

## PILOTNÍ STUDIUM FLUIDNÍCH INKLUZÍ V SÁDROVCÍCH ZE SEDIMENTŮ MIOCENNÍHO STÁŘÍ U KOBEŘIC

Pilot study of fluid inclusions in gypsum from Miocene sediments near Koberžice

Jan Schreiber, Marek Slobodník

Ústav geologických věd MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: honza.sch@mail.muni.cz

(15–41 Hlučín)

**Key words:** *Miocene sediments, gypsum, fluid inclusions*

### Abstract

Fluid inclusions found in gypsum from Koberžice told us lot of information about forming conditions during crystallization of crystals of gypsum and confirmed a prognosis of migration of fluids into the sedimentary basin. All microthermometric measurements performed on microthermometric stage mounted on microscope have been done on 0.05 mm thin plates. All measured temperatures including eutectic temperature and temperature of melting of last solid phase (ice) led us to very small salinity of fluids closed inside the inclusions. The salinity was calculated between 0.9 and 2.6 wt. % NaCl eq., which is very small compared to nowadays and Miocene seawater (3.5 wt. %). Parent fluids which are responsible for crystallization of gypsum crystals could be interpreted most likely as mixing sea water with a more diluted fluid (meteoric water?).

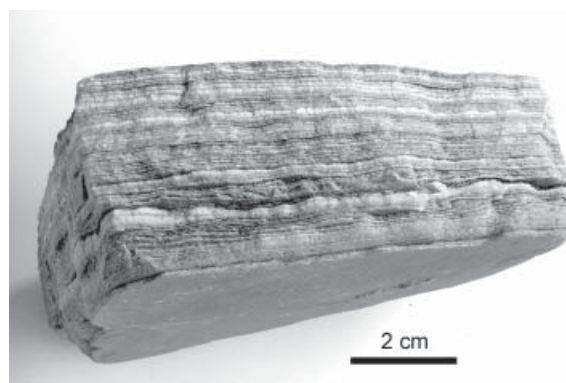
### Úvod

Studium fluidních inkluzí představuje v dnešní době velice důležitou a přesnou metodu pro zjišťování fyzikálně chemických podmínek panujících během krystalizace minerálu. To platí i pro případ, kdy kapaliny a plyny uzavírané v inkluzích představují původní okolní fluida v sedimentační pánvi, která jsou zachycena ve struktuře krystalovaných hydrotermálních fází. V našem případě se jedná o fluida v inkluzích sádrovce ze sedimentárních hornin miocenní pánve, která zde doposud nebyla zkoumána. Hrubozrnné sádrovce a velké krystaly (obr. 1) v sedimentech jsou považovány za produkt rekrystalizace původního jemnozrnného laminovaného sedimentu se sádrovcem (obr. 2) vysráženého ze zahušťující se mořské



Obr. 1: Krystaly sádrovce z miocenních sedimentů u Koberžic u Opavy.

Fig. 1: Gypsum crystals from Miocene sediments near Koberžice near Opava.



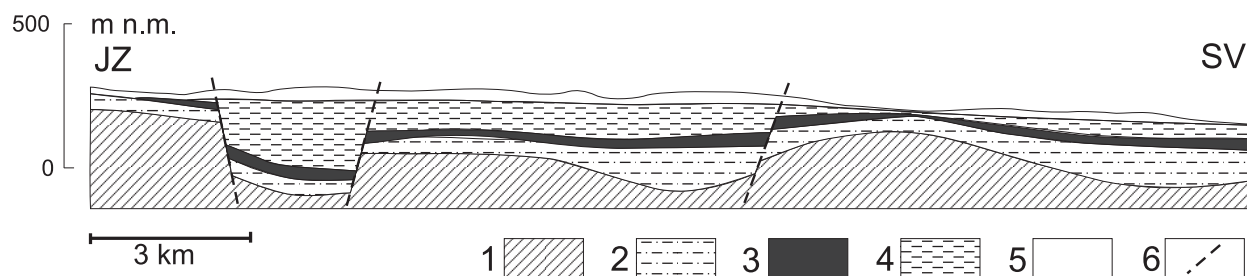
Obr. 2: Laminovaný sediment se světlejšími laminami jemnozrnného sádrovce a tmavšími laminami s jílovými minerály. Koberžice u Opavy.

Fig. 2: Laminated sediment with brighter laminae of fine grained gypsum and darker laminae rich in clay minerals. Koberžice near Opava.

vody v aridním klimatu. První představu v tomto konkrétním případě týkajícím se opavské pánve přináší pilotní studie zaměřená na fluidní inkluze velkých sádrovcových krystalů (Schreiber 2008).

### Geologie

Studované ložisko sádrovce se nachází u Koberžic, sv. od Opavy (49°59'48.974"N, 18°2'44.494"E). Jeho horniny a sádrovcové horizonty sedimentovaly v opavské pánvi, jež je součástí Karpatské předhlubně. V podloží pánve jsou spodnokarbonské horniny, na něž transgresivně nasedají sedimenty spodního badenu. Samotný evaporitový horizont s polohami sádrovců a anhydritů patří do středního badenu (wielicien) a ve studované oblasti Koberžic nepřesahuje mocnost 60 m. Hrubozrnný sádrovec je vázán na zónu „blokového sádrovce“ (Mátl 1980, 1981), která je uložena horizontálně a paralelně s vrstevnatostí a laminací, lokálně



Obr. 3: Zjednodušený geologický řez opavskou pánví. Upraveno podle Mátl (1980, 1981). Vysvětlivky: 1 – droby a břidlice spodního karbonu paleozoika Nížkého Jeseníku, baden (2–4): 2 – hlavně pestré jíly, tufigy, 3 – evaporitový horizont, sádrovec, 4 – písčité a vápnité jíly, 5 – kvartérní sedimenty – šterky, písky, jíly, 6 – zlom.

Fig. 3: The simplified geological cross-section of the Opava basin. Modified according to Mátl (1980, 1981). Legend: 1 – greywackes and shales of Lower Carboniferous of the Nížký Jeseník Palaeozoic, Badenian (2–4): 2 – mainly varied clays, tuffites, 3 – layer of evaporites, gypsum, 4 – sandy and calcareous clays, 5 – Quarternary sediments – gravels, sands, clays, 6 – faults.

je možné pozorovat krystalizaci větších krystalů sádrovců podél puklin napříč laminací sedimentu. Svrchní baden pak představuje pelitické souvrství zastoupené vápnitými jíly, místy písčitými jíly, nebo jílovitými písky o mocnosti do 50 m. V nejsvrchnější části jsou uloženy glacigenní sedimenty pleistocenního stáří (obr. 3).

**Metodika**

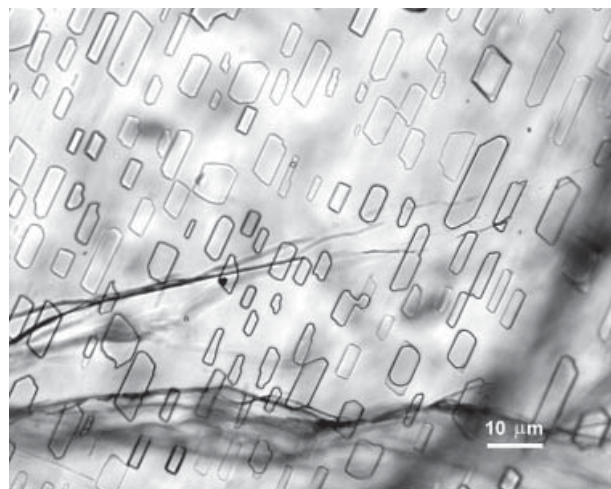
Fluidní inkluze v sádrovcích byly zkoumány mikrotermometrickými metodami. Vzorek byl nejprve rozštípan na destičky o tloušťce přibližně 0,1–0,3 mm a velikosti 2 až 4 mm v průměru, poté byla studována distribuce inkluzí ve vzorku a určeny jejich základní typy. Mikrotermometrické studium bylo provedeno na Ústavu geologických věd MU s použitím mikrotermometrické komory Linkam THMSG600 na mikroskopu Nikon Eclipse. Byly měřeny následující teploty fázových přechodů: teplota zamrznutí ( $T_f$ ), eutektická teplota ( $T_e$ ) a teplota tání poslední pevné fáze ( $T_{m,ice}$ ), kterou byl led. Teploty homogenizace ( $T_h$ ) nebyly naměřeny, neboť dvoufázové inkluze nereprezentují původní stav inkluze (vznikly mechanickým porušením). Navíc při překročení teploty 100–120 °C byl vzorek pouze dehydratován na anhydrit.

**Popis inkluzí**

Ve vzorku převažují jednofázové kapalně vodného typu. Mají většinou tvar negativního krystalu sádrovice. Jejich rozmístění je rovnoměrně převážně v rámci celého vzorku a jejich orientace je souběžná s krystalografickou plochou 010. Tyto inkluze jsou považovány za primární vzniklé v čase krystalizace (obr. 4). Jejich velikosti se pohybovaly mezi 3 a 15  $\mu$ m. V zorném poli bylo často i několik dvoufázových inkluzí, které obsahovaly kapalnou a plynnou fázi (L+V) v různém poměru. Sekundární inkluze až už jednofázové, či dvoufázové jsou vyvinuté podél ploch původních prasklin v krystalech (obr. 5) a jejich velikost dosahuje maximálně 3  $\mu$ m.

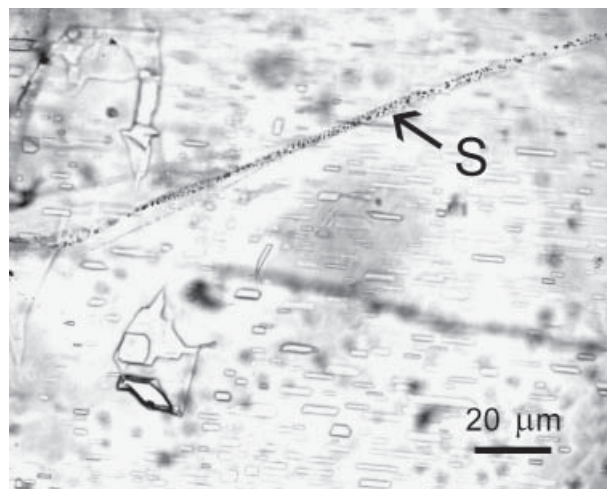
**Výsledky mikrotermometrie**

Na základě kryotermometrických měření byly měřeny teploty zamrznutí kapalně fáze, teploty eutektických bodů a teplota tání poslední pevné fáze. Teploty zmrazení kapalných inkluzí se pohybují mezi 38 a 42 °C a sloužily jako předběžný ukazatel teplot eutektika. Při kryotermometrii se v řadě inkluzí objevila plynná fáze v důsledku zvětšení objemu inkluze (snížení celkové hustoty) a proto mohly být změřeny  $T_e$  a  $T_{m,ice}$ . Naměřené eutektické teploty se



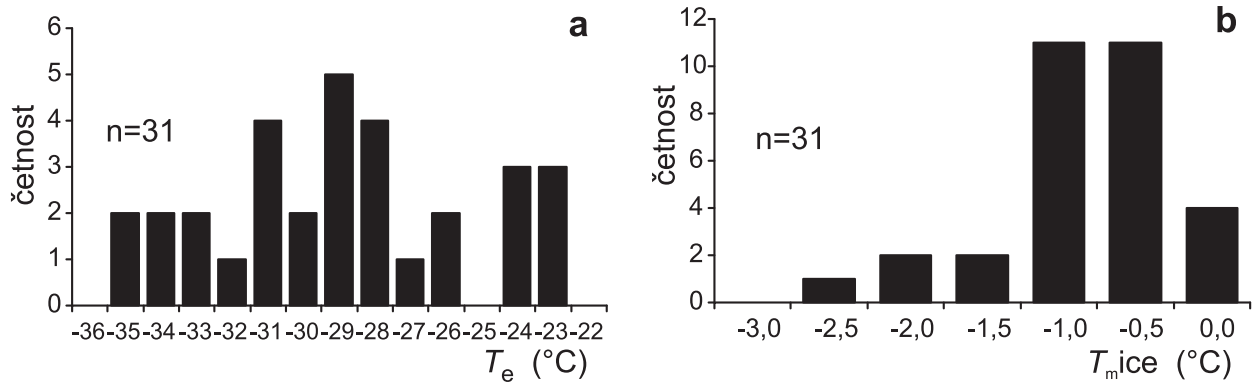
Obr. 4: Tvary primárních plochých inkluzí v sádrovcí kopírující krystalografické směry hostitelského minerálu – sádrovice. Koberčice u Opavy.

Fig. 4: Shapes of flat primary inclusions in gypsum trace crystallographic features of host mineral – gypsum. Koberčice near Opava.



Obr. 5: Sekundární inkluze (S) v sádrovcí vyvinuté podél ploch prasklin. Koberčice u Opavy.

Fig. 5: Secondary inclusions (S) in gypsum developed along cracks. Koberčice near Opava.



Obr. 6: Histogram mikrotermometrických měření z inkluzí v sádrovci: a) eutektické teploty ( $T_e$ ), b) teploty tání poslední pevné fáze (led) ( $T_{m\text{ice}}$ ).

Fig. 6: Frequency of microthermometric measurements of inclusions in gypsum: a) eutectic temperature ( $T_e$ ), b) melting temperature of last solid (ice) ( $T_{m\text{ice}}$ ).

pohybovaly v rozmezí -23 až -35 °C (obr. 6a) a ukazují na přítomnost NaCl a pravděpodobně též  $MgCl_2$  v roztoku (Borisenko 1977, 1982, Davis et al. 1990, Spencer et al. 1990). Teploty tání poslední pevné fáze ( $T_{m\text{ice}}$ ), kterou byl led, se pohybovaly v rozmezí od 0,3 do 2,9 °C (obr. 6b).

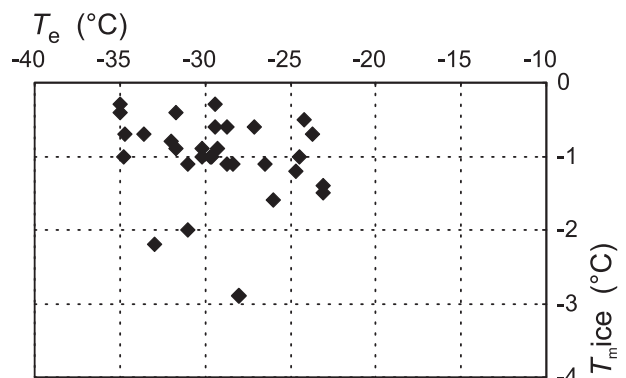
### Interpretace a diskuze

V tomto případě jsou studovány evapority vznikající na dnech mořských bazénů za nízkých teplot a tlaků, v prostředí, kde dochází k evaporaci mořské vody. Mořské solanky jsou jako diagenetické vody přítomny v sedimentech pánve. Přítomnost pevných fází dceřiných minerálů ve fluidních inkluzích sádrovců, v podobě např. halitu, by mohla ukazovat na přítomnost (pře-)nasycených solanek během krystalizace sádrovců, avšak tato skutečnost nebyla při studiu zjištěna.

Převažující typ jednofázových inkluzí vyplněných kapalnou vodní fází naznačuje, že inkluze nejpravděpodobněji vznikaly za velmi nízkých teplot do 50 °C (např. Goldstein 2001). Dvoufázové inkluze typu L+V jsou nejpravděpodobněji porušené inkluze a proto mají proměnlivý poměr L/V. Při jejich zahřívání se tento poměr neměnil, příp. došlo k významnému úniku kapalně fáze.

Jelikož nebylo možné stoprocentně ověřit podíl  $MgCl_2$  v roztoku, byla salinita počítána jako ekvivalent NaCl podle empirické rovnice Bodnara (1993);  $salinita = 0,00 + 1,78\varphi - 0,0442\varphi^2 + 0,000557\varphi^3$ . Teploty  $T_{m\text{ice}}$  jsou nízké, většina dat je mezi -0,3 a -1,6 °C (obr. 6b, 7) a odpovídající salinity se pohybují v rozmezí 0,5 až 2,7 hm. % ekv. NaCl, přičemž většina dat leží v rozmezí 2 hm. %. Zjištěná velmi nízká salinita vodného roztoku, která je nižší než salinita mořské vody, je do jisté míry překvapením a ukazuje na krystalizaci/rekrystalizaci sádrovce z vodních fluid s nižší salinitou. Tento vodný roztok může být odvozen z mořské vody ředěné velmi nízkosalinními, např. meteorickými vodami, které sestupovaly do pánve podél zlomů (obr. 3). Ze současných dat však není možné udělat přesnější představu o migraci vod v pánvi. Určitý podíl mořské vody ve fluidním systému mohou naznačovat teploty  $T_e$ , které jsou nižší než pro čistý systém  $H_2O-NaCl$  a mohou tedy obsahovat i podíl dalších solí typu chloridů Mg, K, Fe (Borisenko 1977, 1982, Davis et al. 1990, Spencer et al. 1990). Ze závislosti  $T_e$  a  $T_{m\text{ice}}$

není možné vyčíst žádný trend, který by ukazoval na vznik roztoku mícháním (obr. 7).



Obr. 7: Diagram mikrotermometrických dat,  $T_e$  vs.  $T_{m\text{ice}}$ .

Fig. 7: Plot of microthermometric data,  $T_e$  vs.  $T_{m\text{ice}}$ .

### Závěr

Studovaný sádrovec obsahoval převážně jen inkluze s typickými rysy krystalografických směrů sádrovce. Sekundární inkluze vytvořené podél prasklin v sádrovci nemohly být studovány pro svoji malou velikost. Vypočítaná salinita vodného roztoku leží dominantně mezi 0,5 a 2,7 hm. % ekv. NaCl, což je méně než salinita současných (3,4–3,8 hm. % ekv. NaCl) i miocenních moří (Hladíková – Hladilová 2003, Havíř et al. 2004). To naznačuje významnou dotaci vody s nižší salinitou do sádrovcového souvrství. V podmínkách za teplot do 50 °C a v přítomnosti nízkosalinních vodných roztoků došlo k rekrystalizaci původních laminovaných sedimentů s jemnozrnným sádrovcem na hrubozrnné sádrovcové agregáty.

### Poděkování

Autoři děkují Zdeňku Dolníčkovi za poskytnutí vzorku sádrovce. Práce je součástí záměru MSM0021622412.

**Literatura**

- Borisenko, A. S. (1977): Study of salt composition of fluid inclusions in minerals using cryometric technique. – *Geol. Geofiz.*, 8, 16–27.
- Bodnar, R. J. (1993): Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 683–684.
- Davis, D. W. – Lowenstein, T. K. – Spencer, R. J. (1990) Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the system NaCl-H<sub>2</sub>O, NaCl-KCl-H<sub>2</sub>O, NaCl-MgCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O and NaCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 591–601.
- Goldstein, R. H. (2001): Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems. – *Lithos*, 55, 159–193.
- Havíř, J. – Otava, J. – Petrová, P. – Švábenická, L. (2004): Geologická dokumentace zářezu železničního koridoru západně Běloutína (Moravská brána). – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2003*, 18–23.
- Hladíková, J. – Hladilová, Š. (2003): A Summary of Published Stable Isotope Studies in the Karpatian of the Western Carpathians Basins. – In: Brzobohatý R., Cicha I., Kováč M., Rögl F. (eds.): *The Karpatian. A Lower Miocene Stage of the Central Paratethys*. Masaryk University Brno, 35–36. Brno.
- Mátl, V. (1980): Geneze sádrovce v opavské oblasti. – *Sborník GPO*, 22, 143–148.
- Mátl, V. (1981): Ložiska sádrovce opavské pánve. – *Geol. Průzk.*, 12, 346–350.
- Schreiber, J. (2008): Studium charakteru fluidních inkluzí v sádrovcích z miocenních sedimentů. MS, diplomová práce ÚGV PřFMU, Brno.
- Spencer, R. J. – Möller, N. – Weare, J. H. (1990): The prediction of mineral solubilities in natural waters: A chemical equilibrium model for the Na-K-Ca-Mg-Cl-SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O systems at the temperatures below 25 °C. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 575–590.