

GEOCHEMIE A PETROGRAFIE AMFIBOLITŮ V OKOLÍ JEMNICE A POLICE

Geochemistry and petrography of amphibolites
from the Jemnice and Police area

Miloš René

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8; e-mail: rene@irms.cas.cz

(33-21 Slavonice)

Key words: Moldanubian Zone, amphibolite, geochemistry, petrology

Abstract

The amphibolites form a huge irregular bodies and intercalations in metasediments of the Varied Group at the southeastern part of the Czech-Moravian Highlands Varied unit. According to their modal compositions, the garnet-bearing amphibolites are the most abundant types, epidote-plagioclase amphibolites are rather rare. Amphibolites are a metamorphic equivalent of tholeiite basalts with significant signature of the within plate basalts.

Úvod

Amfibolity tvoří četná nepravidelná tělesa prostorově spjatá s menšími granulitovými masivy v oblasti mezi Jemnicí a Policí na jihozápadní Moravě. V území mezi Jemnicí a Menharticemi jsou amfibolity provázány různě mocnými polohami mramorů. Úzké sepětí amfibolitů s mramory, případně erlany vedlo většinu autorů k přiřazení této horninové série k pestré skupině moldanubika (Kodym 1964, Melichar 1985, Mísař 1997, Buriánek et al. 2005). Na druhé straně jejich výskyt v bezprostředním okolí granulitových těles vedl některé autory k začlenění amfibolitů a doprovodných hornin do gföhlské jednotky (Houzar 1999, Kolenovská et al. 1999). Nejasné postavení amfibolitů bylo zdůrazněno vymezením raabské jednotky na bázi gföhlského příkrovu jako zvláštní struktury, která má reprezentovat variskou oceánskou suturu oddělující moravsko-slezský blok od gföhlské jednotky (Finger a Steyrer 1995). Původně byla raabská jednotka definovaná jako metasedimentární série s hojnými vložkami amfibolitů, serpentinitů a ortorul v okolí rakouské obce Raabs (Thiele 1977). V pozdějších studiích se rakouští geologové snažili najít severní pokračování této jednotky na rozhraní moravského moldanubika a gföhlské jednotky a za její ekvivalent považují ofiolity letovického krystalinika (Finger a Steyrer 1995, Höck et al. 1997). Na druhé straně Mísař (1997) považuje propojení raabské skupiny s letoveckými metaofiolity za málo pravděpodobné a za možný ekvivalent raabské skupiny v moravském moldanubiku uvažuje amfibolity v oblasti Jemnice a Police, případně amfibolity ve strážeckém moldanubiku. Recentní publikace věnovaná rozlišení amfibolitů pestré a raabské skupiny v rakouském moldanubiku (Mayer et al. 2005) opírající se o nepublikovanou diplomovou práci (Mayer 2004) nabízí pro toto rozlišení geochemická, geochronologická a tektonomagmatická kritéria. Předložená studie využívá

geochemická a tektonomagmatická kritéria pro přiřazení amfibolitů z okolí Jemnice a Police k jedné z výše uvedených jednotek.

Geologická pozice

Větší nepravidelná tělesa a protáhlé čočkovité polohy amfibolitů v okolí Jemnice a Police jsou součástí složité vrásové stavby, která je typická pro jihovýchodní okraj moldanubika a jeho styk s moravikem. Většina amfibolitů tvoří různě mocné polohy v okolních okatých pararulách až migmatitech. Mocnější polohy amfibolitů jsou prostorově spjaté s nepravidelnými tělesy převážně rekrystalovaných granulitů, což Kolenovskou et al. (1999) a Schulmanna et al. (2005) vedlo k jejich přiřazení k horninám gföhlské skupiny. S ohledem na složitou strukturní pozici amfibolitových těles a s nimi prostorově spjatých granulitů jak Jenček et al. (1986), tak Matějovská (1987) se ve svých mapách vyhýbají rozdělení jednotlivých horninových sérií do strukturních jednotek vyššího řádu. Nejnovější studie Fingera et al. (2007) na řadě příkladů z moldanubika Českého masivu dokládá, že terránový model moldanubika v pojetí Dallmeyera et al. (1995) a Frankeho (2000) vyžaduje zásadní revizi, zejména pak revizi rozlišení jednotlivých výskytů horninových sérií pestré skupiny na jihovýchodním okraji moldanubika.

Pro výskyt amfibolitů mezi Menharticemi a Jemnicí je typické sepětí amfibolitů s mramory. Mramory spolu s erlany někdy tvoří čočkovité a tektonicky rozvlečené polohy v amfibolitu nebo naopak amfibolit tvoří do tektonických budin rozdělené tenké vrstevné polohy ve výrazně mocnějším souvrství tence laminovaných mramorů. Mramory jsou zastoupeny jednak kalcitickými mramory (lom Na Jemnicích), jednak mramory s různě významnou příměsí dolomitu (až do 15–20 hm. % MgO) (Houzar 1999). Pro amfibolity v okolí Police je typické střídání s polohami amfibolicko-biotitických rul a časté střídání světlých

a tmavých lamin ve vlastních amfibolitech, které naznačují vznik části amfibolitů přeměnou vulkanosedimentárních hornin. Pro detailní petrografické a geochemické studium byly vybrány amfibolity z rozsáhlého činného lomu jv. od Police a výskyty amfibolitů v opuštěném lomu v trati „Na Jemničkách“, sv. od Menhartic.

Petrografie

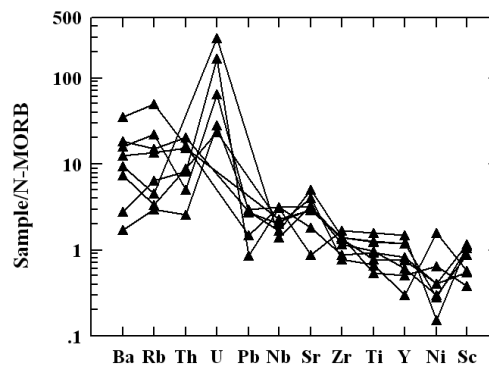
Amfibolity na obou lokalitách jsou převážně masivní s málo zřetelnou foliací, s velmi hojným výskytem granátických amfibolitů, které v okolí Police přecházejí do amfibolicko-biotitických rul nebo epidoticko-granátických až epidotických amfibolitů. Amfibolity jsou jemnozrné až drobnozrné s nematoblastickou až granoblasticko-nematoblastickou strukturou. Typická minerální asociace granátických amfibolitů je granát, amfibol, plagioklas (oligoklas, andezín, vzácně labradorit), křemen a relativně vzácný klinopyroxen. Množství granátu se pohybuje od několika mála procent do 30–50 % v granátem zvláště bohatých amfibolitech. Granátové poikiloblasty s různě hojnými uzavřeninami křemene a opakních minerálů jsou obvykle obklopeny amfibolicko-plagioklasovými symplektity, případně afanitickými kelyfitovými obrubami s význačnou přítomností minerálů serpentinitové skupiny. V epidoticko-granátických až epidotických amfibolitech se objevují v množství do 3–5 % minerály epidotové skupiny. Akcesorické minerály jsou zastoupené apatitem, ilmenitem, titanitem, zirkonem a rutilem.

Granát svým složením odpovídá almandinu (52–60 mol. %) s významným obsahem grossularové (21–27 mol. %) a pyropové komponenty (18–22 mol. %). Obsah spessartinové komponenty (0,1–1,9 mol. %) je výrazně nižší. Amfiboly lze přiřadit v souladu s doporučením IMA (Leake et al. 1997) k magnésio-hornblendu a ferropargasitu.

Chemické složení

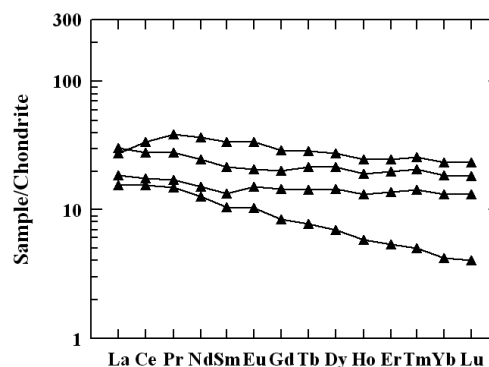
Geochemické studium amfibolitů je založeno na osmi nových analýzách. Stanovení obsahu horninotvorných komponent bylo provedeno klasickými metodami na mokré cestě v laboratoři ÚSMH AV ČR, v.v.i. (analytici P. Hájek, M. Malá, J. Švec). Obsahy vybraných stopových prvků (Ba, Rb, Sr, Zr, Nb, V, Ni, Cr, Sc, Y) byly stanoveny rentgen-fluorescenční metodou na spektrometru S4 Explorer (Bruker AxS) v laboratoři univerzity Salzburg (analytik F. Finger). Pro stanovení obsahů prvků vzácných zemin a thoria byla využita metoda ICP-MS a spektrometr Perkin Elmer Sciex ELAN 6100 v laboratořích Actlabs v Kanadě (analytik D'Anna).

Zkoumané amfibolity s výjimkou amfibolicko-biotitické ruly a epidotického amfibolitu z Police, které padají do pole trachyandesitů, lze přiřadit ve smyslu klasifikace TAS (Le Bas et al. 1986) do skupiny bazaltů. V klasifikaci podle Jensena (1976) je většina vzorků na rozhraní mezi železem a hořčíkem bohatých tholeiitických bazaltů. Ve srovnání s obsahem vybraných stopových prvků v bazaltech středo-oceánských hřbetů lze pozorovat významné nabohacení Ba, Rb, Th a zejména U, zčásti i Sr. Těmto bazaltům jsou zkoumané amfibolity blízké obsahy Zr, Ti, Y, zejména



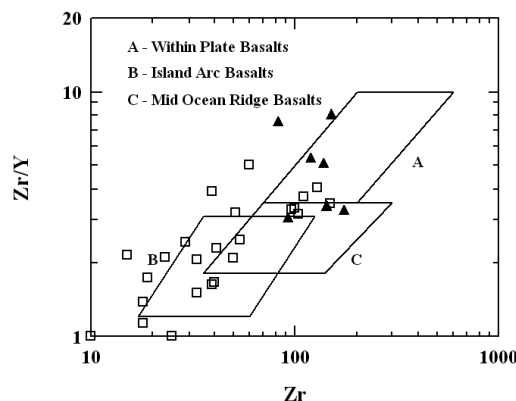
Obr. 1: Spider diagram amfibolitů z oblasti mezi Jemnicí a Policí. Normalizace byla provedena obsahy v bazaltech středo-oceánských hřbetů (N-MORB) podle Harta et al. (1999).

Fig. 1: Spider plot of amphibolites from the Jemnice and Police area normalized by N-MORB. Normalizing values are from Hart et al. (1999).



Obr. 2: Distribuce prvků vzácných zemin. Pro normalizaci obsahem chondritů použita data Taylora a McLennana (1985).

Fig. 2: Chondrite-normalized REE pattern. Normalizing values are from Taylor and McLennan (1985).



Obr. 3: Klasifikace bazických vulkanických hornin podle Pearceho a Cann (1973). Plné trojúhelníky – amfibolity pestré skupiny v okolí Jemnice a Police, prázdné čtverečky – amfibolity raabské skupiny (data Fingera a Steyrera 1995, Fritz 1995 a Höcka et al. 1997). Fig. 3: Basalt discrimination plot after Pearce and Cann (1973). Full triangles – amphibolites of the Jemnice-Police area, empty quadrangles – amphibolites of the Raab group (data of Finger and Steyrer 1995, Fritz 1995 and Höck et al. 1997).

	R-1566	R-1567	R-1583	R-1584	R-1585	R-1586	R-1587	R-1588
SiO ₂	50,73	58,31	58,08	50,01	48,61	47,68	48,64	48,24
TiO ₂	1,52	1,26	0,86	1,55	2,49	1,09	1,99	2,02
Al ₂ O ₃	13,23	14,26	15,10	14,53	13,29	13,84	13,65	13,40
Fe ₂ O ₃	2,59	1,92	1,24	1,57	1,67	1,75	2,12	2,35
FeO	11,53	6,49	5,35	8,15	11,83	9,53	11,37	11,00
MnO	0,18	0,11	0,09	0,15	0,22	0,11	0,18	0,19
MgO	5,71	4,18	4,77	6,59	5,64	8,58	6,17	6,22
CaO	9,23	5,92	5,54	10,83	11,43	9,74	10,08	9,50
Na ₂ O	2,25	3,20	4,54	3,07	2,08	2,80	2,73	2,56
K ₂ O	0,56	1,96	1,10	0,50	0,68	1,68	0,54	1,08
P ₂ O ₅	0,21	0,23	0,36	0,17	0,28	0,14	0,23	0,23
Ztráta ž.	1,47	1,58	2,15	2,13	1,43	2,50	1,48	2,25
Celkem	99,21	99,42	99,18	99,25	99,65	99,44	99,18	99,04
Ba (ppm)	24	480	253	132	39	221	104	175
Rb (ppm)	4	62	19	6	8	28	4	17
Sr (ppm)	204	362	573	365	99	461	334	331
Zr (ppm)	92	138	150	119	173	82	144	144
Nb (ppm)	11	11	6	5	11	7	7	8
V (ppm)	408	208	160	246	459	221	362	376
Ni (ppm)	61	62	98	45	23	231	43	43
Cr (ppm)	73	120	181	211	57	333	117	123
Sc (ppm)	48	23	16	36	46	24	44	49
Th (ppm)	0,5	3,1	3,8	n.d.	1,5	0,9	1,7	2,9
Y (ppm)	30	27	18	22	53	11	42	42

Tab. 1: Analýzy amfibolitů z oblasti mezi Jemnicí a Policí (hm. %).

R-1566 granátický amfibolit, lom jv. od Police, R-1567 epidotický amfibolit, lom jv. od Police, R-1583 amfibolická rula, lom jv. od Police, R-1584 epidotický amfibolit, lom jv. od Police, R-1585 epidoticko-granátický amfibolit, lom, jv. od Police, R-1586 chloritizovaný plagioklasový amfibolit, opuštěný lom, sv. od Menhartic, R-1587 granátický amfibolit, opuštěný lom, sv. od Menhartic, R-1588 granátický amfibolit, opuštěný lom, sv. od Menhartic.

Tab. 1: Analyses of amphibolites from the Jemnice-Police area (wt. %).

R-1566 garnet amphibolite, quarry SE of Police, R-1567 epidote amphibolite, quarry SE of Police, R-1583 amphibole-bearing gneiss, quarry SE of Police, R-1584 epidote amphibolite, quarry SE of Police, R-1585 epidote-garnet amphibolite, quarry SE of Police, R-1586 chloritised plagioclase amphibolite, abandoned quarry NE of Menhartice, R-1587 garnet amphibolite, abandoned quarry NE of Menhartice, R-1588 garnet amphibolite, abandoned quarry NE of Menhartice.

však Ni a Sc (obr. 1). V distribuci prvků vzácných zemin normalizovaných jejich obsahem v chondritech významně převládají ploché vzory, typické pro málo frakcionované bazalty (obr. 2).

Diskuze a závěr

Výsledky geochemického studia, zejména stanovení obsahu stopových prvků umožňují jednak zkoumat rozdíly mezi analyzovanými amfibolity a amfibolity raabské skupiny, jednak vymezit pravděpodobné tektonomagmatické prostředí původních bazických vulkanitů. Nejvýznamnější rozdíly přináší srovnání poměru Zr/Y a obsahu Zr (obr. 3). Z tohoto srovnání je patrné, že amfibolity z oblasti mezi

Jemnicí a Policí se významně odlišují od amfibolitů raabské skupiny zejména svým vyšším poměrem Zr/Y a vyšším obsahem Zr. Původní protolit amfibolitů z této části moravského moldanubika je svým složením blízký prostředí vnitrodeskových bazaltů, což je prostředí typické i pro pestrou skupinu jihočeského moldanubika (Patočka 1991, René 2006).

Poděkování

Předložená práce vznikla v rámci výzkumného záměru ÚSMH AV ČR, v.v.i. AV0Z30460519 za finanční podpory programu AKTION 2005/7 a KONTAKT ME 845. Za cenné připomínky a náměty k článku děkuji recenzentovi dr. S. Houzarovi, Ph.D.

Literatura

Buriánek, D. – Houzar, S. – Leichmann, J. – Melichar, R. (2005): Exkurze České geologické společnosti 22. října 2005. Moravské moldanubikum a třebíčský a jihlavský masiv. – In: Breiter K. (Ed.) 2. sjezd České geologické společnosti Slavonice 19.–22. října 2005. Sborník abstrakt a exkurzní průvodce, 137–155. Praha.

- Dallmeyer, R. D. – Franke, W. – Weber, K. (Eds.) (1995): Pre-Permian geology of Central and Eastern Europe. – Springer Verlag, Berlin.
- Finger, F. – Steyrer, H. P. (1995): A tectonic model for the eastern Variscides: indications from a chemical study of amphibolites in the south-eastern Bohemian Massif. – *Geol. Carpath.*, 46, 137–150. Bratislava.
- Finger, F. – Gerdes, A. – Janoušek, V. – René, M. – Riegler, G. (2007): Resolving the Variscan evolution of the Moldanubian sector of the Bohemian Massif: The significance of the Bavarian and the Moravo-Moldanubian tectonometamorphic phases. – *J. Czech Geol. Soc.*, 52 (v tisku). Praha.
- Franke, W. (2000): The middle-European segment of the Variscides: tectonostratigraphic units, terrane boundaries and plate tectonic evolution. – In: Franke W., Haak U., Oncken O., Tanner D. (Eds.): *Orogenic processes: quantification and modelling in the Variscan belt.* – Spec. Publ. geol. Soc. London, 179, 35–61. London.
- Fritz, H. (1995): The Raabs Series: A probable Variscan suture in the SE Bohemian Massif. – *Jb. Geol. B.-A.*, 138, 639–653. Wien.
- Hart, S. R. – Blusztajn, J. – Dick, H. J. B. – Meyer, P. S. – Muehlenbachs, K. (1999): The fingerprint of seawater circulation in a 500-meter section of ocean crust gabbros. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63, 4059–4080. Oxford.
- Höck, V. – Montag, O. – Leichmann, J. (1997): Ophiolite remnants at the eastern margin of the Bohemian Massif and their bearing on the tectonic evolution. – *Mineral. Petrol.*, 60, 267–287. Vienna.
- Houzar, S. (1999): Charakteristika mramorů u Jemnice na jihozápadní Moravě. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1998*, 112–114.
- Jenček, V. – Dornič, J. – Havlíček, P. – Hazdrová, M. – Líbalová, J. – Odehnal, L. – Strída, M. – Šalanský, K. (1986): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000 33–312 Jemnice. – *Ústř. Úst. geol.*, 45 s. Praha.
- Jensen, L. S. (1976): A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rock. – *Ontario Div. Mines, M.P.*, 66, 33 s. Ottawa.
- Kodym, O. ml. (1964): Vltavsko-dunajská oblast (moldanubikum). – In: Svoboda J. (Ed.) *Regionální geologie ČSSR. Díl 1 Český masív, svazek 1 Krystalinikum*, 43–110. NČSAV. Praha.
- Kolenovská, E. – Schulmann, K. – Kláková, H. – Štípská, P. (1999): Excursion to the Czech part of Moldanubia. Tectonometamorphic evolution of the Moldanubian zone near Jemnice (South Moravia, Bohemian Massif). – *Beih. Eur. J. Mineral.*, 11, 2, 91–110. Stuttgart.
- Leake, B. E. – Woolley, A. R. – Arps, C. E. S. – Birch, W. D. – Gilbert, M. C. – Grice, J. D. – Hawthorne, F. C. – Kato, A. – Kisch H. J. – Krivovichev, V. G. – Linthout, K. – Laird, J. – Mandaring, J. A. – Maresch, W. V. – Nickel, E. H. – Rock, N. M. S. – Schumacher, J. C. – Smith, D. C. – Stephenson, N. C. N. – Ungaretti, L. – Whittaker, E. J. W. – Youzhi, G. (1997): Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. – *Canad. Mineral.*, 35, 219–246. Ottawa.
- Le Bas, M. J. – Le Maitre, R. W. – Streckeisen, A. – Zanettin, B. (1986): A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. – *J. Petrol.*, 27, 745–750. Oxford.
- Matějovská, O. (1987): Fe-rich amphibolites with tholeiitic affinity from the SE margin of the Bohemian Massif. – *Jb. Geol. B.-A.*, 130, 493–503. Wien.
- Mayer, A. (2004): Geologische und geochemische Untersuchungen an Amphiboliten im Raum Waidhofen (niederösterreichisches Moldanubikum). – MS, Diplomarbeit, Universität Salzburg, 92 s. Salzburg.
- Mayer, A. – Gerdes, A. – Starijas, B. – Finger, F. (2005): Die Metabasitkörper des Niederösterreichischen Moldanubikums: Geochemie und neue Zirkonalter. – *Mitt. Österr. Miner. Ges.*, 151, 89. Wien.
- Melichar, R. (1985): Strukturně-geologické poměry moldanubika v okolí Jemnice. – MS, Přír. fak. Univerzity Karlovy. Praha.
- Mísař, Z. (1997): Korelace tektonických a litologických jednotek rakouské a moravské části moldanubika. – *Sborník 2. semináře České tektonické skupiny*, 52–53. Ostrava.
- Patočka, F. (1991): Geochemistry and primary tectonic environment of the amphibolites from the Český Krumlov varied group (Bohemian Massif, Moldanubicum). – *Jb. Geol. B.-A.*, 134, 117–133. Wien.
- Pearce, J. A. – Cann, J. R. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 290–300. Amsterdam.
- René, M. (2006): Amfibolity uranového ložiska Okrouhlá Radouň. – *Zpr. geol. Výzk. v roce 2005*, 125–127. Praha.
- Schulmann, K. – Kröner, A. – Hegner, E. – Wendt, I. – Konopásek, J. – Lexa, O. – Štípská, P. (2005): Chronological constraints on the pre-orogenic history, burial and exhumation of deep-seated rocks along the eastern margin of the Variscan Orogen, Bohemian Massif, Czech Republic. – *Am. J. Sci.*, 305: 407–448. Washington.
- Taylor, S. R. – McLennan, S. M. (1985): *The continental crust: Its composition and evolution.* Blackwell, 312 s. Oxford.
- Thiele, O. (1977): *Exkursionführer zur Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt, Waldviertel*, 85–86. Wien.