkovou mineralizáciou v kryštaliniku Západných Karpát. Ukazuje sa, že vyššie frakcionované granitové pegmatity s akcesorickými berylom a oxidickými minerálmi Nb-Ta (najmä skupina columbitu a mik-

rolitu) boli doteraz opísané v rámci masívov materských variských orogénnych granitov S- a I-typu (~360 - 340 Ma) v rôznych regiónoch tektonickej jednotky tatrika: pohoria Malé Karpaty, Považský Inovec, Žiar, Nízke Tatry a Vysoké Tatry (Uher 2019). Columbit-(Fe) z opisovanej lokality pri Liešťanoch interpretujeme ako primárne magmatický minerál, hoci jeho pôvodná vnútorná zonalita bola pravdepodobne zmazaná neskoršími postmagmatickými procesmi, pričom pozorujeme zrejme sekundárnu, nevýrazne difúznú zonalitu.

Chemické zloženie columbitu-(Fe) je podobné ako na lokalite pegmatitu Ráztočno v pohorí Žiar (Uher 2008), respektíve niektorých pegmatitoch v oblasti Bratislavy (Uher et al. 1994). Jednoznačne mladšie minerály, veľmi pravdepodobne rano postmagmatického až hydrotermálneho pôvodu, sú sekundárny columbit-(Fe) obohatený Ta až tantalit-(Fe), a najmä minerály skupiny mikrolitu, jasne zatlačujúce primárne magmatický columbit-(Fe). Na základe súčasne platnej klasifikácie a nomenklatúry minerálov superskupiny pyrochlóru (Atencio et al. 2010) možno identifikované fázy, určené len na základe ich neúplného chemického zloženia (elektrónová mikroanalýza), klasifikovať ako fluórkalciomikrolit, mikrolit s deficitom A-katiónov a Pb-obohatený mikrolit s deficitom A-katiónov. Veľmi malé rozmery, vzácnosť a chemická heterogenita minerálov skupiny mikrolitu z pegmatitu pri Liešťanoch preto umožnili posledné dve mikrolitové fázy definovať neurčito len ako mikrolity s deficitom A-katiónov, respektíve s dominanciou nulovo valentnej zložky, teda molekulej vody a/alebo vakancie v pozícií A (doslova „zero-valent-dominant microlite“ v zmysle nomenklatúry Atencio et al. 2010). Popri zvýšenom obsahu U sú zaujímavé najmä vysoké obsahy Pb v mikrolite, lokálne dosahujúce takmer 20 hm. % PbO (≤ 0.56 Pb *apfu*). Takéto silne zvýšené koncentrácie Pb (lokálne spolu so zvýšenými obsahmi U a Sb) boli zistené aj v mineráloch skupiny mikrolitu z pegmatitu v Sopotnickej doline pri Brusne v Nízkych Tatrách (10 - 19 hm. % PbO, 0.2 - 0.4 Pb *apfu*), pričom sa predpokladá ich vznik pôsobením externých hydrotermálnych fluíd a genetická spojitosť s neďalekými žilnými sulfidickými Pb-Sb mineralizáciami (Uher et al. 1998b; Chudík, Uher 2009). V prípade pegmatitu pri Liešťanoch možno takisto predpokladať neskorší hydrotermálny vznik minerálov skupiny mikrolitu, avšak ich genetická spojitosť s neďalekými výskytmi žilnej hydrotermálnej polymetalickej mineralizácie v kryštaliniku Strážovských vrchov s prítomnosťou galenitu a ďalších sulfidov (Valaská Belá, Čavoj, Gápel, Chvojníca) nie je na základe známych faktov preukázaná, hoci nie je vylúčená. V každom prípade predstavuje mikrolit s vysokým obsahom Pb pomerne vzácny minerál, blížiaci sa svojim zložením ku kenoplumbomikrolitu [ideálne $(\text{Pb}\square)\text{Ta}_2\text{O}_6$], raritnému členu skupiny mikrolitu s dominantným zastúpením Pb v pozícií A, opísanému z granitového pegmatitu Ploskaja gora na polostrove Kola v Rusku (Atencio et al. 2018).

PodĎakovanie

Výskum bol finančne podporený projektom VEGA 1/0467/20 a Ministerstvom kultúry ČR v rámci inštitucionálneho financovania dlhodobého koncepčného rozvoja výskumnej organizácie Národné múzeum (DKRVO 2019-2023/1.II.b, 00023272). Autori ďakujú recenzentom M. Novákovi a Š. Ferencovi za konštruktívne pripomienky, ktoré prispeli k vylepšeniu rukopisu.



Obr. 4 Ca versus Pb diagram minerálov skupiny mikrolitu z pegmatitu pri Liešťanoch.

Literatúra

- ATENCIO D, ANDRADE MB, CHRISTY AG, GIERÉ R, KARTASHOV PM (2010) The pyrochlore supergroup of minerals: nomenclature. *Can Mineral* 48: 673-698
- ATENCIO D, ANDRADE MB, BINDI L, BONAZZI P, ZOPPI M, STANLEY CJ, KRISTIANSEN R (2018) Kenoplumbomicrolite, $(\text{Pb},\square)_2\text{Ta}_2\text{O}_6[\square,(\text{OH}),\text{O}]$, a new mineral from Ploskaya, Kola Peninsula, Russia. *Mineral Mag* 82: 1049-1055
- BENCE AE, ALBEE AL (1968) Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *J Geol* 76: 382-403
- ČERNÝ P, ERCIT TS (2005) The classification of granitic pegmatites revisited. *Can Mineral* 43: 2005-2026
- ČERNÝ P, GOAD BE, HAWTHORNE FC, CHAPMAN R (1986) Fractionation trends of the Nb- and Ta-bearing oxide minerals in the Greer Lake pegmatite granite and its pegmatite aureole, southeastern Manitoba. *Am Mineral* 71: 501-517
- ČERNÝ P, NOVÁK M, CHAPMAN R (1992) Effects of sillimanite-grade metamorphism and shearing on Nb-Ta oxide minerals in granitic pegmatites: Maršíkov, Northern Moravia, Czechoslovakia. *Can Mineral* 30: 699-718
- DÁVIDOVÁ Š (1978) Mineralógia a petrografia pegmatitov kryštalinika tatríd. *Miner Slov* 10: 127-146
- GALLISKI MÁ, MÁRQUEZ-ZAVALÍA MF, ČERNÝ P, LIRA R (2016) Complex Nb-Ta-Ti-Sn oxide mineral intergrowths in the La Clandria pegmatite, Cañada del Puerto, Córdoba, Argentina. *Can Mineral* 54: 899-916
- HOVORKA D, FEJDI P (1983) Garnets of peraluminous granites of the Suchý and the Malá Magura Mts. (the Western Carpathians) - their origin and petrological significance. *Geol Zbor Geol Carpath* 34: 103-115
- CHUDÍK P, UHER P (2009) Minerály skupiny pyrochlóru z granitových pegmatitov Západných Karpát: variácie chemického zloženia a substitučné mechanizmy. *Miner Slov* 41: 159-168
- CHUDÍK P, UHER P, GADAS P, ŠKODA R, PRŠEK J (2011) Niobium-tantalum oxide minerals in the Jezuitské Lesy granitic pegmatite, Bratislava Massif, Slovakia: Ta to Nb and Fe to Mn evolutionary trends in a narrow Be, Cs-rich and Li, B-poor dike. *Mineral Petrol* 102: 15-27

- KRÁL J, HESS JC, KOBER B, LIPPOLT HJ (1997) 207Pb/206Pb and 40Ar/39Ar age data from plutonic rocks of the Strážovské vrchy Mts. basement, Western Carpathians. In Grecula P, Hovorka D, Putiš M (eds.) Geological evolution of the Western Carpathians 253-260. Miner Slov Monograph Bratislava
- MAHEL M (1985) Geologická stavba Strážovských vrchov. 1-221, Geol Ústav D Štúra, Bratislava
- MAHEL M (1981) Geologická mapa Strážovských vrchov. Regionálne geologické mapy Slovenska 1:50 000. Geol Ústav D Štúra, Bratislava
- MELCHER F, GRAUPNER T, GÄBLER HE, SITNIKOVA M, HENJES-KUNST F, OBERTHÜR T, GERDES A., DEWAELE S (2015) Tantalum-(niobium-tin) mineralisation in African pegmatites and rare metal granites: Constraints from Ta-Nb oxide mineralogy, geochemistry and U-Pb geochronology. *Ore Geol Rev* 64: 667-719
- NOVÁK M, UHER P, ČERNÝ P, SIMAN P (2000) Compositional variations in ferrotantalite + tantalite pairs from the beryl-columbite pegmatite at Moravany nad Váhom, Slovakia. *Mineral Petrol* 69: 295-306
- NOVÁK M, ČERNÝ P, UHER P (2003) Extreme variation and apparent reversal of Nb-Ta fractionation in columbite-group minerals from the Scheibengraben beryl-columbite granitic pegmatite, Maršíkov, Czech Republic. *Eur J Mineral* 15: 565-574
- PETRIK I, KOHÚT M (1997) The evolution of granitoid magmatism during the Hercynian orogen in the Western Carpathians. In Grecula P, Hovorka D, Putiš M (eds.) Geological evolution of the Western Carpathians 235-252. Miner Slov Monograph Bratislava
- RAO C, WANG RC, HU H, ZHANG WL (2009) Complex internal textures in oxide minerals from the Nanping No. 31 dyke of granitic pegmatite, Fujian province, southeastern China. *Can Mineral* 47: 1195-1212
- ŠKODA R, NOVÁK M (2007) Y,REE,Nb,Ta,Ti-oxide (AB₂O₆) minerals from REL-REE euxenite-subtype pegmatites of the Třebíč Pluton, Czech Republic; substitutions and fractionation trends. *Lithos* 95: 43-57
- UHER P (2000) Stibiotantalit v pegmatite Sb ložiska Dúbrava - produkt hydrotermálnej alterácie kolumbitu-tantalitu. *Miner Slov* 32: 109-114
- UHER P (2008) Columbit-tantalit z pegmatitu pri Ráztočne v pohorí Žiar (stredné Slovensko). *Bull Mineral-Petrolog Odd Nár Muz* 16(1): 109-112
- UHER P (2019) Granitové pegmatity Západných Karpát: súčasný stav poznatkov. *Acta Mus Moraviae, Sci Geol* 104(2): 139-167
- UHER P, BROSKA I (1995) Pegmatites in two suites of Variscan orogenic rocks (Western Carpathians, Slovakia). *Mineral Petrol* 55: 27-36
- UHER P, ČERNÝ P, NOVÁK M, SIMAN P (1994) Niobium-tantalum minerals from granitic pegmatites in the Malé Karpaty, Považský Inovec and Žiar Mountains, Western Carpathians, Slovakia. *Miner Slov* 26: 157-164
- UHER P, ČERNÝ P, CHAPMAN R, HATÁR J, MIKO O (1998a) Evolution of Nb-Ta minerals in the Prašivá granitic pegmatites, Slovakia. I. Primary Fe,Ti-rich assemblage. *Can Mineral* 36: 525-534
- UHER P, ČERNÝ P, CHAPMAN R, HATÁR J, MIKO O (1998b) Evolution of Nb-Ta minerals in the Prašivá granitic pegmatites, Slovakia. II. External hydrothermal Pb, Sb overprint. *Can Mineral* 36: 535-545
- UHER P, ŽITŇAN P, OZDÍN D (2007) Pegmatitic Nb-Ta oxide minerals in alluvial placers from Limbach, Bratislava Massif, Western Carpathians, Slovakia: compositional variations and evolutionary trend. *J Geosci* 52: 133-141
- VAN LICHTERVELDE M, SALVI S, BEZIAT D, LINNEN R (2007) Textural features and chemical evolution in tantalum oxides: magmatic versus hydrothermal origins for Ta mineralization in Tanco Lower pegmatite, Manitoba, Canada. *Econ Geol* 102: 257-276
- VILINOVIČOVÁ Ľ (1990) Petrogenesis of gneisses and granitoids from the Strážovské vrchy Mts. *Geol Zbor Geol Carpath* 41: 335-376