

PETROLOGIE A GEOCHEMIE MAFICKÝCH INTRUZÍ V ZÁPADOKRUŠNOHORSKÉM GRANITOVÉM PLUTONU V OKOLÍ ABERTAM A MARIÁNSKÝCH LÁZNÍ

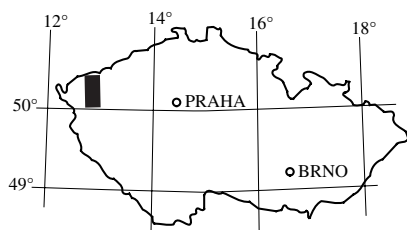
Petrology and geochemistry of mafic intrusions in the Western Krušné hory pluton in the vicinity of Abertamy and Mariánské Lázně

EMIL JELÍNEK¹ – WOLFGANG SIEBEL² – VÁCLAV KACHLÍK¹ – MIROSLAV ŠTEMPROK¹ – FRANTIŠEK V. HOLUB¹ – PAVLA KOVAŘÍKOVÁ¹

¹ Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2

² Universität Tübingen, Institut Mineralogie, Petrologie u. Geochemie, Wilhelmstr. 56, D - 720 74 Bundesrepublik Deutschland

(11-21 Karlovy Vary, 11-23 Sokolov, 11-41 Mariánské Lázně)



Key words: Krušné hory Mts./Erzgebirge, mafic rocks, redwitzite, granite, chemical composition, zircon dating, Variscan

Abstract: Small mafic plutonic bodies (to about 1 km sizes) spatially associated with the granites of the Western Krušné hory pluton were studied in the W Krušné hory Mts./Erzgebirge (Abertamy) and Slavkovský les (Mariánské Lázně and Kynžvart). Most of them are well comparable with the so-called redwitzites described from Oberpfalz in Germany. They range from gabbronorite and gabbro to quartz diorite and melagranodiorite compositions. In a great majority of samples, primary mafic minerals, i.e. orthopyroxene, clinopyroxene and in some places also olivine, are replaced by uraltic amphiboles of actinolite to magnesio-hornblende compositions and by serpentine. Presence of large poikilitic biotite (phlogopite) flakes up to 1 to 2 cm in diameter gives them the appearance specific for redwitzites from the classical locality. Chemical composition is variable but high contents of MgO, increased contents of K₂O and of many incompatible trace elements are characteristic. The most primitive mafic varieties of these rocks from Abertamy and Kynžvart have MgO up to 13–18 wt% and strongly increased contents of Ni, Cr, V, and Co. Other less mafic rocks, namely from the Mariánské Lázně area, correspond more closely to redwitzites described from the Leuchtenberg area (Germany). According to the single-zircon dating (done at the University of Tübingen) the mafic rocks from Abertamy and Mariánské Lázně have the ages from 322.4 ± 2.9 Ma to 324.8 ± 3.0 Ma. These ages are undistinguishable from the single-zircon age of biotite granite from Abertamy belonging to the Older Intrusive Complex (OIC) of the W Krušné hory pluton.

Úvod

Během roku 2003 pokračoval výzkum mafických hornin, prostorově asociovaných s granity západokrušnohorského plutonu, v rámci grantu Grantové agentury České republiky č. 205/02/0458 (viz JELÍNEK et al. 2003). Nově byly geologicky dokumentovány výskyty gabrodioritů, dioritů a „redwitzitů“ ve Slavkovském lese, popsané v minulosti FIALOU (1963). Největší těleso od Lobzů (Uhlířský vrch) jv.

od Sokolova bylo nově mapováno v měřítku 1 : 10 000 a proměřeno gravimetricky a magnetometricky (BLECHA et al. 2004). Nově byla vymapována také tělesa granodioritů a redwitzitů, sdružená s granity staršího intruzivního komplexu v okolí Bečova a Nové Vsi. Z větších těles Slavkovského lesa a v okolí Bečova bylo odebráno 10 velkoobjemových vzorků a předáno k laboratornímu zpracování (chemickým analýzám, separací zirkonů).

Ze všech vzorků z Abertam i z Mariánských Lázní byly v roce 2003 provedeny silikátové analýzy a stanoveny stopové prvky včetně prvků skupiny vzácných zemin na ICP–MS v laboratořích geologických ústavů Přírodovědecké fakulty UK. Měření byla doplněna stanovením obsahu F v laboratořích České geologické služby na Barrandově. Z vybraných vzorků byly separovány zirkony na měření radiometrického stáří evaporační metodou na jednotlivých zrnech, které bylo provedeno na univerzitě v Tübingenu (W. Siebel).

Abertamy

Nové mapování na lokalitě Abertamy zohlednilo výsledky geofyzikálního měření z roku 2002 (BLECHA 2003). V místech s nedostatkem výchozů byly provedeny ručně vrtané sondy do hloubky 0,5–2,0 m, na jejichž základě lze obě dříve rozlišovaná tělesa gabrodioritů v mapě propojit v těleso jediné, dosahující délky cca 1400 m a maximální šířky 600 m, protažené ve směru SV–JZ. Podle geofyzikálních dat má těleso malý hloubkový dosah.

Mafické těleso j. až jv. od Abertam je petrograficky nehomogenní. Můžeme v něm rozeznat dvě hlavní variety, které se navzájem liší zrnitostí, minerálním i chemickým složením. Ve všech horninách jsou však podobné základní rysy struktury, kterými jsou jednak všesměrně orientované hypautomorfní až téměř automorfní tabulky plagioklasu a jednak přítomnost nápadně velkých (několik mm až 2 cm) poikilitických a v detailu xenomorfních tabulek biotitu. Tento biotit, přestože objemově většinou nepřesahuje 10–15 %, dodává horninám velmi charakteristický vzhled, typický pro redwitzity z klasické lokality.

Vzorky ze sv. části abertamského tělesa odpovídají biotit-amfibolovému křemennému gabrodioritu. Plagioklasy jsou velmi výrazně zonální, v jádrech odpovídající labradoritu až bytownitu s velmi bazickými skvrnkami, v okrajových partiích však jen bazickému oligoklasu až střednímu andezínu. Amfibol je velmi světle zelenavý s nápadně slabým pleochroismem. Jeho složení odpovídá aktinolitů až magneziohornblendu s nízkými obsahy Al (v dřívějších

klasifikacích aktinolitickému hornblendu) a je velmi pravděpodobné, že takový amfibol vznikl na úkor starších pyroxenů. Přítomny jsou však jen sporadické reliktů zakaleného klinopyroxenu diopsidového složení. Nápadným znakem horniny je vysoký obsah akcesorických minerálů, zejména ilmenitu a apatitu, s nimi se však vyskytuje také pyrhotin, allanit a zirkon, velmi vzácně monazit. Apatit je velmi často vázán na tabulky biotitu.

V západnějších partiích tělesa jsou hojně zastoupeny variety podstatně mafičtější. Byly zde mimo hornin s totální uralitizací primárních mafitů nalezeny i vzorky se zachovanými pyroxeny. V jediném vzorku byly pozorovány hojné zbytky ortopyroxenu, zčásti uralitizovaného, avšak i v takových případech s dobře rozlišitelnými tvary automorfních nebo téměř automorfních sloupců. Naproti tomu mnohem vzácnější klinopyroxen má ve struktuře horniny odlišné postavení. Tvoří xenomorfní individua, v okrajích poikiliticky uzavírající drobné tabulky plagioklasu. Plagioklas je silně zonální, ve vnitřních partiích má složení bytownitu až anortitu, v okrajích kyselého labradoritu a jen vzácně až andezínu (na styku s křemenem). Křemene je málo. Hornina petrograficky odpovídá částečně amfibolizovanému biotitovému gabronoritu až noritu. V dalších vzorcích s mnohem pokročilejší uralitizací a homogenizací sekundárních amfibolů obvykle nelze povahu původních pyroxenů spolehlivě rozlišit, avšak z chemického složení se dá soudit rovněž na podstatné zastoupení ortopyroxenu ve výchozí minerální asociaci.

Obě variety gabroidních hornin abertamského tělesa se výrazně odlišují v chemickém složení. Silně mafické vzorky jsou podstatně bohatší MgO (11–18 %), avšak obsahy CaO bývají zhruba stejné nebo i výrazně nižší oproti gabrodioritu ze sv. části tělesa. Mají jen kolem 0,5–0,75 % TiO₂, 1,2–1,6 % K₂O a 0,2–0,4 % P₂O₅. Gabronorit na SV je nápadně bohatší alkáliemi (2,2 % K₂O) a má silně zvýšené obsahy TiO₂ (2,15 %) a také P₂O₅ (1,3 %), obsah MgO činí jen 4,6 hm. %.

Okolí Mariánských Lázní

V oblasti Mariánských Lázní byly výskyty mafických intruzí zčásti vymezeny během mapovacích kurzů Ústavu geologie a paleontologie PřF UK v 90. letech a upřesněny při nových výzkumech V. Kachlíkem v rámci řešení současného grantového projektu. Tělesa jsou strukturně i látkově velmi variabilní, světlejší jemnozrné až středně zrnité variety granodioritového až kvarcmonzodioritového složení převažují nad bazičtějšími typy. Největší těleso z. od údolní nádrže v Mariánských Lázních, protažené sv.-jz. směrem, dosahuje délky přes 1 km a šířky přes 500 m. Větší počet drobnějších těles po obou stranách lesní silnice z Mariánských Lázní do Lázní Kynžvartu dosahuje řádově stometrových rozměrů. Na rozdíl od předchozího tělesa a těles uzavřených v porfyrickém biotitickém granitu ve v. okolí Mlýnského pramene na s. okraji Mariánských Lázní (Žižkův vrch) jsou protažena ve směru SZ-JV, tj. paralelně s mariánskolázeňským zlomovým pásmem.

Mafická intruziva prorážejí alkalické metabazity jednotky Kladské v prostoru mezi Lázněmi Kynžvart a Mariánskými Lázněmi, horniny mariánskolázeňského komplexu (např. hadce s. od vodárny v Mariánských Lázních), nebo jsou uzavírána v porfyrickém biotitovém granitu staršího intruzivního komplexu (s. okraj Mariánských Lázní) nebo i v jemnozrných biotitových granitech (autometamorfovaných granitech) mladšího intruzivního komplexu. Protože těleso granitů přetíná hlavní násunovou linii mariánskolázeňského komplexu, nasunutého na jednotku Kladské (KACHLÍK 1993), a také na základě geologických vztahů na úpatí Žižkova vrchu lze považovat bazická intruziva za mladší, než je vznik variské příkrovové stavby na pomezí tepelsko-barrandienské a sasko-durynské oblasti.

V oblasti Mariánských Lázní lze na základě makroskopických pozorování vyčlenit tři hlavní petrografické variety redwitzitů: 1. slabě porfyrická mafická hrubozrná monzogabra až křemenné monzodiority s obsahem SiO₂ pod 50 %, 2. světlejší jemnozrné až středně zrnité amfibol-biotitické monzodiority až granodiority (tyto živcem bohatší a kyselější typy obsahují 51–59 % SiO₂), prorážející i páskované ruly dyleňského krystalinika mezi Chodovskou Hutí a Broumovem jz. od Mariánských Lázní, 3. žilné jemnozrné typy s hypautomorfními vyrostlicemi plagioklasu a jemnozrnou šedavou matrix, které se poněkud liší geochemicky.

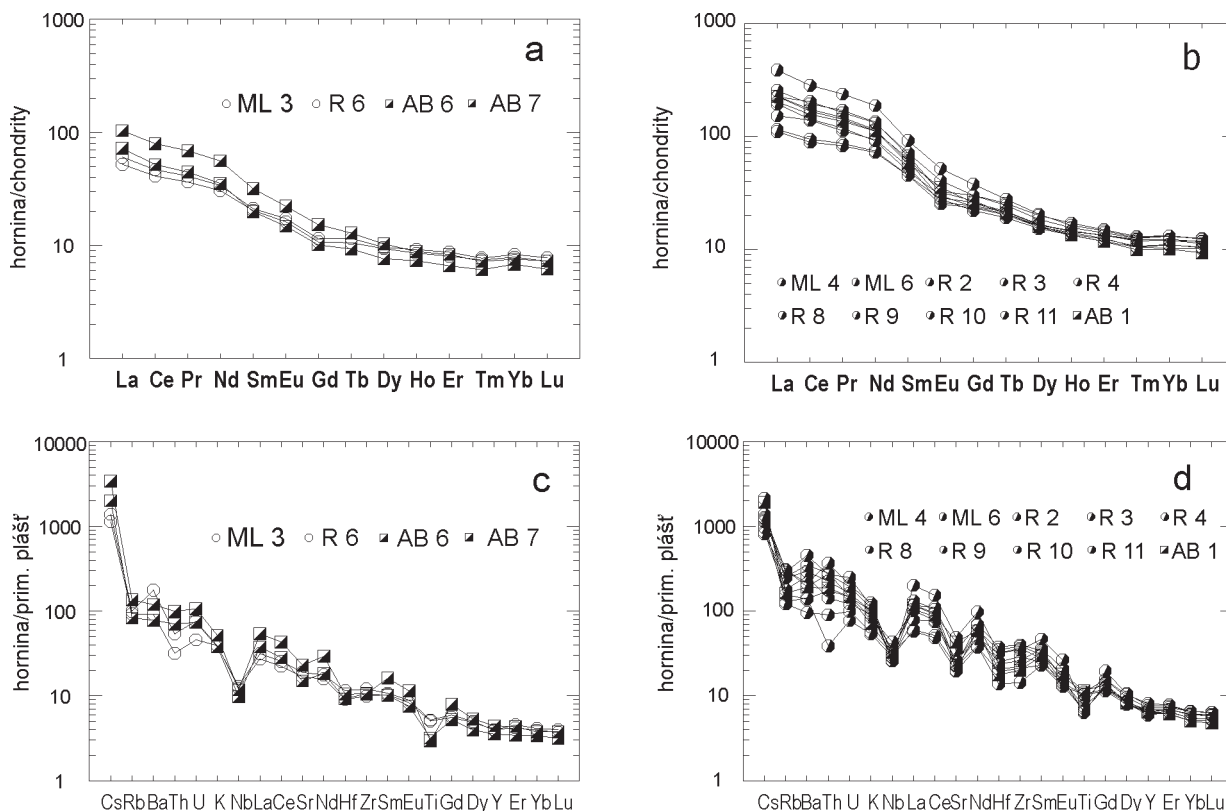
Tmavé hrubozrné monzodiority a monzogabra se vyznačují hypautomorfně zrnitými strukturami s vyrostlicemi Mg-bohatého biotitu, který místy poikiliticky uzavírá plagioklasy. Obsahuje často agregáty ilmenitu, tence až tlustě sloupcovité krystaly apatitu a zrnka zirkonu. Všesměrně orientované krystaly plagioklasu jsou hypautomorfní až automorfní, vyznačují se výraznou oscilační zonalitou a velkými rozdíly v bazicitě mezi centrem a okraji zrn.

Nejbazičtější typy obsahují ojediněle i dobře zachovaná drobná zrna olivínu, uzavřená v klinopyroxenu nebo biotitu (většinou jsou však serpentinizována nebo chloritizována), dále bezbarvý ortopyroxen i narůžovělý klinopyroxen. Pyroxeny jsou často do různé míry uralitizovány. V některých vzorcích jsou z pyroxenů zachovány pouze reliktů, zatímco dominují téměř bezbarvé amfiboly. Rezavě hnědý, silně pleochroický biotit tvoří velké hypautomorfní tabulky, poikiliticky uzavírající drobné plagioklasy. Akcesorie tvoří velmi hojný apatit (obsahy P₂O₅ v hornině přesahují 1 %), ilmenit, spinel, zirkon a sekundární chlority a leukoxen.

Se zvyšováním podílu živců a ubýváním tmavých minerálů přecházejí monzodiority do kyselějších členů křemenných monzodioritů až granodioritů. V nich bývají dominantními tmavými minerály bezbarvý uralitický amfibol a biotit, pyroxeny jsou zastoupeny jen zřídka. Obsahy SiO₂ se pohybují od 53 do 59 hm. %. V těchto horninách bývá jako vedlejší minerál běžně přítomen křemen.

Zhodnocení chemismu

Redwitzity z Abertam a Mariánských Lázní se rozsahem složení vzájemně překrývají a celkově jsou velmi podobné redwitzitům z německých lokalit. Obsahy SiO₂ se pohybují



Obr. 1. a, b – Křivky na chondrity normalizovaných obsahů prvků skupiny vzácných zemin v redwitzitech a – nejprimitivnějšího složení, b – diferenciovanějších vzorků; c, d – obsahy inkompatibilních prvků, normalizovaných koncentracemi v primitivním plášti, v redwitzitech c – nejprimitivnějšího složení, d – diferenciovanějších vzorků. Vzorky označené AB jsou z okolí Abertam, vzorky ML nebo R jsou ze širšího okolí Mariánských Lázní.

mezi 46,7 a 58,8 hm. %. V AFM diagramu vývoj redwitzitických hornin odpovídá vápenatoalkalickému trendu. V Harkerových diagramech mají některé hlavní i stopové prvky (CaO, Na₂O, K₂O, Sr, Rb, Th) zhruba lineární trendy od nejbazičtějších členů až po granity staršího intruzivního komplexu (OIC), variace jiných prvků jsou však odlišné.

Přestože role mísení mafického magmatu (bohatého na Mg, Cr a Ni) s granitovým je v genezi redwitzitů velmi pravděpodobná, nemůže takový proces sám o sobě vysvětlit všechny chemické vlastnosti a variace.

Pro studované redwitzity je charakteristický vysoký stupeň obohacení lehkými vzácnými zeminami (obr. 1a, b). Křivky normalizovaných obsahů vzácných zemin pro tělesa od Abertam a Mariánských Lázní jsou si velmi podobné. Od nejprimitivnějších mafických členů po nejméně mafické stoupá obohacení La nebo Ce proti chondritům v rozpětí zhruba 100x až 400x. Vzájemné poměry inkompatibilních stopových prvků v redwitzitech jsou obdobné jako v magmatech, vznikajících v suprasubdukčním geologickém prostředí. Vzorky z obou oblastí vykazují výrazné obohacení zejména Cs, Rb, Ba a Th a poněkud méně také draslíkem, zatímco obsahy Nb a Ti jsou obecně nízké (obr. 1c, d).

Stáří

Zirkony, separované ze dvou vzorků redwitzitů od Mariánských Lázní a Abertam a jednoho vzorku granitu OIC

od Abertam, byly analyzovány evaporační Pb-Pb metodou jednotlivých zirkonových zrn na hmotovém spektrometru Finnigan MAT 262 (Mass Com secondary electron multiplier) na univerzitě v Tübingenu (W. Siebel). Podle obrazů v odražených elektronech se zirkony v redwitzitech a granitech navzájem liší. V redwitzitech jsou zrna nezonální a velmi nepravidelného omezení, zatímco v granitech jsou dobře omezená a výrazně zonální. Na každém vzorku redwitzitu byla analyzována dvě zrna, která ukázala stáří mezi 322,4 ± 2,9 Ma a 324,8 ± 3,0 Ma, velmi dobře zapadající mezi výsledky datování redwitzitů z okolí Leuchtenbergu i klasických lokalit od Marktredwitzu (viz SIEBEL et al. 2003). Vzorek zirkonu z granitu od Abertam poskytl smíšená stáří; na jediném zrnu zirkonu měření určilo stáří 322,8 ± 3,5 Ma, které odpovídá věku redwitzitů.

Předběžné závěry

Petrologické a geochemické studium i nové datování redwitzitů v západokrušnohorském batolitu na území České republiky a jejich srovnání s daty z bavorských lokalit (SIEBEL 1993, SIEBEL et al. 2003) prokázalo, že redwitzity představují specifickou skupinu mafických intruziv, časově sblížených s některými granity OIC. Výchozí mafická magmata pocházela z plášťového zdroje, jehož složení bylo modifikováno migmatickými nebo metasomatickými pro-