

VZNIK A VÝVOJ METAGRANITŮ SVRATECKÉHO KRYSTALINIKA

Origin and evolution metagranite from Svatka crystalline complex

David Buriánek¹, Pavel Hanžl¹, Rostislav Melichar², Alice Zavřelová²

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno;

e-mail: burianek@cgu.cz

² Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno

(14-33 Polička, 24-11 Nové Město na Moravě)

Key words: Svatka Crystalline Complex, metagranites, chemical composition, evolution

Abstract

The Upper Cambrian muscovite-biotite porphyric metagranites are characteristic rocks of the Svatka Crystalline Complex. They were strained and metamorphosed during Variscan orogenic event (330 ± 8 Ma) under amphibolite facies. Considered metagranites are interpreted as a result from dehydration-melting reactions involving biotite. The variations in chemical composition and mineral chemistry was explained by the fractionation process as the deformation process was isochemical predominately.

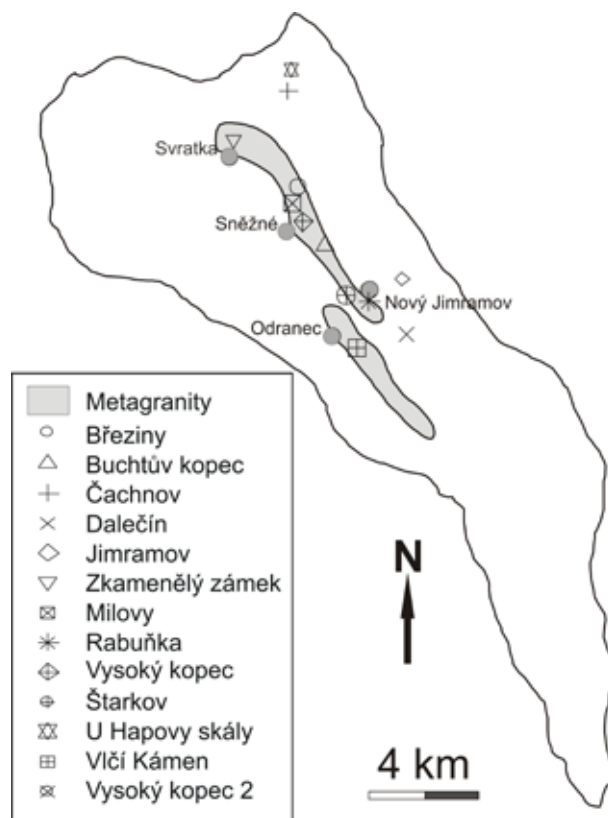
1. Geologická pozice metagranitů

V rámci svrateckého krystalinika vystupuje řada těles hrubě zrnitých porfyrických biotitických až muskovit-biotitických alkalickoživcových metagranitů. Metagranity jsou metamorfně a deformačně postiženy, což se odrazilo i v dříve užívaných názvech jako okatá, plástevnatá nebo mázdřitá ortorula. Magmatický původ horniny, který byl ojedinele diskutován jako sporný (Svoboda a Zoubek, 1950), dobře dokládá téměř automorfní omezení vyrostlic křemene a živců nápadně zejména v málo deformovaných partiích, dále výskyty tmavých xenolitů, četné autolity jemnozrnnějších variet, žilné proniky metagranitů do okolních hornin a v neposlední řadě též jejich apliticko-pegmatitový žilný doprovod. Radiometrickým datováním (U-Pb) převážně subhedralního zirkonu ze silně deformovaných metagranitů bylo zjištěno stáří 515 ± 9 a 1932 ± 7 mil. let, z nichž první je interpretováno jako magmatické stáří intruze (Schulmann et al., 2005).

Většina těles metagranitů ve svrateckém krystaliniku je protažena souhlasně s jeho dominantní foliací směru SZ-JV. Jsou uložena převážně v migmatitech, méně často se stýkají s pararulami a svory. Největší těleso metagranitů tvoří pruh o mocnosti prvních kilometrů jdoucí od obce Březiny na severu až k obcím Ždánice a Domanín na jihu. Převážná část studovaných vzorků pochází z tohoto tělesa (obr. 1).

2. Metodika

Analýzy minerálů byly provedeny na elektronové mikroskopě Cameca Camebax SX-100 na Ústavu geologických věd PřF MU v Brně. Měření probíhalo ve vlnově disperzním módu za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 kV, průměr elektronového svazku 5 μ m, proud 30 nA, načítací čas 20 sekund, operátor R. Čopjaková. Jako standardu bylo užito (Ka X-ray linie): augit (Si, Mg), ortoklas (K), jadeit (Na), chromit (Cr), almandin (Al), andradit (Fe, Ca), rodonit (Mn), TiO (Ti). Empirické vzorce živců byl



Obr. 1 – Zjednodušená geologická mapa svrateckého krystalinika s vyznačenou lokalizací studovaných vzorků (upraveno podle: Stárkové et al. 1996, 1998 a Svoboda et al. 1962). Šedě jsou vyznačeny hlavní tělesa metagranitů.

Fig. 1 – Simplified geological map of the Svatka Crystalline Complex with sample locations (modified from: Stárková et al. 1996, 1998 and Svoboda et al. 1962). The gray-filled areas represent main metagranite bodies.

přepočteny na 8 atomů kyslíku. Krystalochemické vzorce slíd na 22 kyslíkových atomů. Použité zkratky minerálu jsou podle Kretze (1983). Větší část horninových analýz

byla provedena metodou ICP-MS v laboratořích Acme Analytic Laboratories Ltd., Vancouver, Kanada. Geochemická data byla přepočtena pomocí programu GCDkit (Janoušek et al., 2003).

3. Petrografie metagranitů

Studované metagranity tvoří po stránce petrografické poměrně homogenní těleso, jehož části se mohou lišit zejména ve struktuře horniny a v míře druhotné rekrystalizace. Petrograficky se jedná o hrubě porfyrické středně zrnité alkalicokřivcové biotitické metagranity s muskovitem. Hornina se skládá z nápadných vyrostlic draselného živce (původně až 8 cm velkých) a křemene (o velikosti až 2 cm) a ze základní hmoty tvořené draselným živcem, alkalicým plagioklasem, křemenem, biotitem a muskovitem. Biotit je někdy postižen chloritizací, živce sericitizací.

Původně hrubě zrnité až velmi hrubozrné porfyrické granity jsou dnes (po rekrystalizaci) středně až drobně zrnité. Struktura horniny je zpravidla lepidogranoblastická, v méně deformovaných doménách, kde se v metagranitu částečně zachovávají původní magmatické znaky, je struktura porfyroklastická až maltovitá. Silně deformované metagranity mají stavbu plástevnatou až hrubě okatou.

Relikty vyrostlic draselného živce ($Or_{90-95} Ab_{5-10}$) bývají perthitické a dvojčatně srostlé podle karlovarského zákona. Obsahy BaO se v pohybují mezi 0,1–0,2 hm. % a SrO 0,02–0,07 hm. %. Některá zrna mají poměrně vysoké obsahy P_2O_5 (až 0,2 hm. %). Někdy uzavírají okrouhlá zrna křemene, plagioklasu a biotitu. Ve většině případů jsou však rekrystalizovány za vzniku mozaiky drobných, často perthitických zrn draselného živce, mezi nimiž vystupují podél intergranulár drobná zrna plagioklasu (An_{8-12}) a křemene. Obvyklým výsledkem deformačně-rekrystalizačního procesu je vznik protáhlých středně až drobně zrnitých živcových agregátů tvořených drobnými zrnky izometrického tvaru.

Všechny relikty vyrostlic křemene jsou rekrystalizované na undulózně zhářející zrna s laločnatými hranicemi či až na mozaiku drobných izometrických zrn. Málo deformované vyrostlice křemene během zvětrávání získávají makroskopicky nápadné „dýmavité zakalení“, které bývá považováno za typický znak těchto hornin (Krejčí a Helmhacker, 1882). Na některých zrnech křemene z lokality Vysoký kopec je při makroskopickém pozorování zřetelná magmatická zonalita způsobená střídáním mléčně bílých a tmavších průhledných přírůstkových zón (Melichar, 1991).

V základní hmotě jsou draselné živce a plagioklasy zastoupeny zhruba ve stejném poměru. Plagioklasy odpovídají albitu až oligoklasu (An_{1-17}). Ve slabě deformovaných vzorcích mohou být

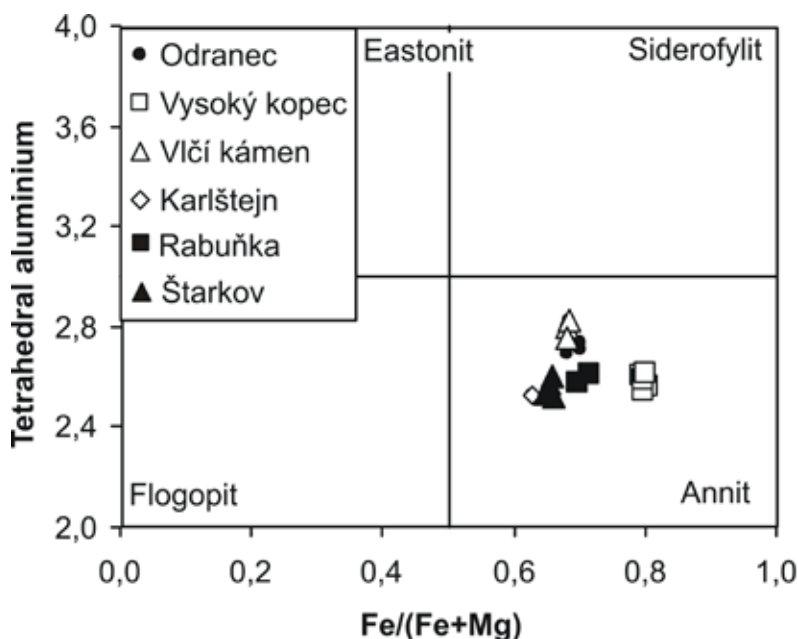
větší zrna plagioklasů oscilačně zonální. Vzácně také kontinuálně zonální zrna, přičemž bazicita klesá od středu zrn k okrajům. Intenzivně deformované partie metagranitů obsahují mozaiku drobných plagioklasových zrn. Bazicita jednotlivých zrn v rámci agregátu může mírně kolísat.

Biotit tvoří tlustě lupenité eliptické agregáty až tenké pásy v závislosti na druhotném deformačním postižení. V méně postižených částech horniny shluky tlustě tabulkovitého biotitu vytvářejí ploché čočky o mocnosti 2-10 mm, které jsou na styku s živci často lemované novotvořeným muskovitem. V silně deformovaných partiích se slídy koncentrují do dlouhých pásků, kde biotit převládá nad muskovitem. Biotit má pleochroismus: α = světle hnědá, γ = tmavě hnědá. Chemicky odpovídá (obr. 2) annitu ($Al^{IV} = 2,52-2,82$ apfu; $X_{Fe} = 0,63-0,80$). Obsahy fluoru (0,33-0,66 apfu) jsou relativně nízké.

Společně s biotitem bývá přítomen tenké lupenitý muskovit ($X_{Fe} = 0,42-0,60$). Někdy muskovit vytváří samostatné proužky, které jsou zpravidla souhlasně orientované s foliací, jindy vystupuje v podobě drobných lupínek, které „lemují“ jednotlivá zrna draselného živce. Strukturální pozice naznačuje že přinejmenším část muskovitu vzniká v hornině metamorfně na úkor draselného živce.

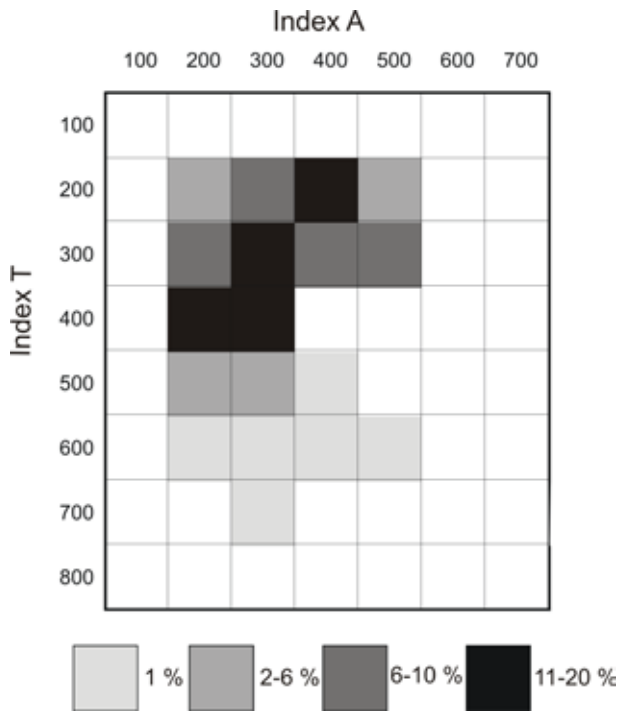
Z akcesorií je přítomen ilmenit ($Ilm_{94-97} Pyf_{6-3}$) v podobě krátkých listů uzavřených v biotitu a sillimanit, který je v podobě jehlic nebo drobných shluků uzavírán v biotitových lupíncích. Typické pleochroické dvůrky v biotitu se vytvářejí okolo apatitu a zirkonu.

Morfologie zrn zirkonu byla podrobně studována na vzorku z metagranitu od obce Daňkovice. Pro studium byl použit soubor 134 zrn, z nichž však až 20 % nebylo možné bezpečně určit (buď se jednalo o zrna poškozená během separace nebo o zrna zřetelně zaoblená). Ve studovaném souboru se vyskytovala hlavně zrna charakteristická pře



Obr. 2 – Al^{IV} - Fe/(Fe+Mg) diagram pro biotity z vybraných lokalit metagranitů.
 Fig. 2 – The Al^{IV} - Fe/(Fe+Mg) diagram for biotite from selected locality metagranites.

vahou prizmatu (110) nad (100) a převahou ploch pyramid (211) nad (101). Převažujícími typy zirkonů jsou S2, S6, S7, L2, L3 (obr. 3), které dohromady tvoří 50 % určených zrn. Typologický vývoj zirkonů je charakteristický pro aluminické leukogranity (Pupin, 1980). Dokládají to vypočtené indexy IA = 314 a IT = 341.



Obr. 3 – Diagram (Pupin, 1980) typologie krystalů zirkonů ve vzorku z lokality Daňkovice.

Fig. 3 – Zircon typology distribution plots (Pupin, 1980) for sample from the locality Daňkovice.

4. Geochemie metagranitů

Metagranity jsou chemicky relativně homogenní s obsahem SiO_2 70–76 %. V klasifikaci Q'-ANOR a Q-P odpovídají odebrané vzorky granitům až alkalickoživcovým granitům. Chemicky jde o alkalicko-vápenaté, peraluminické, vysoce draselné až šošonitické horniny s poměrem $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1,4-2,3$. Ve srovnání s hodnotami uváděnými pro průměrnou kůrou (Weaver a Tarner, 1984) jsou metagranity ochuzeny o Ba a Sr, Zr, Ti a naopak obohaceny o Rb, Th, U, K, Y, Tb, Tm. Poměr Rb/Sr je (1-6), anomální hodnotu 24 měl vzorek z lokality Rabuňka (obr. 4B). Zjištěné poměry Rb/Sr < 5 jsou typické pro taveniny vzniklé dehydratačním tavením biotitu (Inger a Haris, 1993). Poměr K/Rb je 91-250. V Harkerových diagramech je patrná negativní korelace SiO_2 s Ba, Sr, Zr, La, Ce, Mg (obr. 4C). Obsahy REE se pohybují od 65 do 191 ppm. Trendy REE ukazují značnou podobnost u všech vzorků. Mírně se odlišuje pouze vzorek z lokality Rabuňka, který má nejnižší obsahy REE (obr. 4A). Křivky REE jsou v oblasti HREE relativně

ploché a vykazují zřetelnou frakcionaci LREE ($\text{La}/\text{Lu} = 2,5-6,8$). Charakteristická je výrazná negativní europiová anomálie ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,2-0,5$). V R1-R2 grafu (Batchelor a Bowden, 1985) padají metagranity do pole synkolizních hornin, v grafu podle Pearce et al. (1984) na rozhraní polí granitů synkolizních a vnitrodeskových.

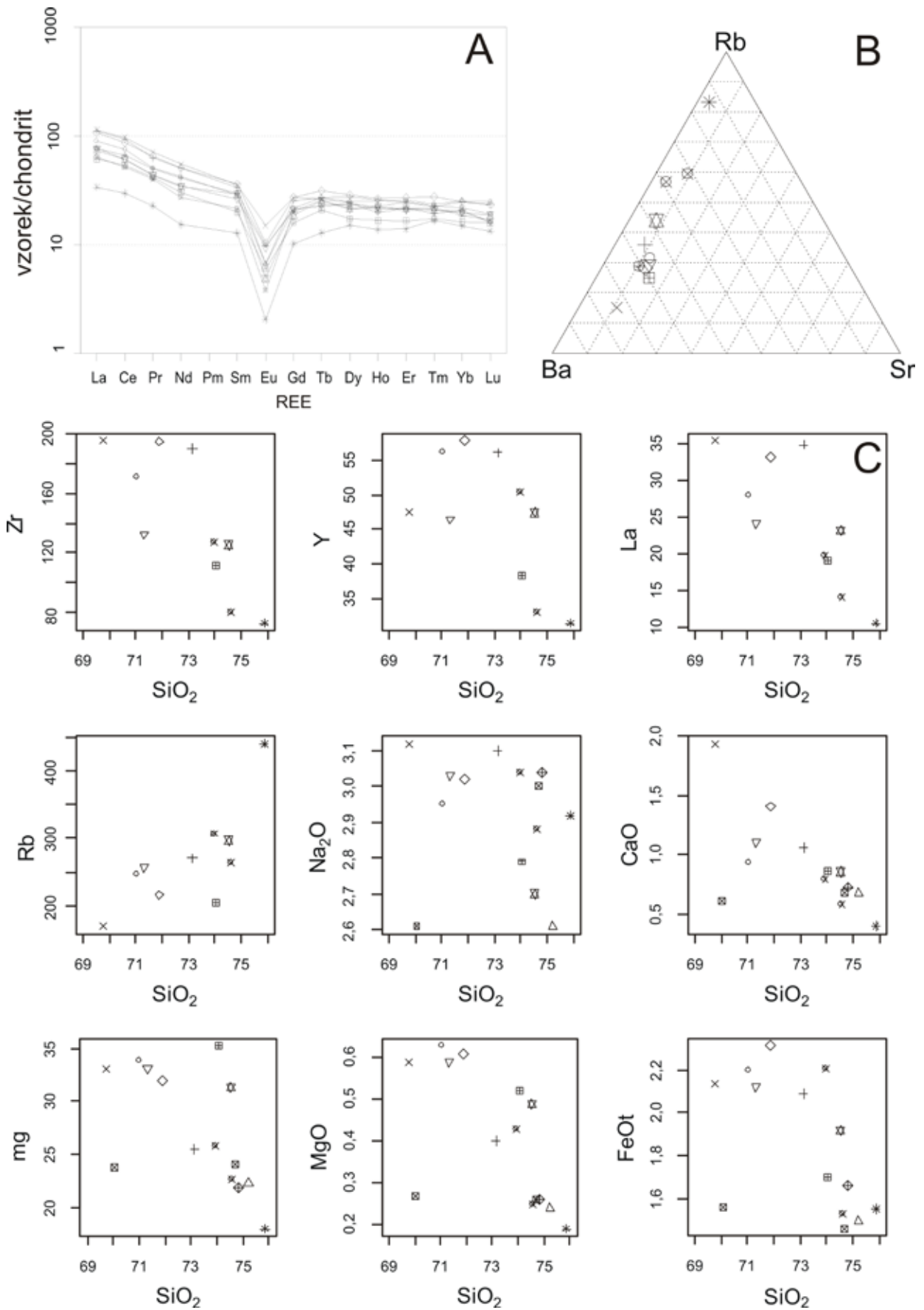
Studované granity jsou peraluminické, což indikuje i zmíněný obsah sillimanitu. Svým geochemickým charakterem se blíží taveninám vzniklým dehydratačním tavením biotitu a podle Sylvestrovy klasifikace (Sylvestr, 1998) odpovídají taveninám vzniklým z metapelitů a metapsamitů. I když chemické složení většiny studovaných vzorků naznačuje, že jde o relativně málo frakcionované taveniny, vykazují tyto granity zřetelný frakcionační trend od nejméně frakcionovaných vzorků z Dalečína, Buchtova kopce aj. až k nejvýrazněji frakcionovaným vzorkům z Rabuňky a Vysokého kopce. Geochemická frakcionace taveniny se projevila i v chemickém složení biotitů, kdy biotity z méně frakcionovaných vzorků (Karlštejn, Vlčí kámen) mají nižší X_{Fe} (0,63–0,70) než biotit granitu z Vysokého kopce, který nese známky frakcionace vyšší ($X_{\text{Fe}} 0,79-0,80$).

5. Tektonické postižení granitů

Tektonický vývoj a míra deformačního postižení metagranitů byly studovány především na tvarových proměnách živcových vyrostlic a z nich vytvořených živcových agregátů. Podle intenzity deformace byly vymezeny dva základní typy deformačních domén: domény slabé deformace a domény deformace silné (Zavřelová et al., 2006). Rekonstruované původní tvary vyrostlic živců z obou domén vykazují znaky mírného protažení odpovídajícího běžným tvarům magmatických živců. Tvarově spadají do pole prolátní geometrie. Konečné tvary živcových agregátů ve slabě deformovaných doménách vykazují jen minimální tvarovou změnu a zůstávají v poli prolátní geometrie, naopak v silně deformovaných doménách vykazují výrazný skok v tvarové deformaci a přesunují se do pole geometrie oblátní.

Charakter deformačního postižení ukazuje, že k deformaci a rekrystalizaci granitů došlo za podmínek amfibolitové facie, původní pT podmínky lze odhadnout na základě minerálních asociací v okolních pararulách a svorech na hodnoty zhruba 650 °C a 7 kbar (Melichar et al., 2004). Jak dokládají chemické analýzy různě postižených metagranitů a také dochované reliktní struktury, proběhly tyto procesy izochemicky a významnou měrou neovlivnily ani celkové chemické složení horniny, ani chemismus některých minerálních zrn (např. biotitů a zrn některých živců s magmatickou zonálností).

Stáří této naložené tektono-metamorfní etapy vývoje svrateckého krystalinika bylo určeno pomocí elektronové mikrosondy metodou CHIME (Th-U-Pb na monazitu ze svoru sz. od Pusté Rybné, provedl P. Sulovský). Zjištěná hodnota 330 ± 8 mil. let ukazuje, že k rekrystalizaci a významné deformaci došlo až během variské orogeneze.



Obr. 4 – Chemické složení metagranitů svrateckého krystalinika (stejné symboly jako v obr.1): A) Trendy normalizovaných obsahů RE, normalizace na chondrit podle Boyntona (1984), B) Ba-Rb-Sr diagram, C) Harkerovy diagramy.

Fig. 4 – Chemical composition of the metagranites from Svratka Crystalline Complex (same symbols as in fig. 1): A) Chondrite-normalized REE patterns, chondrite composition is after (Boynton 1984), B) Ba-Rb-Sr diagram, C) Harker plots.

6. Závěr

Studované granity odpovídají svým chemickým složením a mineralogií korovým taveninám, které jsou produktem dehydratačního tavení biotitu. Těmto charakteristikám odpovídá nejen jejich mineralogie, ale též typologie zirkonů. Tělesa těchto svrchnokambrických granitů jsou

petrograficky poměrně jednotná, geochemicky však vykazují známky frakcionace (pokles obsahu Ba, Sr, Mg, Ca a současný nárůst obsahu SiO₂). Během variské orogeneze byly tyto horniny podrobeny značně nehomogenní deformaci a metamorfóze za podmínek amfibolitové facie.

Poděkování

Práce byla vypracována v rámci úkolu 6328 (Geologické mapování CHKO Žďárské vrchy v měřítku 1:25 000) financovaného odborem geologie MŽP ČR, grantu 205/05/P223 (Geneze peraluminických granitů moldanubika) financovaného GAČR a úkolu 3228 (Korelace litologicky kontrastních hornin v jednotkách krystalinika při sv. okraji moldanubika) financovaného ČGS.

Literatura

- Batchelor, R. A. – Bowden, P. (1985): Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. – Chem. Geol. 48, 43-55.
- Boynton, W. V. (1984): Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. Rare Earth Element Geochemistry. - Developments in Geochemistry 2 (Henderson, R., ed.), 89-92, Elsevier, Amsterdam.
- Inger, S. – Harris, N., (1993): Geochemical constraints on leucogranite magmatism in the Langtan Valley, Nepal Himalaya. – J. Petrol., 34, 345-368.
- Janoušek, V. – Farrow, C. M. – Erban, V. (2003): GCDkit: new PC software for interpretation of whole-rock geochemical data from igneous rocks. – Geochim Cosmochim Acta 67: 186.
- Krejčí, J. – Helmhacker, L. (1882): Erläuterungen zur geologischen Karte des Eisengebirges und der angrenzenden Gebiete im östlichen Böhmen. – Arch. naturwiss. Landes-Durchforsch. Böh., 5, 1, 1-207, Praha.
- Kretz, R. (1983): Symbols for rock – forming minerals. – Amer. Mineralogist, 68, 277-279.
- Melichar, R. (1991): Základní geologické mapování 1 : 25000 na listu Křížánky. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1989, 138-140. Praha.
- Melichar, R. – Buriánek, D. – Břízová, E. – Buriánková, K. – Čurda, J. – Fůrych, V. – Hanžl, P. – Kirchner, K. – Lysenko, V. – Mrnková, J. – Roštínský, P. – Rýda, K. – Skácelová, Z. – Vít, J. (2004): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000, 24-111 SNĚŽNĚ. - p. 63, MS, Český geologický ústav, Praha.
- Pearce, J. A. - Harris, N. W. - Tindle, A. G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. – J. Petrol., 25, 956-983.
- Pupin, J. P. (1980): Zircon and granite petrology. † Contrib. Mineral. Petrol., 73, 207-220.
- Schulmann, K. – Kröner, A. – Wendt, I. J. – Hegner, E. – Konopásek, J. – Lexa, O. – Štípská, P. (2005): Chronological constraints on the Palaeozoic evolution of the Variscan orogenic root system in the eastern Moldanubian zone of the Bohemian Massif. Am. J. Sci., in revision.
- Stárková, I. – Macek, J. – Moupic, Z., (1996): Geologická mapa ČR: list 24-11, Nové Město na Moravě, 1:50 000. – Český geologický ústav, Praha.
- Stárková, I. – Opletal, M. – Adamovič, J. – Macek, J. (1998): Geologická mapa ČR: list 14-33, Polička, 1:50 000. – Český geologický ústav, Praha.
- Svoboda, J. – Zoubek, V. (1950): Zpráva o orientačním výzkumu rozhraní moldanubické, moravské a lužické stavby. – Věst. Stát. geol. Úst., 15, 309-316.
- Svoboda, J. – Zoubek, V. – Kodým, O. et. al (1962): Geologická mapa Česká Třebová 1:200 000. – Ústř. Úst. Geol., Praha.
- Sylvester, P. J. (1998): Post-collisional strongly peraluminous granites. – Lithos, 45, 29-44.
- Weaver, B. L – Tarney, J. (1984): Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. – Nature, 310: 575-577.
- Zavřelová, A. – Melichar, R. – Verner, K. (2006): Strukturní vývoj metagranitů svrateckého krystalinika. – Moravskoslezské paleozoikum 2006, 24. Brno.