

Polykras-(Y), uranopolykras a Ti-Nb-Ta-Fe minerál v kremenných žilách a exokontaktných zónach granitov gemerika, Slovenské rudohorie

Polycrase-(Y), uranopolycrase and Ti,Nb,Ta,Fe-mineral in quartz veins and exocontact zones of the Gemic granites, the Slovak Ore Mountains

PAVEL UHER¹⁾, PAVOL MALACHOVSKÝ²⁾, PETER BAČÍK³⁾, PETER CHUDÍK¹⁾ A MARTIN ŠTEVKO³⁾

¹⁾ Katedra ložiskovej geológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Slovenská republika

²⁾ Geologický prieskum, s. r. o., Kpt. Jaroša 15, 040 22 Košice, Slovenská republika

³⁾ Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Slovenská republika

UHER P., MALACHOVSKÝ P., BAČÍK P., CHUDÍK P., ŠTEVKO M. (2009): Polykras-(Y), uranopolykras a Ti-Nb-Ta-Fe minerál v kremenných žilách a exokontaktných zónach granitov gemerika, Slovenské rudohorie. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 17/1, 14-24. ISSN: 1211-0329.

Abstract

Accessory polycrase-(Y), uranopolycrase and rutile-like Ti,Nb,Ta,Fe-mineral have been identified in quartz and quartz albite veins, and silicified phyllites in exocontact zones of tin-bearing granites of the Spiš-Gemer region, Slovak Ore Mountains, eastern Slovakia. Polycrase-(Y) is partly replaced by uranopolycrase and locally also by the Ti,Nb,Ta,Fe-phase. XRD investigation indicates partly metamict state of the polycrase-(Y) to uranopolycrase. EMPA compositions show wide variations in Y+REE, U+Th, Ca, Ti and Nb+Ta contents and a possible presence of Ca(U,Th)(Y,REE)₂, (U,Th)Ti(Y,REE)₁(Nb,Ta)₁, Ca(Nb,Ta)(Y,REE)₁Ti₁, and Ca(Nb,Ta)₂(U,Th)₁Ti₂ substitution mechanisms. The minerals originated probably during post-magmatic to hydrothermal stage of the granite evolution in F-rich fluid regime.

Key words: Y-REE-U-Ti-Nb-Ta minerals, polycrase-(Y), uranopolycrase, Ti-Nb-Ta-Fe phase, granite exocontact, electron microprobe, XRD, Gemic Unit, Slovakia

Úvod

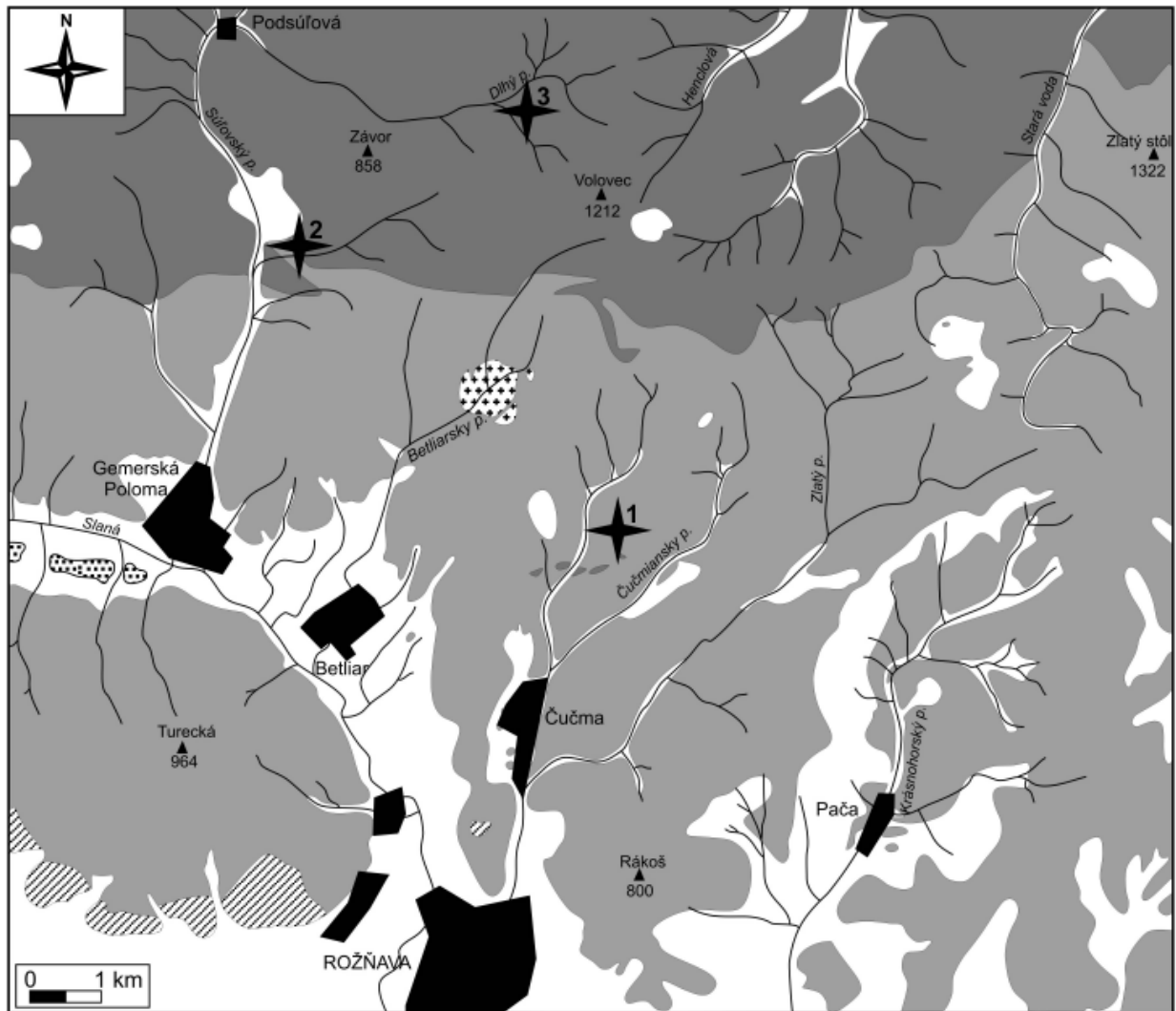
Výskyt vzácneho minerálu metamiktneho charakteru, určeného ako „ilmenorutil“ (Nb rutil) z kremenných žiliek v granite na Sb-Au ložisku Gabriela v Čučme pri Rožňave prvý raz uvádza Varček (1965, 1973, 1977). Neskôr bola zaznamenaná prítomnosť Y-REE-U-Ti-Nb-Ta fázy v exokontaktných zónach granitov z prieskumných vrtov na lokalite Dlhá dolina severne od Gemerskej Polomy (Malachovský 1983, 1992). Napokon pri prieskume haldového materiálu novorazenej štôlne Elisabeth pri Gemerskej Polome v Slovenskom rudohorí bol v roku 2009 opakovane nájdený smolovočierny prizmatický minerál v kremennej žilovine, pretínajúcej hrubozmnný granit. Na základe súčasného výskumu materiálu z lokality Čučma - Gabriela a Gemerská Poloma - Elisabeth, ako aj prepočtom starších analýz z Dlhej doliny sme zistili, že ide o analogickú Y-REE-U-Ti-Nb-Ta mineralizáciu s dominantným polykrasom-(Y) až uranopolykrasom, ktorá je geneticky spojená s intrúziou vysokofrakcionovaných cínonosných granitov gemerika (granitov spišsko-gemerského typu; Uher, Broska 1996). Náš príspevok prináša základnú mineralogickú charakteristiku týchto fáz.

Charakteristika lokalít

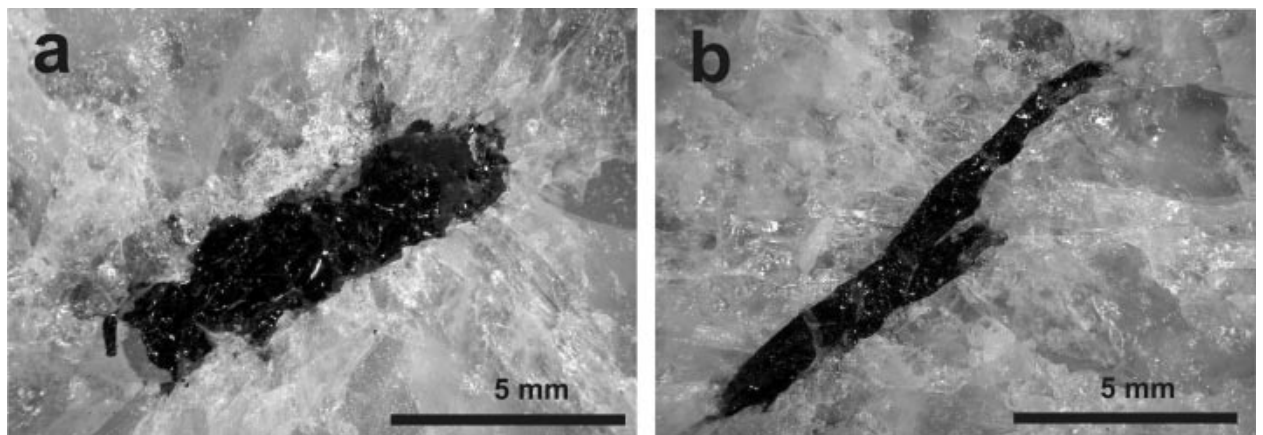
Všetky študované výskyty Y-REE-U-Ti-Nb-Ta mineralizácie sa nachádzajú v širšom okolí Rožňavy, v juhozápadnej časti gemerika, pričom sú viazané priamo na cínonosné granity spišsko-gemerského typu, alebo

ich bezprostredný exokontakt (obr. 1). Granity spišsko-gemerského typu možno charakterizovať ako peraluminózne biotitické, dvojsľudové až muskovitické monzogranity, syenogranity až alkalicko-živcové granity, lokálne s porfyrickým vývojom, patriace k cínonosným granitom, resp. k špecializovanému S-typu so zvýšenými obsahmi K, Rb, Cs, Li, B, Sn, Nb, Ta, W a F (napr. Tauson et al. 1977; Rub et al. 1977; Uher, Broska 1996; Broska, Uher 2001). Typickým znakom týchto granitov je hojný výskyt turmalínu (skorylu až foititu) a lokálna prítomnosť greisenizovaných granitov, vysokofrakcionovaných albitovo-topásových leukogranitov s Li-sľudami a albititov vo vrchných kopulových partiach intrúzie, spojená s výskytom Sn-W-(Nb-Ta) zrudnenia, najmä na lokalitách Hnilec a Dlhá dolina (napr. Baran et al. 1970; Drnčíková et al. 1975; Dianiška 1983; Malachovský 1983, 1992). Vek magmatickej solidifikácie spišsko-gemerských granitov je na základe najnovšieho U-Pb izotopového datovania zirkónu vrchnopermský, cca 250 Ma (Poller et al. 2002), avšak treba počítať s alpínskym (kriedovým) tektono-metamorfným a hydrotermálnym prepracovaním granitov, ako indikujú staršie K-Ar datovania (napr. Kantor 1957).

Lokalita Čučma - ložisko Gabriela (ďalej označovaná ako Čučma) sa nachádza na južnom svahu masívu Volovca (Zlatého stola), cca 3 km na SSV od obce Čučma (6 km s. od Rožňavy). Nachádza sa tu halda, kde okrem kremennej žiloviny s antimonitom, ostatnými sulfidmi a zlatom sú zastúpené aj biotitické až dvojsľudové granity, lokálne pretínané tenkými kremennými žilami. Na



Obr. 1 Schématická geologická mapa oblasti Rožňavy s výskytmi Y-REE-Ti-Nb-Ta mineralizácie. Vysvetlivky: 1 - Vlachovské súvrstvie; 2 - súvrstvie Bystrého potoka a Drnavské súvrstvie; 3 - Rožňavské súvrstvie; 4 - Spišsko-gemerské granity; 5 - Poltárske súvrstvie; 6 - kvartérne sedimenty; 7 - študované lokality: 1 - Čučma - štôľňa Gabriela, 2 - Gemerská Poloma - štôľňa Elisabeth, 3 - Gemerská Poloma - Dlhá dolina.



Obr. 2 Polykras-(Y) a uranopolykras v kremeňi. Lokalita Gemerská Poloma - štôľňa Elisabeth. Foto M. Števkó.

tieto kremenné žily je viazaný aj polykras-(Y) a uranopolykras, pôvodne opísaný ako čierny minerál metamiktného charakteru, určený ako „ilmenorutil“, ktorý má okrem Ti zvýšený obsah Nb, U a Th, a nachádza sa v asociácií s turmalínom, scheelitom, sideritom a sfaleritom (Varček 1965, 1973, 1977). Lokálne sme v asociácií s polykrasom-(Y) a uranopolykrasom identifikovali aj akcesorický zirkón a xenotím-(Y). V rámci nášho výskumu sme použili pôvodné vzorky „ilmenorutilu“ z materiálu prof. C. Varčeka (Katedra ložiskovej geológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave).

Ložisko mastenca Gemerská Poloma - štôľňa Elisabeth (ďalej označovaná ako Gemerská Poloma) je situovaná v údolí Súľovského potoka, približne 4 km na S od obce Gemerská Poloma (10 km ssz. od Rožňavy). Materiál bol získaný z haldy uvedenej štôľne, kde vo vzdialenosti asi 3 km od ústia boli nafárané granity. V biotitických až dvojsľudových hrubozrnných granitoch s ružovými K-živcami sú časté žily bieleho masívneho kremeňa (zvyčajne 5 - 15 cm hrubé), s relatívne hojným zelenomodrým fluoritom (až 2 - 8 cm veľké jedince), lokálne modrosivým apatitom (do 1 cm) a 0.5 - 2 cm dlhými kryštálmi čierneho prizmatického minerálu so smolným leskom, určeného ako polykras-(Y) až uranopolykras (obr. 2). Polykras-(Y) a uranopolykras vystupuje priamo v kremeni, alebo na kontakte kremenných žíl s granitom v asociácií s K-živcom.

Lokalita Gemerská Poloma - Dlhá dolina, vrt DD-4 a DD-22 (ďalej označovaná ako Dlhá dolina A a B) sa nachádza v doline Dlhého potoka (Dlhej doline), cca 2 km na SZ od kóty Volovec (1213 m n. m.), 7 km sv. od obce Gemerská Poloma, resp. 11 km s. od Rožňavy. V tejto oblasti bolo situovaných viacero prieskumných vrtoz za účelom overovania Sn-W-(Nb-Ta) mineralizácie vo vysoko frakcionovaných partiách spišsko-gemerských granitov. Oxidické minerály Y-REE-Nb-Ta boli zistené a analyzované v žilnom telese kremenných albititov vo vrte DD-4 v hĺbke 514.2 m a v prekremených metapelitoch (fyliťoch) v exokontakte granitov vo vrte DD-22 v hĺbke 842.3 - 844.3 m (Malachovský 1983, 1992). Vo vzorke DD-4 tvorí Y-REE-Ti-Nb-Ta-Si fáza lemy okolo Nb-rutilu („ilmenorutil“) s inklúziami columbitu; veľkosť týchto zhlukov Nb-Ta minerálov dosahuje do 50 μm .

Metodika výskumu

RTG difrakčná prášková analýza bola vykonaná v Laboratóriu RTG difrakcie VVCE SOLIPHA (PriF UK v Bratislave) na prístroji BRUKER D8 Advance v geometrii Bragg-Brentano (konfigurácia Theta-2Theta) s Cu antikatódou ($\lambda\alpha_1 = 1.54060 \text{ \AA}$), Ni K β filtrami a detektorom LynxEye, pri napätí 40 kV a prúde 40 mA. Krok zaznamenávania intenzít bol $0.01^\circ 2\theta$ pri čase 5 s, meraný rozsah záznamu $4 - 94^\circ 2\theta$. Difrakčný záznam bol spracovaný pomocou progra-

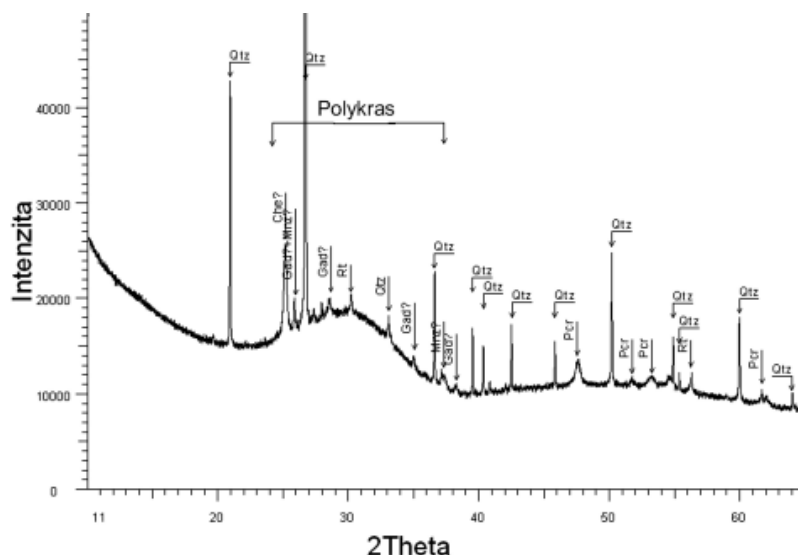
mu Diffra^{plus} EVA.

Chemické zloženie minerálov Y-REE-U-Ti-Nb-Ta bolo študované v leštených nábrusoch pomocou metódy späťne rozptýlených elektrónov (BSE) a vlnovo-disperznej elektrónovej mikroanalýzy na prístroji CAMECA SX-100 v laboratóriu Prírodovedeckej fakulty Masarykovej univerzity v Brne. Bodové mikroanalýzy boli získané pri urýchľovacom napätí 15 kV, vzorkovom prúde 20 nA, priemere elektrónového lúča 1 - 2 μm pri použití prírodných a syntetických štandardov. Detekčné limity meraných prvkov boli 0.03 - 0.12 hmot. %, štatistická chyba merania bola v intervale 0.02 - 0.15 hmot. % (1 σ) v závislosti od koncentrácie prvku. Namerané údaje boli normalizované korekciou PAP. Na minimalizovanie prekryvov REE boli použité empirické korekčné faktory.

Staršie mikrosondové analýzy Y-REE-U-Ti-Nb-Ta fáz z lokality Dlhá dolina A a B boli získané na prístroji JEOL 733 Superprobe na pracovisku Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave pri analogických laboratórnych podmienkach.

Na vzájomné odlíšenie minerálov Y-REE-U-Ti-Nb-Ta, ktoré majú často veľmi podobné chemické zloženie, bola využitá štatistická diskriminačná analýza, vychádzajúca z porovnania chemického zloženia minerálov skupiny euxenitu, eschynitu, samarskitu, fergusonitu a pyrochlóru (Ercit 2005). Uvedená analýza využíva parametre $CV1 = 0.245 \cdot Na_2O + 0.106 \cdot CaO - 0.077 \cdot (FeO + Fe_2O_3 + MnO) + 0.425 \cdot PbO + 0.22 \cdot Y_2O_3 + 0.28 \cdot LREE_2O_3 + 0.137 \cdot HREE_2O_3 + 0.1 \cdot (UO_2 + UO_3 + U_3O_8 + ThO_2) + 0.304 \cdot TiO_2 + 0.097 \cdot Nb_2O_5 + 0.109 \cdot (Ta_2O_5 + WO_3) - 12.81$ (hm. %) a $CV2 = 0.102 \cdot Na_2O - 0.113 \cdot CaO - 0.371 \cdot (FeO + Fe_2O_3 + MnO) - 0.167 \cdot PbO - 0.395 \cdot Y_2O_3 - 0.28 \cdot LREE_2O_3 - 0.265 \cdot HREE_2O_3 - 0.182 \cdot (UO_2 + UO_3 + U_3O_8 + ThO_2) - 0.085 \cdot TiO_2 - 0.166 \cdot Nb_2O_5 - 0.146 \cdot (Ta_2O_5 + WO_3) + 17.29$ (hm. %), kde $LREE_2O_3 = \text{suma } La_2O_3 \text{ až } Eu_2O_3$ a $HREE_2O_3 = \text{suma } Gd_2O_3 \text{ až } Lu_2O_3$ (Ercit 2005). Na odlíšenie minerálov skupiny euxenitu a euxenitu bol využitý prepočet Ewinga (1974), kde veličina $LREE_2O_3 - 0.326 \cdot TiO_2 - 0.06 \cdot Nb_2O_5 + 3.1$ (hm. %) dosahuje kladnú hodnotu pre členy skupiny euxenitu a naopak zápornú hodnotu pre minerály skupiny euxenitu.

Kryštalochemické vzorce polykrasu-(Y) a uranopolykrasu boli normalizované na sumu $W + Nb + Ta + Si + Ti + Sn + Al = 2$ atómy, vzorce Ti-Nb-Ta-Fe fázy na 2 atómy kyslíka a nábojovú bilanciu s rozpočítaním Fe^{3+} a Fe^{2+} .



Obr. 3 RTG záznam polykrasu-(Y) a uranopolykrasu. Lokalita Gemerská Poloma - štôľňa Elisabeth. Použité skratky minerálov: Pcr - polykras, Qtz - kremeň, Rt - rutil, Gad - gadolínit, Mnz - monazit, Che - cheralit.

Tabuľka 1 Reprezentatívne analýzy polykrasu-(Y) a uranopolykrasu (hm. %)

Minerál	Polykras	Polykras	Polykras	Polykras	Polykras	Polykras	Polykras	Polykras	Upolykras	Upolykras	Upolykras	Upolykras	Upolykras
Lokalita	Čučma	Čučma	G. Poloma	Dlhá d. A	Dlhá d. A	Dlhá d. B	Dlhá d. B	Čučma	Čučma	Čučma	G. Poloma	Dlhá d. B	Dlhá d. B
Analýza č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
WO ₃	0.62	1.48	0.38	0.00	0.00	1.33	4.84	1.38	0.78	0.89	0.21	1.88	1.94
Nb ₂ O ₅	14.32	14.85	16.84	21.19	23.81	17.21	23.43	16.24	13.18	6.62	8.52	13.42	12.96
Ta ₂ O ₅	3.37	3.53	3.61	14.55	14.16	10.63	10.39	4.25	2.25	2.13	2.14	10.21	4.79
SiO ₂	0.00	0.85	0.00	6.13	6.23	0.00	0.00	0.13	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
TiO ₂	27.16	24.83	25.76	19.48	20.02	25.38	20.39	26.75	28.41	31.20	29.97	27.60	28.51
SnO ₂	0.02	0.02	0.08					0.00	0.02	0.00	0.20		
ThO ₂	1.61	1.74	1.13	1.08	1.24	1.03	0.00	1.73	1.86	1.88	2.22	2.09	1.94
UO ₂	28.87	24.97	25.06	9.21	7.38	22.74	15.69	23.81	29.52	40.18	37.40	28.76	30.57
Al ₂ O ₃	0.00	0.02	0.00			0.00	1.19	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
Sc ₂ O ₃	0.00	0.02	0.00					0.00	0.02	0.04	0.00		
Y ₂ O ₃	9.48	8.43	10.32	15.65	16.37	11.24	11.32	9.31	8.88	2.47	6.09	10.43	8.09
Ce ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00			0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr ₂ O ₃	0.04	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00		
Nd ₂ O ₃	0.17	0.33	0.16			0.00	0.00		0.18	0.14	0.13	0.00	0.00
Sm ₂ O ₃	0.43	0.50	0.30			0.00	0.00		0.41	0.18	0.25	0.00	0.00
Eu ₂ O ₃	0.29	0.42	0.50						0.47	0.09	0.29		
Gd ₂ O ₃	1.48	1.51	1.54			0.00	0.00		1.44	0.43	0.86	0.00	0.00
Dy ₂ O ₃	1.85	1.71	2.30	2.60	3.25	2.70	3.13		2.00	0.57	1.28	1.27	1.34
Er ₂ O ₃	1.13	1.08	1.44	1.27	0.89	0.75	0.91		1.18	0.33	0.83	0.00	0.89
Yb ₂ O ₃	1.34	1.19	1.37	3.70	3.21	2.10	1.86		1.41	0.45	0.88	1.74	0.00
Sb ₂ O ₃								1.09					
FeO	0.42	1.15	0.46	2.03	1.43	0.89	1.72	1.69	0.43	1.00	0.30	0.59	0.90
MnO	0.00	0.10	0.05			0.00	0.43	0.08	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
CaO	0.40	1.77	0.23	2.32	1.90	0.83	2.23	1.46	0.34	1.98	0.12	0.71	0.50
PbO	0.65	0.32	0.60					0.37	0.67	0.40	0.68		
Na ₂ O	0.12	0.07	0.14			0.00	0.00	0.07	0.10	0.07	0.16	0.00	0.00
K ₂ O	0.09	0.05	0.07			0.00	0.00		0.08	0.10	0.11	0.00	0.00
F	0.23	0.25	0.21						0.18	0.10	0.13		
O=F	-0.10	-0.11	-0.09					0.00	-0.08	-0.04	-0.05		
Suma	93.99	91.08	92.46	99.21	99.89	96.83	99.19	88.36	93.73	91.60	92.72	98.70	92.43

Kryštalochemické vzorce normalizované na sumu W+Nb+Ta+Si+Ti+Sn+Al = 2 atómy

W	0.011	0.028	0.007	0.000	0.000	0.023	0.080	0.025	0.014	0.017	0.004	0.032	0.035
Nb	0.463	0.486	0.542	0.558	0.600	0.517	0.675	0.505	0.423	0.217	0.284	0.403	0.403
Ta	0.065	0.070	0.070	0.231	0.215	0.192	0.180	0.079	0.043	0.042	0.043	0.185	0.090
Si	0.000	0.062	0.000	0.357	0.347	0.000	0.000	0.009	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000
Ti	1.460	1.353	1.379	0.854	0.838	1.268	0.976	1.382	1.518	1.703	1.663	1.380	1.472
Sn	0.001	0.001	0.002					0.000	0.001	0.000	0.006		
Al	0.000	0.002	0.000			0.000	0.089	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
Suma B	2.000	2.002	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000
Th	0.026	0.029	0.018	0.014	0.016	0.016	0.000	0.027	0.030	0.031	0.037	0.032	0.030
U	0.459	0.402	0.397	0.119	0.091	0.336	0.222	0.364	0.467	0.649	0.614	0.425	0.467
Sc	0.000	0.001	0.000					0.000	0.001	0.003	0.000		
Y	0.361	0.325	0.391	0.485	0.485	0.397	0.384	0.340	0.336	0.095	0.239	0.369	0.296
Ce	0.000	0.000	0.000			0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pr	0.001	0.000	0.000						0.000	0.000	0.000		
Nd	0.004	0.009	0.004			0.000	0.000		0.005	0.004	0.003	0.000	0.000
Sm	0.011	0.012	0.007			0.000	0.000		0.010	0.005	0.006	0.000	0.000
Eu	0.007	0.010	0.012						0.011	0.002	0.007		
Gd	0.035	0.036	0.036			0.000	0.000		0.034	0.010	0.021	0.000	0.000
Dy	0.043	0.040	0.053	0.049	0.058	0.058	0.064		0.046	0.013	0.030	0.027	0.030
Er	0.025	0.025	0.032	0.023	0.016	0.016	0.018		0.026	0.008	0.019	0.000	0.019
Yb	0.029	0.026	0.030	0.066	0.055	0.043	0.036		0.031	0.010	0.020	0.035	0.000
Sb								0.031					
Fe	0.025	0.070	0.027	0.099	0.067	0.049	0.092	0.097	0.026	0.061	0.019	0.033	0.052
Mn	0.000	0.006	0.003			0.000	0.023	0.005	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
Ca	0.031	0.137	0.018	0.145	0.113	0.059	0.152	0.108	0.026	0.154	0.009	0.051	0.037
Pb	0.013	0.006	0.011					0.007	0.013	0.008	0.014		
Na	0.017	0.010	0.019			0.000	0.000	0.009	0.014	0.010	0.023	0.000	0.000
K	0.008	0.005	0.006			0.000	0.000		0.007	0.009	0.010	0.000	0.000
Suma A	1.095	1.149	1.064	1.000	0.901	0.974	1.004	0.988	1.083	1.079	1.071	0.972	0.931
Suma REE+Y	0.516	0.483	0.565	0.623	0.614	0.514	0.515	0.340	0.499	0.147	0.345	0.431	0.345
Suma Th+U	0.485	0.431	0.415	0.133	0.107	0.352	0.222	0.391	0.497	0.680	0.651	0.457	0.497
Suma kationov	3.095	3.151	3.064	3.000	2.901	2.974	3.004	2.988	3.082	3.079	3.071	2.972	2.931
F	0.052	0.057	0.047						0.040	0.023	0.030		
O	6.075	6.092	6.040	5.841	5.722	5.960	5.980	5.877	6.046	5.956	6.033	5.971	5.882
Suma aniónov	6.127	6.149	6.088	5.841	5.722	5.960	5.980	5.877	6.086	5.979	6.064	5.971	5.882
Ta/(Ta+Nb)	0.123	0.126	0.114	0.293	0.264	0.271	0.211	0.135	0.092	0.162	0.131	0.315	0.183
Ti/(Ti+Nb+Ta)	0.734	0.709	0.693	0.520	0.507	0.641	0.533	0.703	0.765	0.868	0.836	0.701	0.749

Výsledky

Polykras-(Y) (Y,REE)(Ti,Nb,Ta)₂(O,OH)₆ a uranopolykras (U,Th) (Ti,Nb,Ta)₂(O,OH)₆

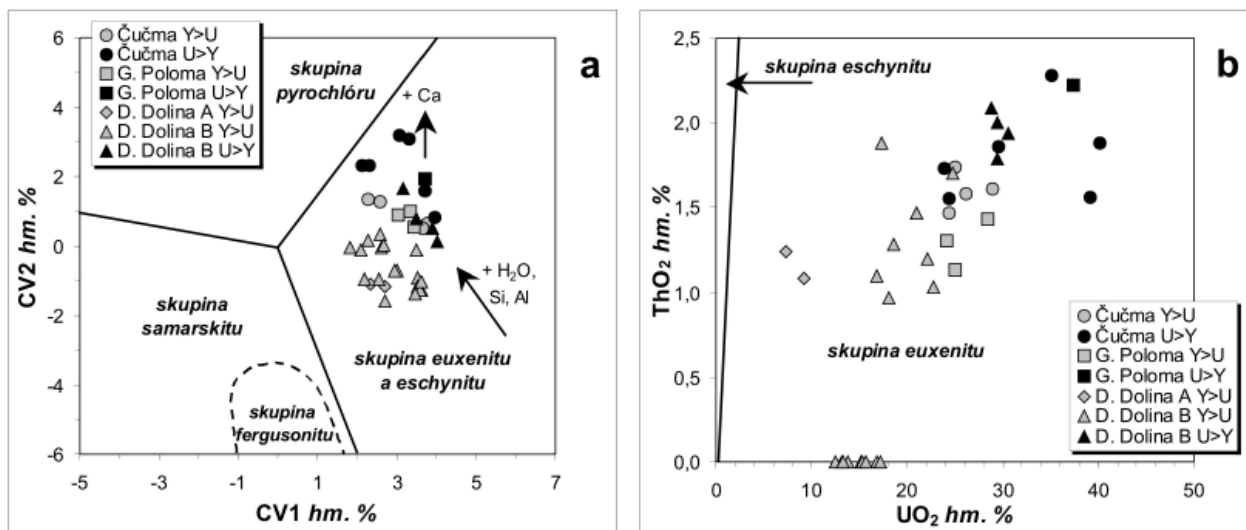
Prášková RTG difrakčná analýza čierneho prizmatického minerálu z lokality Gemerská Poloma preukázala jeho relatívne slabú kryštalinitu, zrejme v dôsledku metamiktizácie (obr. 3). Napriek tomu nevýrazné difrakčné maximá v oblasti $2\theta = 48 - 64^\circ$ môžu poukazovať na prítomnosť polykrasu-(Y), hoci jeho difrakčné maximá v oblasti $25 - 38^\circ$ sú prekryté vysokým pozadím záznamu. RTG difrakčná analýza je kontaminovaná prítomnosťou kremeňa a ďalších možných minerálov (rutil, gadolinit?, monazit?, cheralit?).

Štúdium na elektrónovej mikrosone preukázalo na všetkých študovaných lokalitách dominantnú prítomnosť $(Y>REE, U>Th, Ca)(Ti>Nb>Ta)_2O_6$ fáz (tab. 1).

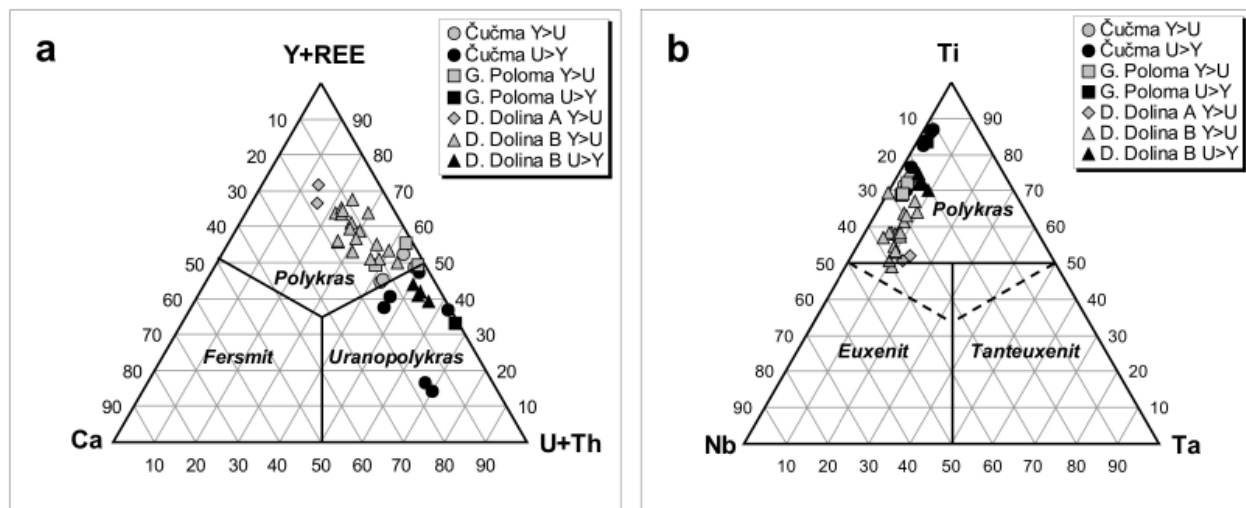
Všetky analýzy študovaných Y-REE-U-Ti-Nb-Ta fáz sa na základe diskriminačnej analýzy (Ercit 2005) umiestnili v poli skupiny euxenitu a eschynitu (obr. 4a). Príslušnosť k skupine euxenitu indikujú záporné hodnoty prepočtu Ewinga (1974), ktoré sa pohybovali v intervale -6.9 až -

12.4, ako aj výrazná prevaha UO_2 nad ThO_2 , typická pre minerály skupiny euxenitu (Ewing 1976) (obr. 4b). Atómové pomery $(Y+REE):(U+Th):Ca$ a $Ti:Nb:Ta$ poukazujú na prítomnosť dvoch minerálov zo skupiny euxenitu s dominantným zastúpením Y+REE ($Y>REE$), resp. $U+Th$ ($U>Th$) v pozícií A a s prevahou Ti nad Nb a Ta v pozícií B - polykrasu-(Y) a uranopolykrasu (tab. 1, obr. 5).

Z prvkov vzácnych zemín v pozícií A jednoznačne prevláda Y, ktoré dosahuje 0.31 - 0.52 apfu v polykrase-(Y) a 0.09 - 0.37 apfu v uranopolykrase. Obsahy sumy REE (bez Y) kolíšu v intervale 0.10 - 0.20 apfu v polykrase-(Y) a 0.05 - 0.16 apfu v uranopolykrase, atómový pomer $Y/(Y+REE)$ dosahuje 0.65 - 0.86, pričom nie je rozdiel medzi polykrasom-(Y) a uranopolykrasom. Vo všetkých prípadoch možno konštatovať výraznú prevahu U nad Th; U dosahuje 0.09 - 0.46 apfu v polykrase-(Y), resp. 0.36 - 0.65 apfu v uranopolykrase, Th max. 0.03 apfu v polykrase-(Y), resp. 0.02 - 0.04 apfu v uranopolykrase. Obsahy Ca v oboch fázach kolíšu medzi 0.005 a 0.16 apfu. Polykras-(Y) a uranopolykras z Dlhej doliny je zvyčajne bohatší na Y a chudobnejší na U v porovnaní s analogickými fázami z Čučmy a Gemerskej Polomy. Suma katiónov v pozícií



Obr. 4 Klasifikačné diagramy polykrasu-(Y) ($Y>U$) a uranopolykrasu ($U>Y$) podľa Ercita (2005 - a) a Ewinga (1976 - b). Charakteristika parametrov CV1 a CV2 je uvedená v texte.



Obr. 5 Chemické zloženie polykrasu-(Y) ($Y>U$) a uranopolykrasu ($U>Y$) v trojuholníkových klasifikačných diagramoch: pozícia A (a) a pozícia B (b).

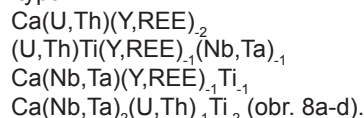
A pri normalizácii na sumu kationov $B = 2$ apfu dosahuje hodnoty 0.90 - 1.15 apfu v polykrase-(Y) a mierne nižšie hodnoty (0.93 - 1.08 apfu) v uranopolykrase.

V rámci kationov v pozícií B prevláda Ti nad Nb a Ta, pričom hodnoty Ti sú vždy vyššie v uranopolykrase (1.38 - 1.70 apfu), ako v polykrase-(Y), kde dosahujú 0.84 - 1.46 apfu. Obsahy Nb v polykrase-(Y) sa pohybujú v intervale 0.46 - 0.78 apfu, v uranopolykrase dosahujú len 0.22 - 0.51 apfu Nb. Koncentrácie Ta sú podstatne nižšie, 0.06 - 0.23 apfu v polykrase-(Y) a 0.04 - 0.19 apfu v uranopolykrase. Atómové pomery $Ti/(Ti+Nb+Ta)$ dosahujú v polykrase-(Y) hodnoty 0.49 - 0.72, v uranopolykrase sú obvykle vyššie (0.70 - 0.87). Najvyššie hodnoty Nb a Ta (max. 0.78 apfu Nb a 0.23 apfu Ta) a súčasne najnižšie obsahy Ti (0.84 - 1.42 apfu) dosahuje polykras-(Y) a uranopolykras z lokality Dlhá dolina A a B; analýzy ojedinele dosahujú až hranicu euxenitu-(Y) (tab. 1, obr. 5b).

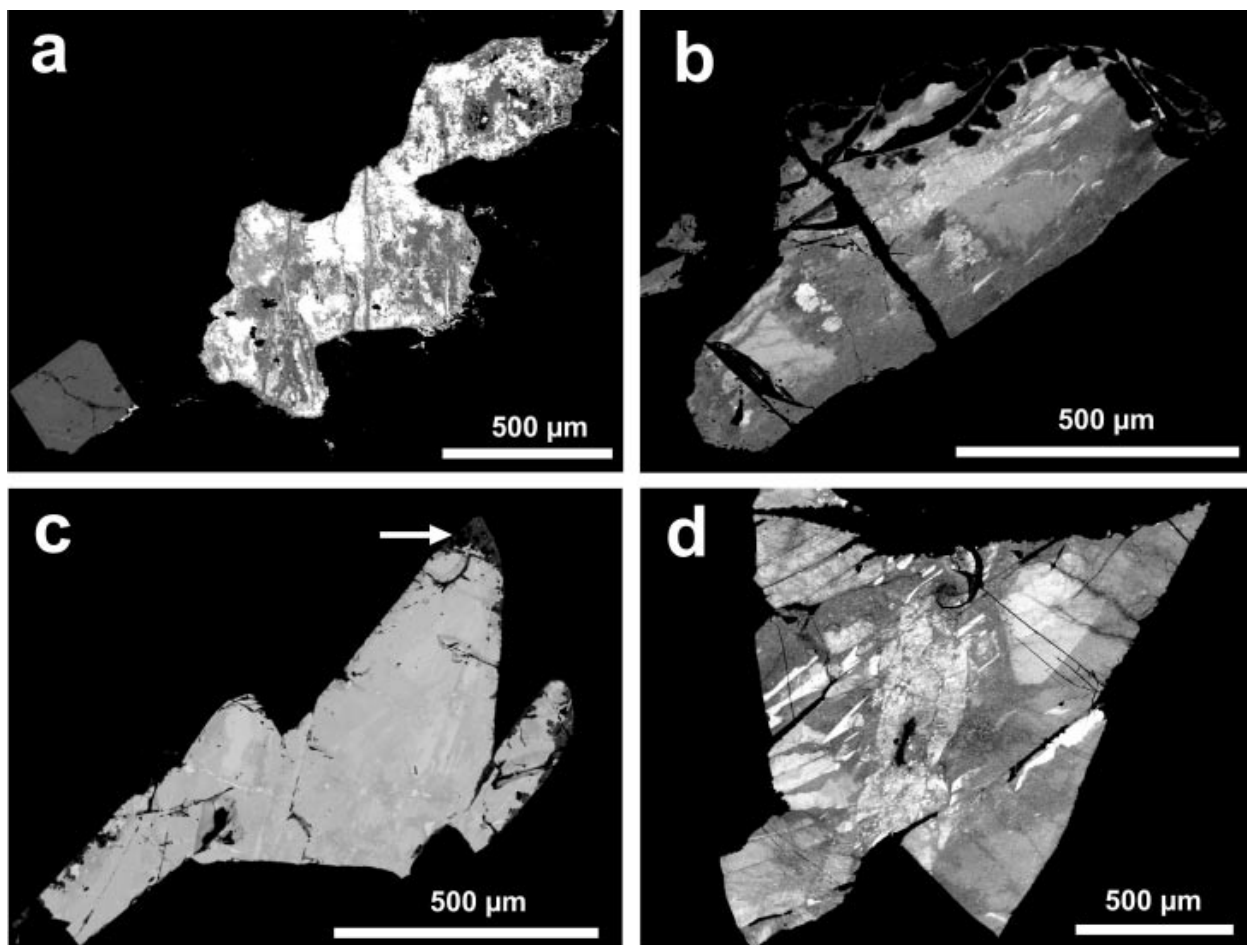
Pozoruhodný je zvýšený obsah Si v polykrase-(Y) z lokality Dlhá dolina A (okolo 6 hm. % SiO_2 , 0.35 apfu Si), pričom v ostatných vzorkách sú obsahy Si pod medzou stanoviteľnosti elektrónovej mikrosondy, resp. max. 0.85 hm. % SiO_2 , 0.06 apfu Si v polykrase-(Y) z Čučmy (tab. 1). Obsahy FeO lokálne dosahujú 2.1 - 2.8 hm. % (0.12 - 0.16 apfu Fe), lokálne sú zvýšené obsahy W (do 5.4 hm. % WO_3 , 0.09 apfu F), Al (max. 1.5 hm. % Al_2O_3 , 0.1 apfu Al) a Sb (do 1.1 hm. % Sb_2O_3 , 0.03 apfu Sb). Ostatné kationy (Sn, Sc, Pb, Na) sa vyskytujú vo veľmi nízkych koncentráciách (pod 0.02 apfu).

Vnútroštruktúra polykrasu-(Y) a uranopolykrasu v BSE poukazuje zväčša na nepravidelnú zonalitu, spôsobenú najmä variáciami Y,REE versus U,Th, v menšej miere Nb,Ta versus Ti (obr. 6a-c); lokálne sa vyskytujú aj zóny s idiomorfným obmedzením, zrejme relikty pôvodnej zonality (obr. 6d). Prevláda fáza, tmavšia v BSE, ktorá zodpovedá polykrasu-(Y) nad svetlejšim uranopolykrasom. BSE snímky súčasne indikujú zatláčanie polykrasu-(Y) mladším uranopolykrasom (najmä obr. 6a). Na lokalite Čučma bola identifikovaná aj tretia, najtmavšia fáza v BSE, zodpovedajúca Ti,Nb,Ta,Fe-oxidu, ktorý zatláča po okrajoch kryštálov polykrasu-(Y) a uranopolykras (obr. 6c).

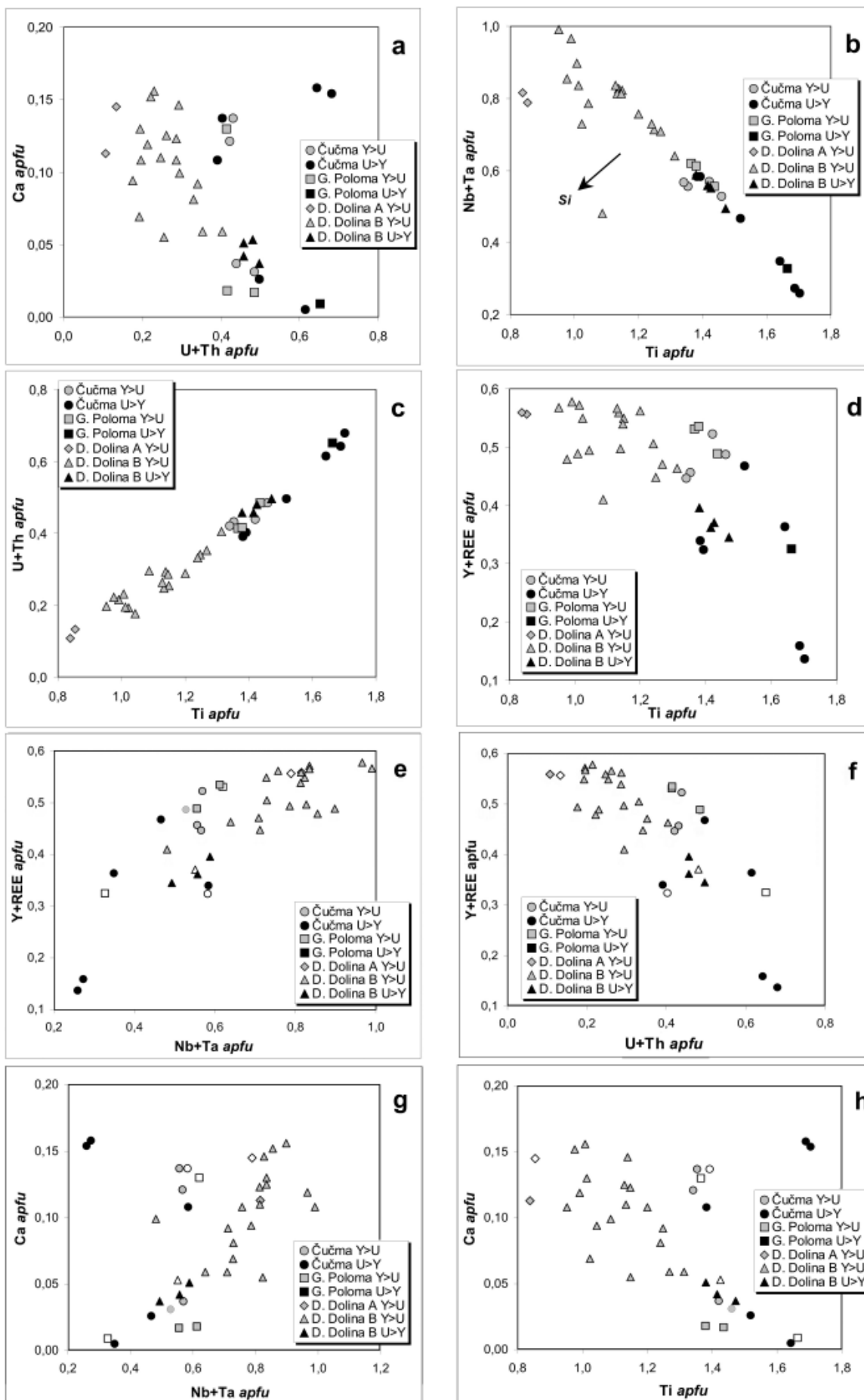
Variácie chemického zloženia dominantných prvkov poukazujú na negatívne korelácie medzi Ca vs. U+Th, Nb+Ta vs. Ti, Y+REE vs. Ti, Y+REE vs. U+Th a Ca vs. Ti, a zároveň pozitívne korelácie medzi U+Th vs. Ti, Y+REE vs. Nb+Ta a Ca vs. Nb+Ta (obr. 7). Tieto korelácie indikujú možnú prítomnosť komplexných heterovalentných substitúcií typu:



Komplexná povaha vzájomného izomorfného zastupovania kationov rôznych valencií v pozíciách $^{[B]}A$ (Ca^{2+} , Y^{3+} , REE^{3+} , U^{4+} , Th^{4+}) a $^{[B]}B$ (Ti^{4+} , Nb^{5+} , Ta^{5+}) však neumožňuje jednoznačne určiť prevládajúcu substitúciu, resp.



Obr. 6 BSE mikrofotografie polykrasu-(Y) - tmavší a uranopolykrasu (svetlejší) z lokality Čučma (a-c) a Gemerská Poloma (d). Tmavšie sivý kryštál s tetragonálnym prierezom na obr. 6a je zirkón, najtmavšia fáza na obr. 6c je Ti-Nb-Ta-Fe minerál (označený šipkou). Foto P. Gadas.



Obr. 7 Diagramy korelácií katiónov v polykase (Y) (Y>U) a uranopolykase (U>Y).

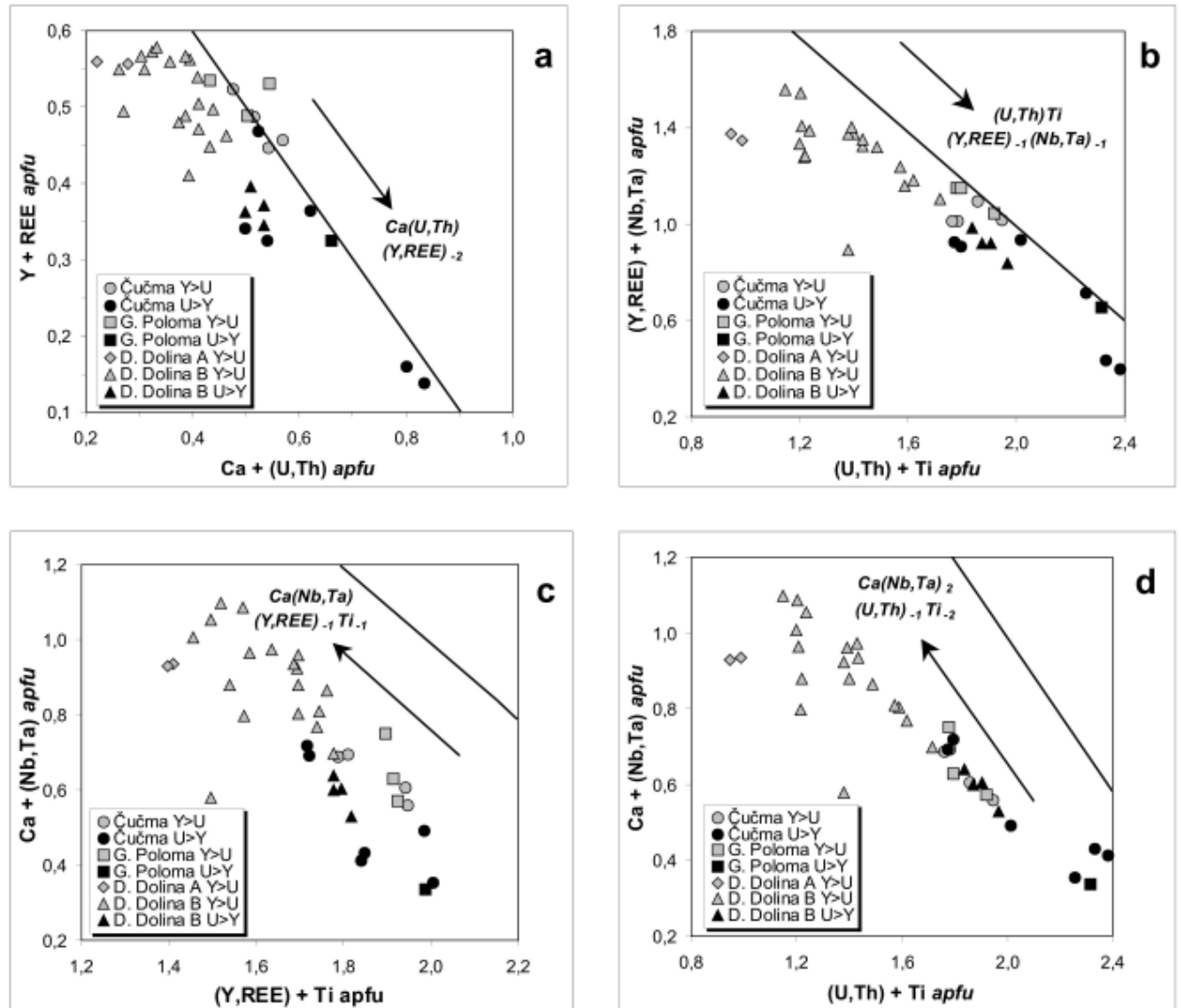
vyľúčiť niektorú inú.

Distribúcia REE a Y, normalizovaná na chondrit, ukazuje jasnú prevahu prvkov ťažkých vzácnych zemín (HREE = Gd - Lu) a Y nad prvkami ľahkých vzácnych zemín (LREE = La - Eu), prudký vzrast LREE a relatívne vyrovnaný priebeh krivky HREE s maximom koncentrácií v intervale Gd - Dy, obsahy REE + Y sú pritom vyššie v polykrase-(Y), ako v uranopolykrase (obr. 9). Lokálne

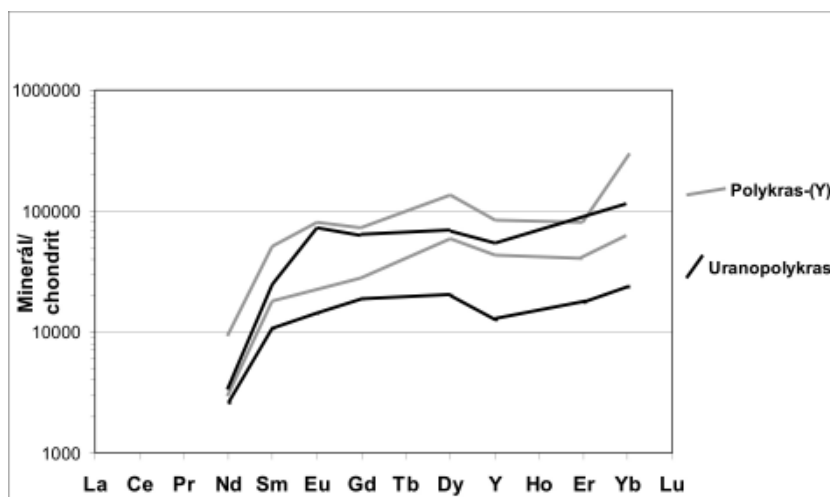
výrazné zvýšené obsahy normalizovaného Lu v polykrase-(Y) môžu byť aj dôsledkom analytickej chyby.

Ti-Nb-Ta-Fe minerál

Minerál Ti-Nb-Ta-Fe bol identifikovaný v podobe sekundárneho lemu, max. 65 µm hrubého okolo kryštálov polykrasu-(Y) - uranopolykrasu na lokalite Čučma (obr. 6c). Jeho MO₂ stechiometria a chemické zloženie



Obr. 8 Substitučné diagramy polykrasu-(Y) (Y>U) a uranopolykrasu (U>Y).



Obr. 9 Krivky distribúcie REE+Y v polykrase-(Y) (Y>U) a uranopolykrase (U>Y), normalizované na chondrit (minimálne a maximálne hodnoty).

s dominantným zastúpením Ti a zvýšenými obsahmi Nb, Ta a Fe je analogické Nb rutilu („ilmenorutilu“) (tab. 2, obr. 10a); jeho zloženie leží v blízkosti teoretickej línie rutil - columbit-tantalit (obr. 10b). Minerál má však relatívne nízke analytické sumy oxidov (89 - 96 hm. %) a zvýšené obsahy Si, Al, Ca a dokonca aj U, Th a Pb (tab. 2), čo je netypické pre kryštalický rutil, resp. anatas alebo brookit. Z textúrnych vzťahov vyplýva, že v tomto prípade ide o sekundárny produkt alterácie polykrasu-(Y) a uranopolykrasu, snáď hydratovaný Nb rutil.

Tabuľka 2 Analýzy Ti, Nb, Ta, Fe-minerálu z Čučmy (hm. %)

Analýza č.	1	2	3	4
WO ₃	0.21	0.13	0.32	0.21
Nb ₂ O ₅	22.04	19.07	18.92	18.32
Ta ₂ O ₅	6.84	6.50	6.46	4.85
SiO ₂	1.19	0.93	1.14	0.87
TiO ₂	49.70	55.05	54.21	48.82
SnO ₂	0.03	0.10	0.00	0.02
ThO ₂	1.02	1.49	1.75	2.18
UO ₂	2.02	2.59	3.13	2.99
Al ₂ O ₃	0.42	0.34	0.32	0.44
Sc ₂ O ₃	0.00	0.00	0.02	0.12
Y ₂ O ₃	0.19	0.19	0.29	0.26
Sb ₂ O ₃	1.22	1.07	1.39	n.a.
Fe ₂ O ₃	4.30	3.89	4.05	7.90
FeO	3.43	3.13	2.93	0.99
MnO	0.23	0.20	0.18	0.11
CaO	0.42	0.33	0.37	0.15
PbO	0.19	0.24	0.26	0.69
Na ₂ O	0.08	0.03	0.03	0.08
Suma	93.53	95.28	95.77	89.00

Kryštalochemické vzorce normalizované na 2 atómy kyslíka a nábojovú bilanciu

W	0.001	0.001	0.001	0.001
Nb	0.168	0.142	0.141	0.146
Ta	0.031	0.029	0.029	0.023
Si	0.020	0.015	0.019	0.015
Ti	0.631	0.680	0.672	0.649
Sn	0.000	0.001	0.000	0.000
Th	0.004	0.006	0.007	0.009
U	0.008	0.009	0.011	0.012
Al	0.008	0.007	0.006	0.009
Sc	0.000	0.000	0.000	0.002
Y	0.002	0.002	0.003	0.002
Sb	0.008	0.007	0.009	
Fe ³⁺	0.055	0.048	0.050	0.105
Fe ²⁺	0.049	0.043	0.040	0.015
Mn	0.003	0.003	0.003	0.002
Ca	0.008	0.006	0.007	0.003
Pb	0.001	0.001	0.001	0.003
Na	0.003	0.001	0.001	0.003
Suma kationov	1.000	1.001	1.000	0.999
Ta/(Ta+Nb)	0.156	0.170	0.171	0.136
Ti/(Ti+Nb+Ta)	0.760	0.799	0.798	0.793

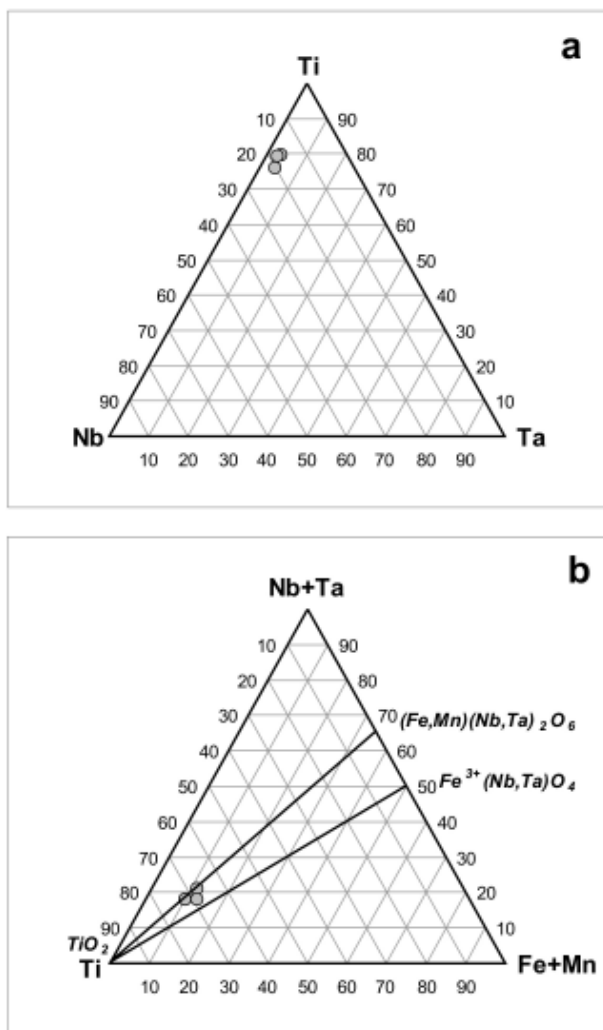
Diskusia a záver

Polykras-(Y) je relatívne zriedkavý minerál, ktorý sa vyskytuje najmä vo vzácno-prvkových granitových pegmatitoch NYF (Nb-Y-F) suity, ktoré sú geneticky viazané na subaluminózne až metaluminózne granity A-, resp. I-typu (Černý, Ercit 2005). Takéhoto charakteru sú napr. granitové pegmatity s polykrasom-(Y) a ďalšími fázami Y-REE a Nb v južnom Nórsku, kde bol na lokalite Rasvåg na ostrove Hitterö tento minerál aj prvý raz opísaný (Scheerer 1844 - in Strunz, Nickel 2001). Polykras-(Y) sa vyskytuje aj na pegmatitových lokalitách Svinär, Kragerö, Alve (Nórsko), Slättåkre (Švédsko), Baveno a Val Codera (Taliansko), Marietta (Južná Karolína, USA), Idaho City (Idaho, USA), Baringer Hill (Texas, USA), Trout Creek Pass (Colorado, USA), Topsham district (Maine, USA), Calvin Township (Ontario, Kanada), v pegmatitoch třebečského plutónu (Česká republika), v Brazílii a Madagaskare (Vlasov 1964; Hanson et al. 1992, 1998; Aurisicchio et al. 2001; Bernard, Hyršl 2006; Škoda, Novák 2007). V oblasti Trout Creek Pass vznikol polykras-(Y) v neskorom štádiu albitizácie pegmatitu (Hanson et al. 1992). V menšej miere bol polykras-(Y) zaznamenaný aj v albitizovaných zónach syenitových riebeckitovo-egirínových pegmatitov ako produkt alterácie ilmenitu (Aleksandrov 1957 - in Čuchrov, Bonštedt-Kupletskaia 1967). Lokálne bol polykras-(Y) zaznamenaný aj v alpských žilách v doline Sulzbachtal v rakúskych Alpách (Bernard, Hyršl 2006) a v podobe polykrasovo-titanitových žiliek v turmalinitoch na Pb-Zn-Ag ložisku Sullivan v Britskej Columbií, Kanada (Slack et al. 2008).

Uranopolykras bol opísaný len pomerne nedávno v dutinových vzácno-prvkových granitových pegmatitoch LCT (Li-Cs-Ta) suity pri San Piero in Campo na ostrove Elba v Taliansku, v asociácii s uránovým polykrasom-(Y), euxenitom-(Y), manganocolumbitom, titanowodginitom, uranmikrolitom, berylom, stilbitom, kremeňom, ortoklasom, albitom, lepidolitom a elbaitom (Aurisicchio et al. 1993, 2002). Neskôr bol identifikovaný aj na pegmatitovej lokalite Val Codera (Ghizzoni, Mazzoleni 2005) a v doline Forno vo Švajčiarsku (Stalder et al. 1998).

Polykras-(Y) a uranopolykras z lokalít Čučma, Gemerská Poloma a Dlhá dolina v gemeriku sú prvými jednoznačne určenými minerálmi zo skupiny euxenitu na Slovensku, resp. v Západných Karpatoch. Netypický je aj minerál Ti-Nb-Ta-Fe, podobný Nb rutilu, ale so zvýšenými obsahmi Si, Al, Ca, U, Th, Pb a nízkymi analytickými sumami. Chemické zloženie, najmä substitučné mechanizmy a distribúcia normalizovaných obsahov Y+REE v polykrase-(Y), resp. uranopolykrase je podobná ostatným svetovým lokalitám (Aurisicchio et al. 1993; Hanson et al. 1992, 1998; Škoda, Novák 2007; Slack et al. 2008).

Spoločným znakom všetkých lokalít polykrasu-(Y) a uranopolykrasu v gemeriku je však ich priestorová a zrejme aj genetická väzba na granity, resp. blízke exokontaktné zóny granitov a prostredie bohaté kremeňom (kremenné žily, žily kremenných albititov, resp. prekremené partie fylitov). Na základe lokálnej paragenézy s fluoritom, apatitom, zirkónom, xenotímom-(Y) a scheelitom možno predpokladať, postmagmatický (subsolvový), pravdepodobne vysokotermálny hydrotermálny vznik Y-REE-U-Ti-Nb-Ta minerálov. Najstarší polykras-(Y) bol zrejme čiastočne alterovaný mladšími fluidami, obohatenými U, pričom vznikol mladší uranopolykras. Najmladším minerálom je Ti-Nb-Ta-Fe oxid (hydratovaný Nb rutil ?), ktorý zatláča a narastá na polykras-(Y) a ura-



Obr. 10 Chemické zloženie Ti-Nb-Ta-Fe minerálu v trojuholníkovom diagrame Ti - Nb - Ta (a) a Nb+Ta - Ti - Fe+Mn (b).

nopolykras na lokalite Čučma. Aj keď sa zdá pravdepodobnejší bezprostredne postmagmatický, permský vek tejto vzácno-prvkovej mineralizácie, nemožno vylúčiť ani jej mladší, alpínsky vznik (rekryštalizáciu?) v dôsledku kriedového tektono-metamorfného prepracovania spišsko-gemerských granitov. Zdrojom Nb, Ta, U a Th sú najpravdepodobnejšie okolité granity, známe svojou špecializáciou na vzácne litofilné prvky (Sn, Nb, Ta, W, Li), ako aj U a Th. Viac otázný sa javí zdroj Y a REE, keďže tieto prvky sa v samotných granitoch nachádzajú v relatívne nízkych koncentráciách (napr. Uher, Broska 1996; Broska, Uher 2001), zrejme v dôsledku ich pokročilej frakcionácie a špecifického zdroja. Mineralizácie obohatené Y a REE však boli zaznamenané na viacerých lokalitách v aureole spišsko-gemerských granitov, konkrétne najmä na lokalite Čučma, kde vystupuje špecifická apatitovo-xenotímovo-monazitová mineralizácia v blízkosti kontaktu s granitmi (Rojkovič et al. 1999; Uher, Štefko 2009). Najpravdepodobnejším mechanizmom koncentrácie Y a REE v exokontakte granitov sa javí ich čiastočné vylúhovanie a odnos z okolitých hornín (najmä metapelitov) pôsobením fluórom obohatených magmatogénnych fluíd (cf. Keppler 1993; Thomas et al. 2005; Slack et al. 2008) a následná precipitácia. Práve špecializované spišsko-gemerské granity sú obohatené fluórom, o čom svedčí

vysoký obsah F v samotných horninách, turmalíne a sľudách, ako aj hojná prítomnosť topásu a fluoritu v greisenizovaných partiách granitov (napr. Rub et al. 1977; Dianiška 1983; Malachovský 1983, 1992).

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0557-06. Autori ďakujú P. Gadasovi (Masarykova univerzita, Brno) za asistenciu pri práci na elektrónovej mikrosonde, ako aj I. Broskovi (Geologický ústav SAV, Bratislava) a R. Škodovi (Masarykova univerzita, Brno) za kritické recenzie a užitočné rady, ktoré zvýšili úroveň článku.

Literatúra

- Aurisicchio C., Orlandi P., Pasero, M., Perchiazzi N. (1993): Uranopolycrase, the uranium-dominant analogue of polycrase-(Y), a new mineral from Elba Island, Italy, and its crystal structure. - *Eur. J. Mineral.* **5**, 1161-1165.
- Aurisicchio C., De Vito C., Ferrini V., Orlandi P. (2001): Nb-Ta oxide minerals from miarolitic pegmatites of the Baveno pink granite, NW Italy. - *Mineral. Mag.* **65**, 509-522.
- Aurisicchio C., De Vito C., Ferrini V., Orlandi P. (2002): Nb and Ta oxide minerals in the Fonte del Prete granitic pegmatite dike, Island of Elba, Italy. - *Can. Mineral.* **40**, 799-814.
- Baran J., Drnzíková L., Mandáková K. (1970): Sn-W-zrudenie viazané na hnilecké granity. - *Mineralia Slov.* **2**, 159-165.
- Bernard J. H., Hyršl J. (2006): Minerals and their localities. Second edition. - 1-823, Granit, Praha.
- Broska I., Uher P. (2001): Whole-rock chemistry and genetic typology of the West-Carpathian Variscan granites. - *Geol. Carpath.* **52**, 79-90.
- Černý P., Ercit T. S. (2005): The classification of granite pegmatites revisited. - *Can. Mineral.* **43**, 2005-2026.
- Čuchrov F. V., Bonštedt-Kupletskaia E. M. (1967): Mineraly., Spravočník Tom II, 3. - 1-676, Nauka, Moskva.
- Dianiška I. (1983): Endo- a exo-kontaktné pomagmatické premeny granitoidov východnej časti Špišsko-gemerského rudohoria. - MS, kandidátska dizertačná práca, Geofond Bratislava.
- Drnzíková L., Drnzík E., Mandáková K., Baran J. (1975): Kritéria cínonosnosti a metalogenetickej špecializácie niektorých typov granitov Špišsko-gemerského rudohoria. - *Mineralia Slov.* **7**, 53-59.
- Ercit T. S. (2005): Identification and alteration trends of granitic-pegmatite-hosted (Y,REE,U,Th)-(Nb,Ta,Ti) oxide minerals: a statistical approach. - *Can. Mineral.* **43**, 1291-1303.
- Ewing R. C. (1974): Mineralogy of Metamict Rare Earth AB_2O_6 -Type Niobium - Tantalum - Titanium Oxides. - Ph.D. thesis, Stanford Univ., Stanford, California.
- Ewing R. C. (1976): A numerical approach toward the classification of complex, orthorhombic, rare-earth, AB_2O_6 -type Nb-Ta-Ti oxides. - *Can. Mineral.* **14**, 111-119.
- Ghizzoni S., Mazzoleni G. (2005): Itinerari mineralogici in Val Codera. - 1-316, Geologia Insubrica, Ed., Milano.
- Hanson S. L., Simmons W. B., Webber K. L., Falster A. U. (1992): Rare-earth element mineralogy of granitic pegmatites in the Trout Creek Pass pegmatite district, Chaffee County, Colorado. - *Can. Mineral.* **30**, 673-686.

- Hanson S. L., Simmons W. B., Falster A. U. (1998): Nb-Ta-Ti oxides in granitic pegmatites from the Topsham pegmatite district, southern Maine. - *Can. Mineral.* **36**, 601-608.
- Kantor J. (1957): A^{40}/K^{40} metóda určovania absolútneho veku hornín a jej aplikácia na betliarsky granit. - *Geol. Práce Správy* **11**, 188-200.
- Kepler H. (1993): Influence of fluorine on the enrichment of high field strength elements in granitic rocks. - *Contrib. Mineral. Petrol.* **114**, 479-488.
- Malachovský P. (1983): Mineralogicko-paragenetické pomery Sn, vzácneprvkovej a hydrotermálnej mineralizácie v Dlhej doline. - Záverečná správa SGR - Vysokotermálna mineralizácia - VP Sn, W, Mo rudy. GP Spišská Nová Ves, Geol. obl. Košice, MS, Geofond Bratislava.
- Malachovský P. (1992): Gemerská Poloma, Sn - Záverečná správa úlohy. GP Spišská Nová Ves, Geol. obl. Košice, MS, Geofond Bratislava.
- Poller U., Uher P., Broska I., Plašienka D., Janák M. (2002): First Permian - Early Triassic zircon ages for tin-bearing granites from the Gemeric unit (Western Carpathians, Slovakia): connection to the post-collisional extension of the Variscan orogen and S-type granite magmatism. - *Terra Nova* **14**, 41-48.
- Rojkovič I. (1999): Konečný P., Novotný L., Puškelová Ľ., Streško V. (1999): Quartz-apatite-REE vein mineralization in Early Paleozoic rocks of the Gemeric Superunit, Slovakia. - *Geol. Carpath.* **50**, 215-227.
- Rub M. G., Pavlov V. A., Cambel B., Veselský J. (1977): Tipomorfnýje osobnosti slúd i akcesorných mineralov gemeridnych granitov Slovakii. - *Geol. Zbor. Geol. Carpath.* **28**, 291-310.
- Slack J. F., Aleinikoff J. N., Belkin H. E., Fanning C. M., Ranson P. W. (2008): Mineral chemistry and SHRIMP U-Pb geochronology of Mesoproterozoic polycrystalline titanite veins in the Sullivan Pb-Zn-Ag deposit, British Columbia. - *Can. Mineral.* **46**, 361-378.
- Stalder H. A., Wagner A., Graeser S., Stuker P. (1998): Mineralienlexikon der Schweiz. - 1-156, Wepf, Basel.
- Strunz H., Nickel E. H. (2001): Strunz mineral tables. - 1-870, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Škoda R., Novák M. (2007): Y,REE,Nb,Ta,Ti-oxide (AB_2O_6) minerals from REL-REE euxenite-subtype pegmatites of the Třebíč Pluton, Czech Republic; substitutions and fractionation trends. - *Lithos* **95**, 43-57.
- Tauson L. V., Kozlov V. D., Cambel B., Kamenický L. (1977): Geochimija i voprosy rudonosnosti olovonosnych gemeridnych granitov Slovakii. - *Geol. Zbor. Geol. Carpath.* **28**, 261-267.
- Thomas R., Förster J.-H., Rickers K., Webster W. B. (2005): Formation of extremely F-rich hydrous melt fractions and hydrothermal fluids during differentiation of highly-evolved tin-granite magmas: a melt/fluid inclusion study. - *Contrib. Mineral. Petrol.* **148**, 582-601.
- Uher P., Broska I. (1996): Post-orogenic Permian granitic rocks in the Western Carpathian-Pannonian area: Geochemistry, mineralogy and evolution. - *Geol. Carpath.* **47**, 311-321.
- Uher P., Števko M. (2009): Apatitovo-vzácnozeminovo-uránová mineralizácia v Čučme pri Rožňave. - *Minerál (Čes. Budějovice)* **17**, 415-419.
- Varček C. (1965): Príspevok k petrografii magmatických hornín okolia Rožňavy. - *Sbor. Geol. Vied Záp. Karpaty* **3**, 7-42.
- Varček C. (1973): Paragenetické a geochemické pomery hydrotermálnych ložísk Spišsko-gemerského rudohoria. Kap. III/c. - Geologicko-ložisková štúdia SGR, MS, Geofond Bratislava.
- Varček C. (1977): Niektoré zriedkavejšie typy mineralizácie v Spišsko-gemerskom rudohorí. - In: Zborník referátov vedeckého seminára Geológia, metalogenéza a prognózy surovín SGR, Košice, 36-62.
- Vlasov K. A. (1964): Geochimija, mineralogija i genetickeskiye typy mestoroždenij redkich elementov. Tom II. Mineralogija redkich elementov. - 1-832, Nauka, Moskva.