

# PODMÍNKY VZNIKU HYDROTERMÁLNÍ MINERALIZACE Z VRTU JANOVICE-9

Conditions of origin of the hydrothermal mineralization in the Janovice-9  
borehole

Zdeněk Dolníček<sup>1</sup>, Bohuslav Fojt<sup>2</sup>, Marek Slobodník<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra geologie PřF UP, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, e-mail: dolnicek@prfnw.upol.cz

<sup>2</sup>Katedra mineralogie, petrografie a geochemie PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno

<sup>3</sup>Katedra geologie a paleontologie PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno

(25-22 Frýdek-Místek)

**Key words:** *Culm, sulphide mineralization, fluid inclusions, stable isotopes*

## Abstract:

Formation conditions of the base metal sulphide mineralization found in Ja-9 borehole (about 10 km SE from Frýdek-Místek, NE Moravia) have been investigated. Homogenization temperatures of the fluid inclusions in sphalerite, quartz and calcite range between 31 and 157 °C. Minerals precipitated from Ca-Na-Cl fluid with higher salinities between 9 and 19 wt. % NaCl equiv. Calculated  $\delta^{18}O$  of the parent fluid around 0 ‰ SMOW indicates marine origin of the mineralizing solutions. Combined fluid inclusion and sulphur isotope thermometry allow to estimate pressure condition as high as 30 MPa. This value corresponds with a present-day position of the studied sample in depth 1085 m.

Vrt Janovice-9 je situován cca 10 km jv. od Frýdku-Místku a je jedním z několika vrtů, v nichž se v tamní oblasti objevila hydrotermální mineralizace se sulfidy. Vrt prochází přes podslezskou jednotku (do 866 m) přesunutou přes karpát (do 924 m), dále je karbon až do metráže 1099 m a do 1126,1 m pokračuje v karbonátových horninách (eifelvisé).

Studované vzorky hydrotermální mineralizace pocházejí z metráže 1078-1094 m. Okolní horninou jsou místy značně hydrotermálně alterovaná klastika. Hydrotermální žilky s masivní nebo drúzovitou texturou mají velmi strmý až subvertikální sklon a mocnost nejčastěji kolem 1 cm, maximálně 5 cm.

Minerální asociace je poměrně jednoduchá. Tvoří ji hlavně křemen, galenit a sfalerit, méně častý je chalkopyrit, pyrit a kalcit. Bílý až bělošedý křemen je nejstarším minerálem studovaných žilek. Krystalky až 2 mm velké, hustě nahloučené, povlékají stěny dutin. Krystalizačně mladší jsou sulfidické minerály. Galenit je nejhojnější, přítomný v hrubě štěpných agregátech. Analyticky (kvantitativní spektrální analýzou, ÚNS Kutná Hora, analytik M. Kvaček) bylo v galenitu zjištěno 140 ppm Ag a

<4 ppm Se, semikvantitativní spektrální analýzou navíc X00 ppm Sb a stopy Hg. Sfalerit je tmavě hnědý, středně až hrubě zrnitý. V mikroskopu je patrná detailní oscilační růstová zonálnost sfaleritových zrn, projevující se střídáním bezbarvých (někdy nažloutlých) a tmavě hnědých přírůstkových zón. Sfalerit obsahuje 1 % Fe, 0,43 % Cd a <4 ppm Se. Spektrální analýzou byla zjištěna i přítomnost dalších prvků - Hg, Sb (X00 ppm), Ga, Ge, Mn (stopy). Chalkopyrit je přítomen ve formě nepravidelných zrn zarostlých v galenitu. Vzácně byl pozorován i pyrit, jednak v podobě jemnozrného náletu, jednak jako automorfní krystalky zarůstající do okrajových partií zrn chalkopyritu. Kalcit je nejmladším minerálem hydrotermálních žilek. Je poměrně vzácný, v dutinách vytváří bezbarvé průhledné sklenoedrické krystaly až 5 mm velké.

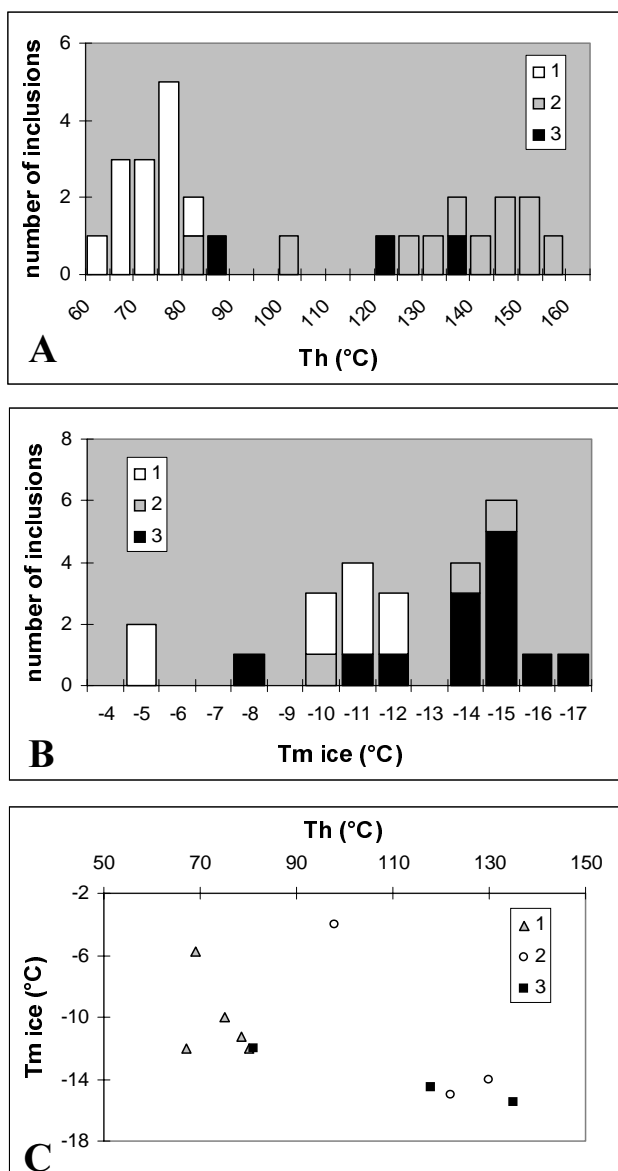
## Studium fluidních inkluzí

Plynokapalně uzavřené byly studovány v křemeni, sfaleritu a kalcitu. Inkluze v automorfních krystalech křemene jsou rozmístěny podél jednotlivých přírůstkových zón, což jednoznačně nasvědčuje jejich

	$T_H$	$T_F$	$T_E$	$T_M$	salinity	fluid type
quartz	31-135	-58/-70	-52/-61	-15	18,8	NaCl-CaCl <sub>2</sub>
sphalerite	77-157	-55/-66	-50/-53	-10,5/-15	14,5-18,8	NaCl-CaCl <sub>2</sub>
calcite	62-83	-56/-60	-52/-54	-5,8/-12	9-16	NaCl-CaCl <sub>2</sub>

Tab. 1 - Výsledky mikrotermometrie fluidních inkluzí.

Tab. 1 - Results of the microthermometric measurements of fluid inclusions.

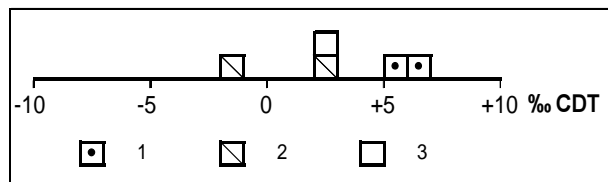


Obr. 1 - Výsledky mikrotermometrie fluidních inkluzí. (a) histogram teplot homogenizace, (b) histogram teplot tání posledního krystalu ledu, (c) diagram  $T_H/T_M$ . 1 - kalcit, 2 - sfalerit, 3 - křemen.

Fig. 1 - Results of the microthermometric measurements of fluid inclusions. (a) histogram of the homogenization temperatures, (b) histogram of the last ice melting temperatures, (c)  $T_H$  vs.  $T_M$  plot. 1 - calcite, 2 - sphalerite, 3 - quartz.

primárnímu původu. Tyto inkluze jsou jednak jednofázové, vyplněné jen kapalinou, jednak dvoufázové (kapalina + plynná bublina). Primární a primárně- sekundární inkluze ve sfaleritu a v kalcitu jsou vždy dvoufázové (L+V), přičemž plynná fáze v nich zaujímá kolem 5 obj. %. Přítomné FI jsou vzhledem k malým rozměrům (jen zřídka dosahují velikosti přes 10  $\mu$ m) obtížně měřitelné.

Výsledky mikrotermometrických měření jsou shrnuty v tab. 1 a na obr. 1. Teploty homogenizace ( $T_H$ ) dvoufázových inkluzí se pohybují mezi +31 a +157 °C. Při kryometrických měřeních inkluze zamrzají za teplot -55 až -70 °C ( $T_E$ ). Velmi charakteristické je ztmavnutí a zhnědnutí



Obr. 2 - Izotopické složení síry sulfidů. 1 - sfalerit, 2 - galenit, 3 - chalkopyrit.

Fig. 2 - Sulphur isotope composition of sulphides. 1 - sphalerite, 2 - galena, 3 - chalcopyrite.

vymrzlých inkluzí. Na základě zjištěných eutektických teplot ( $T_E$ ) mezi -50 a -61 °C je zřejmé, že studované minerální fáze vznikaly z roztoků o složení  $H_2O$ -NaCl-CaCl<sub>2</sub>. Salinity těchto roztoků byly mezi 18,8 a 9 hm. % ekv. NaCl, čemuž nasvědčují teploty tání posledního krystalu ledu ( $T_M$ ) mezi -15 a -5,8 °C. Distribuce naměřených dat v  $T_H/T_M$  digramu (obr. 1c) naznačuje možnost míchání salinnějších a teplejších fluid s chladnějšími a méně salinními roztoky při vzniku studované mineralizace.

### Stabilní izotopy C, O a S

Izotopická analýza vzorku kalcitu (všechny izotopické analýzy byly provedeny v laboratořích ČGÚ Praha doc. RNDr. J. Hladíkovou) poskytla pro uhlík hodnotu  $\delta^{13}C$  -1,6 ‰ PDB a pro kyslík hodnotu  $\delta^{18}O$  -9,4 ‰ PDB. Je-li známa teplota vzniku kalcitu (v našem případě poskytují nejlepší odhad teploty získané studiem inkluzí), je možno vypočítat izotopické složení C a O matečného fluida a interpretovat zdroje těchto komponent. Vypočtená hodnota  $\delta^{13}C$   $HCO_3^-$  roztoku -3,9 až -4,5 ‰ PDB odpovídá nejpravděpodobněji směsi uhlíku vápenců ( $0 \pm 3$  ‰ PDB) a uhlíku tzv. hlubinného (-5 až -10 ‰ PDB) nebo organického (-20 až -30 ‰ PDB). Izotopické složení kyslíku vody hydrotermálního roztoku vychází -0,2 až +2,7 ‰ SMOW. Takové hodnoty  $\delta^{18}O$  jsou typické pro nemagmatogenní fluida s převahou mořské vody.

Izotopické složení síry sulfidů se pohybuje v rozmezí  $\delta^{34}S$  = -1,8 až +6 ‰ CDT (obr. 2). Izotopická termometrie naznačuje, že mezi sulfidy z různých jader a hloubek nebylo dosaženo izotopické rovnováhy (nereálné teploty +41, +86 a -46 °C). V jednom případě pár galenit-sfalerit z jednoho vzorku vykázal izotopickou teplotu +180 °C. Tlaková korekce k  $T_H$  inkluzí měřených ve sfaleritu by pak činila přibližně 30 °C, což odpovídá tlaku při vzniku sulfidů kolem 30 MPa. Uvažujeme-li tento tlak jako litostatický, je nutno počítat s mocností nadloží kolem 1 km, uvažujeme-li jej jako hydrostatický, kolem 2,7 km. Vzhledem k tomu, že studované jádro bylo odebráno z hloubky 1085 m, jsou to zřejmě reálné hodnoty.

### Závěr

Hydrotermální mineralizace s obecnými sulfidy, zastižená vrtem Ja-9, má zřetelně nízkoteplotní charakter. Vyšší salinity fluid přítomných ve fluidních inkluzích a hodnota  $\delta^{18}O$  fluid blízká 0 ‰ SMOW naznačují sedi-

mentogenní původ hydrotermálních roztoků, z nichž zrudnění vznikalo. Celkový charakter i podmínky vzniku jsou velmi podobné ostatním výskytům polymetalické mineralizace v oblasti Nížkého Jeseníku (Losert 1957, Slobodník - Dolníček 2001).

#### Literatura:

- Losert, J. (1957): Ložiska a výskyt olověno-zinkových rud v severomoravském kulmu. Oderské vrchy - okolí Hrabůvky.- Rozpr. CSAV, ř. mat.-přír. věd, 67, 4, 1-61. Praha.  
Slobodník, M, Dolníček, Z. (2001): Základní charakteristika fluid z hydrotermální mineralizace u Hrabůvky, Nížký Jeseník.- Geol. Výzk. Mor. Slez. v r. 2000, 8. Brno.

## STUDIUM ORIENTACE HLAVNÍCH OS PALEONAPĚTÍ V ŠIRŠÍM OKOLÍ MORAVSKÉ BRÁNY - VÝSLEDKY PRVNÍ ETAPY

Study of orientation of the principal paleostress axes in the vicinity of the  
Moravian Gateway - results of the first stage

**Josef Havíř**

Ústav fyziky Země, PřF MU, Tvrdeho 12, 602 00 Brno, e-mail: havir@ipe.muni.cz

(25-11 Hlubočky, 25-13 Přerov, 25-14 Valašské Meziříčí)

**Key words:** *Moravian Gateway, Culm and Devonian sediments, stress analyses*

#### Abstract:

*The orientation of the principal paleostress axes were studied in the Palaeozoic sediments in the vicinity of the Moravian Gateway. The paleostress analyses were based on the fault geometry investigation. Several different paleostress fields were found. Rotation of fault geometry in the tilted fold limb during the Variscan folding proves the Variscan age of some fields. On the other hand, the orientation of computed extensional paleostress fields (the maximum extension is orientated from NE-SW to ENE-WSW) could be comparable to the young (up to Pliocene/Pleistocene) extension.*

V průběhu roku 2000 proběhla první etapa měření orientace zlomů se striacemi na lokalitách v širším okolí Moravské brány. Na základě studia geometrie zlomů a kinematických indikátorů pak byla počítána orientace paleonapětíových polí. V tomto článku jsou shrnuty základní výsledky samostatných analýz, které byly provedeny na pěti lokalitách paleozoických sedimentů (sedimenty kulmského flyše a devonské vápence) situovaných ve kře Maleníku a na jv. okraji Nížkého Jeseníku při okraji neogenní výplně Moravské brány (viz obr. 1).

Pro paleonapětíovou analýzu byl využit především program BRUTE3 (Hardcastle - Hills 1991). Tento program testuje po předem stanoveném kroku všechny existující redukované tenzory napětí a vybírá z nich ty, které splňují pro daný soubor dat předem určená kritéria. Redukovaný

tenzor napětí, definovaný v práci Angeliera et al. (1982), má čtyři nezávislé parametry. Tři parametry určují orientaci hlavních os napětí, čtvrtým parametrem je tzv. tvarový faktor (viz Angelier 1975) charakterizující tvar elipsoidu napětí. Program BRUTE3 hledá redukované tenzory napětí s takovými parametry, aby úhel mezi měřeným směrem pohybu na ploše zlomu a teoretickou orientací vektoru tečného napětí nepřesáhl pro žádný zlom hodnotu 25° a aby byla velikost tečného napětí dostatečně velká pro překonání tření. Výsledkem je soubor všech přípustných redukovaných tenzorů. Výběr nejvhodnějšího řešení je možné provádět dvěma způsoby. Pro každou z hlavních os byla zjišťována její střední orientace jako odpovídající charakteristický vektor matice orientace. Tento směr lze pak označit jako „nejpravděpodobnější“. Kromě toho byla sledována také průměrná hodnota úhlu mezi měřeným