

FLUIDNÍ INKLUZE A CHEMICKÉ SLOŽENÍ ANALCIMU Z LOKALITY ŘEPIŠTĚ (SLEZSKÁ JEDNOTKA, VNĚJŠÍ ZÁPADNÍ KARPATY)

Fluid inclusions and chemical composition of analcimes from Řepišťe site (Outer Western Carpathians)

Tomáš Urubek^{1,2}, Zdeněk Dolníček², Kamil Kropáč², Tomáš Lehotský²

¹ Ústav geologických věd PŘF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: 386921@mail.muni.cz

² Katedra geologie PŘF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

(26-11 Frýdek-Místek)

Key words: Silesian Unit, analcime, chemical composition, fluid inclusions, teschenite

Abstract

Studied locality is situated in western part of the Silesian Unit of the Outer Western Carpathians. Analcime was found in magmatic rock of the teschenite association which was subject of extensive analcimization. The analcime crystals, filling the veins and cavities (amygdules, miaroles), have a size up to 5 mm and composite structure: a milky white core shows irregular shape, up to 1 mm in size, and a vitreous transparent rim showing euhedral crystals. The vitreous transparent analcime from veins forms either euhedral crystals or white-pink spherulitic aggregates (size up to 5 mm). Their composition is not close to stoichiometry, with the $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mole ratios from 2.08 to 3.12. Increasing $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ molar ratios of analcimes are consistent with decreasing crystallization temperatures. Analcime contains abundant primary fluid inclusions, less secondary fluid inclusions. Fluid inclusions are one-phase (L-only) or two-phase (L+V) with essentially constant liquid-vapour ratios (gaseous phase takes ca. 10 vol. %). The homogenization temperatures of two-phase inclusions range between 122 and 180 °C (analcime from veins) and between 219 and 295 °C (analcime from cavities - amygdules, miaroles). Inclusions freeze at temperatures of -38 to -49 °C. The last ice melts at temperatures between -0.6 and -3.7 °C. The eutectic temperature was not possible to measure due to the small size of the inclusions. The hydrothermal analcime formed from fluids causing the pervasive post-magmatic hydrothermal alteration of the host magmatic rock. The parent fluids were low-salinity (0.7 to 3.2 wt. % NaCl equiv.) aqueous solutions that were progressively cooled during mineral precipitation. This mineral phase represents a transitional stage between the high-temperature and low-temperature stages of post-magmatic hydrothermal activity in the study area.

Úvod

Součástí slezského příkrovu, ve kterém dominují flyšové horniny Západních Karpat, jsou i magmatické horniny tzv. těšínitové asociace spodnokřídového stáří. Tyto vyvěřeliny jsou svým výskytem vázány na sedimenty svrchní části těšínsko-hradištského souvrství slezské jednotky, v němž vytvářejí ve formě drobných izolovaných těles ložní žíly, výjimečně žíly pravé (Hovorka – Spišiak 1988, Matýsek 1993). Horniny těšínitové asociace, spadající podle Dostala a Owena (1998) k vnitrodeskovým alkalickým bazaltům, jsou produktem subvulkanických intruzí a výlevů magmatu na mořské dno (Šmíd 1962). Výchozí minerální složení těchto hornin bylo v průběhu vývoje silně alterováno postmagmatickými procesy. Horniny tak v důsledku působení hydrotermálních roztoků vykazují zpravidla vysoký stupeň serpentinizace, chloritizace, silicifikace, karbonatizace a v neposlední řadě také zeolitizace primárních minerálů.

Významný a hojně rozšířený minerál těchto hornin je i analcim. Analcim se v daných horninách vyskytuje v rámci minerálních asociací vyplňujících pukliny a dutiny i jako horninotvorná minerální fáze zatlačující často alkalické živce a plagioklasy. Názor na vznik analcimu procházel dlouhým vývojem a ani v současné době není plně jednotný. Některými autory (např. Pearce 1993) je analcim v alkalických horninách označován za primární minerál vzniklý krystalizací magmatu bohatého těžkými složkami. Většina prací (např. Ferguson – Edgar 1978, Karlsoon – Clayton 1991) se přiklání k sekundárnímu

původu analcimu vznikajícího rozkladem leucitu za účasti fluid o nízké teplotě. V rámci hornin těšínitové asociace je analcim pokládán za produkt alterace bazických plagioklasů a nefelínu postmagmatickými fluidy (Šmíd 1962, Mandour 1982, Trundová 2004).

Z polské části flyšových Karpat byly Wlodykou a Kozłowskim (1997) studovány fluidní inkluze z analcimu, jež se podílí na minerální asociaci puklin a dutin těšínitopikritických hornin. Z výsledků jejich studie vyplývá, že hydrotermální analcim se formoval z nízkosalinních vodných roztoků (0,5–4,5 hmot. % NaCl ekv.) o teplotě 100 až 195 °C (analcim z mandlí), resp. 110 až 220 °C (analcim ze žil), za sporadické účasti CO_2 a uhlovodíků (metan, etan).

Předkládaná studie si klade za cíl zhodnotit z chemického hlediska povahu fluid, z nichž krystalizoval analcim na dutinách a puklinách hornin těšínitové asociace lokality Řepišťe u Frýdku-Místku, porovnat zjištěné údaje s výsledky polských kolegů a nastínit genezi analcimu ve vztahu k procesu analcimizace hornin těšínitové asociace. Výzkum byl uskutečněn mimo jiné i v zájmu prohloubení znalostí o průběhu hydrotermálních procesů v rámci magmatických hornin slezské jednotky Vnějších Západních Karpat na našem území.

Metodika

Chemická analýza zeolitu byla provedena elektrovou mikrosoudou CAMECA SX 100 na Pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy PŘF MU a ČGS

v Brně. Analýzy byly provedeny Mgr. P. Gadasem ve vlnově disperzním modu (WDX). Pro analyzovaný zeolit bylo použito urychlovací napětí 15 kV, proud 10 nA a průměr elektronového svazku 5 μm. Jako standardy byly použity syntetické fáze a dobře definované minerály. Vzorky pro mikrotermometrické studium fluidních inkluzí (štěpné úlomky kalcitu) byly studovány na zařízení Linkam THM-SG 600 na katedře geologie PřF UP v Olomouci. Přístroj byl kalibrován anorganickými standardy a syntetickými fluidními inkluzemi na teploty od -56,6 do 374,1 °C. Sali-nita fluid byla počítána podle Bodnara (1993).

Izotopové analýzy kyslíku a uhlíku byly provedeny v laboratoři ČGS v Praze na hmotnostním spektrometru Finnigan MAT 251 Mgr. I. Jačkovou a Ing. Z. Lněničkou. CO₂ byl z kalcitů uvolněn reakcí se 100% kyselinou fosforečnou za pokojové teploty. Výsledky jsou konvenčně vyjádřeny veličinou δ v promile (‰) odchylce od běžně používaných standardů (PDB, SMOW). Pro izotopické složení kyslíku a uhlíku může chyba stanovení činit ± 0,1 ‰.

Izotopické složení matečných fluid bylo vypočítáno pro naměřené Th fluidních inkluzí pomocí rovnic teplotní závislosti frakcionačního faktoru mezi kalcitem a vodou (O'Neil et al. 1969, Deines et al. 1974).

Stopové prvky byly analyzovány v laboratořích ACME ve Vancouveru v Kanadě metodami ICP-MS a ICP-AES. Pod binokulární lupou byly vybrány 2 g vzorku pro analýzu, který byl napráškován v třecí achátové misce. Vzorky okolní horniny byly rozpráškovány v epicyklickém mlýnku z chromniklové oceli. Navážka pro stanovení těžkých kovů byla rozpuštěna za teploty 95 °C v lučavce královské a analyzována metodou atomové emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Ostatní prvky včetně prvků vzácných zemin (REE) byly analyzovány metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v navážce, která byla rozložena tavením s LiBO₂ a následně vyloužena ve zředěné (5%) HNO₃. Reprodukovatelnost výsledků je podle opakovaných analýz v rozmezí 5 až 10 rel. %.

Velikost Eu anomálie byla vypočítána podle vztahu $Eu/Eu^* = Eu_{CN}/\sqrt{(Sm_{CN} * Gd_{CN})}$, velikost Ce anomálie podle vztahu $Ce/Ce^* = Ce_{CN}/\sqrt{(La_{CN} * Pr_{CN})}$.

Výsledky

V roce 2011 byly na lokalitě Řepiště ze dvou dílčích lokalit odebrány vzorky těšínitu pro mineralogické studium miarol a reprezentativní vzorky krystalovaného analcimu z puklin. Obec Řepiště se nachází cca 3 km s. od Frýdku-Místku.

Řepiště 1

Jedná se o mohutný a souvislý odkryv těšínitu o délce 30 m a výšce 15 m v zářezu železniční tratě vedoucí z Frýdku-Místku do Ostravy. Lokalita leží asi 1,5 km jz. od kostela v Řepišti a 300 m v. od železničního mostu přes Ostravici. Těšínit zastížený v profilu je charakteristický výskytem makroskopicky nápadných černých sloupcovitých vyrostlic zejména amfibolu, méně potom pyroxenu ve světlé základní hmotě. Matrix horniny je budována zejména plagioklasy a analcimem. Z tmavých minerálů je v hornině přítomen

biotit. V hornině se místy vyskytují miaroly částečně vyplněné analcimem, sporadicky i kalcitem.

Řepiště 2

Lokalita se nachází v j. části obce Řepiště asi 100 m vsv. od soutoku Ostravice a bezejmenného pravostranného přítoku. Výchoz formující výrazný hřbet levého břehu potůčku je budován dvěma texturními typy hornin těšínitové asociace, které vykazují silné rozpukání. Podle Pauliše (2005) se jedná o mohutnou, až 15 m mocnou, ploše uloženou žílu analcimického těšínitu. Svrchní část přirozeného odkryvu reprezentuje hornina s jemnozrnnou strukturou zelenošedé barvy. Na bázi výchozu vykazují nezvětralé partie horniny zelenošedou barvu a mandlovcovou texturu. Tato partie je hojně protínána četnými žilkami hrubozrnného bílého kalcitu. Žilky se vyznačují pravidelným průběhem a malou mocností kolísající v rozsahu od 0,4 po 1,5 cm. Žilky vykazují dva převládající směry, a to SZ–JV (žilky s analcimem) a SV–JZ s úklonem k SV resp. SZ. Oba systémy, u nichž není možné stanovit vzájemný sukcesní vztah, jsou charakteristické stabilní velikostí sklonu kolem 60°.

Mineralogická charakteristika

Řepiště 1

Analcim zjištěný v miarole těšínitu nabývá velikosti do 3 mm. Starší partie zrna se vyznačuje xenomorfním omezením a zakalením do mléčné bílé barvy. Okrajový lem vrůstající do drobné dutiny (mladší partie) je bezbarvý a automorfně omezený.

Řepiště 2

Krystaly analcimu vyskytující se v asociaci s mladším kalcitem se podílejí na minerální paragenézi dvou morfologických typů postmagmatické mineralizace, a to na výplni mandlí a hydrotermálních žil. Po odleptání žilného kalcitu byly objeveny bezbarvé, skelně lesklé, ploché krystaly analcimu, narůstající přímo na okolní horninu.

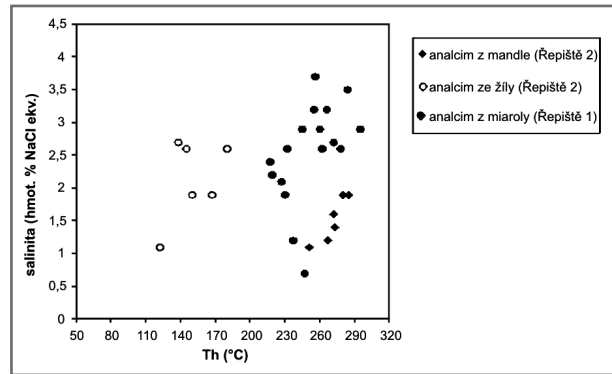
V mandlích, dosahujících velikosti do 0,5 cm, jsou přítomny dvě generace analcimu. Starší generace, narůstající přímo na stěny dutin, je zastoupena bezbarvými, hypautomorfně omezenými zrny analcimu, v nichž jsou hojně přítomny minerální inkluze (chloritizovaný biotit, oxidy Fe a molybdenit – Dolníček et al. 2012). Mladší zrna analcimu narůstající na předchozí generaci jsou čirá, bez přítomnosti inkluzí výše zmíněných minerálů. Mandličky menších rozměrů jsou vyplněny pouze analcimem. Hornina v okolí mandliček je často zbarvena přítomností hematitu do červena a vytváří tak úzký lem o mocnosti do 2 mm.

Hydrotermální žilky často protínají geneticky starší mandle. Studium stavebních znaků žil umožnilo na výchozu vyčlenit dva texturní typy, a to izometrickou a vláknitou (syntektonickou) formu kalcitu. Žilky vyplněné izometrickými zrny kalcitu, z nichž některé obsahují i analcim, jsou v hornině čteněji zastoupeny. Jejich žilovina je charakteristická asymetrickým růstem hypautomorfně omezených zrn kalcitu o velikosti 2 až 4 mm, které jsou mírně protažené ve směru kolmém na průběh žil. Analcim

zde ve formě čirých, automorfně omezených zrn velikosti cca 5 mm sporadicky zastupuje nejstarší minerální fázi puklin orientovaných SZ–JV. V polarizačním mikroskopu vykazuje v XPL režimu slabou anizotropii, projevující se lamelováním (parketováním).

Fluidní inkluze

Velikost fluidních inkluzí ze vzorků analcimu, které byly odebrány z puklin a dutin zastupujících oba petrologické typy hornin těšínitové asociace, má poměrně konstantní hodnoty mezi 2 až 5 μm. Studované inkluze jsou převážně primární a mají pravidelné zaoblené tvary. Ve vzorcích se nacházejí v podobě malých prostorových skupin nebo byly zjištěny podél růstových rovin. V menší míře se vyskytující sekundární inkluze se prezentují jako ploché a velmi úzké skupiny vyhojící fraktury uvnitř krystalu a obecně mají menší velikosti (jen okolo 1,5 μm). Primární i sekundární inkluze jsou jednofázové (L – vodný roztok) či dvofázové (L + V), přičemž plynná fáze zaujímá za pokojové teploty konstantních cca 5–10 obj. %. Stálý poměr fází L a V v inkluzích ukazuje na zachycení homogenního fluida (jednofázové L-inkluze pak nejspíše reprezentují metastabilní systémy, v nichž ještě nedošlo



Obr. 1: Výsledky mikrotermometrických měření fluidních inkluzí v analcimu.

Fig. 1: Results of fluid inclusion microthermometry in analcime.

ke vzniku plynné fáze). Z hlediska četnosti jsou oba typy inkluzí zastoupeny poměrně rovnoměrně.

Mikrotermometrické údaje všech studovaných vzorků nevykazují výraznou variabilitu. Teploty homogenizace (Th) na kapalinu se pohybují mezi 122–180 °C pro analcim z puklin a 219–295 °C pro analcim z miaroly a mandlí (obr. 1). Poměrně vysoká Th (až 295 °C) za daného stupně zaplnění inkluzí upozorňuje na možnou přítomnost CO₂ nebo nižších uhlovodíků, jejichž sporadické zastoupení je popsáno např. u inkluzí z analcimu z polské části Karpat (Wlodyka – Kozłowski 1997). K úplnému zmrznutí inkluzí (Tf) docházelo v oblasti teplot od -38 do -49 °C. Teplota tání posledního ledu (Tm) dosahovala hodnot od -0,6 do -3,7 °C, což odpovídá salinitě mezi 1,1 až 6,0% hmot. NaCl ekv. (Bodnar 1993) – (obr. 3). V případě jednofázových inkluzí obou genetických typů (P i S) byly po přehřátí a vzniku plynné fáze stanoveny alespoň kryometrické údaje: Tf = -42 °C, Tm = -0,5 až -1,6 °C (salinita = 0,9 až 2,7 hmot. NaCl ekv.).

Z histogramu Th-Tm lze vypořadovat trend snižování teploty za současného snižování salinity fluid. Tento trend je pravděpodobně důsledkem míchání dvou typů fluid s rozdílnou teplotou i salinitou v hydrotermálním systému. Malé rozměry inkluzí neumožnily pozorovat teploty eutektika během kryometrického měření, nebylo tedy možné stanovit konkrétní chemické složení inkludovaných fluid.

Chemismus analcimu

Chemické analýzy analcimu jsou patrný z tabulky 1. Analýzy vykazují určité kolísání zejména u výměnných kationtů. Sumárně lze složení analcimu vyjádřit empirickým vzorcem: Na_{0,84-0,81} Al_{0,85-0,82} Si_{2,18-2,16} O_{6,00} (analcim ze žil), Na_{0,95-0,91} Al_{1,08-0,96} Si_{2,04-1,94} O_{6,00} (analcim z miaroly). Analcim narůstající na puklinách analcimického těšínitu ukazuje vyšší obsahy Si⁴⁺ a nižší obsahy Na⁺ než analcim z miarol v těšínitu. Analcim vyplňující mandle v analcimickém těšínitu vyniká oproti ostatním mírně vyšším obsahem Al³⁺ a mírně nižším obsahem Si⁴⁺ (obr. 2).

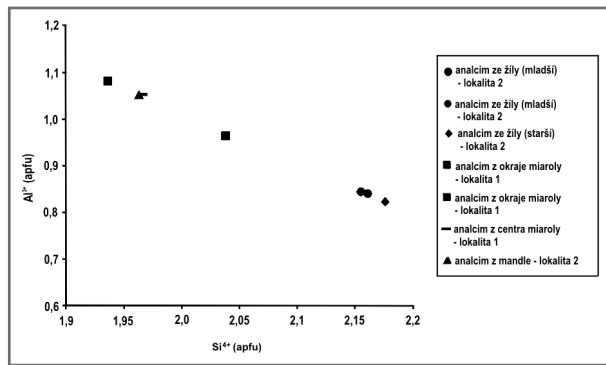
Diskuze

Analcim zastížený v dutinách a puklinách magmatických hornin vykazuje velmi nízký obsah železa (do 0,2 hmot. % FeO), což indikuje jeho hydrotermální

Tab. 1: Chemické složení analcimu (hmot. %) a vypočítané empirické vzorce (přepočteny na 6 atomů kyslíku). Legenda: 1, 2 – mladší analcim ze žíly; 3 – starší analcim ze žíly; 4, 5 – analcim z okraje miaroly; 6 – analcim z centra miaroly.

Tab. 1: Chemical composition of analcimes (wt. %) and calculated empirical formulae (based on 6 atoms of oxygen). Legend: 1, 2 – vein-forming analcime (younger); 3 – vein-forming analcime (older); 4, 5 – analcime from margin of miarole; 6 – analcime from centre of miarole.

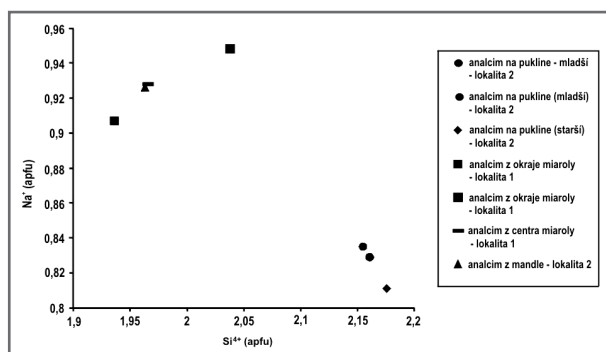
localita	Řeřiště 2			Řeřiště 1		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO ₂	59,90	59,89	60,76	55,91	53,17	53,92
Al ₂ O ₃	19,93	19,78	19,48	22,45	25,18	24,50
FeO		0,02	0,01	0,01		0,01
MnO	0,02		0,02	0,01		
MgO				0,02	0,01	0,01
CaO	0,04		0,07	0,02	1,12	0,45
SrO	0,05		0,03		0,12	
BaO				0,02		
Na ₂ O	11,98	11,85	11,68	13,41	12,84	13,12
K ₂ O	0,02	0,04	0,03		0,16	0,15
suma	91,97	91,58	92,11	91,852	92,632	92,20
Si ⁴⁺	2,155	2,161	2,176	2,038	1,936	1,966
Al ³⁺	0,845	0,841	0,823	0,964	1,081	1,053
Fe ²⁺						
Mn ²⁺	0,001		0,001			
Mg ²⁺				0,001	0,001	
Ca ²⁺	0,001		0,003	0,001	0,044	0,018
Sr ²⁺	0,001		0,001		0,003	
Ba ²⁺						
K ²⁺	0,001	0,002	0,001		0,008	0,007
Na ⁺	0,835	0,829	0,811	0,948	0,907	0,928
suma	3,84	3,833	3,819	3,953	3,983	3,975
Si/Al	2,55	2,56	2,644	2,114	1,791	1,867
K ₂ O/Na ₂ O	0,002	0,003	0,002	0	0,013	0,011
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3,01	3,03	3,12	2,49	2,11	2,20



Obr. 2: Diagram Al vs. Si pro analcimy.
Fig. 2: Al vs. Si plot for analcimes.

původ (Toman 2009). Srovnáme-li charakter fluidních inkluzí uzavřených v analcimu s výsledky studia minerální paragenese a fluidních inkluzí hydrotermálních žil lokality Tichá (Dolníček et al. 2010a), můžeme říci, že analcím představuje přechodný stupeň mezi tzv. první (vysokoteplotní) a druhou (nízkoteplotní) fází hydrotermální aktivity v magmatitech studované oblasti. Na existenci horkých hydrotermálních roztoků v iniciální fázi hydrotermální aktivity upozorňuje i přítomnost molybdenitu uzavřeného v analcimu ze žíly (Dolníček et al. 2012). Analcím byl v porovnání s první fází hydrotermální aktivity (salinita = 47–57 hmot. % NaCl, Th = 390–510 °C) formován z fluid o výrazně nižší salinitě (1,1 až 6,0 hmot. % NaCl) i teplotě (122–180 °C – analcím ze žil; 219–295 °C – analcím z miaroly a mandlí).

Ze sukcesních vztahů různých morfologických forem analcimu lze vysledovat trend, kdy molární poměr SiO_2/Al_2O_3 v analcimu lineárně stoupá s poklesem teploty roztoku. Starší fáze analcimu ukazují nižší obsahy křemíku a vyšší zastoupení vápníku v krystalové struktuře (např. centrální partie analcimu z miaroly). Tato skutečnost je v souladu s chemickou povahou minerálů ze skupiny zeolitů, pro které je kolísavý obsah zejména vyměnitelných kationtů charakteristický. Toto vzájemné zastupování kationtů je důsledkem zachování podmínky elektroneutality ve struktuře minerálu zeolitové skupiny (Toman 2009). Substitucí vyměnitelných kationtů [$Na^+(Ca^{2+}) Al^{3+} \leftrightarrow Si^{4+}$] lze vysvětlit i nelineární vztah mezi Na^+ a Si^{4+} (obr. 3). Podle Gibba a Hendersona (1978) reprezentují analcimy ochuzené o křemík a obohacené o vápník iniciální fázi tvorby zeolitu v hornině. Z této fáze se v procesu rekrystalizace

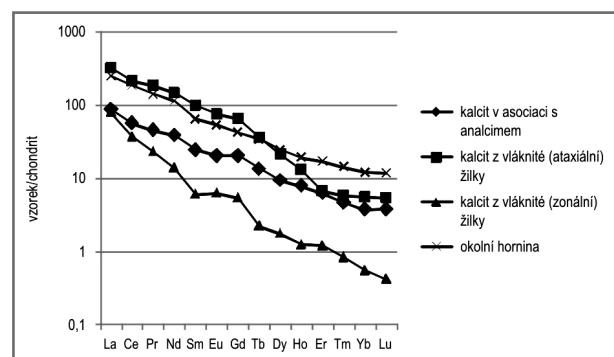


Obr. 3: Diagram Na vs. Si pro analcimy.
Fig. 3: Na vs. Si plot for analcimes.

působením roztoků o nižší teplotě formuje analcím obohacený o křemík a ochuzený o vápník. Tato zjištění jsou v souladu s teplotními údaji získanými studiem fluidních inkluzí za předpokladu následující sukcesní posloupnosti vzniku jednotlivých typů analcimu: analcím z miarol → analcím z mandlí → analcím z puklin.

V základní hmotě těšinitů je zastoupen kyselý plagioklas, K-živce a zeolity (Buriánek – Bubík 2012). Trundová (2004) pokládá primární plagioklas v těchto horninách za bazické, z čehož lze vyvodit, že by stavební komponenty pro precipitaci analcimu mohly pocházet z alterovaného bazického plagioklasu. Nicméně ve výbrusech nebylo pozorováno zatlačování plagioklasu analcím, což ukazuje, že alterace plagioklasu nebyla řídicím faktorem pro formování analcimu. Sodík byl pravděpodobně v průběhu rané magmatické krystalizace akumulován ve zbytkové tavenině, jež posléze metasomaticky zatlačovala K-živce za vzniku albitu. Část této taveniny si zachovala teplotu pod solidem těšinitu a hromadila se v hornině v podobě „hnízd“ nebo migrovala podél puklin za tvorby žil o minerálním složení Na-plagioklas, alkalické živce, nefelin, atd. Na-bohaté primární fáze byly v další fázi vývoje horniny v důsledku zeolitizace nahrazeny zejména analcím a natrolitem (Wlodyka – Karwowski 2006). Alterace albitu přispěla k obohacení zbytkového roztoku o SiO_2 , který při reakci s nefelinem vedl ke vzniku analcimu: $(6NaAlSi_3O_8 (albit) + 2NaCl (z\ roztoku) = Na_8(AlSiO_4)_6Cl_2 (sodalit) + 12SiO_2 (do\ roztoku); NaAlSiO_4 (nefelin) + H_4SiO_4 (z\ roztoku) = NaAlSi_2O_6 (analcim) + H_2O (Fall\ et\ al.\ 2007)$. Tento model je podpořen laboratorní studií Karlssona a Claytona (1991), kteří vznik analcimu připisují alteraci primárního nefelinu nízkoteplotními roztoky obohacenými o CaO a SiO_2 .

Chondritem normalizované trendy prvků vzácných zemin (distribuce REE v kalcitech odpovídají distribuci REE v okolní hornině – obr. 4) stanovené v mladší kalcitové minerální fázi asociované s analcím, upozorňují na významnou interakci fluid s okolní horninou a nízký obsah REE-komplexujících ligandů v roztoku. Absence Ce a Eu anomálií (obr. 4) nenasvědčuje výkyvům Eh fluida (Bau 1991). Hodnoty $\delta^{18}O$ roztoku (+3,5 až



Obr. 4: Distribuce prvků vzácných zemin v kalcitu, který se vyskytuje v žilovině v asociaci s analcím a okolní magmatické hornině. Normalizace chondritem podle Anderse a Grevesseho (1989).

Fig. 4: Distributions of REE in vein calcite associated with analcime and in host magmatic rock. Normalized by chondrite according to Anders and Grevesse (1989).

+6,9 ‰ SMOW), nízká salinita fluidních inkluzí (1,1 až 6 hmot. % NaCl ekv.) i trendy vycházející z diagramu Th-salinita ukazují na míšení pozdně magmatických vod (zvýšené salinity v případě analcimu z miarol) s nízkosalinní diagenetickou vodou. Role vod uvolněných po krystalizaci magmatu hostitelské horniny však byla patrně velmi malá. Diagenetická voda, reprezentující dominantní složku mateřského fluida, byla zřejmě derivována při dehydrataci jílových minerálů v důsledku teplotní alterace jílovců těšínsko-hradištského souvrství intrudujícím těšínitom (Dolníček et al. 2010b).

Závěr

Studovaný analcim z dutin a puklin porušujících horniny těšínitové asociace (těšínit, analcimický těšínit)

je hydrotermálního původu. Mateřská postmagmatická fluida způsobující rozsáhlou alteraci hornin byla generována tepelnou alterací jílových minerálů při průniku intruze do zvodněných okolních sedimentů. Hydrotermální roztok o nízké salinitě (1,1 až 6,0 hmot. % NaCl ekv.) byl v průběhu precipitace analcimu progresivně ochlazován (Th = 219–295 °C – analcim z výplně dutin, 122–281 °C – analcim ze žil). Stavební komponenty analcimu byly získány zejména rozpadem nefelinu. Z výsledků studia je zřejmé, že analcim z miarol v těšínitě představuje nejstarší fázi krystalizace analcimu, zatímco analcim z žil vyplňujících pukliny analcimického těšínitě reprezentuje nejmladší analcim. Analcim představuje přechodný stupeň mezi tzv. první a druhou fází hydrotermální aktivity v magmatitech studované oblasti.

Literatura

- Anders, E. – Grevesse, N. (1989): Abundances of the elements: meteoritic and solar. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 197–214.
- Bau, M. (1991): Rare-earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid-rock interaction and the significance of the oxidation state of europium. – *Chemical Geology*, 93, 219–230.
- Bodnar, R. J. (1993): Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57, 683–684.
- Buriánek, D. – Bubík, M. (2012): Horniny těšínitové asociace v okolí Valašského Meziříčí. – *Acta Musei Moraviae, Scientia Geologica*, 1, 89–111.
- Dolníček, Z. – Kropáč, K. – Uher, P. – Polách, M. (2010a): Mineralogical and geochemical evidence for multi-stage origin of mineral veins hosted by teschenites at Tichá, Outer Western Carpathians, Czech Republic. – *Chemie der Erde*, 70, 267–282.
- Dolníček, Z. – Urubek, T. – Kropáč, K. (2010b): Post-magmatic hydrothermal mineralization associated with Cretaceous pyrite, Outer Western Carpathians, Czech Republic: interaction between host rock and externally derived fluid. – *Geologica Carpathica*, 4, 327–339.
- Dolníček, Z. – Urubek, T. – Kropáč, K. – Lehotský, T. (2012): Molybdenit z mandlovcového těšínitě z Řepišť u Paskova. – *Minerál*, 20, 6, 495–497.
- Dostal, J. – Owen, J. V. (1998): Cretaceous alkaline lamprophyres from northeastern Czech Republic: geochemistry and petrogenesis. – *Geologische Rundschau* 87, 67–77.
- Fall, A. – Bodnar, R. J. – Szabó, Cs., Pál-Molnár, E. (2007): Fluid evolution in the nepheline syenites of the Ditrău Alkaline Massif, Transylvania, Romania. – *Lithos* 95, 331–345.
- Ferguson, L. J. – Edgar, A. D. (1978): The petrogenesis and origin of the analcime in the volcanic rocks of the Crownsnest Formation, Alberta. – *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15, 1, 69–77.
- Gibb, F. G. F. – Henderson, C. M. B. (1978): The petrology of the Dippin sill, Isle of Arran. – *Scottish Journal of Geology*, 14, 1–27.
- Hovorka, D. – Spišiak, J. (1988): Vulkanizmus mezozoika Západných Karpát. – *Slovenská akadémia vied*. Bratislava.
- Karlsson H. R. – Clayton, R. N. (1991) Analcime phenocrysts in igneous rocks: primary or secondary? – *American Mineralogist*, 76, 189–199.
- Mandour, M. A. (1982): Geochemická a mineralogická studie hornin těšínitové asociace v podbeskydské oblasti ČSSR. – MS, diplomová práce, HGF VŠB. Ostrava.
- Matýšek, D. (1993): Kontaktní metamorfóza spojená s intruzí hornin těšínitové asociace na lokalitě Krmelín. – *Acta Musei Moraviae, Scientia Naturale*, 77, 29–39.
- Pauliš, P. (2005): Nejzajímavější mineralogické lokality Moravy a Slezska II. – *Kuttna, Kutná hora*, 128–129 pp.
- Pearce, T. H. (1993): Analcime phenocrysts in igneous rocks; primary or secondary? – discussion. – *American Mineralogist*, 78, 1–2, 225–229.
- Šmíd, B. (1962): Přehled geologie a petrografie hornin těšínitové asociace na severním úpatí Beskyd. – *Geologické práce*, 63, Bratislava.
- Trundová, A. (2004): Petrologie těšínitů z vybraných lokalit v Moravskoslezských Beskydech. – MS, diplomová práce, PŘF MU Brno.
- Toman, J. (2009): Železo v přírodních zeolitech. – MS, bakalářská práce, PŘF MU Brno.
- Wlodyka, R. – Kozłowski, A. (1997): Fluid inclusions in hydrothermal analcimes from the Cieszyn magma province (Poland). – *ECROFI XIV Symp.*, 350–351.
- Wlodyka, R. – Karwowski, L. (2006): Perovskite from the Międzyrzecze sill near Bielsko-Biała in the Polish Carpathians (the type area of the teschenite association). – *Archiwum Mineralogiczne*, 53, 1–2, 109–131.