

lesklá zrnka 0,6 mm velká. Jeho chemickému složení odpovídá empirický vzorec:



Zdrojem chromitu v aluválních náplavech jsou nepochybně sousední serpentinizované peridotity.

Ilmenit tvoří maximálně 1,5 mm velká, černá, matná až kovově lesklá plochá i oválná zrna.

Kyanit vytváří až 5 mm dlouhá plochá zrna, která mají zřetelně patrnou štěpnost a jsou šedobílá se světle modrými skvrnami. Mikroanalýzy vykázaly 61,9 hmot. % Al₂O₃ a 38,1 hmot. % SiO₂, což jsou hodnoty blízké teoretickému složení tohoto nerostu.

„Limonit“ – goethit – tvoří nejčastěji tenké povlaky na různých minerálech, zejména na magnetitu a hematitu, ze kterých při supergenní přeměně vzniká.

Magnetit se v malých podílech vyskytuje ve všech frakcích koncentrátu těžkých minerálů, nejhojnější je v podsítných frakcích pod 0,5 mm. Tvoří jednak drobné krystaly oktaedrického habitu a jejich srostlice, a jednak nepravidelná zrnka nebo jejich agregáty, často limonitzované.

Monazit se akcesoricky vyskytuje jen v podsítných frakcích koncentrátu. Tvoří průsvitná, mírně zaoblená nepravidelná zrnka medově žlutohnědé barvy se skelným až matným leskem.

Pyroxeny jsou zastoupeny ve studovaném koncentrátu jen velmi vzácně. Monoklinickému pyroxenu (Cr-diopsidu) patří sporadicky se vyskytující nápadně sytě zelená zrna o chemickém složení 54,10 % SiO₂, 2,72 % Al₂O₃, 0,98 % Cr₂O₃, 3,19 % FeO, 0,12 % MnO, 16,73 % MgO a 22,16 % CaO.

Rutil zde patří, vedle granátu a turmalínu, k nejhojnějším těžkým minerálům. Tvoří převážně krátce sloupcovité, většinou zaoblené až 8 mm velké krystaly a jejich úlomky.

Má červenohnědou až hnědočernou barvu a na jeho povrchu u tmavých zrn jsou patrné hojné hnědě až červenohnědé nepravidelné skvrny svědčící o jeho druhotné přeměně – leukoxenizaci. Vyskytuje se též jako jemné jehličky zrostlé v pyropu (sagenit).

Turmalín je spolu s rutilem po granátu nejčastějším těžkým minerálem. Často se vyskytuje ve srůstech s křemenem nebo je zarostlý do křemen-plagioklasové horniny. Zde jsou zastoupeny hlavně dva typy: 1. světle až tmavě hnědý dravit ve formě sloupečkovitých krystalů jednostranně ukončených klencovými ploškami a jejich úlomky, 2. černohnědá až černá, převážně dokonale zaoblená zrna skorylu až 8 mm velká. Sledování chemického složení turmalínu ukázalo, že světleji hnědě odrůdy patří dravitu, tmavější hnědě dravitu bohatému na skorylovou složku a černé jsou skoryly s příměsí dravitové složky.

Zirkon se vyskytuje v koncentrátech jen velmi vzácně. V podsítné frakci je přítomen jako oboustranně ukončené špačkovité, maximálně 0,5 mm dlouhé, bílé, dokonale omezené krystaly a vzácněji rovněž velmi malé krystaly pyramidálního habitu.

Literatura

- BARVÍŘ, J. L. (1895): O hadci od Dobešovic. – Věst. Král. Čes. Společ. Nauk, Tř. mat.-přírodověd., 46, 1–7. Praha.
 BĚHAL, Z. – NOVÁK, F. – PAULÍŠ, P. – PEJŠA, J. (2000): Historická naleziště českého granátu na Kolínsku a jejich mineralogie. – Práce Muz. v Kolíně, R. přírodověd., 4, 3–32. Kolín.
 SCHNEIDER, J. (1937): Dějiny granátnického cechu (kamení řezačů, vrtačů a brusíčků) v Kolíně. – Věst. Klubu čs. turistů, odbor Kolín, 14, 1–2, 1–9 a 31–37. Praha.
 STRNAD, J. (1972): Hadce a jejich niklonosná rezidua v podloží křídy v okolí Kutné Hory. – Věst. Ústř. Úst. geol., 47, 2, 107–110. Praha.

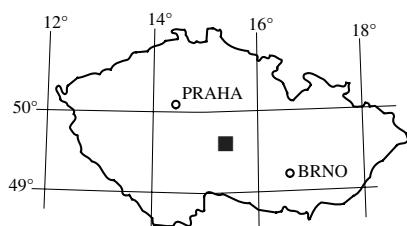
PETROLOGIE MIGMATITŮ V OBLASTI MEZI HUMPOLCEM A JIHLAVOU

Petrology of migmatites in the area between Humpolec and Jihlava

MILOŠ RENÉ

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8

(23-21 Havlíčkův Brod, 23-23 Jihlava)



Key words: Moldanubian zone, migmatite, geochemistry, petrology

Abstract: Migmatites from the area between Humpolec and Jihlava originated by partial melting of biotite and sillimanite-biotite

paragneisses. The source of water for the partial melting was dehydration melting of muscovite and biotite in original protolith. Migmatites in this area are represented by medium grained, stromatitic migmatites, less often by nebulitic migmatites. In consequence of the partial melting of original protolith quartz-feldspar cumulates were formed, which caused the higher contents of K₂O, SiO₂, Rb, U and Eu in leucosome of these migmatites in comparison with their contents in original paragneisses.

ÚVOD

Migmatity patří k významné skupině hornin moldanubika. Pro členění moldanubika se tradičně využívají stratigraficko-strukturní kritéria, na jejichž základě jsou v molda-

nubiku vymezovány tři terány – Ostrong (původně jednotvárná a kaplická skupina), Drosendorf (původně pestrá skupina) a Gföhl (skupina s významným výskytem vysokotlakých metamorfítů – granulitů, peridotitů, pyroxenitů, dunitů a eklogitů) (FIALA a PATOČKA 1994). Migmatity a s nimi úzce spjaté migmatitické pararuly jsou zastoupené ve všech třech jednotkách. Největší plošné rozšíření migmatitů je spojeno s intruzí variských granitoidů, kdy pásmo migmatitů široké až 10 km lemuje všechna větší granitová tělesa, zejména pak těleso centrálního moldanubického batolitu. V minulosti byla největší pozornost věnována studiu migmatitizace v severním křídle moldanubika, v širším okolí Humpolce, Pelhřimova a Jihlav (ZOUBEK 1927, SUK 1964, KRUPIČKA 1968). Větší množství starších dat a nové výchozy, které vznikly v průběhu stavby dálnice Praha–Brno, byly důvodem výběru území mezi Humpolcem a Jihlavou pro podrobnější studium petrografie a chemismu migmatitů, jehož výsledky jsou prezentovány v této práci.

GEOLOGICKÁ POZICE

Migmatity v oblasti mezi Humpolcem a Jihlavou jsou součástí jak jednotvárné, tak pestré skupiny (SUK 1964, KRUPIČKA 1968). Obě skupiny jsou zde součástí složité megaantiklinály s osou směru SSV-JJZ, do jejíž střední části se v závěru variské orogeneze vmísily dvojslídné, vzácně i biotitické granity moldanubického batolitu. Procesu vmísění granitů bezprostředně předcházela HT-LP metamorfóza, jejíž součástí byl i vznik migmatitických rul a migmatitů. Původní, převážně sillimanit-biotitické pararuly byly v průběhu této metamorfózy přeměněny na cordierit-biotitické pararuly, migmatitické ruly a různé texturní typy migmatitů. Detailní, zejména texturní analýzu migmatitů provedl na východním okraji moldanubického batolitu KRUPIČKA (1968), který měl k dispozici i celou řadu vrtů. Z texturního hlediska převládají v oblasti mezi Humpolcem a Jihlavou stromatitické variety migmatitů nad nebulitickými typy a diskordantními žilami anatektických granitů.

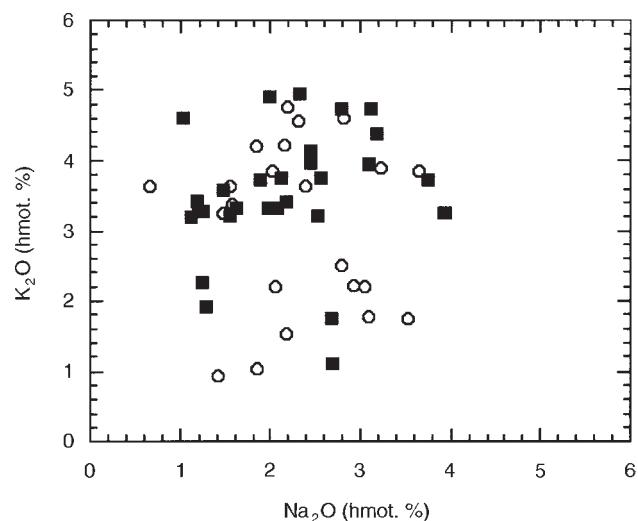
PETROGRAFIE

Migmatity jsou převážně středně zrnité, v některých mísotech (východní okolí Humpolce u zříceniny hradu Orlík) až hrubě zrnité, různě výrazně páskované horniny. Pásy, v nichž se střídají často velmi pravidelně polohy mezosomu a leukosomu, jsou obvykle mocné od několika milimetrů do prvních centimetrů. Méně často mají polohy leukosomu podobu diskordantních žilek nebo nepravidelných poloh. Větší zastoupení diskordantních poloh leukosomu na některých výchozech vedlo svého času ZOUBKA (1927) k představě o injekční povaze procesů migmatitizace. Polohy melanasomu jsou v migmatitech velmi vzácné a pokud jsou přítomné, jejich mocnost je jen vzácně větší než několik milimetrů. Migmatity jsou v čerstvém stavu tmavě šedé až černošedé horniny s často namodralým nádechem, který je způsobený přítomností zrn nebo zrnitých agregátů cordieritu.

Mezosom migmatitů je tvořený převážně křemenem (25–40 obj. %), K-živcem (6–35 obj. %), plagioklasem (1–6 obj. %), biotitem (6–15 obj. %), cordieritem (6–20 obj. %), sillimanitem (2–10 obj. %) a akcesorickými minerály (zirkon, apatit, granát, pyrit, ilmenit). Leukosom je tvořený křemenem, K-živcem a v podřízeném množství se v něm vyskytuje plagioklas. Křemen je obvykle xenoblasticí, se zubovitým tvarem zrn. K-živec je zastoupený nejčastěji mikroklinem, vzácněji ortoklasem. Biotit vytváří nejčastěji nepravidelné, až několik milimetrů mocné pásky. Cordierit vytváří obvykle izometrická zrna, která jsou z více než 60 % částečně nebo zcela pinitizovaná. Sillimanit se v migmatitech vyskytuje jednak ve formě samostatných jehlicovitých zrn až 2 mm dlouhých, jednak ve formě nepravidelných, někdy vějířovitých agregátů, v nichž se mimo shluků jehlicovitých krystalů sillimanitu vyskytují nepravidelná zrna křemene. Sillimanit tvoří rovněž inkluze v cordieritu nebo v K-živci. Plagioklas patří k vzácnějším minerálům a jeho bazicita se pohybuje v rozmezí oligoklasu až andesinu (An_{15-40}). Struktura migmatitů je lepidogranoblasticí až granoblasticí.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ

Pro potřeby této studie bylo zhotoveny 31 úplných chemických analýz. Hlavní komponenty a vybrané stopové prvky byly stanoveny standardní rentgenspektrální analýzou na spektrometru Siemens SRS-1 (analytik J. Bouška, laboratoř MEGA Stráž pod Ralskem) (tab. 1). Prvky vzácných zemin, Sc, Ta a Hf byly stanoveny metodou INNA rovněž v laboratořích MEGA (analytik P. Kotáš). Obsahy uranu a thoria byly stanoveny gamaspektrometricky s pomocí mnohokanálového spektrometru NT-512 v Geofyzice Brno (analytik M. Škovíčková). Pro diskusi výsledků chemických analýz migmatitů byly použity analýzy biotitických a sillimanit-biotitických pararul, které jsou diskutovány v práci RENÉHO (2001). Pro zpracování výsledků chemických analýz byl použit program Minpet.



1. Distribuce K_2O a Na_2O v biotitických a sillimanit-biotitických pararulách a v migmatitech v oblasti mezi Humpolcem a Jihlavou. Kolečka – biotitické a sillimanit-biotitické pararuly, čtverečky – migmatity.

Tabulka 1. Reprezentativní chemické analýzy migmatitů z oblasti mezi Humpolcem a Jihlavou (hmot. %)

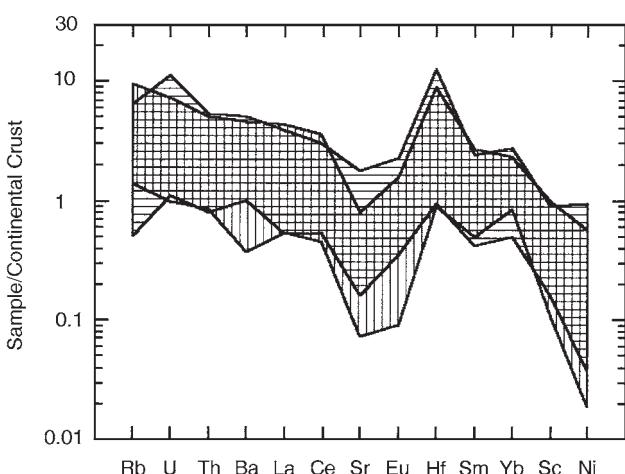
	51012	51022	51056	51160	51165	51197	52008	52021	52026
SiO ₂	63,44	67,18	64,94	74,90	63,11	55,10	67,52	73,90	69,83
TiO ₂	0,76	0,55	0,63	0,80	0,71	0,95	0,79	0,26	0,77
Al ₂ O ₃	17,72	15,84	16,07	11,50	17,97	19,97	14,98	13,36	14,16
Fe ₂ O ₃ tot.	6,25	4,72	5,70	5,13	6,00	9,39	5,81	1,79	4,98
MnO	0,09	0,06	0,08	0,04	0,09	0,06	0,07	0,06	0,06
MgO	2,44	1,75	2,48	1,43	2,31	4,47	2,16	0,51	1,77
CaO	1,02	0,89	1,18	0,62	0,85	1,16	1,00	0,87	0,95
Na ₂ O	2,53	2,45	2,56	1,23	2,13	1,03	1,25	3,87	1,56
K ₂ O	3,21	3,96	3,75	2,26	3,75	4,61	3,27	4,37	3,21
P ₂ O ₅	0,19	0,19	0,17	0,10	0,21	0,15	0,15	0,32	0,19
ztr. žíh.	1,90	1,90	2,00	1,50	2,40	2,60	2,50	0,90	2,00
celkem	99,55	99,49	99,56	99,51	99,53	99,49	99,50	100,21	99,48
Ba (ppm)	424	728	925	440	1161	890	741	278	830
Sr (ppm)	120	138	134	90	161	168	125	47	151
Rb (ppm)	119	156	162	110	142	213	120	171	146
U (ppm)	3,1	4,1	4,0	2,7	3,0	2,7	6,5	5,2	3,7
Th (ppm)	11,2	9,7	13,4	10,1	11,4	13,3	10,2	3,0	14,5

51012 – stromatitický migmatit, sz. od Jiřic, zářez dálnice, 51022 – stromatitický migmatit, j. od Humpolce, zářez dálnice, 51056 – stromatitický migmatit s cordieritem, v. od Sedlice, zářez silnice u přehrady, 51160 – stromatitický migmatit, v. okraj obce Vystrkov, výchoz, 51165 – nebulitický migmatit, ssv. od Petrovic, výchoz, 51197 – nebulitický migmatit, pinkové pásmo Orlík, v. od Humpolce, vrt VS-1, 133,9–135,0 m, 52008 – biotit-sillimanitický migmatit, sv. od Smrčné, zářez dálnice, 52021 – stromatitický migmatit, opuštěný lom na s. okraji Dobronína, 52026 – nebulitický migmatit, z. od obce Zvonějov, balvanitý výchoz.

Pro migmatity jsou ve srovnání s biotitickými a sillimanit-biotitickými pararulami moldanubika významně vyšší obsahy K₂O, které jsou důsledkem vyššího obsahu draselného živce v migmatitech (obr. 1). Novotvořený draselný živec vzniká v důsledku dehydratačního tavení mus-

kovitu, které bylo hlavním zdrojem vody pro vznik parciální granitové taveniny, z níž vznikl leukosom migmatitů. V průběhu migmatitizace dochází rovněž ke vzniku cordieritu a sillimanitu. Pro migmatity je ve srovnání s biotitickými a sillimanit-biotitickými pararulami významný také mírně vyšší obsah Rb, U a Eu, což je rovněž důsledkem dehydratačního tavení muskovitu, případně biotitu. V průběhu vzniku leukosomu dochází ke vzniku křemen-živcových kumulátů, pro něž je významná přítomnost pozitivní europiové anomálie. Vznik křemen-živcových kumulátů je mimo pozorování v mikroskopu prokázán rovněž vztahem SiO₂ a K₂O. Jestliže je pro poměr obou komponent v pararulách charakteristická negativní korelace, v migmatitech se tato korelace mění na pozitivní.

Přes prokázané některé rozdíly v chemismu pararul a migmatitů lze, v souladu se staršími studiemi SUKA (1964) a KRUPIČKY (1968), považovat migmatitizaci v dané oblasti moldanubika za izochemickou. Z distribuce vybraných stopových prvků (obr. 2) vyplývá, že v průběhu migmatitizace docházelo především k homogenizaci původního protolitu a tudíž ke snížení rozptylu obsahu těchto komponent. Výše popsané změny v minerálním obsahu migmatitů a jejich chemickém složení ve srovnání s původním protolitem moldanubických pararul lze přičíst na vrub parciálnímu tavení, jehož produktem byl leukosom migmatitů.



2. Distribuce stopových prvků v biotitických a sillimanit-biotitických pararulách a v migmatitech v oblasti mezi Humpolcem a Jihlavou. Normalizováno obsahem stopových prvků ve svrchní kontinentální kůře podle TAYLORA a MCLENNANA (1985). Svislé šrafrování – biotitická a sillimanit-biotitická pararuly, vodorovné šrafrování – migmatity.

ZÁVĚR

Zkoumané migmatity v oblasti mezi Humpolcem a Jihlavou jsou reprezentovány především středně zrnitými, stroamatitickými, méně často nebulitickými migmatity. Migmatity vznikly v počátečních stadiích parciálního tavení původního pararulového protolitu. Vznik leukosomu je spojený s dehydratačním tavením muskovitu, případně biotitu. V důsledku parciálního tavení došlo ke vzniku křemen-živcových kumulátů, které zapříčinily vyšší obsah K₂O, SiO₂, Rb, U a Eu ve zkoumaných migmatitech, respektive v leukosomu těchto migmatitů.

Poděkování. Tato práce vznikla za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (projekt č. ME-458).

Literatura

- FIALA, J. – PATOČKA, F. (1994): The evolution of Variscan terranes of the Moldanubian region, Bohemian Massif. – KTB Report, 94–3, 1–8. Hannover.
- KRUPÍČKA, J. (1968): The contact zone in the north of the Moldanubian pluton. – Krystalinikum, 8, 7–39. Praha.
- RENÉ, M. (2001): Litologický vývoj moldanubických pararul v oblasti mezi Čechticemi a Jihlavou. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2000, 105–108. Praha.
- SUK, M. (1964): Material characteristics of the metamorphism and migmatization of Moldanubian paragneisses in Central Bohemia. – Krystalinikum, 2, 71–105. Praha.
- TAYLOR, S. R. – MCLENNAN, S. M. (1985): The continental crust: Its composition and evolution. – Blackewell, 312 s. Oxford.
- ZOUBEK, V. (1927): O injekčním a kontaktním metamorfismu v okolí Pelhřimova. – Sbor. St. geol. Úst., 7, 263–414. Praha.