

HYDROTHERMÁLNÍ MINERALIZACE V HORNINĚ TĚŠÍNITOVÉ ASOCIACE U NOVÉHO JIČÍNA (SLEZSKÁ JEDNOTKA, VNĚJŠÍ ZÁPADNÍ KARPATY)

Hydrothermal mineralization in rock of teschenite association near Nový Jičín (Silesian Unit, Outer Western Carpathians)

Tomáš Urubek^{1,2}, Zdeněk Dolníček²

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; e-mail: dolnicek@prfnw.upol.cz

(25-15 Nový Jičín)

Key words: Silesian unit, hydrothermal mineralization, calcite, fluid inclusions, stable isotope

Abstract

Studied locality is situated in western part of the Silesian Unit of the Outer West Carpathians. Hydrothermal veins up to 1.5 cm thick are present in igneous rock of the teschenite association. The studied mineralization is composed of calcite, chlorite (pennine) and dolomite. Hydrothermal veins are apparently undeformed. Homogenization temperatures of primary and secondary aqueous fluid inclusions present in calcite vary between 90 and 150 °C. The fluids have generally low salinities (0.5 to 3.1 wt. % NaCl equiv.), positive $\delta^{18}\text{O}$ values between +5.4 and +8.8 ‰ SMOW and $\delta^{13}\text{C}$ around -9.5 ‰ PDB. Hydrothermal veins originated from fluids causing the pervasive post-magmatic hydrothermal alteration of the host rock. The parent fluid was most probably a mixture of seawater with diagenetic waters, which have been released during thermal alteration of sediments occurring in the surroundings of the teschenite-association rock body.

Úvod

Hydrotermální mineralizace začala být v oblasti slezské jednotky Vnějších Západních Karpat studována moderními metodami teprve v nedávné době. Výzkum se zaměřil na mineralogii a genetické aspekty mineralizace s důrazem na původ mateřských roztoků pro dané minerální fáze na puklinách i dutinách vulkanických hornin těšinitové asociace (Urubek – Dolníček 2008, Urubek 2009, Urubek et al. 2009, Dolníček et al. 2010a, b) i v okolních sedimentech (Polách 2008, Polách et al. 2008, Urubek – Dolníček 2009). Jak ukázaly dosavadní výzkumy, horniny těšinitové asociace obsahují mineralogicky pestré i geneticky zajímavé minerální asociace ve výplních mandlí či v žilách. Vyvřelé horniny jsou produktem podmořských subvulkanických intruzí a výlevů alkalického až alkalicko-vápenatého magmatu v období spodní křídly (Šmíd 1962, Lucińska-Anckiewicz et al. 2002). Prostorově i časově jsou svázány se sedimentací okolních jílovců těšínsko-hradištského souvrství (Kudělásková 1987).

Tento příspěvek se zaměřuje na hydrotermální mineralizaci vyplňující pukliny v hornině těšinitové asociace v přirozeném zářezu levého břehu potoka Jičínky asi 1,5 km j. od Nového Jičína. GPS souřadnice lokality jsou 49° 35,337' N, 18° 01,407' E. Jedná se o odkryv pravděpodobně ložní žíly pronikající modrošedými jílovcí těšínsko-hradištského souvrství. Jílovce jsou uloženy ve formě méně mocných vrstev (lamin), které se střípkovitě rozpadají. Vrstvy vykazují směr SZ–JV a jejich sklon se pohybuje okolo 60° s úklonem k JZ. Nesouvislý výchoz vulkanitů je tvořen drobnými skalkami o rozměrech max. 2 × 2 m, které v zářezu potoka vystupují z říčních sedimentů a křídových jílovců v délce cca 30 m. Hornina je na povrchu silně zvětřalá v rezavě hnědou drť a vyniká silným mechanickým porušením (rozpukání). Jemnozrná struktura a zelenošedá až tmavošedá barva nevětrálých vzorků horniny naznačují

dle klasifikace Hovorky – Spišiaka (1988) typové zařazení do monchiquitové skupiny vulkanitů těšinitové asociace.

Hlavním zájmem předkládané studie je zhodnotit celkovou povahu zastíženou mineralizace a nástínem jejího vzniku udělat další krok k pochopení charakteru a vývoje hydrotermálních procesů v oblasti flyšových příkrovů Vnějších Západních Karpat na našem území.

Metodika

K popisu výbrusů vzorků byl použit badatelský mikroskop Olympus BX 41 v mikroskopické laboratoři katedry geologie PřF UP v Olomouci.

Chemické analýzy minerálů byly provedeny elektronovou mikrosondou 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 analyzované chlority a karbonáty 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.

Katodoluminiscenční studium leštěných výbrusů bylo provedeno na aparatuře CITL Mk5-1 se „studenou“ katodou na Univerzitě Palackého v Olomouci.

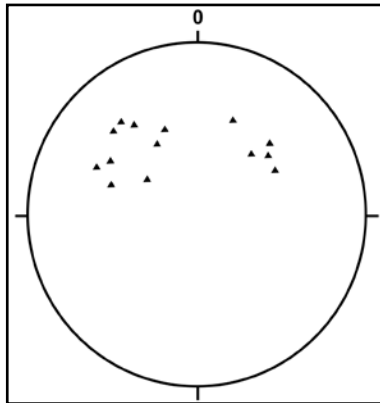
Vzorky pro mikrotermometrické studium fluidních inkluzí (štěpné úlomky kalcitu) byly studovány na zařízení Linkam THMSG 600 na katedře geologie PřF UP v Olomouci. Přístroj byl kalibrován anorganickými standardy a syntetickými fluidními inkluzemi na teploty od -56,6 do 374,1 °C. Salinita fluid byla počítána podle Bodnara (1993).

Izotopové analýzy kyslíku a uhlíku byly změřeny v laboratoři ČGS v Praze Mgr. I. Jačkovou. 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).

Charakteristika mineralizace

V hornině těšínitové asociace uložené v okolních modrošedých jílovcích byla zastížena žilná hydrotermální mineralizace. Žíly vykazují dva převládající směry, a to SZ–JV a JZ–SV s úklonem k JV, resp. SZ (obr. 1). Oba systémy,



Obr. 1: Diagram pólů kalcitových žil. Spodní polokoule Lambertovy projekce.

Fig. 1: Pole diagram of calcite veins. Lower hemisphere of Lambert's projection.

u nichž nebylo možné na výchozu definovat vzájemný sukcesní vztah, se vyznačují stabilním sklonem cca 50°. Žíly se vyznačují napřímeným pravidelným tvarem (minimální variace ve sklonu a směru žíly) a malou mocností, která kolísá v rozsahu od 0,3 cm do 1,5 cm. Dominantním minerálem je kalcit, který je jemnozrnný a makroskopicky převážně bílý, ojediněle průhledný či bezbarvý. Pouze sporadicky, v případě jedné žilky, se na minerální výplni podílí i chlorit, jehož přítomnost způsobuje zelenavě šedé až černé zabarvení kalcitu. U žádné z žilek nebylo pozorováno tektonické rýhování.

Mineralogické studium výbrusů ze vzorků žiloviny potvrdilo přítomnost kalcitu i chloritu a odhalilo akcesorický výskyt dolomitu. Textura žilné výplně ukazuje ve většině případů na symetrický růst mineralizace od okraje pukliny do středu.

Kalcit je zastoupen hypautomorfně až xenomorfně omezenými zrny o velikosti cca 0,1 až 0,3 cm, která jsou mírně protažená směrem do středu žíly. Na zrnech jsou výrazně vyvinuty dvojčatné lamely, které jsou jen ojediněle zprohýbány.

Výbrus vzorku žilky budované makroskopicky tmavě zeleným kalcitem má texturně poněkud odlišný charakter.

Při periferii žilné výplně vytváří kalcit na kontaktu s okolní horninou lem mocný 0,2 cm. Tuto polohu, která je od mladší středové části oddělena zónou bohatší na chlorit, utvářejí z velké části pouze hypautomorfně až xenomorfně omezená zrna makroskopicky bílého kalcitu. Velikost těchto izometrických či mírně protažených zrn se směrem do centra žíly systematicky snižuje z 0,1 až k cca 0,05 cm. Štěpné trhlinky jsou u kalcitu patrné pouze ojediněle a nenasvědčují tektonickému poškození zrn. Kalcit budující převážně středové partie žíly je reprezentován xenomorfně omezenými izometrickými zrny, která dosahují velikosti pouze okolo 0,2 mm. Tato výplň je pronikána hrubozrnnějšími žilkami kalcitu, jejichž seskupení ve středu žíly

místy připomíná en-echelon uspořádání. Na jejich stavbě se kalcit podílí hypautomorfně omezenými zrny velikosti cca 1 mm bez patrného dvojčatění. Žádná růstová zónalnost kalcitové žiloviny v CL mikroskopu však není patrná. Intenzita katodoluminiscenčních barev je obecně nízká. Žilka má tlumený hnědooranžový odstín bez náznaků barevných přechodů v celé šířce vyplněné pukliny.

Chlorit je v žilovině přítomen v podobě šupinkovitých a lupinkovitých agregátů, které se vyskytují uzavřené v kalcitu zejména při okraji žíly v zóně mocné cca 0,15 cm nebo se spolupodílejí na jemnozrnné základní hmotě středu žíly, kde vyplňují prostor mezi drobnými izometrickými zrny kalcitu. Průměrná velikost těchto agregátů je cca 0,02 cm a vyznačují se nevýrazným pleochroismem (světle zelená x šedo zelená). Ojediněle vykazují anomální interferenční barvy (zelená v různých odstínech)

Dolomit má makroskopicky bílou barvu a vyskytuje se pouze ojediněle jako jeden z nejmladších produktů krystalizace v centru žíly. Vytváří shluky hypautomorfních zrn velikosti cca 0,1 mm, která jsou často doprovázena chloritem. Tato zrna jsou uzavřena v centru hrubozrnněji vyhlížejících zón kalcitu středu žíly a v BSE obraze vykazují růstovou zónalnost (barva zrna přechází od středu ke kraji z tmavě šedé do světle šedé).

Chemické složení minerálů

Metodou WDX analýzy byl studován chemismus chloritu z okrajové části žilky a z jejího středu. Byly zjištěny obsahy 32,9–43,5 hmot. % SiO₂, 24,4–12,6 hmot. % FeO, 18,7–15,9 hmot. % MgO, 13,2–7,0 hmot. % Al₂O₃. Na základě daného chemického složení můžeme chlorit zařadit podle klasifikace Melky (1965) k penninu (Si = 3,4–4,3 apfu, F/FM = 0,46–0,27). Chlorit agregátů vyskytujících se při periferii žilky v partii probíhající paralelně s okrajem pukliny ukazuje vůči chloritu z centra žilky vyšší obsahy železa a hličníku (tab. 1).

č. vzorku	1.	2.
SiO ₂	32,92	43,47
TiO ₂	0,27	
Al ₂ O ₃	13,23	7,02
Cr ₂ O ₃	0,02	
CaO	0,75	2,16
FeO	24,38	12,6
MgO	15,89	18,73
MnO	0,09	0,08
NiO	0,06	0,02
K ₂ O	0,38	0,45
Na ₂ O	0,04	0,46
SUMA	88,04	85,00
Si ⁴⁺	3,411	4,313
Ti ⁴⁺	0,021	
Al ³⁺	1,616	0,820
Cr ³⁺	0,002	
Ca ²⁺	0,084	0,230
Fe ²⁺	2,113	1,043
Mg ²⁺	2,455	2,770
Mn ²⁺	0,008	0,007
Ni ²⁺	0,005	0,001
K ⁺	0,050	0,057
Na ⁺	0,009	0,088
SUMA	9,774	9,332

Tab. 1: Chemické složení chloritu (hmot. %) a vypočítané empirické vzorce (přepočteny na 14 atomů kyslíku).

Tab. 1: Chemical composition of chlorites (wt. %) and calculated empirical formulae (based on 14 atoms of oxygen).

č. vzorku	1.	2.
P ₂ O ₅	0,06	0,03
SO ₂		0,01
SiO ₂	0,02	0,02
CaO	29,69	30,86
FeO	1,19	3,57
MgO	19,91	16,62
MnO	0,09	0,34
SrO	0,13	0,10
ZnO	0,02	0,07
SUMA	51,10	51,62
P ₅ ⁺	0,001	
Ca ²⁺	0,506	0,539
Fe ²⁺	0,016	0,049
Mg ²⁺	0,472	0,404
Mn ²⁺	0,001	0,005
Sr ²⁺	0,001	0,001
Zn ²⁺		0,001
SUMA	0,997	0,999

Tab. 2: Chemické složení dolomitu (hmot. %) a vypočítané empirické vzorce (přepočteny na 1 atom kyslíku). Legenda: 1 – tmavý dolomit, 2 – světlý dolomit (v BSE).

Tab. 2: Chemical composition of dolomites (wt. %) and calculated empirical formulae (based on 1 atom of oxygen). Legend: dark dolomite, 2 – light dolomite (in BSE).

Chemické analýze byl podroben také dolomit, u něhož byl analyzován střed a okraj zrna. Tmavší dolomit v centru zrna obsahuje (v mol. %) 97,0% dolomitové, 3,0% ankeritové a 0,2% rodochrozitové a ve světlejší okrajové části zrna bylo zjištěno 88,0% dolomitové, 11,0% ankeritové a 1,1% rodochrozitové složky (tab. 2). Na základě klasifikačního diagramu Trdličky a Hoffmana (1975) spadá tento karbonát dolomitové skupiny do oblasti dolomitu.

Fluidní inkluze

Velikost fluidních inkluzí ze vzorků kalcitů, které byly odebrány z puklin zastupujících oba převládající směry, má poměrně konstantní hodnoty mezi 3 μm 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 rovin zdvojití. V menší míře se vyskytující sekundární inkluze se prezentují jako ploché úzké skupiny vyhojující fraktury uvnitř krystalu a obecně mají menší velikosti (okolo 3 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. %. Stálé fázové složení L + V inkluzí ukazuje na zachycení

homogenního fluida (jednofázové L-inkluze pak nejspíše reprezentují metastabilní systémy, v nichž ještě nedošlo 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 jsou obecně nízké a pohybují se mezi 90 a 150 °C (obr. 2). K úplnému zmrznutí inkluzí (Tf) docházelo v oblasti teplot od -40 do -44,5 °C. Teplota tání posledního ledu (Tm) dosahovala hodnot od -0,3 do -1,8 °C, což odpovídá salinitě mezi 0,5 až 3,1 % hmot. NaCl ekv. (Bodnar 1993) – (obr. 2). V případě jednofázových inkluzí obou generačních typů (P i S) byly po přehřátí a vzniku plynné fáze stanoveny alespoň kryometrické údaje: Tf = -42 °C, Tm = -0,4 až -1,2 °C (salinita = 0,7 až 2,1 hmot. % NaCl ekv.)

Z Th–Tm diagramu lze vypořádat, že primární a sekundární inkluze vytvářejí dva různé trendy. V případě primárních inkluzí se jedná o výseteplotní systém, u něhož je naznačen trend snižování teploty Th za mírného zvýšení salinity hydrotermálního roztoku. Sekundární inkluze ukazují zřetelný trend snižování teploty za současného snížení salinity fluid (obr. 2). Oba tyto trendy jsou 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 inkudovaných fluid.

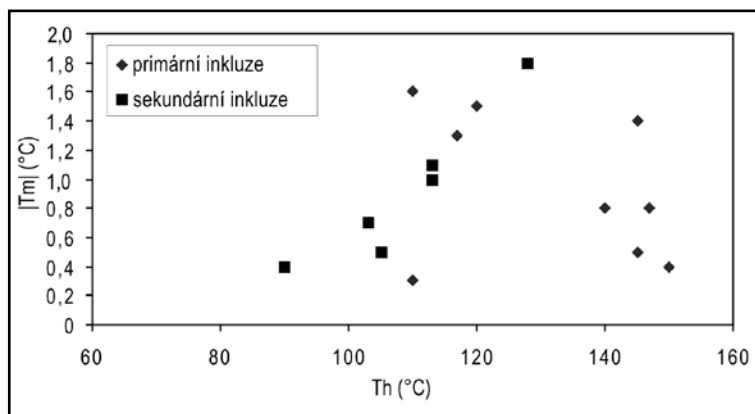
Stabilní izotopy

Izotopová analýza kalcitu ukazuje hodnotu δ¹⁸O = -9,18 ‰ (PDB) a δ¹³C = -7,94 ‰ (PDB). Matečná fluida vykazují při použití rovnice teplotní závislosti frakcionačního faktoru mezi kalcitem a vodou (O'Neil et al. 1969) a teplot homogenizace primárních fluidních inkluzí v příslušném vzorku (110 až 150 °C) hodnoty δ¹⁸O od +5,4 do +8,8 ‰ SMOW. Vypočtené hodnoty δ¹³C fluida kolísají mezi -9,5 a -9,4 ‰ PDB dle rovnice Deines et al. (1974).

Hodnoty δ¹⁸O hydrotermálního fluida neumožňují samy o sobě jednoznačnou identifikaci zdroje kyslíku – jsou kompatibilní s fluidy jak metamorfního, magmatického, tak i diagenetického složení (Hladíková 1988). Výše uvedené hodnoty δ¹³C indikují buď hlubinný původ uhlíku nebo může jít o uhlík tzv. homogenizované zemské kůry. Může se jednat také o uhlík vyloučený z okolní horniny (Urubek – Dolníček 2008).

Závěr

Hydrotermální mineralizace zastižená v hornině těšínitové asociace má charakter pravidelných žilek o mocnostech od 0,3 do 1,5 cm, které jsou převážně orientovány ve směrech SZ–JV a JZ–SV. Ve výplni puklin byly zjištěny následující minerální fáze: kalcit, chlorit a dolomit. Žilný kalcit krysta-



Obr. 2: Výsledky mikrotermometrických měření fluidních inkluzí v kalcitu. Graf Th – salinita.

Fig. 2: Results of fluid inclusion microthermometry in calcite. Th – salinity plot.

lizoval z nízkosalinních roztoků (0,5 až 3,1 hmot. % NaCl ekv.) a za nízkých teplot ($T_h = 90$ až 150 °C).

Obdobná asociace minerálů je uváděna z řady lokalit na poměrně širokém území slezské jednotky (např. Urubek – Dolníček 2008, Urubek et al. 2009, Urubek 2009, Dolníček et al. 2010 a, b). Hydrotermální žíly (a též výplně mandlí) s daným složením jsou zde interpretovány jako produkt tzv. druhé etapy post-magmatické mineralizace zastižené ve vulkanických horninách studovaného území, která se vyznačuje výrazným poklesem teploty mateřských roztoků ze 190 až na 90 °C během vývoje hydrotermálního systému (Dolníček et al. 2010a).

Příslušnosti k této etapě post-magmatické mineralizace na lokalitě Nový Jičín odpovídají i pozitivní hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ mateřského roztoku (5,4–8,8 ‰ SMOW) nebo infor-

mace získané mikrotermometrickým studiem fluidních inkluzí (nízká salinita fluid). Mateřská fluida tohoto typu hydrotermální mineralizace pocházejí s největší pravděpodobností z externího zdroje (Dolníček et al. 2010 a, b). Vzhledem k nízké salinitě fluid nelze uvažovat o převaze magmatické či mořské vody v hydrotermálním systému. Pravděpodobně se jedná o směs mořské a nízkosalinní diagenetické vody, která byla derivována z okolních sedimentů při teplotní alteraci intrudujícím vulkanitem (Urubek a Dolníček 2008).

Poděkování

Autoři děkují P. Zaunstöckovi za zhotovení části leštěných výbrusů. Výzkum byl proveden díky finanční podpoře grantu GAČR 205/07/P130.

Literatura

- Bodnar, R. J. (1993): Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O -NaCl solutions. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 683–684.
- Deines, P. – Langmuir, D. – Harmon, R. S. (1974): Stable carbon isotope ratios and the existence of a gas phase in the evolution of carbonate ground waters. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, 1147–1164.
- Dolníček, Z. – Kropáč, K. – Uher, P. – Polách, M. (2010a): Mineralogical and geochemical evidence for multistage origin of mineral veins hosted by teschenites at Tichá, Outer Western Carpathians, Czech Republic. – *Chem. Erde, Geochem.*, 70, 267–282.
- Dolníček, Z. – Urubek, T. – Kropáč, K. (2010b): Post-magmatic hydrothermal mineralization associated with Cretaceous picrite (Outer Western Carpathians, Czech Republic): interaction between host rock and externally derived fluid. – *Geol. Carpath.*, 61, 4, 327–339.
- Hladíková, J. (1988): Základy geochemie stabilních izotopů lehkých prvků. 1–96, skriptum PřF, MU. Brno.
- Hovorka, D. – Spišiak, J. (1988): Vulkanizmus mezozoika Západných Karpát. Slovenská akadémia vied. Bratislava.
- Kudělásková, J. (1987): Petrology and geochemistry of selected rock types of teschenite association, Outer Western Carpathians. – *Geol. Carpath.*, 38, 545–573.
- Lucińska-Anczkiewicz, A. – Villa, I. M. – Anczkiewicz, R. – Slaczka, A. (2002): $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ dating of the alkaline lamprophyres from the Polish Western Carpathians. – *Geol. Carpath.*, 53, 1, 45–52.
- Melka, K. (1965): Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 40, 23–27. Praha.
- O'Neil, J. R. – Clayton, R. A. – Mayeda, T. K. (1969): Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. – *J. Chem. Phys.*, 51, 5547–5558.
- Polách, M. (2008): Hydrotermální mineralizace ve východní části Moravskoslezských Beskyd (Vnější Západní Karpaty). – MS, diplomová práce, 1–74. UP Olomouc.
- Polách, M. – Dolníček, Z. – Malý, K. (2008): Hydrotermální mineralizace na lokalitě Pindula u Frenštátu pod Radhoštěm (slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty). – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 93, 127–135. Brno.
- Šmíd, B. (1962): Přehled geologie a petrografie hornin těšínitové asociace na severním úpatí Beskyd. – *Geol. práce, Zoš.*, 63. Bratislava.
- Trdlička, Z. – Hoffman, V. (1975): Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Gangkarbonate von Kutná Hora (ČSSR). – *Freiberger Forschungshefte*, 6, 29–81. Leipzig.
- Urubek, T. – Dolníček, Z. (2008): Hydrotermální mineralizace v hornině těšínitové asociace z Hodslavic u Nového Jičína (slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty). – *Čas. Slez. Muz. Opava (A)* 57, 21–30.
- Urubek, T. (2009): Hydrotermální mineralizace v západní části slezské jednotky (Vnější Západní Karpaty): genetické aspekty. – MS, diplomová práce, PřF UP Olomouc.
- Urubek, T. – Dolníček, Z. – Uhlíř, D. (2009): Mineralogie a podmínky vzniku hydrotermální mineralizace v pikritu z Choryně u Valašského Meziříčí (slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty). – *Čas. Slez. Muz. Opava (A)* 58, 175–190.
- Urubek, T. – Dolníček, Z. (2009): Hydrotermální mineralizace v jílovcích lhoteckého souvrství u Choryně (slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty). – *Geol. Výzk. Mor. Slez.*, 2009, 81–83, Brno.