

MAFICKÉ ENKLÁVY Z GRANITOIDŮ VYSTUPUJÍCÍCH V ŠIRŠÍM OKOLÍ BLANSKA

Mafic enclaves from granitoids exposed in the vicinity of Blansko

Gadas Petr¹, Gregerová Miroslava¹

¹ Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno;

e-mail: 64093@mail.muni.cz, mirka@sci.muni.cz,

Key words: *granitoids, enclaves, petrology, geochemistry, xenocryst*

Abstract

Mafic microgranular enclaves (MME) and associated host rocks occurring in the east granodiorite part of the Brno massif were studied petrologically and geochemically to establish their origin and to investigate the processes involved in their differentiation. Scarce enclaves display preserve narrow chilled margins. Many of enclaves show obvious similarities to their associated host rocks: they contain the identical mineral phases as their host rock, nevertheless the content of mafic minerals (biotite and hornblende) and opaque minerals is somewhat higher. Both types of rocks show some similar geochemical trends. Zoned plagioclase megacrysts in some enclaves contain anhedral cores jacketed by euhedral rim. These plagioclases could represent xenocrysts of early crystallised host rock phases mechanically accreted inward the liquid of enclaves. Acicular crystals of apatite and tiny lathy plagioclase in matrix are indicative of rapid crystallization of the enclaves liquid. Host rocks display intermediate to acid composition, while the enclaves are more basic. Macroscopic, microscopic and geochemical features indicate that the MME are products of mingling and incompletely mixing between a basic end member and host rocks of more acid composition.

Úvod

Mafické mikrogranulární enklávy se nejčastěji vyskytují v granitoidech vápenato-alkalické suity (Didier a Barbarin 1991a). Jejich geneze je interpretována různě (z restitu, autolitu, xenolitů, iniciálních intruzí). V současnosti je nejvíce akceptována geneze MME odštěpením globulí mafického magmatu s následnou distribucí v hostitelské hornině iniciovanou konvekci felsické taveniny (Vernon 1983, 1991, Barbarin a Didier 1991b, Didier a Barbarin 1991 a Debon 1991). V průběhu vývoje systému MME – hostitelský granitoid poté dochází ke vzájemným termálním, mechanickým, chemickým a izotopickým výměnám, které původní charakter MME často značně pozměňují.

Petrologie a geochemie granitoidů východní a západní zóny brněnského masívu je rozdílná. Granitoidy východní granodioritové části odpovídají svým charakterem horninám primitivního ostrovního oblouku (Hanžl a Melichar 1997, Finger a Pin 1997). Jsou metaaluminiové a mají vápenato-alkalický charakter s naznačeným trondhjemitickým trendem (Hanžl 1996). Konsolidovaly se během kadomské orogeneze 560-590 Ma (van Breemen et al. 1982, Dallmayer et al. 1994). Podle Hanžla (1996) odpovídají biotitovým až amfibol-biotitovým granodioritům, které směrem k východu plynule přecházejí do biotit-amfibolových tonalitů. V amfibol-biotitových granodioritech se vyskytují mafické mikrogranulární enklávy (MME). V horninách východní granodioritové části se kromě MME objevují relativně vzácné zbytky pláště, především v okolí Adamova. Jsou reprezentované často migmatizovanými biotitovými až amfibol-biotitovými pararulami s přechody do jemnozrných amfibolitů. Kontakty s granodiority mají obvykle ostré a v jejich blízkosti vykazují granodiority plošně paralelní stavbu (Hanžl 1996).

Metody studia

Analýzy chemického složení byly stanoveny specializovanými laboratořemi ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver, Kanada. Metodou ICP-ES byly stanoveny SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃, Ba, Ni, Sc, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl a Se a metodou ICP/MS byly stanoveny Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Zr, Y a REE. Data byla vyhodnocena programem GCDkit for Win 2.0. (Erban et al. 2003). Mikrochemismus amfibolů a živců byl studován pomocí mikrosondové analýzy na přístroji Cameca SX100 v Laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy na ÚGV PřF MU v Brně. Pro studium charakteru zonality bylo využito katodové luminescence a provedeno bylo přístrojem s horkou katodou značky Simon-Neuser HC2-LM na ÚGV PřF MU v Brně.

Výsledky studia

Enklávy se koncentrují v tělese biotit-amfibolových tonalitů (v. až jv. od Blanska), méně časté jsou v amfibol-biotitových granodioritech (j. od Blanska) a vzácné v biotitových granodioritech (z. od Blanska). Na výchozech byly pozorovány více či méně početná seskupení enkláv variabilních tvarů a velikostí (obr. 1), ojedinelé jsou vyskytly izolovaných enkláv. U skupin protažených enkláv lze sledovat jejich přednostní uspořádání obvykle ve směru SZ–JV až S–J, paralelně s uspořádáním minerálů v hostitelském granitoidu. Dosahují velikosti cca 10–20 cm, jejich tvar bývá anizometrický, většinou čočkovitý až oválný. Enklávy ostrohanné či nepravidelné jsou vzácné. Kontakty enkláv a granitoidů jsou ostré, bez reakčních lemů (obr. 1, 2, 3). Vzácně byly u enkláv pozorovány zachované „zchlazené“ jemnozrné okraje (obr. 2). Některé z enkláv se jeví

být křehce deformovány v době, kdy hostitelská hornina nebyla zcela utuhlá. Hojnější jsou ty, jež proběhly až po utužení celého systému. Makroskopicky nejnápadnější je kontrast barev a zrnitosti. Enklávy jsou vždy tmavší (šedočerné), okolní hornina bývá světlá (šedá, narůžovělá) což souvisí s jejich minerálním obsahem. Modus hornin MME-hostitelský granitoid je shodný co do kvality mafických a salických minerálů, ale rozdílný jejich kvantitou. To koresponduje i s jediným publikovaným popisem enkláv Štelcla a Schmidta (1966). Později se v literatuře objevují pouze konstatování o amfibol-biotitových dioritech až kvarcdioritech (Štelcl, Weiss et al. 1986) nebo mikro-dioritových enklávách (Hanžl 1996). Gregerová (1992) předpokládala, že jde o restity.

Petrografie enkláv

Enklávy jsou obvykle jemnozrné (0,X–1 mm), nejčastěji nestejně zrnité a u některých

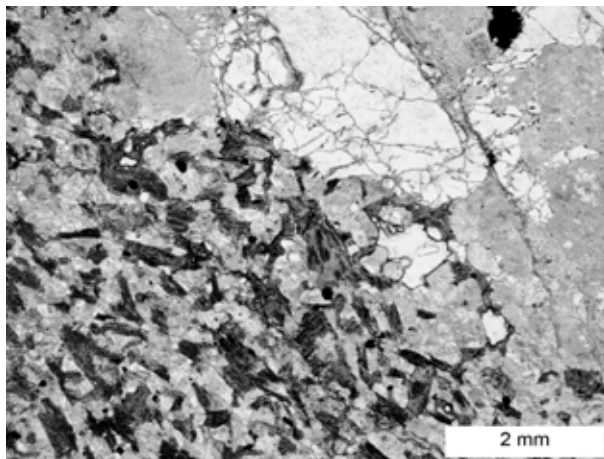
lze identifikovat rysy fluidální mikrostruktury paralelní s kontaktem s hostitelskou horninou. V modálním složení je přítomno kolem 60 obj. % plagioklasu, cca 36 obj. % Σ biotitu+amfibolu, max. 2 obj. % křemene a 1 obj. % alkalických živců. V enklávách lze rozpoznat plagioklasy dvou generací. Větší megakrysty a drobné lištovité plagioklasy (obr. 4). Výzkumem katodoluminiscenční mikroskopií byly u některých z megakrystů identifikovány vlastnosti xenokrystů (zaoblená jádra s rysy natavení a obrůstání, jejich přítomnost na kontaktu enkláv a hostitelské horniny). Mikrosondová analýza ukázala, že bazicita plagioklasů nepřesahuje limitní hodnotu andezinu. Ojedinele obsahují některé enklávy i dvojí amfiboly. Větší automorfní sloupce a drobné sloupcovité hypautormorfní krystaly v základní hmotě. Oba jsou zelenohnědé až zelené a odpovídají magnesioblendě. Mají čerstvý vzhled, pouze některé z nich se mění na žlutozelený epidot. Biotit bývá tence až tlustě tabulkovitý, hnědý až červenohnědý a chloritizo-



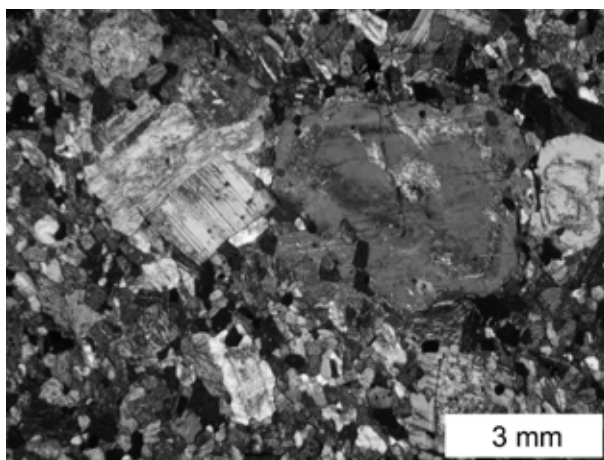
Obr. 1 – Čočkovité, anizometrické enklávy v biotit-amfibolovém granodioritu. Lokalita: Žižlavice. Foto P. Gadas.
Fig. 1 – Lens-shaped anisometric enclaves in biotite-amphibole granodiorite. Locality Žižlavice. Photo P. Gadas.



Obr. 2 – Tmavé a jemnozrné „zchlazené“ okraje enklávy. Lokalita Arnoštov. Foto P. Gadas.
Fig. 2 – Dark and fine grained chilled margin of the enclave. Locality Arnoštov. Photo P. Gadas.



Obr. 3 – Ostré kontakty enkláv s okolními granitoidy. Lokalita Arnoštov, XPL. Foto M. Gregerová.
Fig. 3 – Sharp margin of the enclave and host granitoid. Locality Arnoštov, XPL. Photo M. Gregerová.



Obr. 4 – Zonální xenokrysty plagioklasů v enklávách. Lokalita Blansko, XPL. Foto M. Gregerová.
Fig. 4 – Zonal xenocrysts of plagioclase in enclaves. Locality Blansko, XPL. Photo M. Gregerová.

vaný. Obsah magnetitu a ilmenitu dosahuje až 3 obj. %. Z vedlejších minerálů je na rozdíl od okolních granitoidů v enklávách poněkud hojnější dlouze sloupcovitý až tence jehlicovitý apatit. Intersticiální křemen, alkalický živce, nepravidelná zrna titanitu a krátce sloupcovitý zirkon jsou zastoupeny akcesoricky.

Petrografie hostitelských granitoidů

Mikrostruktura granitoidů bývá hypautomorfně zrnitá. Velikost zrna se pohybuje v několika mm. V modálním složení granitoidů je poměr plagioklasu:křemenu obvykle 1:1 (nejčastěji 30:30 obj. %), obsah alkalického živce se pohybuje kolem 10 obj. % a Σ amfibolu+biotitu v nich dosahuje cca 25 obj. %. Na rozdíl od enkláv je v hostitelských granitoidech podstatně zastoupený xenomorfní, silně rozpraskaný křemen a tabulkovitý, hypautomorfně omezený plagioklas. Jeho složení se podobně jako u enkláv pohybuje v poli andezínu. Významný je i podíl xenomorfních, nevýrazně perthitických, alkalických živců. Hnědé až červenohnědé často zprohýbané tabulky biotitu jsou často silně chloritizované. Zelenohnědé až zelené sloupcovité krystaly amfibolu jsou automorfně až hypautomorfně omezené, většinou bez známek přeměn, zřídka epidotizované. Výsledky mikrosondové analýzy prokázaly, že se opět jedná o magnesiohornblendy. Shodná asociace akcesorických minerálů má odlišnou morfologii. Světle hnědý až narůžovělý titanit je sfénovitý a často rozpoznatelný již makroskopicky (místy lze identifikovat i zrna světlejšího titanitu). Morfologie apatitových krystalů je nejčastěji tlustě sloupcovitá. Automorfní zonální krystaly zirkonu jsou četnější. Velmi vzácně můžeme identifikovat sektorově až normálně zonální allanity.

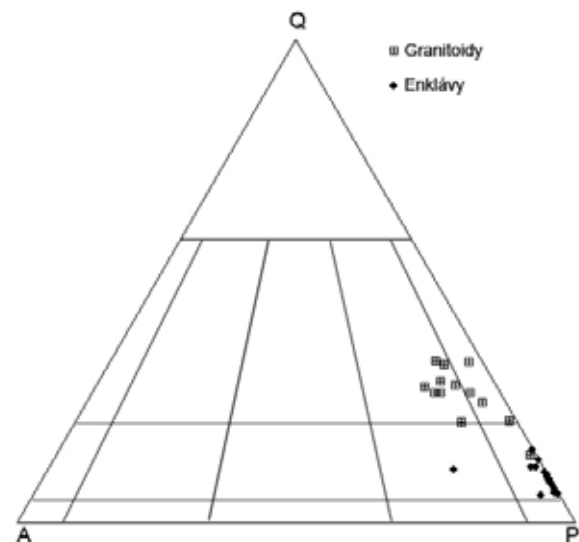
Sekundární přeměny

V obou členech páru MME – hostitelský granitoid

se v produktech přeměn plagioklasů vyskytují jílové minerály, sericit a minerály skupiny epidotu, ojedinělá je skapolitizace. Jak enklávy tak hostitelské granitoidy jsou prostoupeny drobnými hydrotermálními žilkami tvořenými chlority, minerály epidotové skupiny, křemenem, albitem (obr. 5), karbonáty a vzácně prehnitem.

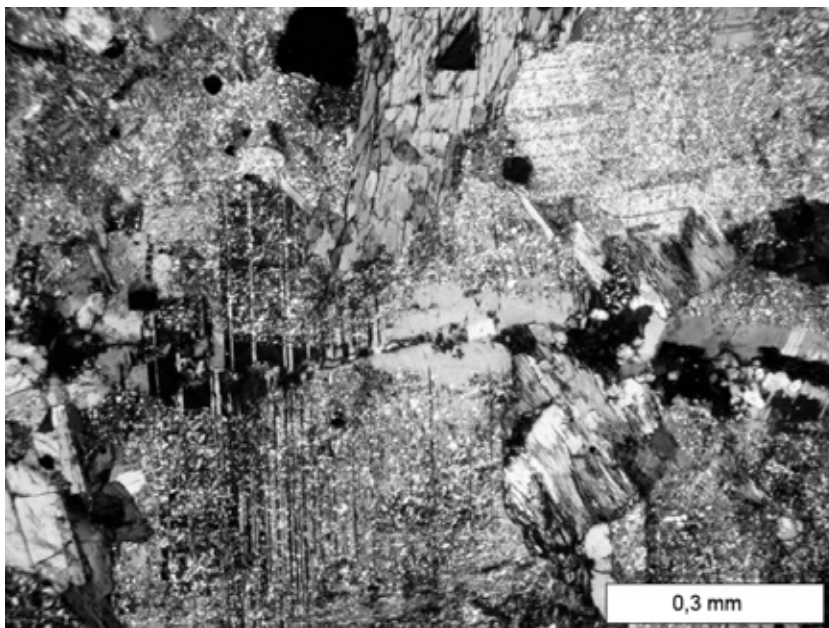
Chemismus

Granitoidní horniny mají chemické složení v rozmezí acidních až intermediálních hornin (tab. 1), nomenklaturně spadají do granodioritů až tonalitů (obr. 6). V harkerových diagramech je (kromě Na_2O a K_2O) dobře patrná negativní



Obr. 6 – Normativní složení enkláv a hostitelských granitoidů v QAP diagramu.

Obr. 6 Normative composition of enclaves and host granitoids in the QAP diagram.

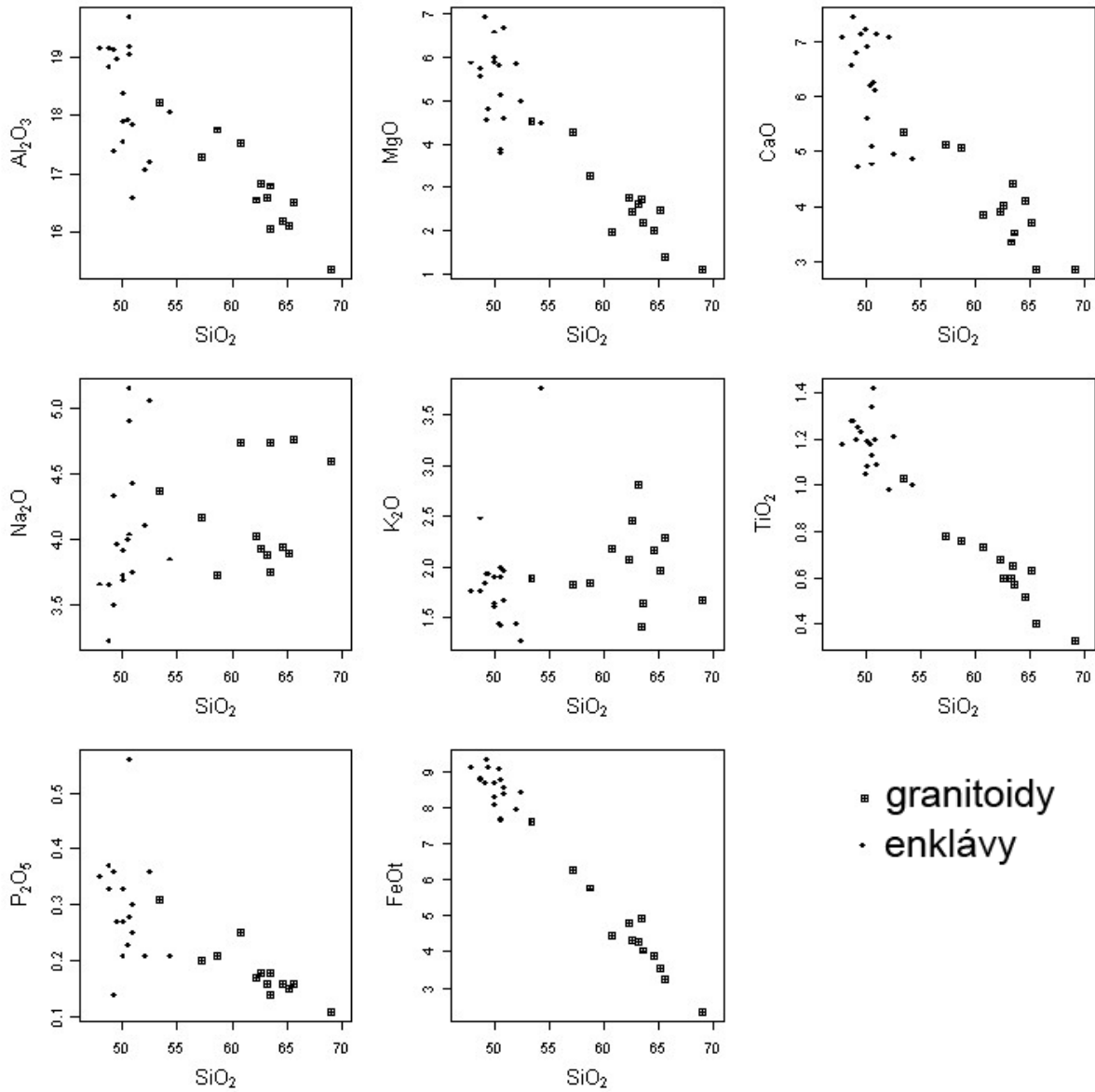


Obr. 5 – Orientované dorůstání starších plagioklasů mladším „albite“. Lokalita Obrány, XPL. Foto M. Gregerová.

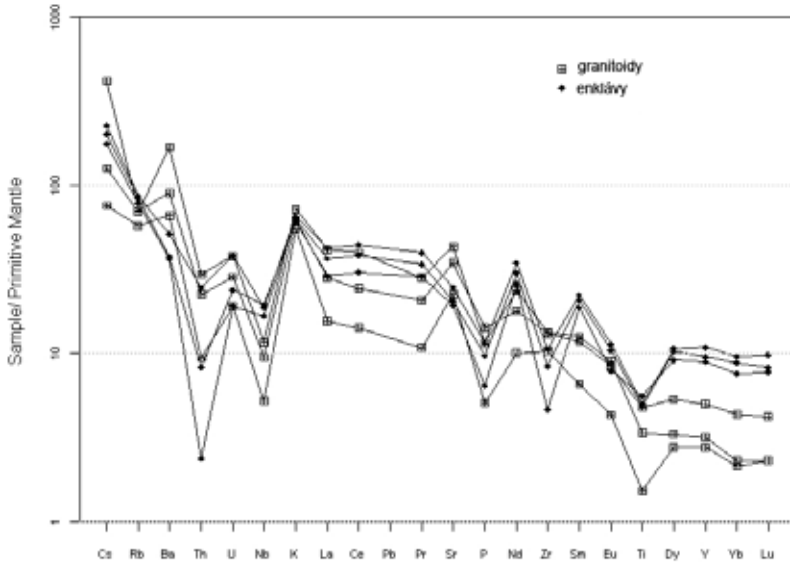
Fig. 5 – Directed growing of a younger „albite“ up an older plagioclase. Locality Obrány, XPL. Photo M. Gregerová.

korelace Al_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 a FeO ku SiO_2 (obr. 7).

Chemické složení enkláv je ve srovnání s hostitelskými granitoidy poněkud více homogenní a dokládá jejich bazický charakter (tab. 1). Přepočtení na normativní minerály je klasifikuje jako kvarcdiority resp. kvarcabra (obr. 6). Závislost obsahů hlavních prvků na obsahu SiO_2 je zřetelná pouze u TiO_2 a FeO (obr. 7). Enklávy jsou v porovnání s hostitelskými granitoidy mírně obohacené nejen o chalkofilní prvky, ale i o REE. Eu anomálie podobně schází. Studium stopových prvků prokázalo, že enklávy i granitoidy vykazují znaky výrazné frakcionace v případě středně těžkých REE, méně výrazné jak v případě LREE tak i HREE. Zastoupení Zr, Sr a K je u enkláv i granitoidů velmi blízké.



Obr. 7 – Harkerovy diagramy korelací studovaných enkláv a hostitelských granitoidů. Hlavní oxid ku SiO₂.
 Fig. 7 – Harker diagrams of correlations of studied enclaves and host granitoids. Major oxide vs. SiO₂.



Obr. 8 – Spider diagram vybraných enkláv a hostitelských granitoidů. Normalizováno podle Suna a Mc Donougha (1989).
 Fig. 8 – Spider diagram of selected enclaves and host granitoids. Normalization values from Sun and McDonough (1989).

		G3 Žižlavice	G5 Blansko	G12 Arnoštov	E14 Žižlavice	E15 Blansko	E16 Arnoštov			G3 Žižlavice	G5 Blansko	G12 Arnoštov	E14 Žižlavice	E15 Blansko	E16 Arnoštov
SiO ₂	wt %	60,75	69,03	53,4	49,2	50,03	50,95	Pr	ppm	7,81	2,97	5,71	7,9	9,37	10,98
Al ₂ O ₃	wt %	17,53	15,37	18,21	17,39	17,55	16,59	Nd	ppm	32,2	13,6	24,2	35,1	40,5	46,8
Fe ₂ O ₃	wt %	4,94	2,61	8,43	9,64	8,98	9,3	Sm	ppm	5,6	2,9	5,2	8,3	9,2	9,9
MgO	wt %	1,96	1,11	4,51	6,94	6,6	6,68	Eu	ppm	1,5	0,72	1,41	1,32	1,74	1,9
CaO	wt %	3,84	2,86	5,36	6,8	7,22	7,14	Gd	ppm	3,54	2,34	4,55	7,29	8,15	8,69
Na ₂ O	wt %	4,73	4,59	4,37	3,5	3,72	3,75	Tb	ppm	0,48	0,36	0,72	1,22	1,27	1,41
K ₂ O	wt %	2,18	1,67	1,89	1,84	1,9	1,97	Dy	ppm	2,43	2,03	3,93	6,73	7,55	7,85
TiO ₂	wt %	0,73	0,33	1,03	1,2	1,05	1,09	Ho	ppm	0,41	0,41	0,8	1,32	1,41	1,62
P ₂ O ₅	wt %	0,25	0,11	0,31	0,14	0,21	0,25	Er	ppm	1,15	1,13	2,22	4	4,21	4,65
MnO	wt %	0,07	0,07	0,14	0,23	0,23	0,24	Tm	ppm	0,15	0,16	0,34	0,58	0,65	0,71
Cr ₂ O ₃	wt %	0,001	0,001	0,002	0,015	0,014	0,024	Yb	ppm	1,13	1,05	2,13	3,71	4,33	4,71
Ni	ppm	20	20	17	41	44	60	Lu	ppm	0,17	0,17	0,31	0,57	0,61	0,72
Sc	ppm	7	3	18	32	29	25	Mo	ppm	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Ba	ppm	1182,7	461,8	628,4	261,7	255,1	360	Cu	ppm	15,2	16,7	16,2	160,1	120,5	39,5
Be	ppm	1	1	1	2	2	2	Pb	ppm	1,7	1,7	6,7	7	3,2	1,5
Co	ppm	11,8	4,5	24,9	31,2	28,9	28,6	Zn	ppm	53	44	67	81	61	55
Cs	ppm	1	0,6	3,3	1,6	1,4	1,8	As	ppm	1,4	1,5	3,5	1,4	1,1	1,3
Ga	ppm	24,4	16,1	20,6	22,6	20,4	20,4	Cd	ppm	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Hf	ppm	4	3,3	3,8	2,1	2,9	3,7	Sb	ppm	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nb	ppm	8,3	3,7	6,8	13,9	11,9	13,4	Bi	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Rb	ppm	44,3	36,3	44,7	53	49,8	54,9	Ag	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Sn	ppm	1	1	1	2	2	4	Au	ppb	1	<5	0,8	1,7	1,8	1
Sr	ppm	913,8	475,2	731,4	408	432,8	520,9	Hg	ppm	0,01	0,01	0,01	<0,1	<0,1	<0,1
Ta	ppm	0,6	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	Tl	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Th	ppm	2,5	0,8	1,9	0,7	0,2	2,1	Se	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
U	ppm	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4	0,8	Modální složení							
V	ppm	97	38	191	227	214	216	křemen	vol%	29	33,5	26	0	0,2	0,3
W	ppm	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,2	plag.	vol%	38	37	35	58,4	62,8	59,1
Zr	ppm	149,7	115,5	146,8	51,8	93,3	118,7	alk.živec	vol%	12	8,2	7	0	0	0
Y	ppm	14,4	12,5	22,6	40,4	43,3	49,5	amfibol	vol%	12	14	18	22,4	19,4	21,7
La	ppm	28,6	10,7	19,3	19,8	25,1	29	biotit	vol%	8	7	13	16,8	16,2	17,2
Ce	ppm	70,8	25,3	43,3	54	68	78,9	opak.min.	vol%	0,4	0,2	0,9	1,8	1,1	1,2

Tab. 1 – Příklad chemického složení vybraných enkláv a hostitelských granitoidů. G3, G5, G12 – hostitelské granitoidy; E14, E15, E16 – enklávy.

Tab. 1 – An examples of chemical composition of some enclaves and host granitoids. G3, G5, G12 – host granitoids; E14, E15, E16 – enclaves.

Diskuze a závěr

Studované enklávy odpovídají svým charakterem mafickým mikrogranulárním enklávám. Modální složení a chemismus plagioklasů je řadí k dioritům. Jsou vždy bazičtější než hostitelská hornina. Pro magmatický původ studovaných enkláv svědčí jejich většinou zaoblené tvary, absence jakýchkoli mikrostrukturních prvků metamorfovaných hornin a naopak přítomnost typicky magmatických mikrostruktur (lišťovité plagioklasy v základní hmotě, jehlicovité apatity, charakter megakrystů plagioklasů, fluidální mikrostruktura). Vzhledem k nepřítomnosti známek kontaktního působení taveniny hostitelského granitoidu na materiál enkláv a převažujících zaoblených tvarů můžeme vyloučit vznik enkláv přepracováním xenolitů (Barbarin a Didier 1991). Naopak protažení enkláv paralelně s přednostní minerální orientací v hostitelské hornině ukazují na koexistenci dvou tavenin. Teplotní kontrast mezi nimi způsobil rychlejší utuhnutí taveniny enkláv s odrazem

v jemnozrné mikrostruktuře, přítomnosti lišťovitých plagioklasů v základní hmotě a jehlicovitých apatitů (Wyllie et al. 1962, Hraško et al. 1998, Acal a Helvacı 1999). Přítomnost „zchlazených“ tmavých okrajů dokládá výrazný teplotní kontrast mezi dvěma původními taveninami. Mezi enklávami a hostitelskou horninou došlo v průběhu jejich vývoje k vzájemným interakcím. Pro mechanickou výměnu svědčí charakter plagioklasových xenokrystů v enklávách. S rostoucím zastoupením mafických minerálů v hostitelské hornině roste i množství enkláv, což by mohlo napovídat o vzájemné chemické výměně. Stejný závěr naznačují i podobné tvary křivek ve spider diagramech a shodný mikrochemismus některých fází (Barbarin a Didier 1991, Didier a Barbarin 1991b). Postmagmatické procesy poznamenaly stejným způsobem obě horniny (shodná asociace i charakter sekundárních fází, rozptýl obsahů K_2O a Na_2O v obou horninách).

Literatura

- Akal, C. – Helvacı, C. (1999): Mafic microgranular enclaves in the Kozak Granodiorite, western Anatolia. – Tr. J. of Earth Sciences, 8, 1-7. Ankara.
- Barbarin, B. – Didier, J. (1991a): Macroscopic features of mafic microgranular enclaves. – In: Didier, J. – Barbarin, B. (eds.): Enclaves and Granite Petrology, 253-262, Elsevier. Amsterdam.
- Barbarin, B. – Didier, J. (1991b): Review of the main hypotheses proposed for the genesis and evolution of mafic microgranular enclaves. – In Didier J. & Barbarin B. (eds.): Enclaves and Granite Petrology, 367-374, Elsevier. Amsterdam.
- Bremen van O. – Aftalion, M. – Bowes, D.R. – Dudek, A. – Mísař, Z. – Povondra, P. – Vrána, S. (1982): Geochronological studies of the Bohemian Massif, Czechoslovakia, and their significance in the evolution of Central Europe. – Trans. Roy. Soc. Edinburgh: Earth Science, 73, 89-108. Edinburgh.
- Dallmeyer et al. (1994): Ar/Ar mineral age controls on the tectonic evolution of the southeastern Bohemian Massif. – Pre-Alpine crust in Austria, Excursion Guide.
- Debon, F. (1991): Comparative major element chemistry in various „microgranular enclave – plutonic host“ pairs. – In: Didier, J. – Barbarin, B. (eds.): Enclaves and Granite Petrology, 293-312, Elsevier. Amsterdam.
- Didier, J. – Barbarin, B. eds. (1991): Enclaves and Granite Petrology. – 625 pp, Elsevier. Amsterdam.
- Finger, F. – Pin, C. (1997): Arc-type crustal zoning in the Bruno-Vistulicum, Eastern Czech Republic; a trace of the late-Proterozoic Euro-Gondwana margin. – J. Czech Geol. Soc. 42, 53. Praha.
- Gregerová, M. (1992): Petrochemie a klasifikace granitoidních hornin brněnské jednotky. – MS, kandid. práce, 1-243, Přírodověd. Fak. Masaryk. Univ. Brno.
- Hanžl, P. (1996): Geologický profil brněnským masívem mezi Čebínem a Skalním Mlýnem. – MS, disert. práce, 1-75, Přírodov. Fak. Masaryk. Univ. Brno.
- Hanžl, P. – Melichar, R. (1997): The Brno Massif: a Section through the Active Continental Margin or Composed Terrane? – Krystalinikum: Moravské zemské muzeum, 23, 33-58. Brno.
- Hraško, L. – Kotov, A. B. – Salnikova, E. B. – Kovach, V. P. (1998): Enclaves in the Rochovce granite intrusion as indicators of the temperature and origin of the magma. – Geologica Carpathica, 49, 2, 125-138. Bratislava.
- Erban, V. – Janousek, V. – Farrow, C. M. – Smid, J. (2003): Geochemical Data Toolkit (GCDkit): a key for magmatic geochemists to the treasury of data analysis, statistics and graphics in R. Geolines, 16, 25-6.
- Sun, S. S. – McDonough, W. F. (1989): Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In: Saunders A. D., Norry M. J. (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London Special Publications, Leicester. 313-345.
- Štelcl, J. – Schmidt, J. (1966): Zpráva o petrografickém výzkumu brněnského masívu. – Zpr. geol. Výzk. v r. 1964, 47-49. Praha.
- Štelcl, J. – Weiss J. et al. (1986): Brněnský masív. – 1-255. UJEP Brno.
- Vernon, R. H. (1983): Restite, xenoliths and microgranitoid enclaves in granites. – Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales (Australia), 116, 77-103.
- Vernon, R. H. (1991): Interpretation of microstructures of microgranitoid enclaves. – In Didier J. & Barbarin B. (eds.): Enclaves and Granite Petrology, 277-291, Elsevier. Amsterdam.
- Wyllie, P. J. – Cox, K. G. – Biggar, G. M. (1962): The habit of apatite in synthetic systems and igneous rocks. J. Petrol., 3, 238-243. 238-243.