

## FLUIDNÍ INKLUZE V OVÁLNÝCH ZIRKONECH TĚŽKÉ FRAKCE KVARCITU Z KVĚTNIČKY U TIŠNOVA (SVRATECKÁ KLENBA MORAVIKA)

Fluid inclusions in oval zircons from heavy mineral fraction of quartzite from Květnička Hill  
near Tišnov (Svratka Dome, Moravicum)

**Zdeněk Dolníček<sup>1</sup>, Karel Malý<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> Muzeum Vysočiny Jihlava, Masarykovo nám. 55, 586 01 Jihlava;  
e-mail: maly@muzeum.ji.cz

(24-32 Brno)

**Key words:** *Moravicum, Old Red, heavy minerals, zircon, fluid inclusions, genesis*

### Abstract

*Inclusions within oval zircons selected from heavy mineral concentrate of Devonian quartz metaconglomerate from Květnička Hill near Tišnov (Svratka Dome) have been studied by means of inclusion petrography and cryometry. Two types of inclusions were distinguished – melt and fluid. Melt inclusions contain silicate glass±vapour±crystalline solids±fluid. Highly variable degree of recrystallization of glass phase has been observed within melt inclusions. Two subtypes of fluid inclusions were found: high-density CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-NaCl and low-density CO<sub>2</sub>. Taken together, oval zircons from the studied rock sample seem to be genetically heterogeneous assemblage. Zircons containing strongly recrystallized melt inclusions associated with high-density fluid inclusions may originate in pegmatites or plutonic rocks because the trapping pressures would range in the units of kbars at geologically relevant model temperatures. Those containing essentially glassy melt inclusions in assemblage with low-density fluid inclusion are believed to originate in volcanic environment, with respect to low internal pressures ~200 bars at ~1000 °C.*

### Úvod

Zirkon je pravidelnou akcesorickou součástí mnoha vyvřelých, sedimentárních a metamorfovaných silikátových hornin. Vzhledem k častému výskytu představuje zirkon minerální fázi, která může poskytnout řadu informací o procesech a podmínkách vzniku. Často je používáno zejména morfologické studium zirkonových krystalků v magmatitech, kdy se na základě přítomnosti a zastoupení jednotlivých krystalových tvarů usuzuje na geochemický charakter matečného magmatu a teplotu krystalizace (Pupin 1980). Chemismus zirkonů bývá poměrně jednoduchý, vyjma vysoce frakcionovaných granitů a pegmatitů, kde mohou obsahy Hf dosáhnout až přes 10 hm. procent (Uher 2004). Izomorfně bývá ve struktuře zirkonu vázáno i Th, U a prvky vzácných zemin, čehož lze využít pro geochronologické účely (např. Bingen et al. 2005, Fitzsimons – Hulscher 2005).

Další metodu, kterou lze pro hodnocení podmínek formování zirkonu využít, je studium fluidních inkluzí (Roedder 1984, Thomas et al. 2003). Fluidní inkluze představují malé objemy minerálotvorného prostředí (fluida, taveniny), zachycené a hermeticky izolované při růstu krystalu hostitelské minerální fáze. Přes relativně hojný výskyt inkluzí v zirkonech je tato metoda u nás dosud popelkou. Výskyt inkluzí v zirkonech je maximálně zmíněn (např. Nehyba – Stráník 2005), případně je stručně charakterizováno jejich fázové složení za pokojové teploty (Kropáč et al. 2004). Podrobnější studium fluidních inkluzí v zirkonech u nás zatím nebylo prováděno.

### Materiál a metodika

Studován byl vzorek bělošedého až načervenalého křemeného metakonglomerátu, který byl odebrán na východním svahu Květničky (kóta Malá Skála), asi 1 km východně od Tišnova. Lokalitou je starý lom, známý výskytem tmavofialového fluoritu (Kučera 1930). Z pohledu regionálně-geologického zařazení patří studovaná hornina k devonskému sedimentárnímu obalu tišnovských brunid. Mírně deformované (zploštělé) valounky jsou tvořeny prakticky výhradně jen undulózně zhášejším křemenem, a dosahují velikosti až 1 cm. Základní tkáň je převážně rovněž tvořena drobnozrnným křemenem, lokálně s vyšším obsahem sericitu, který se někdy koncentruje do určitých poloh. Z akcesorií byl zastížen zirkon (v matrix), a nepravidelně rozmístěný červeně prosvítající pigment (patrně hematit).

Po rozemletí, odkalení a předřezování byly ze vzorku vyseparovány těžké minerály pomocí bromoformu. Těžká frakce je charakterizována zirkon-barytovou asociací (baryt je však s velkou pravděpodobností epigenetického původu, srov. Dolníček 2004). Zirkony jsou idiomorfni i oválné, o velikosti 40–180 μm.

Petrografické studium inkluzí v zirkonech bylo provedeno pomocí běžného petrografického mikroskopu v imerzi 1,1,2,2-tetrabrometanu. Mikrotermometrické měření fluidních inkluzí v zirkonech realizoval první z autorů na kat. geologie PřF UP v Olomouci na aparatuře Linkam THMSG 600 (Dolníček – Zimák 2005). Vzhledem k finančním možnostem autorů tohoto příspěvku nemohl

být zhotoven standardní oboustranně leštěný preparát. Neupravené zirkony však mají často nerovný či poškrábaný povrch, což znemožňuje pozorování objektů uvnitř krystalku „za sucha“. Z toho důvodu musela být použita vhodná imerzní kapalina. Ideální imerzní kapalina použitá pro náš účel by měla mít index lomu blízký hostitelskému minerálu, vysoký bod varu a velmi nízký bod tání. Takovou ideální kapalinu jsme bohužel nenašli, nakonec jsme použili bezvodý etanol, který má sice nízkou teplotu tání cca  $-117\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale relativně nízký index lomu ( $n = 1,363$ ). Pro laboraci vzorku jsme použili techniku „quartz crucible“, která je vhodná i s ohledem na obtížnou manipulovatelnost velmi malých vzorků. Neupravený těžký podíl byl zakápnut imerzní kapalinou, překryt krycím sklíčkem (pro omezení výparu imerze) a vložen do komory mikrotermometrické aparatury, kde byly objekty vhodné k měření nastaveny na střed zorného pole pomocí xy-manipulátorů. Vzhledem k použité metodice bylo možno provádět jen kryometrická měření inkluzí, tj. pozorovat fázové přechody v intervalu teplot přibližně mezi  $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Petrografie inkluzí

Vzhledem k tomu, že idiomorfnní zirkony jsou předmětem probíhajícího morfologického studia, soustředili jsme se zatím jen na studium inkluzí v oválných zirkonech. Podle fázového složení v nich lze rozlišit tři typy inkluzí:

**1) Pevné inkluze minerálních fází.** Ojedinele pozorovaný typ, reprezentovaný jehlicovitým anizotropním krystalkem, patřícím snad apatitu (?).

**2) Inkluze tavenin.** Velmi hojný typ, pozorovaný ve většině zirkonů. Inkluze mají kulovitý nebo protažený (trubičkovitý) tvar s polokulovitými zakončeními. Velikost dosahuje až  $27\text{ }\mu\text{m}$ . Inkluze jsou situovány zpravidla v centrální části zirkonu (delší rozměr inkluze je orientován ve směru osy z) nebo jsou lokalizovány podél růstových zón (jsou-li uvnitř zrna viditelné přírůstkové zóny), což jsou znaky charakteristické pro primární inkluze. Fázové složení inkluzí kolísá. Vždy převažuje sklo, k němuž přistupuje často i plynná fáze (jedna či více kontrakčních bublin), v některých případech nelze vyloučit i přítomnost malého množství vodného roztoku. Skelná fáze je v některých případech homogenní a bezbarvá, jindy jsou v ní patrné známky slabé až velmi silné devitrifikace. Odskelnění se projevuje zpočátku ztmavnutím (zhnědnutím) a silným zhoršením průhlednosti inkluze, v pokročilém stádiu pak objevením větších zrnek bezbarvých minerálních fází s vyšším indexem lomu než má okolní sklo. Plynná fáze v inkluzích zaujímá cca 5–20 obj. %; někdy však může zcela chybět. Jediná plynná bublina je vždy přítomna v devitrifikovaných inkluzích, větší počet bublin byl zaznamenán jen v neodskelněných inkluzích. Přítomnost menšího množství vodného roztoku lze předpokládat v některých dobře průhledných odskelněných inkluzích (přítomnost vody usnadňuje rekrystalizaci a imerze vodného roztoku mezi zrny jednotlivých fází snižuje množství absorbovaného světla). V jednom zrnu zirkonu bývá zpravidla přítomno několik inkluzí, v různých částech zrna, různé velikosti i tvaru. Stupeň odskelnění je u různých inkluzí v rámci jednoho zirkonu zpravidla podobný, ale mohou existovat i větší rozdíly.

**3) Fluidní inkluze sensu stricto.** Frekvence výskytu je v porovnání s výše uvedenými typy inkluzí přibližně středně častá. Velikost dosahuje až  $25\text{ }\mu\text{m}$ . Tvarově se většinou podobají inkluzím tavenin (protažené prostorové trubičkovité tvary s polokulovitým zakončením). Ve vzorcích jsou lokalizovány společně s inkluzemi tavenin. Podle fázového složení lze rozlišit dva subtypy. Inkluze subtypu 3a jsou dvoufázové, tvořené převážně nevodnou fází (cca 70–80 obj. %) a vodným roztokem (cca 20–30 % objemu inkluze). Inkluze subtypu 3b jsou jednofázové, tvořené pouze nevodnou fází. Rozlišení jednofázových fluidních inkluzí od jednofázových a nerekrystalovaných skelných inkluzí je možné až pomocí mikrotermometrických měření.

### Výsledky kryometrických měření

Vzhledem k podmínkám měření mohly být studovány pouze nízkoteplotní fázové přechody ve fluidních inkluzích s.s. (typ 3). Celkem byly mikrotermometricky prostudovány čtyři velikostně vhodné inkluze, situované ve třech zirkonech. Dvě inkluze ve dvou různých zirkonech patří subtypu 3a a jsou asociovány s rekrystalovanými, dobře průhlednými skelnými inkluzemi. Zbývající dvě inkluze byly lokalizované v jediném zirkonu, patřily do subtypu 3b, a jsou asociovány s nerekrystalovanými nebo jen slabě devitrifikovanými skelnými inkluzemi. Výsledky kryometrických měření jsou shrnuty v tab. 1.

Mírným ochlazením inkluzí typu 3a se uvnitř původně homogenní nevodné fáze vytvořila plynná bublina, která se dalším ochlazením zvětšovala. Při ochlazení pod teplotu  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  došlo k vymrznutí kapalně nevodné fáze; v oblasti vodného roztoku nebyly při ochlazení zachyceny žádné změny. Pomalým zahříváním vymražená nevodná fáze postupně rekrystalovala ve větší individua. Při teplotě  $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$  začíná nevodná fáze tát. Tání je ukončeno při teplotě kolem  $-57\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což je teplota blízká trojnému bodu  $\text{CO}_2$  ( $-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Mírné snížení teploty trojného bodu může být způsobeno přítomností malého množství dalších nízkovroucích plynů, jako je metan, dusík, argon nebo helium. Dalším zahříváním dochází k postupnému zmenšování plynné fáze uvnitř kapalně  $\text{CO}_2$ , až při teplotě kolem  $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$  dojde k parciální homogenizaci  $\text{CO}_2$  fáze na kapalinu. Tání ledu se nepodařilo zachytit. V jedné z inkluzí byla pozorována přítomnost klathrátu na hranici mezi vodným roztokem a kapalným  $\text{CO}_2$ . Přesnou teplotu tání klathrátu se nepodařilo zaregistrovat, je však určitě vyšší než  $+9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což indikuje velmi nízkou salinitu vodného roztoku přítomného v inkluzi, pod 2 hmot. % NaCl (Darling 1991).

Inkluze subtypu 3b vykazují fázové přechody poněkud jiného druhu. Ochlazením původně jednofázové inkluze dochází ke kondenzaci kapalně fáze na stěnách inkluze. Kapalná fáze vymrzá při ochlazení pod  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pevná fáze taje za teplot kolem  $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což indikuje převahu  $\text{CO}_2$  v inkluzích a přítomnost poněkud většího množství nízkovroucích plynů než v inkluzích subtypu 3a. Dalším zahříváním se postupně vypařuje kapalná fáze  $\text{CO}_2$ . Problematické je přesné stanovení teploty homogenizace  $\text{CO}_2$  fáze na plyn, vzhledem k omezeným schopnostem

lidského oka rozpoznat tenký film kapalné fáze na stěnách inkluze. Hodnoty kolem  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , uvedené v tab. 1, mohou být proto zatíženy určitou chybou.

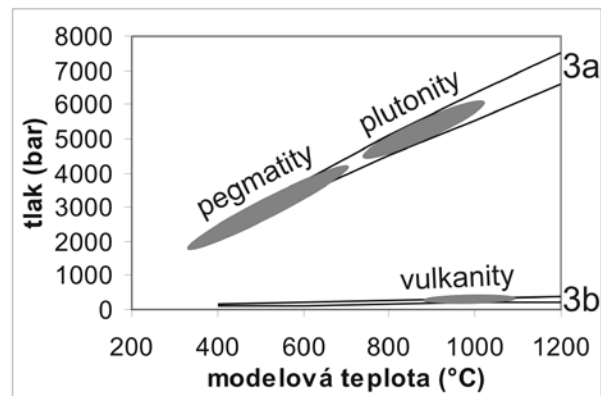
### Diskuse

**Složení a hustota fluidních inkluzí (s.s.).** Inkluze subtypu 3a lze aproximovat systémem  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$  ( $\text{XH}_2\text{O} \sim 0,4\text{-}0,6$ ,  $\text{XCO}_2 \sim 0,6\text{-}0,4$ ,  $<2$  hm. % NaCl ve vodném roztoku). Příměs dalších plynů byla zanedbána. Hustota celkového fluida je vysoká, až  $0,83\text{ g/cm}^3$ . Tlakové podmínky jsou pro různé modelové teploty uvedeny v tab. 2. Výpočet byl proveden pomocí programu Flicor (Brown 1989) s použitím stavové rovnice Bowers a Helgesona (1983). Inkluze subtypu 3b lze nejspíše aproximovat jednosložkovým systémem s čistým  $\text{CO}_2$ . Příměs dalších plynů byla zanedbána. Hustota pro homogenizační teplotu  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  je nízká, jen  $0,08\text{ g/cm}^3$ . Tlakové podmínky jsou pro různé modelové teploty uvedeny v tab. 2 (program Flicor s kalibrací Kerrick - Jacobs 1981). Pokud by chyba při měření homogenizační teploty dosáhla  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (tj.  $T_h = +3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), hustota fluida by se zvýšila na cca  $0,11\text{ g/cm}^3$ , což způsobí zvýšení tlaku přibližně jen o třetinu původní hodnoty (tab. 2).

**Otázka reprezentativnosti inkluzí.** Vzhledem ke skutečnosti, že studovaná hornina byla slabě metamorfována v průběhu variské orogeneze, je nutno při vlastní interpretaci uvážit i možnost reekvilibrace inkluzí v důsledku působení metamorfózy. Je známo, že zirkon představuje chemicky i mechanicky velmi rezistentní minerální fázi. Konzistentní fázové poměry i termometrické charakteristiky naznačují, že patrně nedošlo k narušení hermetičnosti inkluzí. Ani složení a hustoty fluid přítomných ve studovaných inkluzích nenavštěvují, že by obsah inkluze mohl reprezentovat „místní“ metamorfni fluida, generovaná při variské metamorfóze okolních hornin (srov. parametry fluidních inkluzí syntektonických variských mineralizací z této oblasti: Slobodník 2002, Dolníček 2004). Zvýšený tepelný tok mohl však přispět k prohloubení procesu devitifikace u inkluzí tavenin.

**Původ zirkonů.** Inkluze subtypu 3a uzavírají fluida systému  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$  s vysokou hustotou. Takové inkluze mohou být zachyceny při vzniku plutonických hornin, pegmatitů, a meso- a katazonálních metamorfitů (Diamond 1994). Asociace s inkluzemi silně devitifikovanými taveninami indikuje, že zdrojovou horninou zirkonů byly vyvěřelé horniny, které chladly relativně pomalu. Inkluze byly patrně zachytávány v podmínkách nemísitelnosti silikátové taveniny a  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  fluida.  $\text{CO}_2$ -bohatá fluida jsou charakteristická pro plutonity spodní kůry, zatímco vodou bohatá fluida jsou typická pro svrchnokorové horniny (De Vivo – Frezotti 1994). Pro variantu plutonického vzniku (teplota kolem  $800\text{-}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) poskytují inkluze odhad tlaku kolem  $5\text{-}6$  kbar, pro variantu pegmatitového vzniku (cca  $300\text{-}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) mezi  $1,4\text{-}4,4$  kbar (tab. 2, obr. 1).

vaných tavenin indikuje, že zdrojovou horninou zirkonů byly vyvěřelé horniny, které chladly relativně pomalu. Inkluze byly patrně zachytávány v podmínkách nemísitelnosti silikátové taveniny a  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  fluida.  $\text{CO}_2$ -bohatá fluida jsou charakteristická pro plutonity spodní kůry, zatímco vodou bohatá fluida jsou typická pro svrchnokorové horniny (De Vivo – Frezotti 1994). Pro variantu plutonického vzniku (teplota kolem  $800\text{-}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) poskytují inkluze odhad tlaku kolem  $5\text{-}6$  kbar, pro variantu pegmatitového vzniku (cca  $300\text{-}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) mezi  $1,4\text{-}4,4$  kbar (tab. 2, obr. 1).



Obr. 1 – Pozice izochor fluidních inkluzí (subtyp 3a a 3b) v PT – prostoru. Šedá pole představují PT – podmínky pro pegmatitový, plutonický a vulkanický původ zirkonů.

Fig. 1 – Location of isochores of fluid inclusions (subtypes 3a and 3b) in PT – space. The shaded fields indicate PT – conditions for pegmatitic, plutonic and volcanic genetic variants.

Inkluze č.	subtyp	vol.% $\text{CO}_2$	vol.% $\text{H}_2\text{O}$	Tf ( $\text{CO}_2$ )	Tm ( $\text{CO}_2$ )	Th ( $\text{CO}_2$ )	Tm (ice)	Tm (Cla)
1	3a	~70	~30	-109	-56,9	+22,0 (L)	nereg.	> +9,0
2	3a	~80	~20	-111	-57,2	+20,1 (L)	nereg.	nereg.
3	3b	100	0	-115	-57,8	-7,0 (V)	-	-
4	3b	100	0	-112	-57,9	-6,7 (V)	-	-

Tab. 1. Naměřená kryometrická data fluidních inkluzí s.s. (teplotní parametry ve  $^{\circ}\text{C}$ ). Vysvětlivky: Tf – teplota zamrznutí, Tm – teplota tání, Th – teplota homogenizace  $\text{CO}_2$  fáze, Cla – klathrát, (L) – homogenizace na kapalinu, (V) – homogenizace na plyn.

Tab. 1. The measured cryometric data from fluid inclusions s.s. (temperature parameters in  $^{\circ}\text{C}$ ). Explanations: Tf – freezing temperature, Tm – melting temperature, Th – temperature of homogenization of the  $\text{CO}_2$  phase, Cla – clathrate, (L) – homogenization to liquid, (V) – homogenization to vapour, nereg. – not registered.

typ FI	vstupní parametry	modelová teplota	200	400	600	800	1000	1200
3a	Th $\text{CO}_2$ (L) = $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\text{XH}_2\text{O} = 0,6$ , 2 hm. % NaCl		-	2253	3757	5074	6319	7540
	Th $\text{CO}_2$ (L) = $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\text{XH}_2\text{O} = 0,4$ , 2 hm. % NaCl		-	2143	3393	4496	5540	6564
3b	Th $\text{CO}_2$ (V) = $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (naměř.)		66	99	132	164	197	229
	Th $\text{CO}_2$ (V) = $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (chyba měř. = $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ )		89	136	183	229	275	322

Tab. 2 – Vypočtené tlaky (bar) pro různé modelové teploty a dané složení a hustotu inkluzí. Pro inkluze subtypu 3b je uvedena i teoretická varianta pro případ, že by chyba ve stanovení hodnoty Th  $\text{CO}_2$  fáze na plyn dosáhla  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tab. 2 – The calculated pressures (bar) for various model temperatures and fixed compositions and densities of fluid inclusions. The last row involves possible underestimation of the homogenization temperature of the  $\text{CO}_2$  phase to vapour (a theoretical value of  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , i.e.,  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  increment to measured Th, was used).

Inkluze subtypu 3b uzavírají nízkohustotní CO<sub>2</sub> fluida. Asociace s málo devitrifikovanými skelnými inkluzemi nasvědčuje vulkanickému původu studovaných zirkonů. I v tomto případě lze předpokládat, že krystalizace hostitelského minerálu probíhala v podmínkách nemísitelnosti silikátové taveniny a plynné fáze (degazace a var magmatu při poklesu tlaku). Interní tlak v inkluzi dosahuje při variantě vulkanického původu (teplota 900–1100 °C) jen asi 200 bar (tab. 2, obr. 1).

### Závěr

Oválné zirkony vyseparované z devonského křemenného metakonglomerátu z Květničky se na základě provedeného předběžného studia fluidních inkluzí zdají býti geneticky různorodým společenstvím. Lze rozlišit dva typy zirkonů. V zirkonech první skupiny jsou přítomny inkluze silně devit-

rifikovaných tavenin v asociaci s fluidními CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-NaCl inkluzemi. Zirkony tohoto typu pocházejí nejspíše z plutonických hornin či pegmatitů, neboť jejich inkluze byly zachyceny za tlaků dosahujících řádově prvních jednotek kbar. Druhá skupina zirkonů obsahuje málo devitrifikované či nedeviditifikované sklovité inkluze v asociaci s nízkohustotními CO<sub>2</sub> inkluzemi. U těch lze předpokládat vulkanický původ.

Identifikace konkrétního zdroje zirkonů není za současného stavu poznání možná. Z regionálně-geologické situace se nabízí, vzhledem k hojnému výskytu plutonických i vulkanických hornin, oblast brunovistulika. Potvrdit nebo vyvrátit tuto možnost však bude možné teprve po získání nezbytných srovnávacích dat. Podpůrné argumenty by mohly přinést také další metody, jako je např. stanovení homogenizačních teplot a/nebo chemického složení inkluzí tavenin v zirkonech.

### Poděkování

Terénní výzkum byl proveden s podporou grantu GAČR 205/02/P104.

### Literatura

- Bingen, B. – Griffin, W. L. – Torsvik, T. H. – Saeed, A. (2005): Timing of Late Neoproterozoic glaciation on Baltica constrained by detrital zircon geochronology in the Hedmark Group, south-east Norway. – *Terra Nova*, 17, 3, 250-258.
- Bowers, T. S. – Helgeson, H. C. (1983): Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl on phase relations in geologic systems: equation of state for H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl fluids at high pressures and temperatures. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 1247-1275.
- Brown, Ph. E. (1989): FLINCOR: A fluid inclusion data reduction and exploration program. – Second Biennial Pan-American Conf. on Research on Fluid Inclusions, Prog. with Abstr., p. 14.
- Darling, R. S. (1991): An extended equation to calculate NaCl contents from the final clathrate melting temperatures in H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl fluid inclusions: implications for P-T isochore location. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55, 3869-3871.
- Diamond, L. W. (1994): Introduction to phase relations of CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O fluid inclusions. – In: De Vivo, B. – Frezotti, M. L. (Eds.): *Fluid inclusion in minerals: methods and applications*, pp. 131-158. Virginia Tech, Blacksburg.
- Dolníček, Z. (2004): Mineralogie a podmínky vzniku hydrotermálních mineralizací centrální části svratecké klenby moravika. – MS, rigorózní práce, PřF UP Olomouc.
- Dolníček, Z. – Zimák, J. (2005): Nová mikrotermometrie fluidních inkluzí na katedře geologie PřF UP v Olomouci. – *Geol. Výzk. Mor. Slez.* v r. 2004, 12, 104-105. Brno.
- Fitzsimons, I. C. W. – Hulscher, B. (2005): Out of Africa: detrital zircon provenance of central Madagascar and Neoproterozoic terrane transfer across the Mozambique Ocean. – *Terra Nova*, 17, 3, 224-235.
- Kerrick, D. M. – Jacobs, G. K. (1981): A modified Redlich-Kwong equation for H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> mixtures at elevated pressures and temperatures. – *Amer. J. Sci.*, 281, 735-767.
- Kropáč, K. – Dolníček, Z. – Janál, J. (2004): Těžké minerály ve zdivu zříceniny hradu Obřany a okolních horninách (Hostýnské vrchy). – *Geol. Výzk. Mor. Slez.* v r. 2003, 11, 91-93. Brno.
- Kučera, B. (1930): Fluorit na Tišnovsku. – *Příroda*, 23, 10, p. 404. Brno.
- Nehyba, S. – Stráník, Z. (2005): Vulkanoklastika v pavlovickém souvrství ždánické jednotky. – *Geol. Výzk. Mor. Slez.* v r. 2004, 12, 37-41. Brno.
- Pupin, J. P. (1980): Zircon and granite petrology. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220.
- Roedder, E. (1984): Fluid inclusions. *Rev. Mineral.*, 12, 1-644.
- 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.
- Thomas, J. B. – Bodnar, R. J. – Shimizu, N. – Chesner, C. A. (2003): Melt inclusions in zircon. – In: Hanchar, J. M. – Hoskin, P. W. O. (Eds.): *Zircon*. – *Rev. Mineral. Petrol.*, 53, 63-87.
- Uher, P. (2004): Zirkón v predalpínských granitoch a pegmatitoch Západných Karpát: variácie chemického zloženia ako odraz evolúcie magmatických procesov. – In: Rojkovič, I. (Ed.): *Mineralógia Západných Karpát a Českého masívu 2004*, pp. 66-71. Bratislava a Banský Studenec.
- De Vivo, B. – Frezotti, M. L. (1994): Evidence for magmatic immiscibility in Italian subvolcanic systems. – In: De Vivo, B. – Frezotti, M. L. (Eds.): *Fluid inclusion in minerals: methods and applications*, pp. 345-362. Virginia Tech, Blacksburg.