

D – MINERALOGIE, PETROLOGIE, GEOCHEMIE

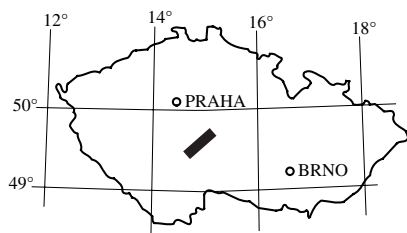
CHEMISMUS ORTORUL A JEJICH GRANÁTŮ V SEVEROVÝCHODNÍ ČÁSTI MOLDANUBIKA

Chemical composition of orthogneisses and their garnets in the NE part of the Moldanubicum

KAREL BREITER

Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

(13-34 Zruč nad Sázavou, 13-43 Golčův Jeníkov, 23-11 Vlašim, 23-12 Ledec nad Sázavou)



Key words: orthogneiss, geochemistry, petrology, garnet, Moldanubicum

Abstract: Four types of lower Paleozoic orthogneisses were distinguished in the NE part of the Moldanubian terrane, Bohemian Massif, Czech Republic. Biotite orthogneisses are distributed in outer parts of the area, while three types of leucocratic muscovite-tourmaline orthogneisses build a SW-NE trending belt running through the entire area. The most fractionated Příbyslavice orthogneiss is characterised by enrichment of phosphorus and tin, mineralogically by common occurrence of phosphorus-enriched garnet.

Geologická pozice a petrografické typy ortorul

V rámci výzkumu kontrastních vložkových hornin sv. části moldanubika (projekt ČGS č. 3228) je studováno chemické a minerální složení ortorul v prostoru mezi Tábořem, Vlašimí a Golčovým Jeníkovem.

Ve studované oblasti lze rozlišit čtyři typy ortorul rozdílného minerálního a chemického složení. Biotitické ortoruly se vyskytují v j. části území s většími tělesy u Pacova a Želivi a v s. části území u Kácova (4,5 km dlouhé a 500 m široké těleso v.-z. protažení), Vlastějovic (3,5 km dlouhé a 300–500 m široké těleso sv.-jz. protažení) a Římovic u Golčova Jeníkova (3,5 km dlouhé a 300–500 m široké těleso sv.-jz. protažení). Tyto ortoruly obsahují jako jediný mafický minerál biotit, místy provázený podřadným množstvím muskovitu. Neobsahují granát.

Leukokratní blanická ortorula tvoří 35 km dlouhý nesouvislý pruh sestávající ze tří hlavních a několika menších těles od Mladé Vožice na JZ přes Velký Blaník po údolí Želivky na V. K blanické ortorule lze přiřadit i paralelní v.-z. protažené 2 km dlouhé a 500 m široké těleso u Trhového Štěpánova. Petrograficky i chemicky jsou blanické

ortorule velmi blízké i ortoruly od Sázavky a Leštiny s. od Světlé nad Sázavou (tělesa o rozměrech prvních stovek metrů). Těleso sv. od Sázavky dosud nebylo na geologických mapách zaznamenáno. Vlastní blanická ortorula je biotit-muskovitická s významným podílem turmalínu a akcesorickým granátem. Těleso u Trhového Štěpánova je světlejší – muskovit-turmalinické – a bez granátu. Ortoruly u Sázavky a Leštiny jsou muskovit-biotitické i muskovit-turmalinické, granát je přítomen v proměnlivém množství v obou faciích.

Specifický chemismus i minerální složení má příbyslavická ortorula v nejsevernějším cípu moldanubika mezi Čáslaví a Golčovým Jeníkovem. Tvoří zde asi 10 km dlouhý obloukovitý k S vyklenutý pás všeobecně z.-v. protažených žilných až čočkovitých těles od Březí na Z přes Příbyslavice k Podmokům na V. Označení této horniny kolísá v mapách i publikacích mezi granitem (POVONDRA et al. 1987, Geologická mapa ČSSR 1 : 500 000, KODYM et al. 1967) a ortorulou (PROCHÁZKA et al. 1979, Geologická mapa 1 : 50 000 list Čáslav, ŠTĚPÁNEK 1996). Ve skutečnosti se v Příbyslavických lomech vyskytuje jak ortorula, tak zřetelně variský granit. Ortorula však tvoří naprostou většinu v mapě zachycených těles, kdežto granit pouze jediný peň o průměru cca 50 m (BREITER et al. 2003). Na Z i V ortorulového pruhu vystupuje facie muskovit-biotitická, v centrální části pak facie muskovit-turmalinická s granátem.

Geochemie ortorul

Biotitické ortoruly jsou chemicky nejvíce proměnlivé – obsah SiO_2 kolísá v širokém rozpětí od 65 do 75 %, s rostoucím Si roste K (2,5 až 5 % K_2O) a Rb (100–350 ppm), snižují se obsahy Fe, Ca, Al a Sr, zatímco Na a P se výrazně nemění.

Blanická ortorula je naopak chemicky homogenní – SiO_2 v rozmezí 72–75 %. S rostoucím obsahem křemíku mírně klesá Al, Fe a P, zatímco obsahy Na, K, Rb, Sr a Zr jsou téměř konstantní. Zajímavá je zřetelná pozitivní korelace mezi P a Sn, kde obsah cínu stoupá až ke 30 ppm, tedy hodnotě charakteristické pro frakcionované cínonosné granity (obr. 1). Leukokratní ortoruly od Leštiny a Sázavky jsou ve srovnání s blanickou ortorulou bohatší na křemík (75–76 % SiO_2) a draslík (4,5–5,0 % K_2O) a chudší na sodík (3,3–3,5 % Na_2O).

Přibyslavická ortorula je ze studovaných hornin chemicky nejvariabilnější – SiO_2 kolísá kolem 71 % v biotických faciích na periferii a v rozmezí 73–75 % ve faciích muskovitické v centrální části systému. Obsahy železa a fosforu s růstem SiO_2 systematicky klesají – Fe díky vymizení biotitu, P díky snižování obsahu K-živce (hlavního nositele fosforu) v křemenem nejbohatších partiích. Obsahy sodíku a draslíku jsou velmi variabilní a reflektují výrazně proměnlivé zastoupení K-živce a albitu v muskovitické faciích. Obsahy kompatibilních stopových prvků Sr, Zr, Th a REE jsou nízké v obou faciích ortoruly. Z litofilních prvků vykazuje výrazný frakcionační vzestup Rb (200 až 600 ppm) a Sn (10–60 ppm), zatímco obsahy F a Li jsou celkově až překvapivě nízké. I v přibyslavické ortorule je pozoruhodná pozitivní korelace mezi obsahy fosforu a cínu (obr. 1).

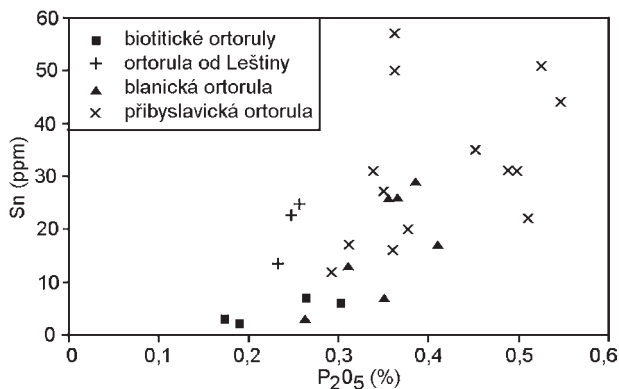
Granáty

Granát je běžnou akcesorickou až vedlejší součástí v mnoha ortorulových tělesech. Jeho postavení v sukcesi je různé – od raně krystalizující rovnoměrně rozptýlené akcesorie v blanické ortorule v lomu Keblov přes pravděpodobně pozdní krystalizaci granát-křemenných nodulí (Přibyslavice, Leština) až po velmi pozdní krystalizaci na střížných zónách kosých na metamorfní foliaci v blanické ortorule v lomu Křížov. Všechny analyzované granáty jsou almandiny s 10–20 % spessartinové komponenty, obsahy grosulárové a pyropové komponenty jsou nízké až zanedbatelné (vždy v součtu pod 5 %). Charakteristickým znakem granátů moldanubických ortorul je obsah fosforu, který se většinou pohybuje mezi 0,1 a 0,4 % P_2O_5 .

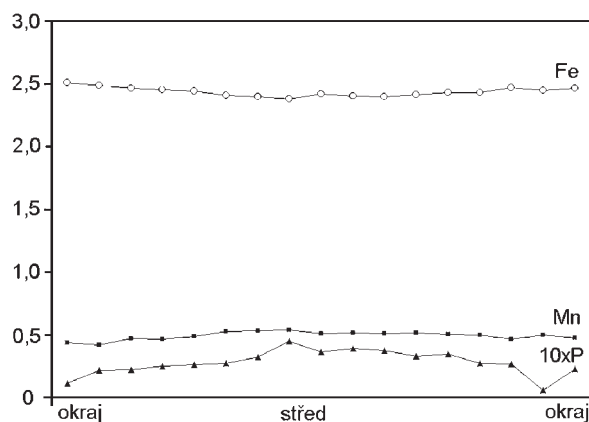
Krystaly granátů z ortorul jsou pouze nevýrazně zonální s relativně mírně Mn(+Ca, Mg)-obohacným jádrem a Fe-bohatším okrajem. Fosfor je obvykle více zastoupen v jádře krystalů (obr. 2). Výjimkou jsou granáty z intenzivně migmatizované žilné ortoruly v Březí u Čáslavi. Tamní granáty (viz obr. v barevné příloze VI) mají Ca, Mg, Y-bohatá jádra s četnými inkluzemi xenotimu a Mn+P-bohaté vnější zóny. Ytriem bohatá jádra představují relikty starší, předmigmatizační etapy vývoje horniny. Vnější, P-bohaté zóny krystalu rostly patrně během migmatitizace, kdy vznikala minerální asociace granát-apatit-alkalické živce-křemen.

Diskuse

Tři ze studovaných typů ortorul (blanická, od Leštiny, přibyslavická) jsou obohaceny borem, což se makroskopicky projevuje přítomností hojného turmalínu. Kvantitativní data pro bor jsou v moldanubiku poměrně řídká (ČADKOVÁ et al. 1984), ale na první pohled je patrný rozdíl mezi všeobecně B-bohatými spodnopaleozoickými granity (ortorulami) a B-chudými granitoidy variskými. Jedním z možných důvodů této disproporce může být, že oba typy hornin vznikly tavením téhož (meta-)sedimentárního protolitu. Bor je v sedimentech vázán do jílových minerálů, v meta-



Obr. 1. Korelace mezi obsahem cínu a fosforu v rulách sv. části moldanubika.



Obr. 2. Typický chemický profil krystalu granátu vzniklého jediným procesem. Muskovit-turmalinická ortorula s granátem, Přibyslavice, lom č. 3 (vz. 3680). Průměr krystalu je 5 mm. Obsahy Fe a Mn jsou udány v atomech na vzorcovou jednotku, obsah P v desetinásobku počtu atomů na vzorcovou jednotku. Analyzováno metodou EDS, mikrosonda České geologické služby, Praha.

morfitech potom do muskovitu. Při první epizodě tavení má B tendenci odcházet kvantitativně do vznikající „minimální“ taveniny. Další, variská etapa tavení pak již vyžadovala vyšší teplotu, docházelo k destrukci biotitu, příp. amfibolu a tím obohacení taveniny fluorem, bor však již nebyl v protolitu k dispozici.

Dalším obecným znakem studovaných ortorul je častý zvýšený obsah fosforu (0,3–0,5 % P_2O_5). To patrně souvisí s obecně vysokou peraluminitou a nízkým obsahem vápníku. Oba tyto faktory jsou charakteristické pro pelitické zdrojové horniny a oba, díky blokaci krystalizace apatitu, podporují setrvání fosforu v tavenině až do pozdních stadií jejího vývoje.

Pozitivní korelace mezi P a Sn zjištěná již dříve ve variských granitech moldanubika (BREITER – SCHARBERT 1998, BREITER – KOLLER 1999) se zřetelně projevuje i ve studovaných ortorulách, přímý důvod této vazby však není zřejmý. Dalším společným znakem ortorul a variských granitů moldanubika jsou relativně nízké obsahy F a Li i v silně frakcionovaných faciích bohatých Rb a Sn.

Tabulka 1. Chemické složení reprezentativních vzorků ortorul severovýchodního moldanubika (v %, stopové prvky v ppm)

č. vzorku	3775	3806	3796	3798	3799	3770	3262
lokality	Římovice	Kácov	Keblov	Trhový Štěpánov	Křížov	Podmoky	Přibyslavice
minerály	Bi	Bi	Bi-Mu-Grt	Mu-Tur	Bi-Mu-Tur	Bi-Tur	Mu-Tur
SiO ₂	69,94	76,20	72,75	75,60	72,16	72,75	74,70
TiO ₂	0,33	0,10	0,13	0,04	0,08	0,06	0,04
Al ₂ O ₃	15,02	12,36	14,57	13,16	14,86	15,13	14,58
Fe ₂ O ₃	0,74	0,41	0,33	0,19	0,27	0,41	0,369
FeO	1,92	0,58	0,43	0,22	0,77	0,80	0,361
MgO	0,67	0,13	0,15	0,10	0,20	0,16	0,031
MnO	0,066	0,023	0,051	0,022	0,039	0,111	0,05
CaO	1,37	0,66	0,55	0,52	0,49	0,47	0,42
Li ₂ O	0,012	0,003	0,007	0,002	0,036	0,024	0,061
Na ₂ O	3,88	3,11	3,85	3,85	3,85	4,07	3,85
K ₂ O	3,80	5,07	4,51	4,83	4,52	4,51	3,89
P ₂ O ₅	0,174	0,303	0,361	0,262	0,385	0,547	0,488
F	0,091	0,075	0,088	0,071	0,123	0,142	0,141
LOI	1,02	0,60	0,86	0,41	0,74	0,74	0,63
H ₂ O ⁻	0,20	0,10	0,15	0,10	0,09	0,08	0,05
Total	99,23	99,72	98,80	98,83	98,62	100,00	99,63
Zn	57	30	48	17	63	6	46
As	6	4	6	4	6	7	18
Rb	139	228	255	275	320	460	520
Sr	136	61	40	50	41	25	17
Y	31	25	13	16	16	12	<7
Zr	177	61	40	52	36	26	<7
Nb	14	10	12	13	13	23	19
Sn	3	6	26	3	29	44	31
Pb	19	6	12	4	11	6	<7
Th	15	10	5	12	4	2	1
U	4	6	11	10	13	4	6

Vysvětlivky: **3775** – Římovice u Golčova Jeníkova, 1 km od sv. obce, bloky v lese, drobně až středně zrnitá biotitická ortorula, **3806** – kóta Klenka 2,5 km jv. od Kácova, bloky v lese, středně až drobně zrnitá tence břidličnatá biotitická ortorula s muskovitem, **3996** – Keblov, opuštěný lom 1 km s. od obce, drobnozrná dvojslídlná ortorula s jemným rozptýleným granátem, **3998** – Trhový Štěpánov, opuštěný lom 1,5 km sz. od obce, leukokratická muskovit-turmalinická ortorula, **3799** – Křížov pod Blaníkem, opuštěný lom s. od obce, středně zrnitá tence břidličnatá leukokratická muskovit-turmalinická ortorula s četnými střížnými zónami s granátem kose k břidličnatosti, **3770** – Podmoky u Čáslavi, bloky na okraji lese 1 km z. od obce, středně až drobně zrnitá tence břidličnatá dvojslídlná ortorula s turmalínem, **3262** – Přibyslavice, lom č. 2, středně zrnitá muskovit-turmalinická ortorula.

Literatura

- BREITER, K. et al. (2003): Přibyslavice near Čáslav, tourmaline-muscovite orthogneiss, muscovite granite, pegmatite. In: Novák, M. (ed): Lerm 2003. International symposium on light elements in rock forming minerals, Field trip guidebook. 77–90. Brno.
- BREITER, K. – KOLLER, F. (1999): Two-mica granites in the central part of the South Bohemian Pluton. – Abh. Geol. B.-A., 56, 201–212. Wien.
- BREITER, K. – SCHARBERT, S. (1998): Latest intrusions of the Eisgarn pluton (South Bohemia – Northern Waldviertel). – Jb. Geol. B.-A., 141, 25–37. Wien.

- ČADKOVÁ, Z. et al. (1984): Katalog analys regionální geochemické sítě. – MS Čes. geol. úst. Praha.
- POVONDRA, P. et al. (1987): Přibyslavice peraluminous granite. – Acta Univ. Carol., Geol., 183–283.
- KODYM, O. et al. (1967): Geologická mapa ČSSR 1 : 500 000. – Ústř. úst. geol. Praha.
- ŠTĚPÁNEK, P. (1996): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 13-43 Golčův Jeníkov. – Čes. geol. služba. Praha.
- PROCHÁZKA, Z. et al. (1979): Přibyslavice – závěrečná zpráva. – MS Geo-industria Praha.

Fotografie jsou v příloze VI

