

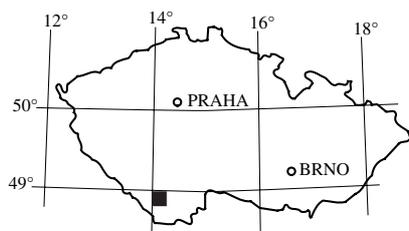
ULTRADRASELNÝ KŘEMENNÝ MELASYENIT OD NEBAHOV NA PRACHATICKU – GEOCHEMICKY ANOMÁLNÍ LAMPROITICKÁ HORNINA

Ultrapotassic quartz melasyenite from Nebahovy near Prachatice, South Bohemia: geochemically anomalous lamproitic rock

FRANTIŠEK V. HOLUB

Ústav petrologie a strukturní geologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(32-21 Lhenice)



Key words: Moldanubian area, ultrapotassic rocks, lamproite, syenite, geochemistry, lithospheric mantle, mantle enrichment

Abstract: Fine-grained melasyenite of presumably Variscan age occurs at Nebahovy near Prachatice, South Bohemia. It forms only a very small body surrounded by metamorphic rocks of the Prachatice granulite massif, Moldanubian crystalline complex. The rock is composed of K-feldspar, phlogopite > highly magnesian richteritic amphibole, plus accessory apatite and rutile. Whole rock chemistry is very high in K_2O , ultrapotassic, highly magnesian and low in lime. In contrast with majority of typical lamproites, the Nebahovy melasyenite has considerably higher alumina content. The apatitic index is about 1.03–1.05. Trace element geochemistry is characterized by relatively high Cr, Ni, very high La/Yb and extremely high LILE/HFSE ratios. Such a magma could originate by partial melting of a highly anomalous domain in the sub-continental lithospheric mantle. The source was of refractory (harzburgitic) character, but strongly re-enriched in hygromagmatophile elements.

Ze šumavského moldanubika v blízkém okolí Prachatic popsal HEJTMAN (1975) řadu drobných těles mafických plutonitů bohatých draslíkem. Většina těchto hornin, k nimž patří mimo jiné i známý křemenný meladorit z Libína, se vyznačuje vysokými obsahy biotitu až flogopitu a látkově je příbuzná durbachitům. Vzorek z Nebahov (0,5 km j. od obce, těleso č. 23), který Hejtman označil jako amfibol-biotitický syenit hypersolvního charakteru a uvedl pro něj modální složení, celkovou chemickou analýzu i analýzy separovaného amfibolu a biotitu, se však od ostatních těles dané oblasti výrazně liší. Nápadný je zejména její extrémně vysoký obsah K_2O .

Výskyt představuje drobné těleso neznámého tvaru, jehož šířka pravděpodobně není o mnoho větší než zašlý lůmek, kterým bylo kdysi odkryto. Okolí tvoří horniny prachatického granulitového masivu, do různé míry postížené retrogresí. Vlastní syenitická hornina nenesie známky metamorfní rekrystalizace a není důvodu předpokládat pro ni jiné než variské stáří. Hornina je stejnoměrně drobnozrná a má hypautomorfně zrnitou strukturu. Obsahuje zhruba 50 % K-živce, 6 % křemene, 35 % biotitu, 7 % amfibolu a

hojné akcesorie – zejména apatit a rutil. Podle klasifikace IUGS odpovídá amfibol-biotitovému K-živcovému melakvarcysyenitu.

Abnormální povahu nebahovského melasyenitu indikuje charakter přítomného amfibolu. Tento amfibol má zvláštní pleochroismus se zelenavými a nafialověle šedými barvami, jimiž se podobá amfibolům ze silně hořečnatých peralkalických hornin. Již analýza z Hejtmanovy práce má proti aktinolitickým amfibolům z ostatních mafických ultradraselných hornin Prachaticka výrazně zvýšené obsahy Na a K, přestože ještě zapadá do skupiny amfibolů vápenatých. Podle nových mikrosondových analýz (tabulka 1) je amfibol velmi vysoce hořečnatý a proti původní „mokré“ analýze separovaného minerálu má několikanásobně nižší obsahy Al_2O_3 a zhruba o polovinu vyšší obsah Na_2O . Podle nejnovější klasifikace amfibolů (LEAKE et al. 1997) již odpovídá richteritu. Obsahy alkálií jsou v něm podobné jako v méně silně hořečnatém richteritu ze žilného alkalického mikrosyenitu (thuresitu) z lokality Stařeč u Třebíče (viz NĚMEC 1973) a některých dalších thuresitů z Českého masivu. Jsou však podstatně nižší než u richteritů z typických, tj. výrazně peralkalických lamproitů.

Biotit odpovídá Fe-flogopitu s mg-hodnotou, tj. parametrem $100Mg/(Mg + Fe)$, kolem 74. Obsahy Al_2O_3 jsou rela-

Tabulka 1. Složení tmavých minerálů podle mikrosondových analýz

	amfibol		biotit	
	střed	okraj	střed	okraj
SiO ₂	55,22	55,90	41,11	40,84
TiO ₂	1,04	0,36	3,73	3,97
Al ₂ O ₃	0,80	0,20	11,49	11,44
Cr ₂ O ₃	0,10	0,09	0,21	0,16
FeO tot	6,90	6,45	11,84	11,74
MnO	0,18	0,23	0,10	0,15
MgO	20,36	21,26	19,27	19,06
NiO	0,04	0,03	0,08	0,04
CaO	7,94	8,49	0,01	0,01
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	3,39	3,33	0,08	0,06
K ₂ O	1,75	1,50	8,85	8,83
Suma	97,72	97,84	96,77	96,30
mg	84,0	85,46	74,37	74,32

tivně snížené a obsahy SiO₂ zvýšené proti tmavým slídlám z běžných lamprofytů i durbachitických plutonitů. Proti staré „mokré“ analýze separovaného biotitu ukazují mikrosondové analýzy zhruba dvojnásobné množství TiO₂ a obsahy jsou velmi vyrovnané (3,7 až 4 hmot. %). Obsahy BaO jsou pod mezí detekce mikrosondy. K-živce, který je jediným zjištěným živcem, je chudý na Na₂O a velmi chudý na Fe₂O₃ (celkové Fe jako FeO kolem 0,15–0,20 %). Obsahy BaO jsou mírně zvýšené, obvykle kolem 0,5 %.

Původní silikátová analýza z Hejtmanovy práce byla doplněna dvěma analýzami, provedenými různými metodami na novém vzorku. Ve stejném vzorku bylo stanoveno i široké spektrum stopových prvků, z nichž je zde uveden pouze výběr (tabulka 2). Všechny tři silikátové analýzy se v mezích běžné analytické nepřesnosti navzájem dobře shodují v naprosté většině komponent a je zcela jisté, že horninový materiál je identický. Nápadnou výjimkou je pouze obsah TiO₂, který je v původní analýze příliš nízký (v rozporu se zvýšeným obsahem akcesorického rutilu). To spolu s výrazným rozdílem mezi zastoupením TiO₂ v biotitu podle mikrosondových analýz a obsahem podle původní „mokré“ analýzy svědčí o chybách ve starších analýzách. Jen nepatrné rozdíly se projevují v Al₂O₃, jehož obsah se ukazuje v novějších analýzách mírně nižší.

Celkové chemické složení melasyenitu se vyznačuje vysokými obsahy MgO a zároveň K₂O, s extrémní převahou K nad Na. Splňuje tak všechna kritéria pro ultradraselné horniny. Nápadný je nízký obsah CaO, což je však charakteristickým rysem naprosté většiny ultradraselných hornin z moldanubické oblasti. Ve smyslu Shandovy klasifikace je melasyenit subaluminický až slabě peralkalický. Absence plagioklasu proto není způsobena podmínkami krystalizace, ale celkovým nadbytkem alkálií při extrémním poměru K/Na. Mikrochemismus melasyenitu je velmi zvláštní. Hornina se vyznačuje vysokými obsahy inkompatibilních prvků s malým iontovým potenciálem (LILE), jmenovitě Rb, Cs, Ba a v mnohem menší míře Sr. Na rozdíl od všech ostatních dosud analyzovaných ultradraselných hornin moldanubické oblasti jsou zde však extrémně snížené obsahy inkompatibilních prvků s velkým iontovým potenciálem (HFSE) – Nb, Ta, Zr a Hf. Výsledkem jsou abnormálně vysoké poměry LILE/HFSE.

Ve většině položek silikátové analýzy včetně draslíku je nebahovská hornina blízká orenditickým lamproitům z Leucite Hills (viz tab. 1). Má sice nižší obsahy Ti a Ca, avšak zapadá do širokých mezí lamproitů např. z mediteránní oblasti, zejména jihovýchodního Španělska (např. VENTURELLI et al. 1984). Jediným zásadním rozdílem proti makrochemismu lamproitů je podstatně vyšší obsah Al₂O₃ v nebahovské hornině, která má proto agpaitický index blízký 1 až 1,05 na rozdíl od většinou výrazně peralkalické povahy typických lamproitů. Ve stopových prvcích jsou shody u vysokých obsahů Cr a Ni i vysokého obohacení LREE. Nebahovský melakvarcsyenit je ale bohatší na Rb a zvláště na Cs, zato však mnohem chudší na Ba a zejména Sr. Zcela extrémní je nedostatek Zr, který nemá u známých lamproitů obdobu a je anomální i vůči ostatním ultradraselným horninám.

Vysoký obsah MgO, poměr Mg/(Mg + Fe) i koncentrace

Tabulka 2. Celkové chemické složení melasyenitu od Nebahov a srovnání s lamproity z Leucite Hills

	1	2	3	4
SiO ₂	56,84	55,12	56,53	53,0
TiO ₂	0,87	1,53	1,44	2,6
Al ₂ O ₃	14,13	13,46	13,73	9,8
Fe ₂ O ₃ tot	(3,91)	(4,18)	4,21	4,5
Fe ₂ O ₃	1,14	1,12	–	–
FeO	2,49	2,76	–	–
MnO	0,05	0,048	0,048	0,06
MgO	7,18	7,01	7,11	7,3
CaO	2,52	2,22	2,29	4,0
Na ₂ O	0,69	0,91	0,92	1,2
K ₂ O	11,96	11,65	11,62	10,9
P ₂ O ₅	0,99	1,071	1,03	1,8
H ₂ O ⁺	0,69	1,03	1,12*	–
mg	78,4	76,8	77,0	76,3
Agpait. index	99,6	1,048	1,026	1,41
Cr	–	384	369	350
Ni	–	289	219	256
Rb	–	442	386	279
Cs	–	12,4	11	2,05
Sr	–	662	618	2500
Ba	–	2855	2780	5730
Nb	–	5,9	12,3	50
Zr	–	24	29	1270
Th	–	4,8	4,77	–
U	–	2,3	1,91	–
La	–	131	157	157
Ce	–	267	319	354
Yb	–	1,6	0,84	1,3
K/Rb	–	219	250	324
Th/Ta	–	10,9	15,9	–
Rb/Sr	–	0,67	0,62	0,11

Obsahy oxidů jsou v hmot. %, obsahy stopových prvků v ppm (10⁻⁴ %)

1, 2, 3 – amfibol-biotitický K-živcový melakvarcsyenit, Nebahovy: 1 – HEJTMAN (1975); 2 – nová analýza (anal. J. Šíkl a kol., Český geol. ústav, Praha 1995, stanoveno též 0,08 % SrO, 0,32 % BaO a 0,497 % F; stopové prvky Cr, Ni metodou XRF, ostatní ICP-MS, Analytika Praha, anal. J. Bendl); 3 – nová analýza (Actlabs Laboratories Ltd., Ontario, 2002–2003; hlavní prvky ICP, stopové prvky ICP-MS); 4 – průměrné složení orenditů a wyomingitů z oblasti Leucite Hills, Wyoming (VOLLMER et al. 1984)

* ztráta žíháním

Cr a Ni svědčí o plášťovém původu magmatu a zároveň o jeho velmi primitivním charakteru. Vysoké obsahy LILE

proto nemohou být výsledkem diferenciačních procesů ani kontaminace horninami kontinentální kůry.

Výchozí magma muselo vzniknout parciálním tavením geochemicky velmi anomální domény v subkontinentálním litosférickém pláště. Podle nízkých obsahů CaO, Na₂O a Sr, vysoké mg-hodnoty a relativně vysokého SiO₂ při daném MgO je nutné předpokládat ekvilibraci s ultramafickou horninou silně refraktorního složení. Zdrojová oblast, odpovídající pravděpodobně harzburgitu, však musela být silně obohacena hygromagmatofilními prvky typu LILE. Podle vysokých poměrů LILE/HFSE byl přínos zprostředkován zejména fluidní fází bohatou vodou, která má velmi malou schopnost přenášet HFSE. Nelze sice vyloučit, že chování HFSE bylo zčásti ovlivněno stabilitou specifických akcesorických minerálů ve zdroji, avšak jako pravděpodobnější se jeví frakcionace prvků během procesů plášťového obohacení. V každém případě byl zdroj magmatu geochemicky zcela extrémní, lišící se od zdrojů všech ostatních mafických magmat známých z Českého masívu.

Subaluminická nebo dokonce peralkalická povaha se nikdy neobjevuje u durbachitických hornin ani u plutonitů s durbachity zjevně příbuzných, ale je charakteristická pro některé zvláštní variety minet (alkalické minety, raabsity) a pro žilné mikrosyenity nebo křemenné mikrosyenity až mikrogranity, označované v moldanubiku jako thuresity a karlsteinity. Přestože afinita nebahovského melasyenitu k variabilní skupině subaluminických až peralkalických žilných hornin (HOLUB 1993) je z povahy amfibolu i makrochemismu zcela zřejmá, mikrochemismus je výrazně odlišný a zcela specifický. Nelze proto předpokládat, že by

nebahovský melakvarcsyenit mohl představovat složení magmatu parentálního k ostatním subaluminickým až peralkalickým žilným horninám moldanubické oblasti. Je to v rámci Českého masívu i ve světovém měřítku hornina geochemicky kuriózní, reprezentující zřejmě jen velmi malou porci mafického magmatu z velmi specifického zdroje. Svými anomálními rysy ukazuje na složitost vývoje subkontinentálního litosférického pláště a jeho silně heterogenní povahu pod moldanubickou oblastí v době variského orogenního cyklu.

Výzkum byl zčásti podporován grantem 205/02/0514, poskytnutým GA ČR.

Literatura

- HEJTMAN, B. (1975): Biotitites and associated plutonic rocks in the Prachatice granulite body and its vicinity. – Acta Univ. Carol. Geol., 4, 265–300.
- HOLUB, F. V. (1993): Geochemie peralkalických žilných hornin moldanubické oblasti. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1991, 68–70.
- LEAKE, B. E. et al. (1997): Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. – Amer. Mineral., 82, 1019–1037.
- NĚMEC, D. (1973): Richterit z alkalického mikrosyenitu u Starče u Třebíče. – Čas. Morav. Muz., 58, 53–56.
- VENTURELLI, G. – CAPEDEI, S. – DI BATTISTINI, G. – CRAWFORD, A. – KOGARKO, L. N. – CELESTINI, S. (1984): The ultrapotassic rocks from southeastern Spain. – Lithos, 17, 37–54.
- VOLLMER, R. – OGDEN, P. – SCHILLING, J.-G. – KINGSLEY, R. H. – WAGGONER, D. G. (1984): Nd and Sr isotopes in ultrapotassic volcanic rocks from the Leucite Hills, Wyoming. – Contr. Mineral. Petrology, 87, 359–368.

VYUŽITÍ IZOTOPOVÝCH ANALÝZ PRO OVĚŘENÍ ZDROJŮ KONTAMINACE DUSÍKATÝMI LÁTKAMI V MODELOVÉM ÚZEMÍ SEVERNÍ ČÁSTI TŘEBOŇSKÉ PÁNVE

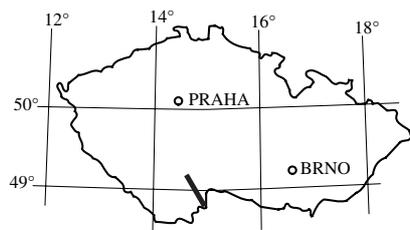
Isotopic verification of nitrate contamination sources – case study from the northern part of Třeboň Basin

RENÁTA KADLECOVÁ¹ – STANISLAV ČURDA² – FRANTIŠEK BUZEK¹ – MARTIN ŠANDA²

¹ Česká geologická služba, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

² Progeo, s.r.o., Tiché údolí 113, 252 63 Roztoky u Prahy

(22–42 Bechyně, 22–44 Hluboká nad Vltavou, 23–31 Soběslav, 23–33 Veselí nad Lužnicí)



Key words: Třeboň Basin, groundwater flow, nitrate pollution, oxygen and nitrogen isotopic analyses

Abstract: A model study of nitrogen and oxygen stable isotopes was used in the N part of the Třeboň Basin (project No. VaV/510/4/98 “Reduction of surface and groundwater nitrate pollution”). The aim of the study was to test these isotopes as indicators of pollution sources and as a verification of hydrologic and hydraulic models simulating groundwater flow and migration of contaminants.

V rámci projektu VaV/510/4/98 Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod dusíkatými látkami byly v s. části třeboňské pánve testovány stabilní izotopy dusíku a kyslíku z hlediska možností jejich využití pro identifikaci zdrojů kontaminace, charakteristiky dynamiky podzemních vod v návaznosti na zpracovávané hydrolo-