

HYDROTERMÁLNÍ ASOCIACE NA ŽILÁCH V KLASTICKÝCH HORNINÁCH SPODNÍHO KARBONU DRAHANSKÉ A ZÁBŘEŽSKÉ VRCHOVINY: GENETICKÉ ASPEKTY

Hydrothermal association at veins in Lower Carboniferous siliciclastic rocks of the Drahaný and Zábřeh Upland: genetic aspects

Michaela Halavínová, Marek Slobodník, Lukáš Krmíček, Jan Kučera

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: geomish@mail.muni.cz, marek@sci.muni.cz, luk@mail.muni.cz, kuca@sci.muni.cz

(14-43 Mohelnice, 24-21 Jevíčko, 24-22 Olomouc, 24-23 Protivanov, 24-24 Prostějov, 24-41 Vyškov)

Key words: *Drahaný Upland, Lower Carboniferous, hydrothermal veins, carbonates, stable isotopes, fluid systems*

Abstract

Hydrothermal veins occurred in the Lower Carboniferous siliciclastics of the Drahaný and Zábřeh Upland and have been investigated by several methods: optic, structural and petrography, geochemistry and microthermometry. The principal aim of the study was to reveal the main precipitation conditions and to distinguish different generations of veins. The attention was concentrated on post-Variscan veins and their gangue minerals, especially on carbonates (calcites). Their optical and chemical characteristics, stable isotope signature and fluid inclusions have been studied. Only few samples contained hydrothermal sulphides. The older vein system, most likely late Variscan, has mineral assemblage: quartz ± calcite ± chlorite ± sulphides (pyrite). Minerals display a severe deformation and calcites are fine grained with a low intensity of cathodoluminescence. Post-Variscan generations of veins have the mineral assemblage with calcite - barite - sulphides (sphalerite, galena, chalcopyrite, pyrite-markazite) ± quartz ± fluorite ± siderite. Hydrothermal phases are coarser grained and the vein direction coincide with regional faults (NW-SE, NNE-SSW, NE-SW). The main post-Variscan population of calcites precipitated from solutions of H₂O - NaCl ± CaCl₂ ± KCl ± MgCl₂ ± FeCl₂ type under low temperatures within a range of 60–90°C. One of the younger aqueous hydrothermal systems contain also higher liquid hydrocarbons displaying light blue fluorescence. Isotopic composition of parent fluids were about values of δ¹⁸O from 0 to -10 ‰ SMOW, what is indicative for transformed basinal brines originated from sea or partly meteoric waters.

Úvod a přehled výzkumů

V nedávné době byl sledován charakter hydrotermální mineralizace moravskoslezského paleozoika v prostoru Moravského krasu (např. Slobodník 2002), Nízkého Jeseníku (např. Kučera 2002, Zimák et al. 2002), na Ostravsku (Dolníček et al. 2001) a kře Maleníku (Slobodník et al. 2002). Studované území nebylo z hlediska hydrotermálních mineralizací doposud komplexně moderněji zpracováno. V minulosti se oblastí zabývali především Kruřa (1966) a Česková (1978). Studium mineralizací na Drahanské a Zábřežské vrchovině je dalším krokem k pochopení charakteru a vývoje hydrotermálních mineralizací na východním okraji Českého masivu.

Metodika

Mineralizace byla sledována na lokalitách ležících ve všech souvrstvích vyčleňovaných v kulmských horninách na Drahanské a Zábřežské vrchovině. V rámci protivanovského souvrství byly navštíveny lokality: Šošůvka, Chornice, Haňovice (Nová Ves) a Loštice-Kozí vrch. V rozstáňském souvrství byly sledovány výchozy v Rozstání - Baldovci a Stražisku. Myslejovické souvrství je pak zastoupeno lokalitami: Olšany, Luleč, Pístovice, Opatovice a Radslavice (obr. 1). Ve všech případech byla mineralizace nalezena v drobkách. V Luleči byly navíc několik mm mocné kalcitové žilky i ve slepencích. Pro ověření

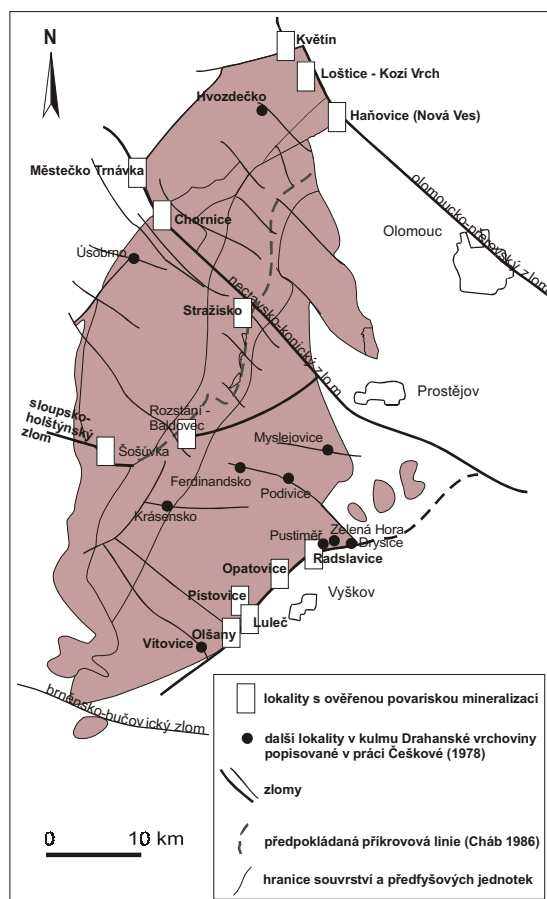
zjištěných skutečností byly rovněž navštíveny lokality z těsné blízkosti studovaného území řazené do tzv. mohelnického souvrství: Květín a Městečko Trnávka. Zde se jednalo o mineralizace v horninách flyšoidního charakteru s prokázaným givetským i spodnokarbonským stářím. Rozsah a postavení této jednotky není zatím uspokojivě dorešen (Zapletal 2003).

Vzorky hornin a hydrotermálních fází (celkem 114) byly studovány z hlediska optických a geochemických vlastností, izotopického složení uhlíku a kyslíku, vlastností matečných hydrotermálních roztoků a teplotních podmínek krystalizace.

Katodoluminiscenční studium (CL) bylo prováděno za odborné asistence J. Leichmanna (PřF MU) na přístroji HC2 - LM. Chemické analýzy minerálů byly stanoveny na elektronové mikrosondě Cameca SX 100 s WD analyzátozem (analyzovali R. Škoda, R. Čopjaková, PřF MU Brno). Mikrotermometrická měření fluidních inkluzí byla prováděna na zařízení Linkam THMS600 na Univerzitě Komenského v Bratislavě a na Univerzitě v Leuvenu. Izotopové analýzy byly stanoveny na hmotnostním spektrometru Finnigan MAT 251 na ČGS v Praze (analytik K. Žák, I. Jačková).

Strukturní a petrografický charakter žil

V terénu byly rozpoznány dva strukturně a petrograficky odlišné typy žil, které se objevují společně na většině lokalit



Obr. 1 – Strukturně – geologické schéma s vyznačením studovaných lokalit.

Fig. 1 – Structural – geological sketch map with studied localities indicated.

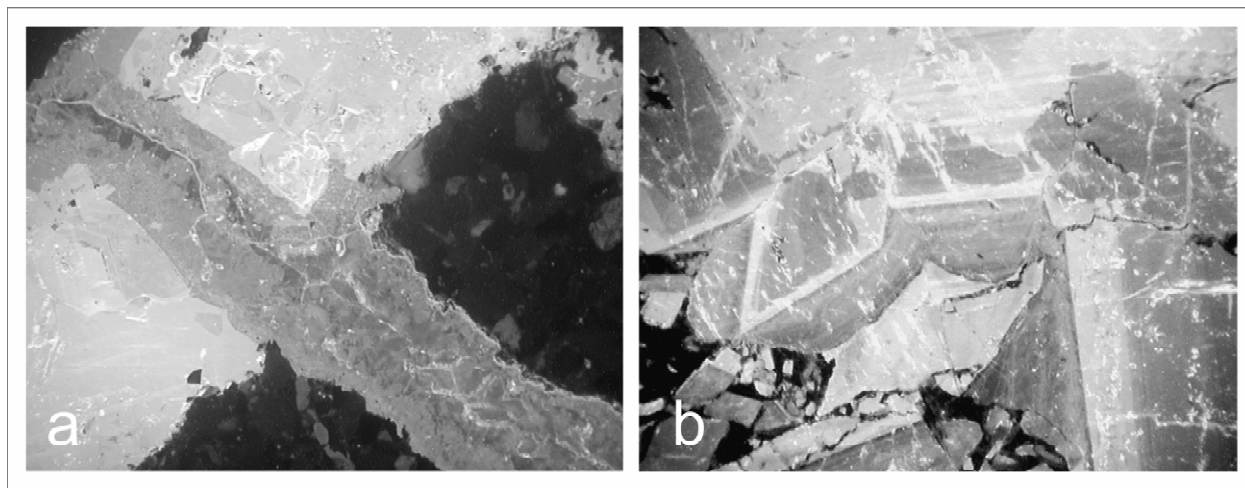


Obr. 2 – Příklady variských (a) a povariských (b) žil z lomu v Haňovicích.

Fig. 2 – Examples of Variscan (a) and post-Variscan (b) veins from Haňovice quarry.

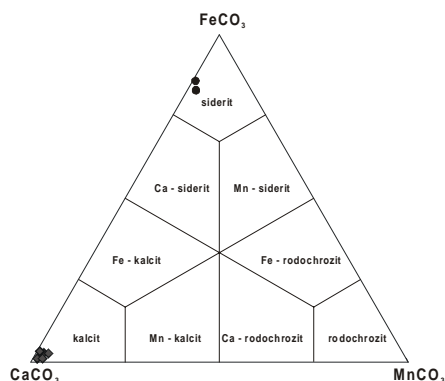
(obr. 2). Prvním typem jsou syntektonické (variské) žíly. Jejich pozice v horninách odpovídá střížným a tahovým strukturám: probíhají kolmo na sedimentární plochy a paralelně s vrásovou osou (tahové) nebo např. jako konjugované systémy šikmo k vrásové ose (střížné). Mocnost žil se pohybuje od několika mm do 1 m. Běžně jsou přítomné čočkovité žíly deformované do tvaru „S“, a

nebo jejich soubory uspořádané kulisovitě (en echelon). Minerální složení je jednoduché a lze je vyjádřit charakteristickou hlavní asociací křemen ± kalcit ± chlorit. Křemeny vykazují rekrystalizaci a mozaiku drobných subzrn s undulózním zhašením. Kalcity jsou jemnozrnější s mléčně bílou barvou a výrazně deformovanými lamelami.



Obr. 3 – Populace povariských kalcitů s různou intenzitou luminescence (a) a zonální kalcitová zrna (b).

Fig. 3 – Population of post-Variscan calcites with various intensity of luminescence (a) and zonal calcite grains (b).



Obr. 4 – Klasifikace studovaných karbonátů podle Trdličky – Hoffmana (1976).

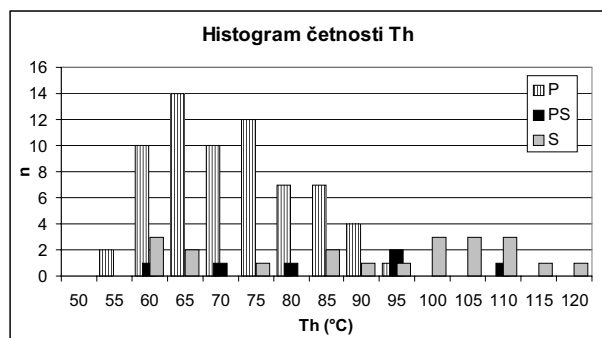
Fig. 4 – Classification of studied carbonates after Trdlička – Hoffman (1976).

Druhým typem jsou žíly, které nerespektují geometrii variské stavby. Bývají relativně nedeformované, subvertikální, mají různou mocnost (do 40 cm) a budují výplně několika hlavních systémů puklin (SZ–JV, SSV–JJZ a SZ–JV). Jejich charakteristická minerální asociace je kalcit - baryt ± sulfidy Cu-Pb-Zn. Kalcity mají různé odstíny šedé, béžové a červeno-hnědé. Z dalších minerálů je pro povariské žíly charakteristická občasná přítomnost křemene, fluoritu a dalších karbonátů (siderit).

V katodoluminiscenčním mikroskopu byly studovány karbonáty (z nedeformovaných žil) z jednotlivých lokalit. Přítomnost více generací je zřetelná z rozdílných luminiscencí (obr. 3). Starší kalcitová populace při okraji žil má často velmi slabou luminiscenci a přechází do intenzivnější žlutooranžové u mladších populací v centru. Často jsou v žilkách vidět útržky (klasty) staršího kalcitu s velmi nízkou intenzitou luminiscence (CL). Kromě toho byla pozorována také oscilační zonálnost zrn.

Nové mineralogické nálezy

Dosud nepopsané minerální asociace v syntektonických žilách byly zjištěny na dvou lokalitách: křemen-kalcitové žíly s pyrit-pyrhotinovým zrudněním v lomu Kozí vrch (Loštice) a křemenné žíly s chloritem, hydrotermálním



Obr. 5 – Histogram četností teplot homogenizace pro hlavní generace povariských kalcitů.

Fig. 5 – Histogram of frequency of homogenization temperatures for the main generations of post-Variscan calcites.

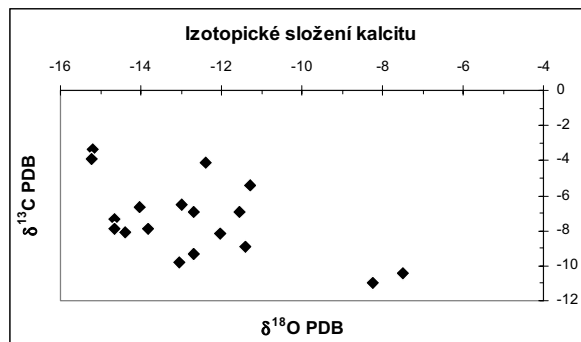
fluidní systém	T (°C) (odvozeno z Th)	salinita hm% (ekv. NaCl (počítáno z Tm))	chemický systém fluid (odvozeno z Te)
I	~ 50	4,0 - 6,8	H ₂ O-NaCl
II	~ 90	až 26,0	H ₂ O-NaCl ± CaCl ₂ ± KCl ± MgCl ₂ ± FeCl ₂
III	~ 50	cca 3,5	H ₂ O-NaCl-uhlovodíky
IV	≤ 50	~ 0	H ₂ O

Tab. 1 – Povariské fluidní systémy zjištěné ve fluidních inkluzích hydrotermálních kalcitů na Dražanské vrchovině. Tab. 1 – Post-Variscan fluid systems ascertained in fluid inclusions of hydrothermal calcites at the Dražany Upland.

draselným živcem a hojným rabdofánem - (Ce) v Rozstání - Baldovci. K nově zjištěným výskytům minerálů na povariských žilách patří siderit (Olšany), baryt (Olšany, Radslavice, Chornice, Loštice - Kozí vrch), sfalerit (Radslavice), markazit (Opatovice), galenit (Chornice, Haňovice, Loštice - Kozí vrch) a chalkopyrit (Chornice). V Lučči byl v kalcitu se sfaleritem nalezen synchyzit (fluorokarbonát s Ce a dalšími REE).

Geochemie hydrotermálních minerálů

Z hydrotermálních minerálů bylo sledováno chemické složení karbonátů, barytů a sulfidů. Analyzované karbonáty spadají podle diskriminačního diagramu Trdličky - Hoffmana (1976) do pole kalcitu (obr. 4). V Olšanech byl v kalcitu zjištěn také siderit. Kalcity jsou velmi čisté s rozptylem obsahu FeO a MnO (0,0–2,1 hm.% a 0,0–1,5 hm.%) odrážejícím intenzitu luminiscence a CL zonálnost. Hodnoty diadochního SrO jsou 0,0–0,6 hm.%. Sírany i sulfidy představovaly téměř čisté minerální fáze. V pyritu z Haňovic bylo zjištěno 0,3 hm.% Ni. Sfalerity z Lučče měly do 0,6 hm.% Fe a 0,3 hm.% Cd. U sfaleritů z Radslavic byl Zn zastupován Cd (0,5 hm.%) a Fe (0,1 hm.%). Relativně malé zastoupení izomorfních příměsí svědčí pro nízko-teplotní podmínky vzniku hydrotermální mineralizace.



Obr. 6 – Izotopické složení uhlíku a kyslíku v kalcitech. Fig. 6 – Isotopic composition of carbon and oxygen in calcites.

vzorky	Izotopické složení - $\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW		
	kalcit	fluida	
		Zheng (1999) pro 60°C	Zheng (1999) pro 90°C
OP3	22,4	-1,7	2,9
OP4	17,5	-6,5	-1,9
OP10	16,1	-7,8	-3,3
OLN1	19,2	-4,8	-0,3
OLN1A	19,0	-5,0	-0,5
OLN2	15,3	-8,6	-4,1
NV4	15,2	-8,7	-4,2
NV13	16,4	-7,6	-3,0
NV16	16,7	-7,3	-2,7
PI1	17,5	-6,5	-1,9
KV1B	18,1	-5,9	-1,3
BA2	23,2	-0,9	3,7
SS	19,3	-4,7	-0,2
CHO3	11,8	-12,0	-7,5

Tab. 2 – Vypočítané izotopické složení matečných fluid podle frakcionační rovnice Zhenga (1999) pro teploty 60 a 90 °C.
Tab. 2 – Calculated isotopic composition of parent fluids using the fractionation equation after Zheng (1999) for temperatures 60 and 90°C.

Studium fluidních inkluzí (FI)

Studium FI v kalcitech pomohlo vytvořit první představu o systému fluid z nichž povariské mineralizace vznikaly (tab. 1). Interpretace studia dvoufázových a početných jednofázových inkluzí (velikosti většiny do 10 mm) ukázaly na postupný vývoj povariské mineralizace z nízkoteplotních (~ 50°C) fluid typu H₂O - NaCl s nižší salinitou (4,0–6,8 hm.% ekv. NaCl) do mírně výšeteplotních (~ 90°C) s vysokou salinitou (až 26 hm.% ekv. NaCl), které pravděpodobně představují matečná fluida (odvozeno z eutektických teplot systému: H₂O - NaCl ± CaCl₂ ± KCl ± MgCl₂ ± FeCl₂) hlavních hydrotermálních fází včetně sulfidů.

Výzkum byl uskutečněn díky podpoře grantu FRVŠ 568/2004.

Literatura:

- Češková, L. (1978): Metalogenetická charakteristika některých geologických jednotek při východním okraji Českého masívu. – Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geol. 31, 3, 5–101. Brno.
- Dolníček, Z. – Fojt, B. – Slobodník, M. (2001): Podmínky vzniku hydrotermální mineralizace z vrtu Janovice-9. - Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2000, 8, 42–44. Brno.
- Kruťa, T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1965. – Mor. Muz., 377 stran. Brno.
- Kučera, J. (2002): Hydrotermální mineralizace na východním okraji kulmu Nížkého Jeseníku. – MS, diplomová práce. PŘF MU. Brno.
- Slobodník, M. (2002): Hydrotermální žilné mineralizace v Moravském krasu, Morava, ČR: pohled z hlediska charakteru fluid a P-T podmínek. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 87, 113–136. Brno.
- Slobodník, M. – Zimák, J. – Dolníček, Z. (2002): Hydrotermální kalcit-křemen-sulfidická mineralizace u Hranic. – In: Sbor. abstraktů Moravskoslezské Paleozoikum, 30–31. Brno.
- Trdlička, Z. - Hoffman, V. (1976): Untersuchungen der chemischen Zusammen-setzung der Gangkarbonate von Kutná Hora (ČSSR). – Freib. Forschungshefte, C321, 29–81.
- Zapletal, J. (2003): Remarks to the geology and stratigraphy of the Mírov Palaeozoic Unit, Bohemium (Saxothuringian Zone), Bohemian Massif. – Acta Univ. Palacki. Olomouc., Fac. rer. nat., Geol., 38, 33–37. Olomouc.
- Zheng, Y. F. (1999): Oxygen isotope fractionation in carbonate and sulfate minerals. – Geochem. J., 33, 109–126.
- Zimák, J. – Losos, Z. – Novotný, P. – Dobeš, P. – Hladíková, J. (2002): Study of vein carbonates and notes to the genesis of the hydrothermal mineralisation in the Moravo-Silesian Culm. – J. Czech Geol. Soc., 47, 3–4, 111–122. Praha.

Mladší hydrotermální systém má opět nižší teploty vzniku (~ 50 °C) i nižší salinity (okolo 3,5 hm.% ekv. NaCl) a kromě vodného systému obsahuje také lehké kapalné uhlovodíky, které vykazují světle modrou fluorescenci. Nejmladší fluida byla zachycena v sekundárních jednofázových inkluzích. Mají nízké teploty vzniku (± 50 °C) a nulovou salinitu.

Stabilní izotopy

Pro výpočet izotopického složení kyslíku matečných fluid byla využita teplota homogenizace (Th) ze studia fluidních inkluzí s hraničními hodnotami 60 a 90 °C pro největší počet měření (obr. 5), a také rozpětí stanovených hodnot $\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB a $\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW (obr. 6). Podle rovnice Zhenga (1999) pro systém kalcit - voda kolísá izotopické složení $\delta^{18}\text{O}$ v závislosti na teplotě vzniku okolo 0 ‰ SMOW (odpovídá mořské vodě) po -10 ‰ SMOW (izotopicky lehká meteorická voda, tab. 2). Hodnota -12 ‰ SMOW pro vzorek z Chornice může být interpretována jako důsledek izotopické nerovnováhy systému kalcit - voda pro nižší teploty vzniku, příp. má vyšší teplotu vzniku, nebo ukazuje na intenzivní interakci se zdrojem izotopicky lehkého kyslíku. Nejnižší záporné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB ukazují na možnost zastoupení zdroje organického C, což koresponduje s nálezem kapalných uhlovodíků ve fluidním systému.

Závěr

Na zkoumaném území byly rozpoznány dva odlišné typy hydrotermálních žil: variské a povariské.

Studium povariských žil ukázalo na přítomnost několika odlišných populací. Na základě interpretace získaných dat a dobré korelace směrů žil s průběhy hlavních tektonických linií daného území lze uvažovat o regionálním toku fluid a polyfázovém vzniku žilných struktur. Hlavní hydrotermální fáze vznikaly v rozmezí teplot 60 – 90°C. Hydrotermální roztoky byly derivovány z mořské vody/sedimentárních solanek s určitým podílem meteorických vod.