

PETROGRAFIE A GEOCHEMIE MIGMATITŮ Z LOMU VANOV U TELČE

Petrography and geochemistry of migmatites from the Vanov quarry near of Telč

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

(24–41 Třešť)

Key words: Moldanubian Zone, migmatite, petrography, geochemistry, biotite, cordierite

Abstract

The migmatites from the Vanov quarry are considerable rock type of the Moldanubian Zone in the Bohemian Massif. According to their microstructure, the most common are stromatic migmatites, accompanied by massive migmatites (diatexites) and agmatites. Biotite is comparatively Mg rich (Mg-siderophyllite) with $X_{Mg} = 0.38–0.61$ and Al content 1.49–1.63 apfu. The X_{Mg} of cordierite is similar (0.58–0.61). If compared to the composition of continental crust, mesosome of stromatitic migmatites is enriched in Rb, Ba, Ce and Zr. The origin of leucosome is controlled by partial melting of the original biotite-rich metasediments, accompanied by depletion in Ce, Zr and Y and origin of positive Eu anomaly.

Úvod

Migmatity a migmatizované pararuly jsou jedním z nejvýznamnějších horninových typů moldanubika Českého masivu. Jejich minerálnímu a chemickému složení byla však dosud věnována malá pozornost a minerální asociace byly studovány především za účelem stanovení metamorfických podmínek (Zoubek 1927, Krupička 1968, Cháb – Suk 1977, Vrána et al. 1995, Kalt et al. 1999). Málo je také známo o jejich geochemii (Matějka 1989, Leichmann et al. 2002, René 2003). Předložený příspěvek přináší nové petrografické a geochemické údaje o migmatitech odkrytých v lomu Vanov u Telče, který představuje jeden z nejvýznamnějších odkryvů těchto hornin v moravské větvi moldanubika.

Geologická pozice

Jámový lom Vanov u Telče je založený v různě intenzivně migmatizovaných cordieriticko-biotitických pararulách lemujících východní okraj centrálního moldanubického plutonu. V lomu jsou nejhojněji zastoupené stromatitické migmatity, provázené méně hojnými masivními migmatity a agmatity. Z hlediska klasifikace Browna (1973) lze stromatitické migmatity přiřadit k metatexitům, masivní migmatity a agmatity mají povahu diatexitů. Metamorfická stavba stromatitických migmatitů je v některých případech zvyrazněna nepravidelným střídáním poloh mesosomu a leukosomu, resp. jednotlivých proužků mesosomu s odlišným minerálním složením (křemen-biotit, cordierit-biotit, křemen-plagioklas). V agmatitech tvoří mesosom nepravidelné, obvykle ostrohranné úlomky tmelené leukosomem. Migmatity jsou relativně vzácně pronikány mladšími žilami dvojslídých granitů, jejichž mocnost je 30–50 cm. Celý horninový komplex je porušen mladšími puklinami směru ZSZ–VJV a S–J, přičemž pukliny směru S–J jsou výraznější.

Metodika

Studium chemického složení migmatitů je založené na osmi nově zhotovených 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, včetně prvků vzácných zemin, byly stanovené metodou ICP-MS na spektrometru Perkin Elmer Sciex ELAN 6100 v laboratoři Actlabs v Kanadě (analytik D'Anna) (tab. 1). Chemické složení vybraných minerálů (plagioklas, biotit, cordierit) bylo studováno s využitím mikrosondy CAMECA SX-100 na univerzitě v Hannoveru.

Petrografie

Stromatitické migmatity jsou tvořené cordieritem, biotitem, draselným živcem, plagioklasem a křemenem. Sillimanit tvoří vzácně uzavřeny v cordieritu a muskovit reprezentuje retrogradní metamorfické stadium vývoje studovaných migmatitů. Akcesorické minerály jsou reprezentované zirkonem, apatitem, magnetitem a vzácnými sulfidy (pyrit, chalkopyrit).

Převládající texturní složkou stromatitických migmatitů je mesosom. Na jeho modálním složení se podílí zejména křemen (15–40 mod. %), biotit (20–30 mod. %), plagioklas (20–25 mod. %), cordierit (0–5 mod. %) a sillimanit (0–2 mod. %). Mocnost poloh mesosomu kolísá obvykle v rozmezí 5–30 centimetrů. Biotit lze na základě jeho chemismu klasifikovat jako Mg-siderofylit s hodnotou poměru $Mg/(Mg+Fe)$ 0,38–0,49 a obsahem Al v rozmezí 1,49–1,63 apfu. Pro analyzované biotity je charakteristický vyšší obsah TiO_2 (2,5–4,6 hmot. %). Plagioklas svým složením odpovídá oligoklasu až kyselému andezinu (An_{23-31}). Cordierit je obvykle zcela pinitizovaný a přeměněný na velmi jemnozrnné agregáty muskovitu a chloritu.

	Re-1319	V-5-1	V-5-2	V-8	Re-1550	V-12	V-14	V-5-A
hmot. %								
SiO ₂	59,62	63,17	59,96	57,05	73,51	76,59	74,58	70,88
TiO ₂	0,99	0,86	0,92	1,31	0,03	0,02	0,03	0,48
Al ₂ O ₃	19,63	16,68	18,43	18,82	15,51	13,27	14,75	14,49
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	7,71	6,58	8,30	9,91	0,69	0,45	0,33	3,47
MnO	0,10	0,04	0,07	0,09	0,01	0,00	0,00	0,01
MgO	3,27	2,33	3,13	4,15	0,34	0,10	0,00	1,10
CaO	1,22	2,92	0,95	0,97	1,44	1,50	1,29	1,38
Na ₂ O	1,87	3,68	1,79	1,77	3,10	2,93	3,18	2,66
K ₂ O	3,08	2,26	4,32	3,83	4,21	4,49	5,67	4,53
P ₂ O ₅	0,17	0,36	0,12	0,07	0,15	0,17	0,17	0,13
ztr. žih.	1,84	0,95	1,93	1,91	0,73	0,40	0,36	0,77
Celkem	99,50	99,83	99,92	99,88	99,72	99,92	100,36	99,90

ppm								
Ba	661	200	960	549	1080	1301	1585	1025
Rb	163	133	171	192	97	81	99	131
Sr	141	206	148	119	258	253	277	189
Y	49	52	38	39	7	5	5	20
Zr	244	236	218	292	68	34	28	200
Nb	13	13	14	19	3	1	1	9
Th	19	12	17	18	1	n.d.	n.d.	21
La	62,10	44,69	48,59	58,42	6,98	3,14	3,19	58,63
Ce	127,00	90,49	99,17	117,62	12,10	5,22	5,06	124,10
Pr	14,70	10,89	12,03	13,72	1,38	0,59	0,51	14,77
Nd	55,90	41,00	46,37	49,90	4,88	2,32	1,88	55,41
Sm	11,50	9,11	8,98	9,32	1,16	0,59	0,43	10,65
Eu	1,47	1,44	1,31	1,12	1,47	1,74	1,80	1,49
Gd	10,20	8,76	7,85	8,57	1,17	0,76	0,58	8,12
Tb	1,88	1,45	1,13	1,21	0,20	0,15	0,11	1,09
Dy	10,40	8,17	6,67	6,71	1,14	1,06	0,81	5,00
Ho	1,95	1,76	1,27	1,44	0,22	0,20	0,18	0,77
Er	5,31	4,80	3,41	3,98	0,55	0,57	0,49	1,73
Tm	0,81	0,79	0,58	0,66	0,08	0,09	0,07	0,20
Yb	4,45	5,26	3,60	4,56	0,50	0,59	0,52	1,29
Lu	0,62	0,74	0,58	0,72	0,07	0,09	0,09	0,20

Tab. 1: Chemické analýzy migmatitů z lomu Vanov. Vysvětlivky: Re-1319 – stromatitický migmatit, V-5-1 – mesosom s převahou křemen-plagioklasových poloh, V-5-2 – mesosom s převahou křemen-biotitových poloh, V-8 – stromatitický migmatit, Re-1550 – leukosom, V-12 – leukosom, V-14 – leukosom, V-5-A – homogenní migmatit (diatexit).

Tab. 1: Chemical analyses of migmatites from the Vanov quarry. Explanations: Re-1319 – stromatitic migmatite, V-5-1 – mesosome with predominance of quartz-plagioclase layers, V-5-2 – mesosome with predominance of quartz-biotite layers, V-8 – stromatitic migmatite, Re-1550 – leucosome, V-12 – leucosome, V-14 – leucosome, V-5-A – homogenous migmatite (diatexite).

Ve výrazně usměrněných stromatitických migmatitech lze v rámci mesosomu rozlišit polohy s odlišným minerálním složením. Křemen-biotitové polohy obsahují obvykle 30–40 mod. % křemene, 20–25 mod. % biotitu a 15–20 mod. % plagioklasu. Cordierit je zastoupený nejvýše 5 mod. % a často obsahuje fibrolitické uzavřeniny sillimanitu. Poměr Mg/(Mg+Fe) v analyzovaných cordieritech z křemen-biotitových poloh kolísá v rozmezí 0,58–0,61. Biotit je v některých případech chloritizovaný. Akcesorické minerály jsou zastoupené zirkonem, apatitem, monazitem, magnetitem a pyritem. Cordierit-biotitové polohy jsou obvykle velmi tenké (2–5 cm) a mimo 25–30 mod. % biotitu

obsahují 10–15 mod. % cordieritu, 20–25 mod. % plagioklasu a pouze 5–15 mod. % křemene. Hojně jsou uzavřeniny sillimanitu v cordieritu (1–2 mod. %). Poměr Mg/(Mg+Fe) v cordieritech z cordierit-biotitových poloh je ve srovnání s cordieritem z křemen-biotitových poloh nižší (0,55–0,58). Cordierit je často zcela přeměněný na jemnozrnný agregát chloritu a muskovitu. Akcesorické minerály jsou zastoupené zirkonem, apatitem a magnetitem. Křemen-plagioklasové polohy jsou tvořené křemenem (40–55 mod. %), plagioklasem (25–35 mod. %) a biotitem (10–20 mod. %). Cordierit se v křemen-plagioklasových polohách vyskytuje v množství nepřesahujícím 10 mod. %. Akcesorické minerály jsou zastoupené zirkonem, apatitem a magnetitem.

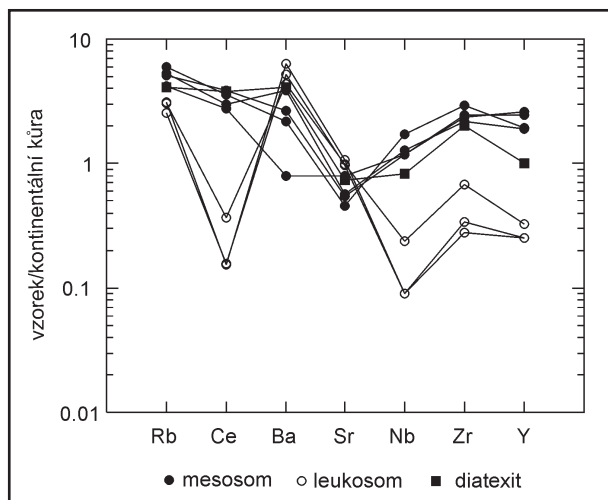
Leukosom je ve stromatitických migmatitech zastoupený obvykle do 10 cm mocnými polohami nebo nepravidelnými čočkami. Mimo poloh leukosomu, které jsou konkordantní s průběhem foliace stromatitických migmatitů jsou v lomu často pozorovatelné mladší diskordantní polohy, někdy až 50 cm mocné, které reprezentují mladší mobilizáty regionální metamorfózy. Mladší polohy leukosomu jsou obvykle hrubozrnnější a někdy obsahují pegmatitové textury projevující se přítomností až několik cm velikých tabulek biotitu nebo zrnitých agregátů cordieritu. Leukosom obsahuje draselný živec (30–40 mod. %), křemen (25–30 mod. %), plagioklas (20–25 mod. %), cordierit (2–10 mod. %) a biotit (1–5 mod. %). Chemické složení biotitu v leukosomu je podobné jeho složení v mesosomu, hodnota poměru Mg/(Mg+Fe) kolísá v rozmezí 0,38–0,42. Obsah TiO₂ v analyzovaných biotitech je rovněž podobný (3,1–4,3 hmot. %). Plagioklas svým složením odpovídá oligoklasu (An_{21–29}). Některá jeho zrna jsou zonální s okrajovou zónou tvořenou kyselým albitem (An_{1–5}). Akcesorické minerály jsou zastoupené zirkonem, apatitem, monazitem a opakními minerály.

Homogenní migmatity (diatexity), které vykazují téměř všesměrnou texturu tvoří relativně leukokrání nepravidelné polohy, případně čočky. Svým relativním stářím jsou blízké stáří diskordantních poloh leukosomu. Diatexity obsahují křemen (35–40 mod. %), plagioklas (25–30 mod. %), draselný živec (20–25 mod. %) a biotit (5–10 mod. %). Složení biotitu v homogenních migmatitech je velmi podobné jeho složení jak v mesosomu, tak leukosomu stromatitických migmatitů. Hodnota poměru Mg/(Mg+Fe) kolísá v rozmezí 0,37–0,42, obsah titanu se pohybuje v rozmezí 3,4–4,5 hmot. % TiO₂. Plagioklas svým složením odpovídá oligoklasu (An_{24–30}). V některých případech se v diatexitech vyskytují nepravidelné tmavší agregáty pinitizovaného cordieritu a křemene. Tyto agregáty zřejmě představují starší restity původních metasedimentů. V okolí cordierit-křemenných agregátů se někdy vyskytují akumulace draselného živce. Akcesorické minerály jsou zastoupené zirkonem, apatitem a opakními minerály.

Geochemie

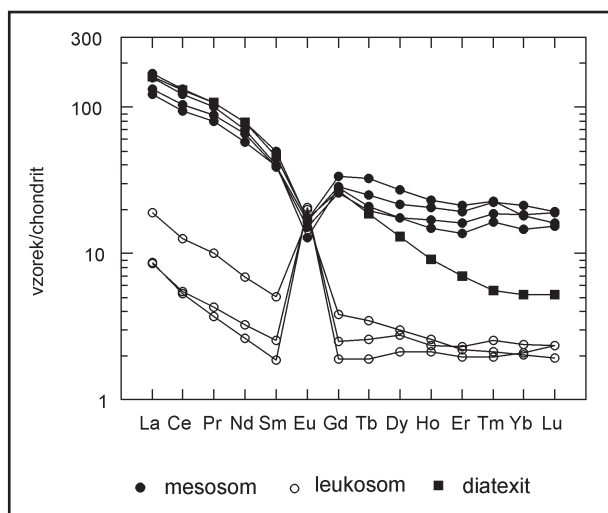
Obsah SiO_2 v mesosomu stromatitických migmatitů se pohybuje v rozmezí 57–63 hmot. %. Obsah TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$, MgO a K_2O klesá se stoupajícím obsahem SiO_2 , což dobře odráží klesající obsah biotitu v křemenem bohatších polohách mesosomu. Naopak obsah P_2O_5 se s přibývajícím obsahem SiO_2 zvyšuje. Výrazně vyšší koncentrace SiO_2 jsou charakteristické pro leukosom (74–77 hmot. %), pro něž jsou rovněž typické velmi nízké obsahy TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$ a MgO . Na druhé straně jsou pro leukosom charakteristické vyšší koncentrace alkálií, zčásti i CaO , což je v dobrém souladu s přítomností K-živce, případně s vyšším obsahem plagioklasu v některých polohách leukosomu.

Ve srovnání s průměrným obsahem prvků v kontinentální kůře (Taylor – McLennan 1985) je pro mesosom



Obr. 1: Spider diagram migmatitů z lomu Vanov. Normalizace byla provedena obsahy v kontinentální kůře podle Taylor – McLennana (1985).

Fig. 1: Spider plot of migmatites from the Vanov quarry normalized by average continental crust. Normalizing values are from Taylor – McLennan (1985).



Obr. 2: Distribuce prvků vzácných zemin v migmatitech z lomu Vanov. Pro normalizaci obsahem chondritů byla použita data Taylora – McLennana (1985).

Fig. 2: Chondrite-normalized REE pattern for migmatites from the Vanov quarry. Normalizing values are from Taylor – McLennan (1985).

významný vyšší obsah Th a Zr odrážející významný obsah monazitu a zirkonu v této složce studovaných migmatitů (obr. 1). Tyto rozdíly jsou ještě více patrné v distribuci prvků vzácných zemin (obr. 2).

Diskuze a závěr

Studované migmatity představují významný produkt regionální metamorfózy moldanubika. Jejich vznik byl provázen nejméně dvěma etapami parciálního tavení původních metasedimentů. V průběhu první etapy parciálního tavení došlo k oddělení leukosomu od mesosomu a ke vzniku stromatitických migmatitů. Obsah prvků vzácných zemin a dalších stopových prvků (Rb, Ba, Sr, Zr, Y) v mesosomu stromatitických migmatitů je podobný jejich obsahu zjištěnému v migmatitech z okolí Temelína (René 2003). V další etapě regionální metamorfózy došlo k pronikům mladší parciální taveniny napříč metamorfním komplexem. Nízký stupeň parciálního tavení leukosomu lze odvodit ze sníženého obsahu Ce, Zr a Y, kdy pouze část původních akcesorických minerálů podlehla tavení. Tuto skutečnost rovněž dobře odráží distribuce prvků vzácných zemin s výrazně nižšími obsahy těchto prvků v leukosomu. Výrazná pozitivní europiová anomálie v leukosomu souvisí s akumulací živců v průběhu parciálního tavení původních metasedimentů. Poměr $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ v analyzovaných Fe-Mg silikátech (biotit, cordierit) je blízký hodnotám tohoto poměru, uváděným z migmatitů monotónní jednotky v rakouském moldanubiku Linnerem (1996). Vyšší rozptyl hodnot poměru $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ a částečně nižší hodnoty tohoto poměru v obou minerálech zjistila v migmatitech z Bavorského lesa Kalt et al. (1999).

Poděkování

Předložená práce vznikla v rámci výzkumného záměru ÚSMH AV ČR, v. v. i. AV0Z30460519, za finanční podpory projektů MŠMT ČR ME459 a MEB060802. Autor je rovněž zavázaný za řadu cenných připomínek S. Houzarovi a D. Buríánkovi, které přispěly ke zkvalitnění původního rukopisu.

Literatura

- Brown, M. (1973): The definition of metatexis, diatexis and migmatite. – Proc. Geol. Assoc., 84, 371–482. London.
- Cháb, J. – Suk, M. (1977): Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy. – Knih. Ústř. Úst. geol., 50, 1–156. Praha.
- Kalt, A. – Berger, A. – Blümel, P. (1999): Metamorphic evolution of cordierite-bearing migmatites from the Bayerische Wald (Variscan belt, Germany). – J. Petrol., 40, 601–627. Oxford.
- Krupička, J. (1968): The contact zone in the north of the Moldanubian pluton. – Krystalinikum, 6, 7–39. Praha.
- Leichmann, J. – Matula, M. – Broska, I. – Holeczy, D. (2002): Low-degree partial melting of metapelites – another possible implement for selective concentration of uranium: Example from the Rožná uranium deposit, Bohemian Massif. – In: Kříbek, B. – Zeman, J. (eds.) Uranium deposits: From their genesis to their environmental aspects, 75–78. Czech Geological Survey, Praha.
- Linner, M. (1996): Metamorphism and partial melting of paragneisses of the monotonous group, SE Moldanubicum (Austria). – Mineral. Petrol., 58, 215–234. Vienna.
- Matějka, D. (1989): Ke geochemii hornin krystalinika mezi Veselím nad Lužnicí a Vlkovem. – Acta Univ. Carol., Geol., 1989, 503–505. Praha.
- René, M. (2003): Geochemical constraints of origin and evolution of migmatites in the central part of the Moldanubian Zone (Temelín area), Bohemian Massif. – Acta Montana, A, 23, 45–58. Praha.
- Taylor, S. R. – McLennan, S. M. (1985): The continental crust: its composition and evolution. – Blackwell, pp. 312. Oxford.
- Vrána, S. – Blümel, P. – Petrakakis, K. (1995): Moldanubian Zone, Metamorphic evolution. – In: Dallmeyer, R.D. – Franke, W. – Weber, K. (eds.) Pre-Permian geology of Central and Eastern Europe, 453–466. Springer Verlag, Berlin.
- Zoubek, V. (1927): O injekčním a kontaktním metamorfismu v okolí Pelhřimova. – Sbor. Stát. geol. úst., odd. geol., 7, 263–414. Praha.