Ferocolumbit z frakcionovaného P-bohatého turmalinického leukogranitu z vyderského plutonu na Šumavě

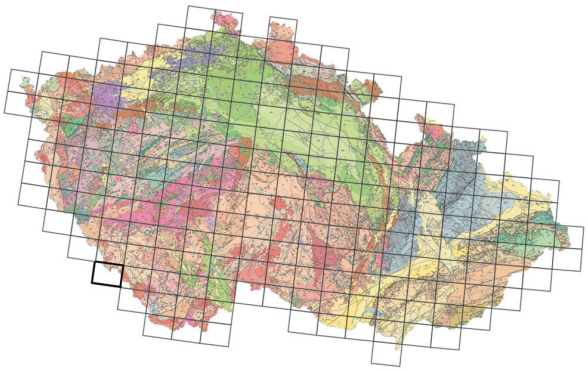
Ferrocolumbite from fractionated P-rich tourmaline leucogranite linked to the Vydra Pluton (Moldanubian Batholith, Šumava Mts., Czech Republic)

Vladimír Žáček [1] – Radek Škoda [2]

[1] Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;
vladimir.zacek@geology.cz
[2] Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 6, 611 37 Brno

Please cite this article as: Žáček, V. – Škoda, R. (2019): Ferrocolumbite from fractionated P-rich tourmaline leucogranite linked to the Vydra Pluton (Moldanubian Batholith, Šumava Mts., Czech Republic). – Geoscience Research Reports, 52, 1, 3–9. (in Czech)

Key words: columbite, ferrocolumbite, tourmaline, leucogranite, Moldanubicum



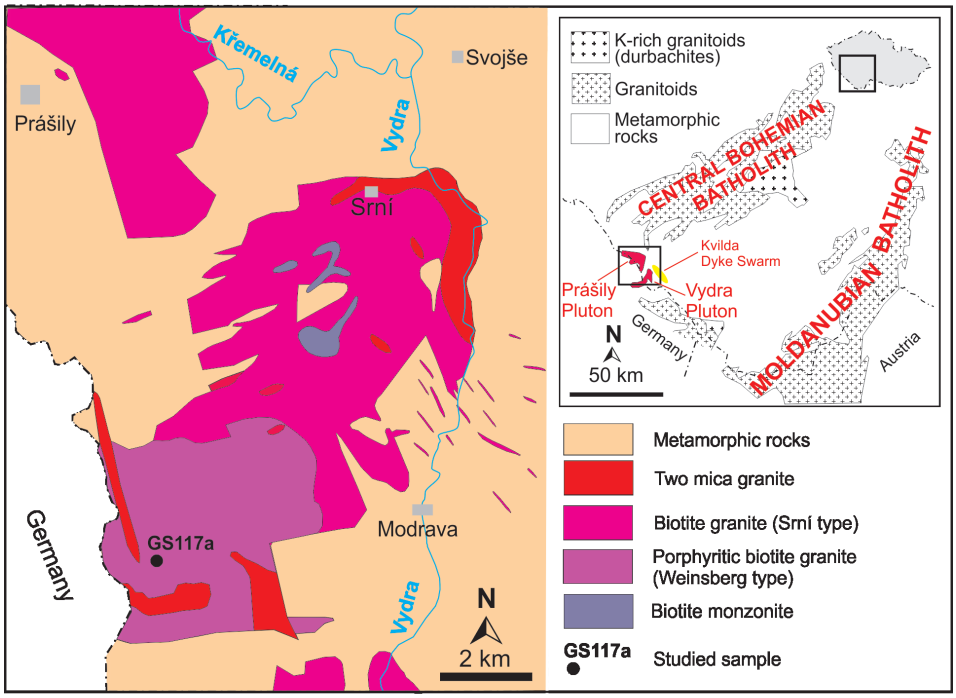
(32-11 Kvilda)

Summary: This paper reports a unique occurrence of macroscopic ferrocolumbite in the fractionated phosphorus- and boron-rich leucogranite related to the Vydra Pluton (SW branch of Moldanubian Batholith, Klomínský et al. 2010, Žáček 2018). A small 1–2 m thick dyke of leucogranite cuts Weinsberg-type biotite granite of the Vydra Pluton (peraluminous S-type granite) at the GS117a site (49.01432° N, 13.41735°E), situated on the Czech-German border in the Šumava National Park (Fig. 1). The leucogranite consists of albite (~35 %), K-feldspar (~25 %), quartz (~30 %), minor muscovite (5–10 %), tourmaline (2–3 %), apatite (1–2 %), accessory U-rich zircon (mostly enclosed in tourmaline) and the ferrocolumbite described below (Fig. 2a–d). The leucogranite is peraluminous, A/CNK = 1.20, La_N/Sm_N = 2.03, Eu/Eu* = 0.33, rich in SiO_2 (72.91 wt.%), Na_2O (4.55 wt.%), K_2O (4.18 wt.%), and boron (~0.2–0.3 wt.% B_2O_3, corresponding to ~2–3% of tourmaline in the rock), see Table 1. The high phosphorus content (0.645 wt.% P_2O_5) is combined with Ca and is partially bound in apatite, with the excess phosphorus subsequently being bound in K-feldspar and albite. The leucogranite has elevated concentrations of Rb (521 ppm), Sn (86 ppm), As (64 ppm), Nb (24 ppm) and U (16 ppm), and low TiO_2 (0.03 wt.%) and MgO (0.08 wt.%). It is extremely depleted in V, Cr, Ni, Sr, Ba, Y, Th (1.7 ppm) and total REE (24 ppm). The albite has elevated Rb_2O (~0.1 wt.%) and P_2O_5 (up to 0.4 wt.%), and the K-feldspar contains ~0.85 wt. % P_2O_5 and also increased Rb_2O (~0.1 wt.%). The muscovite also contains elevated Rb_2O (~0.2 wt. %), Cs_2O (~0.1 wt. %), and FeO^{tot} (~2.5 wt.%) (see Table 2). The tourmaline is zoned *X*-deficient schorl (centre) to Na-rich foitite (rim): Mg/(Mg+Fe) = 0.19–0.20, X_{Na} = 0.46–0.58 apfu, $X_{vacancy}$ = 0.39–0.53 apfu (Table 3, Fig. 3). It frequently encloses radioactive zircon rimmed by conspicuous pleochroic circles (Fig. 2c). The ferrocolumbite appeared as a unique aggregate of prismatic crystals up to 1.5 mm long, grown in the K-feldspar and plagioclase (Fig. 2d). It consists of three generations, which are well distinguishable in a BSE and by chemical composition (Figs 2d, 4, Table 4). The oldest Ta-Mn-poor ferrocolumbite I (approximately 80 % of the sample, see Fig. 2d) is enriched in W (0.04–0.05 apfu) and Ti (0.12–0.15 apfu) and has the average empirical formula (2 points): $(Fe_{0.79}Mn_{0.17})$ $(Nb_{1.67}Ta_{0.17}Ti_{0.13}W_{0.04})$ O_6. Ta-rich ferrocolumbite II forms part of one of the prismatic crystals and irregular patches on the edge of ferrocolumbite I and has the empirical formula: $(Fe_{0.77}Mn_{0.20})$ $(Nb_{1.31}Ta_{0.61}Ti_{0.07}W_{0.02})$ O_6. The third generation forms irregular patches on the edges of ferrocolumbite I and corresponds to Nb-rich ferrotantalite with the empirical formula: $(Fe_{0.77}Mn_{0.23})$ $(Ta_{1.07}Nb_{0.86}Ti_{0.06}W_{0.01})$ O_6. The compositional trend of the studied ferrocolumbite-ferrotantalite is a strong increase in Ta/(Ta + Nb), slight increase in Sn and Sc, and moderate to slight decrease in Ti, W, Zr, Y, Pb and U (Fig. 4, Table 4).

The leucogranite with ferrocolumbite belongs compositionally and spatially to the "Kvilda leucogranite dyke swarm" described by Žáček and Sulovský (2005) from the western vicinity of the Vydra Pluton. It represents the latest intrusions in the area – fractionated residual magma enriched in fluorine and phosphorus. The pattern is similar to highly fractionated, A-type muscovite granites enriched in Tb, Ta, Sn, F and P, e.g. Homolka, Galthof, Nakolice (Breiter and Scharbert 1995, 1998) or the dyke swarm at Lásenice (Klečka and Vaňková 1988). The occurrence of ferrocolumbite in the leucogranite explains the highly probable source of Nb found by exploration geochemistry in this part of the Moldanubian Zone in heavy mineral concentrates (Poňavič et al. 2018).

Minerály skupiny columbitu a všeobecně niobotantaláty jsou v oblasti České masivu většinou vázány na diferencované granitické pegmatity s LCT geochemickou signaturou, nejčastěji v pegmatitech columbitového, beryl-columbitového nebo beryl-columbit-fosfátového subtypu, ale i lepidolitového subtypu (e.g. Novák 2005). Druhým

DOI 10.3140/zpravy.geol.2019.01



Obr. 1. Schematická geologická mapa vyderského plutonu a jeho okolí s lokalizací studovaného vzorku s ferocolumbitem (GS117a). Upraveno podle Žáčka (2018).
Fig. 1. Schematic geological map of the vicinity of the Vydra Pluton showing the sample site of ferrocolumbite (GS117a). Modified after Žáček (2018).

typem výskytu jsou diferencované peraluminické granity a greiseny typu Cínovec nebo Podlesí v Krušných horách (Breiter et al. 2007, René – Škoda 2011).

Ferocolumbit byl nalezen jako ojedinělá akcesorie v žíle leukogranitu v oblasti Rokytecké slatě, asi 6 km zjz. od Modravy. Žíla směru SZ-JV o mocnosti 1–2 m pronikla do porfyrického biotitického granitu typu Weinsberg v jižní části vyderského plutonu (uváděného také jako masiv Vydry), který je jako oddělená intruze součástí jz. větve moldanubického plutonu (Žáček 2018). Leukogranit se skládá z křemene, K-živce, albitu, 5–10 % muskovitu, 2–3 % turmalínu (skoryl–foitit) a asi 2 % apatitu, akcesoricky přistupuje drobný U-bohatý zirkon (většinou uzavřený v turmalínu) a již zmiňovaný ferocolumbit, který se vyskytl jako ojedinělá srostlice prizmatických až 1,5 mm dlouhých krystalů, zarostlých v K-živci a plagioklasu.

Geologická stavba

V širší studované oblasti dominují silně metamorfované horniny jednotvárné skupiny moldanubika, zejména migmatity, které tvoří plášť řady granitových plutonů jz. větve moldanubického plutonu. Moldanubický pluton je největším variským granitovým komplexem v Českém masivu (Klomínský et al. 2010, 2016). Jihozápadní větev moldanubického plutonu se na povrchu člení do řady samostatných plutonů, které tvoří apikální části souvislého tělesa (obr. 1). Jedním z těchto menších těles o ploše zhruba 70 km^2 je vyderský pluton při státní hranici se Spolkovou republikou Německo, asi 10 km j. od Kašperských hor. Převažující část plutonu je tvořena slabě porfyrickým biotitickým granitem typu Srní (řazeným mezi granity typu Weinsberg s.l.), v jižní části pak vystupuje facie hrubě porfyrického biotitického granitu typu Weinsberg s.s. Východní okraj plutonu tvoří v šířce 1–2 km středně zrnitý dvojslídný granit (Žáček 2018). Asi 3 km v. od okraje vyderského plutonu vystupuje v metamorfitech velké množství diskordantních, ~20 cm až ~5 m mocných, většinou strmě ukloněných žil a tělísek leukokratního granitu s turmalínem. Koncentrovány jsou v pásmu směru SZ-JV o délce nejméně 12 km a šířce 1–3 km do nápadného žilného roje, který detailně studovali Žáček a Sulovský (2005). Stejné horniny tvoří i samostatné žíly mimo tento roj a vzácně byly zjištěny i ve vyderském plutonu. V jedné z těchto žil byl nalezen studovaný makroskopický ferocolumbit.

Metodika

Studovaný vzorek GS117a byl nalezen v roce 2006 během terénních prací regionálního mapování v měřítku 1 : 25 000 v oblasti Rokytecké slatě, při severním okraji území mapového listu 32-111 Březník (49,01432° N, 13,41735° E), 6 km zjz. od Modravy. Vzorek byl odebrán ze žíly leukogranitu směru SZ-JV o mocnosti 1–2 m, rozpadlé do bloků. Okolní horninou je hrubě zrnitý porfyrický biotitický granit typu Weinsberg. Při terénních pracích byl také změřen obsah přirozených radioaktivních prvků gamaspektrometrem GRM 260 a magnetická susceptibilita příručním kapametrem KT-5.

Pro zjištění chemického složení byl materiál studován ve vlnově disperzním režimu na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 ve společné laboratoři Masarykovy univerzity a České geologické služby. Analytické podmínky pro columbit byly: urychlovací napětí 15 kV, proud 20 nA, doba načítání 10–60 s na píku pro každý prvek. Jako standardy byly použity: Ca, Si – andradit, Nb, Fe – columbit (Ivigtut), Ti – TiO, Mn – rodonit, Y – YAG, Sc – $ScVO_4$,

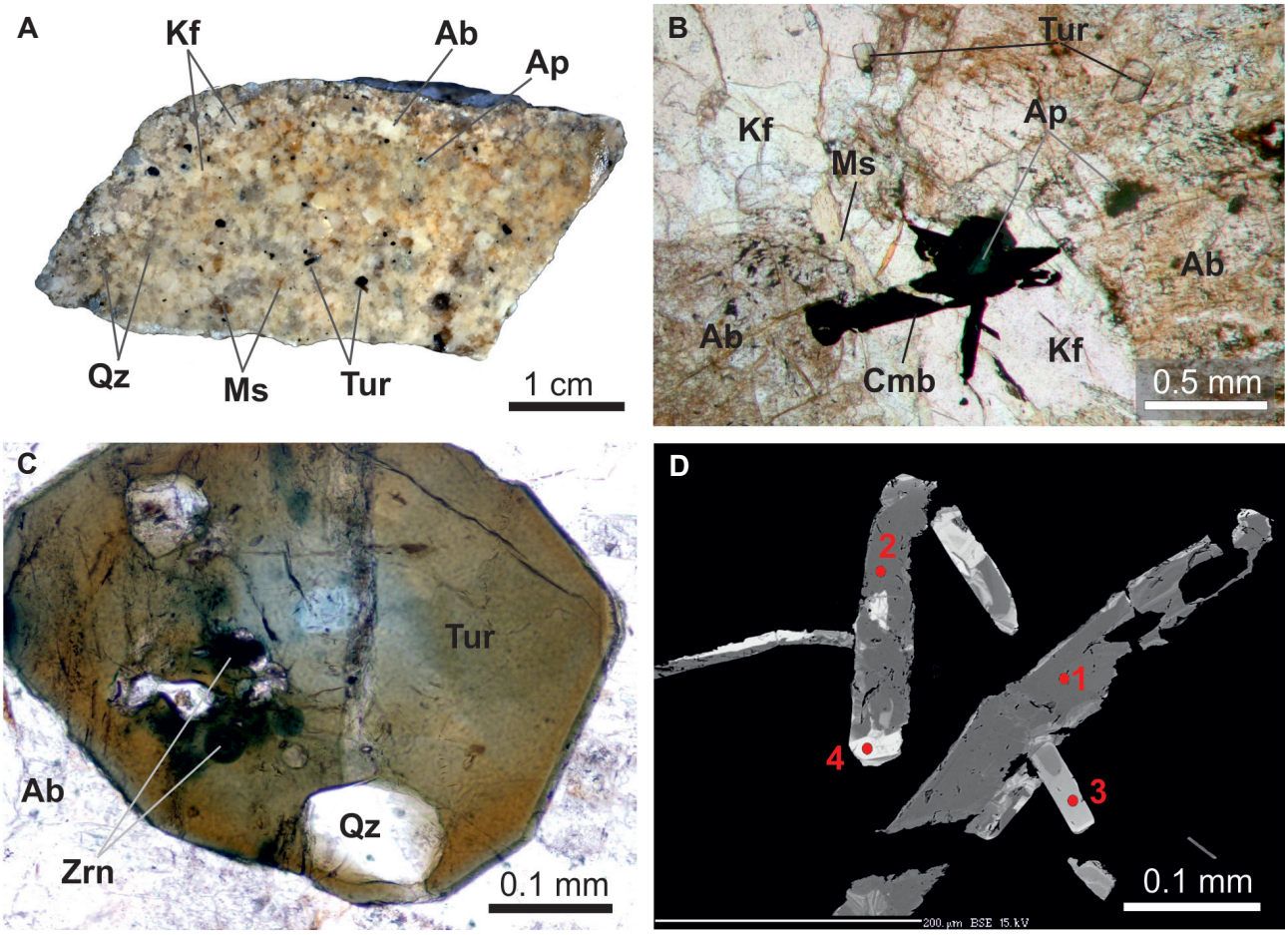
Al – spinel, Mg – olivín, P – fluorapatit, As – InAs, Sn, W, Zr, U, Bi, Hf, Th, Sb – čisté prvky. Pro analýzy ostatních minerálů (silikátů) byly použity dobře definované minerály nebo syntetické fáze (podrobnosti viz Hönig et al. 2014 a Čopjaková et al. 2015). Detekční limity se pohybují od ~300 do ~1100 ppm, v závislosti na konkrétním prvku a koncentraci. Surová data byla upravena X-PHI matrix korekcí (Merlet 1994).

Petrografie a mineralogie leukogranitu

Světle šedý leukogranit, nevýrazně porfyrický, drobně všesměrně zrnitý, se skládá z idiomorfních vyrostlic albitu (~35 %), 1–1,5 mm velkých, dále z narůžovělých hypidiomorfních vyrostlic K-živce (~25 %) a ~30 % xenomorfního křemene (obr. 2a). Terénní měření gamaspektrometrem poskytlo 3,11 hmot. % K, 12,4 ppm $_eU$ a 1,7 ppm $_eTh$. Magnetická susceptibilita leukogranitu je velmi nízká ($0,05 \times 10^{-3}$ SI).

Z geochemického hlediska (tab. 1) je leukogranit peraluminická hornina, A/CNK = 1,20, La_N/Sm_N = 2,03, Eu/Eu* = 0,33; bohatá SiO_2 (72,91 hmot. %), Na_2O (4,55 hmot. %), K_2O (4,18 hmot. %) a B_2O_3 (0,2–0,3 hmot. %), což přibližně odpovídá 2–3 % turmalínu v hornině. Vysoký obsah fosforu (0,645 hmot. % P_2O_5) je kombinován s Ca a částečně tak vázán v apatitu, přebytek P pak v K-živci i v albitu. Leukogranit má zvýšené koncentrace Sn (86 ppm), As (64 ppm), Nb (24 ppm) a Rb (521 ppm) a naopak velmi nízké koncentrace TiO_2 (0,03 hmot. %) a MgO (0,08 hmot. %). Oproti okolním granitoidům vyderského plutonu je silně ochuzen o V, Cr, Ni, Sr, Ba, Y, Th; suma REE je pouze 24 ppm. Hornina má poměrně vysoký obsah U (16 ppm) a je naopak chudá na Th (1,7 ppm); poměr Th/U je 0,11. Srovnání s okolními granitoidy uvádí Žáček (2018).

Plagioklas je čistý **albit** se zvýšenými koncentracemi Rb_2O (0,07–0,10 hmot. %) a P_2O_5 (v centru 0,19, při okraji 0,41 hmot. %). **K-živec** obsahuje kolem 0,85 hmot. % P_2O_5 a zvýšené koncentrace Na_2O (0,50–0,73 hmot. %, Rb_2O (0,05–0,08 hmot. %) a Cs_2O (kolem 0,05 hmot. %, viz tab. 2).



Obr. 2. Petrografie a mineralogie vzorku leukogranitu GS117a. A – rozříznutý vzorek leukogranitu s vyznačenými horninotvornými minerály; B – agregát minerálů ze skupiny columbitu ve vzorku; C – detail výbrusu s velkým krystalem turmalínu s nápadnými tmavými pleochroickými dvůrky kolem inkluzí zirkonu; D – BSE mikrofotografie agregátu minerálů ze skupiny columbitu s červeně vyznačenými analytickými body: 1–2 ferocolumbit, 3 – Ta-bohatý ferocolumbit, 4 – Nb-bohatý ferotantalit (srov. tab. 4).

Fig. 2. Petrography and mineralogy of the leucogranite sample GS117a. A – leucogranite specimen with marked rock-forming minerals; B – aggregate of the columbite-group minerals in the sample; C – tourmaline crystal with conspicuous pleochroic rims around inclusions of zircon; D – BSE microphotograph of the columbite-group minerals. The analytical points are highlighted in red: 1–2 ferrocolumbite, 3 – Ta-rich ferrocolumbite, 4 – Nb-rich ferrotantalite (see also Table 4).

Tabulka 1. Chemické složení studovaného leukogranitu (GS117a)
Table 1. Chemical composition of the studied leucogranite (GS117a)

SiO_2	72.91	Zr	17
TiO_2	0.03	Nb	24
Al_2O_3	14.77	Sn	86
Fe_2O_3	0.25	Pb	7
FeO	0.41	U	16
MgO	0.08	La	5.1
MnO	0.064	Ce	10.5
CaO	0.65	Pr	< 0.7
BaO	< 0.005	Nd	3.9
Li_2O	< 0.005	Sm	1.58
Na_2O	4.55	Eu	0.13
K_2O	4.18	Gd	0.94
P_2O_5	0.654	Tb	<0.7
F	0.141	Dy	0.63
CO_2	0.11	Ho	<0.50
S	< 0.005	Er	0.58
H_2O^+	0.80	Tm	<0.3
H_2O^-	0.10	Yb	0.91
–O = F	–0.059	Lu	0.16
Total	99.699	tot REE	24
Cr	8	La_N/Sm_N	2.3
Ni	17	Eu/Eu*	0.33
Cu	2	K_2O/Na_2O	0.80
Zn	57	K/Rb	136
As	64	Rb/Sr	2
Rb	521		
Sr	28		
Y	3.9		

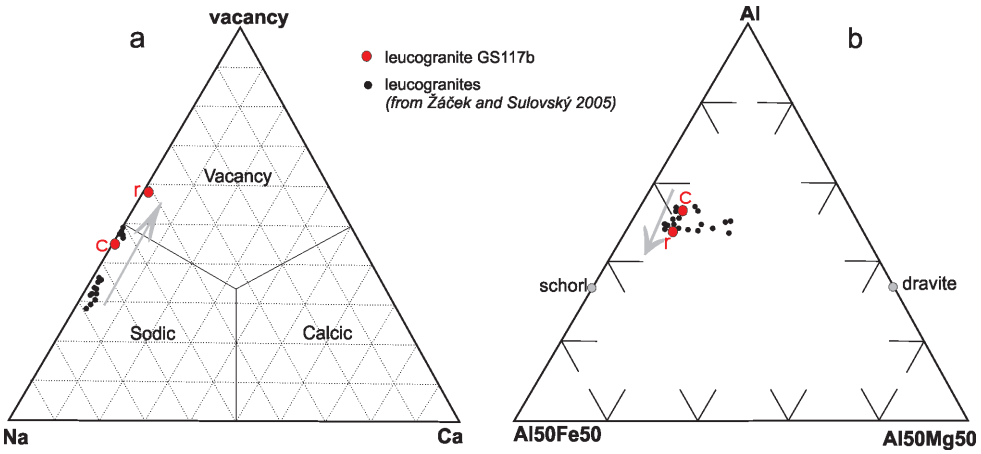
Hlavní oxidy a prvky jsou ve hmot. %, stopové prvky v ppm.
Major elements in wt.%, trace elements in ppm.

Leukogranit dále obsahuje 5–10 % muskovitu, 2–3 % turmalínu, 1–2 % apatitu, akcesorický U-bohatý zirkon (obvykle uzavřený v turmalínu) a dále popsaný ferocolumbit (obr. 2b). **Turmalín** tvoří černé, dlouze sloupcovité idiomorfní krystaly až 4 mm dlouhé a 1 mm silné. Drobnější krystaly jsou i krátce sloupcovité až izometrické, ve výbrusu téměř bezbarvé. Pod mikroskopem jsou krystaly turmalínu zonální, s malým modrým jádrem a širokým hnědým okrajem; četné droboučké inkluze zarostlého zir-

Tabulka 2. Chemické složení živců a muskovitu
Table 2. Chemical composition of the feldspars and muscovite

Mineral	Kf-c	Kf-r	Plg-c	Plg-r	Ms	Ms
SiO_2	63.28	63.05	68.26	67.80	45.50	45.39
TiO_2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.12	0.39
Cr_2O_3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	0.01
Al_2O_3	18.64	18.54	19.53	19.84	33.94	34.50
FeO^{tot}	0.01	0.02	n.a.	0.01	2.69	2.44
MnO	n.d.	0.01	0.03	n.a.	0.03	0.04
MgO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.35	0.39
CaO	n.d.	n.d.	0.02	0.05	n.d.	n.d.
Na_2O	0.73	0.50	10.76	10.88	0.34	0.42
K_2O	15.74	15.92	0.08	0.05	10.72	10.63
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.06
SrO	0.00	0.05	0.05	0.02	n.a.	n.a.
Rb_2O	0.05	0.08	0.07	0.10	0.16	0.19
Cs_2O	0.05	0.05	n.d.	n.d.	0.10	0.02
P_2O_5	0.85	0.83	0.19	0.41	n.a.	n.a.
F	0.07	0.10	0.04	0.04	1.02	0.86
–O = F	0.03	0.04	0.02	0.02	0.43	0.36
SUM	99.39	99.11	99.00	99.18	94.56	94.97

n.a = not analyzed, n.d. = not detected, c = centre, r = rim



Obr. 3. Chemické složení turmalínu leukogranitů v diagramu Na-Ca-$X_{vakance}$ (a) a Mg-Fe-Al (b). Šipka ukazuje vývojový trend.
Fig. 3. Chemical composition of the tourmaline of leucogranites in the diagram Na-Ca-$X_{vacancy}$ (a) and Mg-Fe-Al (b). The arrow shows the compositional trend.

konu jsou lemovány nápadnými tmavě modrými pleochroickými dvory (obr. 2c). Chemicky turmalín odpovídá X-vakantnímu skorylu (modrá centra) až Na-bohatému foititu (široké hnědé okraje): Mg/(Mg + Fe) = 0,19–0,20, X_{Na} = 0,46–0,58 apfu, $X_{vacancy}$ = 0,39–0,53 apfu (tab. 3). **Muskovit** tvoří až 4 mm dlouhé, slabě nažloutlé lupínky a obsahuje zvýšené koncentrace Rb_2O (0,16–0,19 hmot. %), Cs_2O (do 0,10 hmot. %) a FeO^{tot} (2,4–2,7 hmot. %), při XMg = Mg/(Mg + Fe) = 0,19–0,22 (tab. 2). **Apatit** tvoří bíle nebo hnědě zakalené xenomorfní agregáty až 0,5 mm velké, **zirkon** vytvářející droboučká okrouhlá zrnka do 0,01 mm nebyl pro malou velikost analyzován.

Chemické složení ferocolumbitu

Ferocolumbit se vyskytl jako ojedinělá srostlice až 1,5 mm dlouhých prizmatických krystalů zarostlých v K-živci

Tabulka 3. Chemické složení turmalínu vzorku GS117a ve srovnání s chemismem turmalínu G66 (Žáček a Sulovský 2005)
Table 3. Chemical composition of the tourmaline from the studied sample GS117a compared with the tourmaline of leucogranite G66 from Žáček and Sulovský (2005)

sample	GS117b–c	GS117b–r	G66–c	G66–r
SiO_2	36.04	35.53	36.79	35.53
TiO_2	0.10	0.65	n.d.	0.36
Al_2O_3	35.01	33.49	34.98	33.13
FeO^{tot}	12.31	13.28	11.12	13.77
MnO	0.19	0.11	0.12	0.20
MgO	1.77	1.73	2.25	1.39
CaO	0.01	0.12	n.d.	0.06
ZnO	0.12	0.22	n.a.	n.a.
Na_2O	1.44	1.79	1.61	1.81
K_2O	0.02	0.06	n.d.	0.05
F	0.36	0.54	0.09	0.55
–O = F	–0.15	–0.23	–0.04	–0.23
total	87.22	87.28	86.92	86.61
Si	5.968	5.959	6.080	6.016
Ti	0.013	0.082	0.000	0.046
Al	6.835	6.620	6.813	6.610
Fe^{2+}	1.705	1.863	1.537	1.949
Mn	0.027	0.016	0.017	0.029
Mg	0.438	0.432	0.553	0.351
Zn	0.015	0.028		
total Y+Z	15.000	15.000	15.000	15.000
Ca	0.002	0.021	0.000	0.011
Na	0.461	0.581	0.516	0.593
K	0.004	0.013	0.000	0.011
X–vacancy	0.533	0.385	0.484	0.384
total X	1.000	1.000	1.000	1.000
F	0.188	0.287	0.049	0.293
Xmg	0.204	0.188	0.265	0.153

n.a = not analyzed, n.d. = not detected, c = centre, r = rim

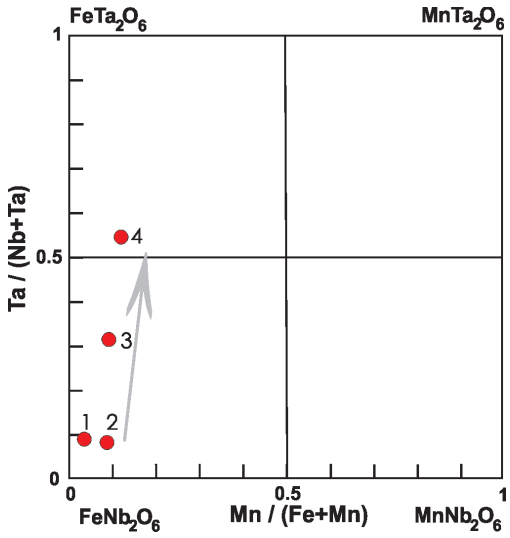
Vzorce turmalínu byly normalizovány na sumu 15 kationtů v pozicích *T* + *Z* + *Y*, za předpokladu absence vakancí v těchto pozicích a nevýznamného obsahu Li.
The tourmaline formulae were normalized to 15 *T* + *Z* + *Y* cations assuming no vacancies in tetrahedral and octahedral sites and insignificant Li content.

Tabulka 4. Chemické složení studovaných minerálů skupiny columbitu
Table 4. Chemical composition of the studied columbite-group minerals

phase	I	I	II	III
WO_3	2.58	3.10	1.07	0.40
Nb_2O_5	62.68	64.60	44.55	26.16
Ta_2O_5	11.33	10.00	34.27	54.49
UO_2	0.10	0.22	0.05	0.04
SnO_2	0.38	0.22	0.49	0.42
ZrO_2	0.48	0.28	0.17	0.11
TiO_2	3.43	2.65	1.48	1.12
Y_2O_3	0.10	0.10	0.06	0.06
Sc_2O_3	0.08	0.08	0.08	0.10
FeO	16.54	15.95	14.22	12.65
MnO	3.00	3.90	3.67	3.72
MgO	0.07	0.05	0.02	0.04
PbO	0.23	0.24	0.21	0.03
SUM	100.99	101.38	100.35	99.33
W	0.039	0.047	0.018	0.008
Nb	1.650	1.694	1.309	0.856
Ta	0.179	0.158	0.605	1.073
U	0.001	0.002	0.000	0.000
Sn	0.009	0.005	0.013	0.012
Zr	0.014	0.008	0.005	0.004
Ti	0.150	0.115	0.072	0.061
Y	0.003	0.003	0.002	0.002
Sc	0.005	0.005	0.005	0.006
Fe^{2+}	0.805	0.774	0.773	0.766
Mn	0.148	0.192	0.202	0.228
Mg	0.006	0.004	0.002	0.004
Pb	0.006	0.006	0.005	0.000
total	3.015	3.012	3.012	3.020
Mn/(Mn+Fe)	0.155	0.199	0.207	0.229
Ta/(Ta+Nb)	0.098	0.085	0.316	0.556

Oxides of Ca, Bi, Si, Hf, Al, Th, As, Sb, P were also analyzed but not detected

Počty kationtů jsou na bázi šesti atomů kyslíku.
The numbers of cations were calculated based on six oxygen atoms.



Obr. 4. Složení ferocolumbitu v diagramu Mn/(Mn + Fe) vs. Ta/(Ta + Nb). Šipka ukazuje vývojový trend. Čísla u analýz odpovídají obr. 2d a tab. 2.
Fig. 4. Compositional diagram of the ferrocolumbite: Mn/(Mn + Fe) vs. Ta/(Ta + Nb). The arrow shows the compositional trend. For the number of analyses see Fig. 2d and Table 2.

a plagioklasu (obr. 2b). Tvoří tři generace dobře odlišitelné v BSE i podle chemického složení (tab. 4). Dominuje nejstarší, na Ta-Mn chudý ferocolumbit I (asi 80 % vzorku, viz obr. 2d, obr. 4), který má zvýšené koncentrace W (0,04–0,05 apfu a Ti (0,12–0,15 apfu) a průměrný empirický vzorec $(Fe_{0.79}Mn_{0.17})$ $(Nb_{1.67}Ta_{0.17}Ti_{0.13}W_{0.04})$ O_6 (ze dvou analýz).

Tantalitem bohatý ferocolumbit II tvoří část prizmatického krystalu a nepravidelné akumulace při okraji ferocolumbitu s empirickým vzorcem $(Fe_{0.77}Mn_{0.20})$ $(Nb_{1.31}Ta_{0.61}Ti_{0.07}W_{0.02})$ O_6.

Třetí generace (III) tvoří nepravidelné skvrny při okrajích ferocolumbitu I a odpovídá Nb-bohatému ferotantalitu s empirickým vzorcem $(Fe_{0.77}Mn_{0.23})$ $(Ta_{1.07}Nb_{0.86}Ti_{0.06}W_{0.01})$ O_6.

Vývoj chemického složení tří generací ferocolumbitu ukazuje na strmý nárůst XTa = Ta/(Ta + Nb), stabilní podíl či nepatrný růst XMn = Mn/(Mn + Fe), růst Sn a Sc a mírný pokles koncentrací Ti, W, Zr, Y, Pb a U.

Závěr

Mineralogické a geochemické složení leukogranitu s výskytem ferocolumbitu koresponduje s rojem žil leukogranitu, lokalizovaných v migmatitech moldanubika z nedalekého okolí vyderského plutonu, který popsali Žáček a Sulovský (2005). Nález ferocolumbitu ve studovaném leukogranitu také vysvětluje pravděpodobný zdroj anomálií Nb, zjištěných šlichovou prospekcí v této části šumavského moldanubika (Poňavič et al. 2018). V regionální jednotce šumavského moldanubika jde zřejmě o první analýzy columbitu z granitu. Zvýšený obsah As je způsoben vtroušeným arzenopyritem. Zlatonosné zrudnění s hojným arzenopyritem a minerály Bi-Te, vázané přímo na leukogranity nebo na křemenné žilky v leukogranitech, bylo popsáno z okolí Horské Kvildy (Šrein et al. 2008).

Podobný charakter jako studovaný leukogranit mají také frakcionované muskovitické granity bohaté na Nb, Ta, Sn, F a P (např. Homolka, Galthof, Nakolice), které popsali Breiter a Scharbert (1995, 1998), nebo porfyry z okolí Lásenice (Klečka – Vaňková 1988) a Milevska (Vrána 1999). Tyto horniny někdy také obsahují akcesorický columbit (uvádějí ho např. Klečka – Vaňková 1988), který v nich však nebyl podrobněji studován. Chemické složení studovaného columbitu a zejména frakcionační trendy jsou podobné minerálům skupiny columbitu z LCT pegmatitů berylového typu (Černý 1989).

Poděkování. Práce byla vytvořena v rámci výzkumného záměru České geologické služby, úkol č. 321 183. Autoři děkují za připomínky F. Laufkovi a P. Mixovi a panu C. Hampsonovi za úpravu anglického textu.

Literatura

Breiter, K. – Scharbert, S. (1995): The Homolka magmatic centre: an example of late Variscan ore-bearing magmatism in the Southbohemian Batholith (southern Bohemia, northern Austria). – Jb. Geol. Bundesanst. 138, 9–25.

Breiter, K. – Scharbert, S. (1998): Latest Intrusions of the Eisgarn Pluton (South Bohemia – Northern Waldviertel). – Jb. Geol. Bundesanst. 141, 25–37.

Breiter, K. – Škoda, R. – Uher, P. (2007): Nb-Ta-Ti-W-Sn-oxide minerals as indicators of a peraluminous P- and F-rich granitic system evolution: Podlesí, Czech Republic. – Mineral. Petrol. 91, 225–248.

Černý, P. (1989): Characteristics of pegmatite deposits of tantalum. In: Lanthanides, Tantalum and Niobium, 195–239. – Springer, Berlin, Heidelberg.

Čopjaková, R. – Škoda, R. – Galiová, M. V. – Novák, M. – Cempírek, J. (2015): Sc-and REE-rich tourmaline replaced by Sc-rich REE-bearing epidote-group mineral from the mixed (NYF + LCT) Kracovice pegmatite (Moldanubian Zone, Czech Republic). – Amer. Mineralogist 100 (7), 1434–1451.

Hönig, S. – Čopjaková, R. – Škoda, R. – Novák, M. – Dolejš, D. – Leichmann, J. – Galiová, M. V. (2014): Garnet as a major carrier of the Y and REE in the granitic rocks: An example from the layered anorogenic granite in the Brno Batholith, Czech Republic. – Amer. Mineralogist 99(10), 1922–1941.

Klečka, M. – Vaňková, V. (1988): Geochemistry of felsic dykes from the vicinity of Lásenice near Jindřichův Hradec (South Bohemia) and their relation to Sn-W mineralization. – Čas. Mineral. Geol. 33, 225–250.

Klomínský, J. – Jarchovský, T. – Rajpoot, G. S. (2010): Atlas of plutonic rocks and orthogneisses in the Bohemian Massif. – Čes. geol. služba. Praha.

Klomínský, J. – Jarchovský, T. – Rajpoot, G. S. (2016): Atlas of plutonic rocks and orthogneisses in the Bohemian Massif. Data supplement. – Čes. geol. služba. Praha.

Merlet, C. (1994): An Accurate Computer Correction Program for Quantitative Electron Probe Microanalysis. – Microchim. Acta 114/115, 363–376.

Novák, M. (2005): Granitické pegmatity Českého masivu (Česká

republika); mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. – Acta Mus. Mor. 90, 3–74. Brno.

Poňavič, M. – Buda, J. – Franěk, J. – Kříbek, B. – Mrázová, Š. – Rambousek, P. – Sidorinová, T. – Vrána, S. (2018): Centrum kompetence efektivní a ekologické těžby nerostných surovin, WP3 – mineralogické a geochemické studium vybraných ložisek nerostných surovin, účelové mapy kritických surovin, 1 : 200 000, list 32 České Budějovice, vysvětlující text, 17 str. – MS Čes. geol. služba. Praha.

René, M. – Škoda, R. (2011): Nb-Ta-Ti oxides fractionation in rare-metal granites: Krásno–Horní Slavkov ore district, Czech Republic. Czech Republic. – Mineral. Petrol. 103, 37–48.

Šrein, V. – Litochleb, J. – Šreinová, B. – Šťastná, M. – Kolman, B. – Velebil, D. – Kryák, K. (2008): Zlatonosná mineralizace z okolí Horské Kvildy na Šumavě. – Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 16/2, 153–176.

Vrána, S. (1999): Dyke swarm of highly evolved felsitic granite porphyry near Milevsko, Central Bohemian Pluton. – Bull. Czech Geol. Surv. 74, 67–74.

Žáček, V. (2018): Radioaktivita a zonálnost v granitových plutonech weinsberského typu: indikátor diferenciace vyderského a prášilského plutonu (moldanubický batolit, Šumava). – Zpr. geol. Výzk. 51, 1, 35–41.

Žáček, V. – Babůrek, J. (2007): Radioaktivita a facie vyderského a prášilského granitového plutonu na Šumavě. In: Breiter, K., ed.: Sborník abstrakt a exkurzní průvodce, 3. sjezd České geologické společnosti, Volary 19.–22. září 2007, 89–90. – Čes. geol. společ. Praha.

Žáček, V. – Sulovský, P. (2005): The dyke swarm of fractionated tourmaline-bearing leucogranite and its link to the Vydra Pluton (Moldanubian Batholith), Šumava Mts., Czech Republic. – J. Czech Geol. Soc. 50, 3–4, 107–118.