

$$[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]} + \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2}} \quad (17)$$

Po dosažení výrazu (17) do rovnice (13) a po úpravách dostáváme

$$K = \frac{[\text{Ca}^{2+}]^2}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1 K_2} \quad (18)$$

Tato podmínka rovnováhy je v diagramu (obr. 1) vyjádřena přerušovanou linií.

Jak je vidět z kombinovaného modelu, v raném stadiu

interakce se studovaný systém chová jako uzavřený. Díky malé rychlosti procesu (4) se systém nejprve vyvíjí směrem k linii představující rovnováhu v uzavřeném systému. Tím se roztok dostává do *zdánlivého přesycení* vzhledem ke kalcitu. Jakmile se začne uplatňovat proces (4), reakční cesta se postupně vrací k linii znázorňující rovnováhu v otevřeném systému. K podstatnému přiblížení k celkové rovnováze (všechny dílčí procesy se blíží k rovnováze) došlo během 55 hodin.

Literatura

STUMM, W. – MORGAN, J. J. (1981): *Aquatic chemistry*. John Wiley & Sons. New York.

ANALÝZA AKRITARCHOVÝCH SPOLEČENSTEV NA HRANICI TREMADOK-ARENIG

Analyse of acritarch assemblages at the Tremadocian-Arenigian boundary

OLDŘICH FATKA¹ - RAINER BROCKE²

¹Ústav geologie a paleontologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 43 Praha 2

²Research Institute Senckenberg, Palaeobotany, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am Main, Německo

Key words: Acritarcha, Lower Ordovician, Stratigraphy, Palaeogeography

Abstract: The world-wide spatial distribution of selected upper "Tremadocian" and lower "Arenigian" acritarch taxa is analysed. The database consists of more or less comprehensive lists of taxa available from Gondwana, peri-Gondwana, South China, Baltica, North China, while spotty data come from Laurentia, and Australia. The data are plotted on the recent palaeogeographic map. The pattern of distribution of the acritarch taxa shows an obvious relation between composition of acritarch assemblages and their palaeolatitudinal position.

Five taxa are limited on the polar and subpolar areas, other six forms are typical for the subpolar and temperate areas, while there genera occur in the tropical areas only.

ÚVOD

V prvních měsících roku 2000 byla dokončena globální analýza akritarchových společenstev vyskytujících se v hraničním intervalu tremadok-arenig, která je součástí přípravných prací pro stanovení globálního stratotypu (GSSP) báze druhého stupně ordovického útvaru (BROCKE - FATKA v tisku). Celkově bylo do této analýzy zahrnuto téměř 50 lokalit nacházejících se na území 21 států, jejichž akritarchová společenstva jsou publikována ve více než 90 pracech; dále byl autory studován materiál z Čech a Číny.

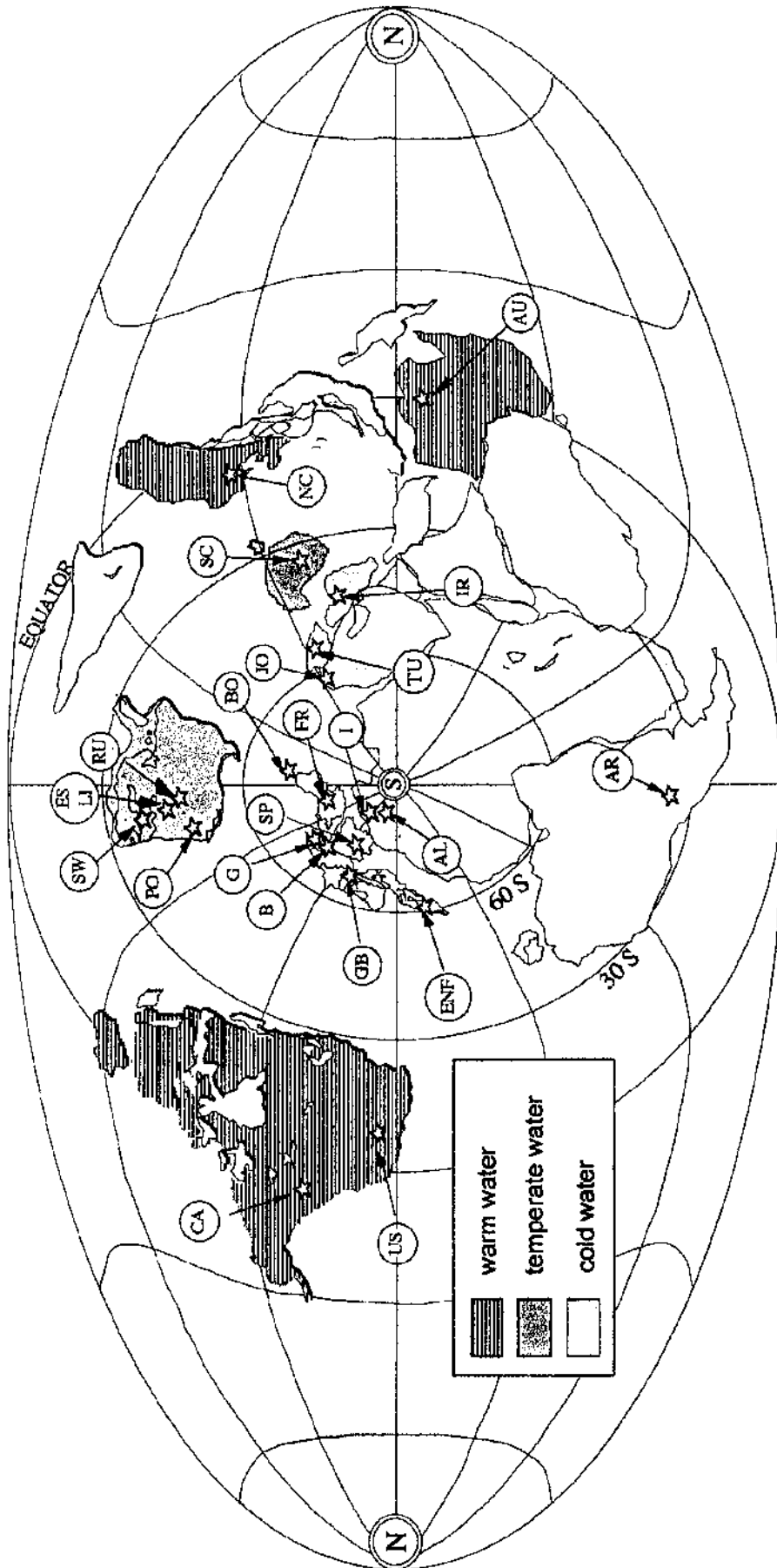
STRATIGRAFIE HRANICE TREMADOK-ARENIG

Báze druhého stupně ordovického útvaru bude definována prvním výskytem (FAD) graptolita *Tetragraptus approximatus*, tedy v úrovni odpovídající v rámci konodontové stratigrafie svrchním polohám zóny *Paroistodus proteus* (bližze WEBBY 1998). Stratigrafická aplikace konodontů i graptolitů je ve spodním ordoviku výrazně ovlivněna paleogeograficky omezeným rozšířením jednotlivých taxonů náležících oběma skupinám. Lze konstatovat, že taxonomicky diverzifikovaná společenstva konodontů se obvykle vyskytují pouze v platformních karbonátových sedimentech vzniklých v mořích tropického až teplého mírného pásu. V klastických sedimentech chladnovodních oblastí Gondwany a peri-Gondwany tato skupina zcela chybí nebo se zde konodonti vyskytují zcela sporadicky. Z tohoto důvodu je přímá aplikace globální konodontové zonace v chladnovodních oblastech prakticky neproveditelná.

Podobně i graptolit *T. approximatus* se běžně vyskytuje v klastických sedimentech vzniklých v tropických až mírných pásích, ale podobně jako konodonti, i tento taxon zcela chybí nebo je velmi vzácný v klastických sedimentech Gondwany a peri-Gondwany (polární a chladný mírný pás) i v sedimentech mělkovodních karbonátových platform.

Spodnoordovické klastické sedimenty chladnovodních i mírných pásů jsou charakterizovány přítomností skupin shrnovaných pod označením OWM (= Organic Walled Microfossils), zejména skupin akritarcha a chitinozoa.

Chitinozoa. Nejstarší nálezy chitinozoí jsou známy z nejmłodšího tremadoku severní Afriky a pražské pánve



Obr. 1. Mapa paleogeografického a klimatického rozmístění lokalit, ze kterých jsou publikovány údaje o tremadocko-arenických akritarchiích (podle Brocke a Fatka v tisku; mapa modifikována podle: Scotese a Denham 1988 a Torsvik a Trench 1991).
 CA – Kanada; US – U. S. A.; SW – Švédsko; ES, LI – Estonsko, Litva; PO – Polsko; RU – Rusko; AR – Argentina; ENF – východní Newfoundland; GB – Britské ostrovy; B – Belgie; G – Německo; SP – Španělsko; FR – Francie; BO – Čechy; AL – Alžírsko; JO – Jordánsko; TU – Turecko; IR – Irán; SC – jižní Čína; NC – severní Čína; AU – Austrálie.

(PARIS 1990, FATKA 1993). Sporadický výskyt neumožňuje jejich spolehlivé využití pro řešení diskutované hranice.

Akritarcha. Na základě vyhodnocení dosud publikovaných informací je možné pro interval střední tremadok-střední arenig konstatovat, že vysoce diverzifikovaná společenstva akritarch jsou dokumentována ze sedimentů vzniklých v chladnovodních a teplých mírných podmínkách, zatímco společenstva zjištěná v sedimentech vzniklých v teplovodních podmínkách jsou celkově ochuzená. Paleogeografické rozšíření akritarch je srovnatelné s rozšířením graptolitů a konodontů v tom smyslu, že v mírných pásech se mísí taxony převládající buď v chladnovodních nebo teplovodních podmínkách.

DATABÁZE VÝSKYTU AKRITARCH

Nejlepší databáze stratigrafického rozšíření akritarch je k dispozici v oblastech peri-Gondwany (Britské ostrovy, Německo, Čechy) a Gondwany (severozápadní část Afriky). Na základě rozšíření 13 rodů bylo na Britských ostrovech stanoveno pět společenstev akritarch (MOLYNEUX in COOPER a kol. 1995), další tři společenstva jsou odlišitelná v Čechách (VAVRDOVÁ 1993; FATKA, v přípravě) a v Německu (SERVAIS a MOLYNEUX 1997). V posledních několika letech studovaná společenstva akritarch Yangtze platformy (jižní Čína) obsahují 10 stratigraficky aplikovatelných rodů akritarch (BROCKE 1997a, b). V oblasti Baltiky bylo pro daný interval vybráno šest rodů (BAGNOLI a kol. 1988; ERDTMANN a PAALITS 1994; VOLKOVA 1995; RAEVSKAYA 1998; PAALITS – osobní komunikace). Přibližně 85 % použité databáze tvoří zpracování akritarchových taxonů mírného pásu (paleokontinent Baltika) a zbývajících 15% údajů tvoří informace o teplovodních oblastech Severní Ameriky, severní Číny a Austrálie.

SHRNUTÍ

Na základě dosud publikovaných údajů je možné o akritarchových společenstvech hraničního intervalu tremadok-arenig konstatovat:

1. Ve všech oblastech uvedených na obrázku 1 jsou akritarchová společenstva hraničního intervalu tremadok-arenig dobře a spolehlivě odlišitelná od společenstev typických jak pro tremadok tak i pro arenig.
 2. Složení spodnoordovických akritarchových společenstev vykazuje výrazný provincialismus, který je ve zjevném vztahu k teplotě vody a tím i k předpokládané paleogeografické pozici dané oblasti (obr. 1).
- 2 A. V chladnovodních (polárních až chladných mírných) oblastech Gondwany a peri-Gondwany je přítomno pět typických morfotaxonů akritarch *Vavrdovella* – *Coryphidium* plexus, *Coryphidium* VAVRDOVÁ 1972, *Dactylofusa velifera* COCCHIO 1982 emend. Albani 1989, *Striatotheca* BURMANN 1970, a *Tongzia* LI 1987). Tyto taxony jsou zároveň přítomny i v mírné oblasti dnešní jižní Číny, ale chybějí na všech ostat-

ních lokalitách, které se nacházely v mírných a teplovodních oblastech.

- 2 B. Pro společenstva vod chladných a mírných pásů je společný výskyt dalších šesti morfotypů (*Stelliferidium* DEUNFF a kol. 1974, *Caldariola* MOLYNEUX 1988, *Cymatiogalea* DEUNFF 1961 emend. RASUL 1974, *Acanthodiacrodium* – *Actinotodissus* plexus, *Pirea* – *Dasydorus* plexus, *Polygonium* – *Goniosphaeridium* plexus), které chybějí na lokalitách teplovodních oblastí.
- 2 C. Analýza neprokázala existenci žádného taxonu, který by se vyskytoval pouze ve vodách mírných oblastí.
- 2 D. Dva rody (*Aryballomorpha* MARTIN et YIN 1988, *Athabascaella* MARTIN 1984 emend. MARTIN et YIN 1988) se poměrně často vyskytují v oblastech teplého mírného a tropického pásu, druhý z nich chybí v jižní Číně.
- 2 E. Byl zjištěn pouze jeden rod (*Lua* MARTIN et YIN 1988) svým rozšířením omezený výhradně na tropický pás, kde ležela Laurentie, severní Čína a Austrálie.
3. Další tři rody (*Vulcanisphaera* DEUNFF 1961, *Petionosphaeridium* STAPLIN a kol. 1965 a *Rhopaliophora* TAPPAN et LOEBLICH 1971 emend. PLAYFORD et MARTIN 1984) jsou rozšířeny pandemicky.

Literatura

- BAGNOLI, G. - STOUGE, S. - TONGIORGI, M. (1988): Acritarchs and conodonts from the Cambro-Ordovician Furuhiäll (Köpingsklint) section (Öland, Sweden). – Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia. 94. 163–248.
- BROCKE, R. (1997a): First results of Tremadoc to lower Arenig acritarchs from the Yangtze Platform, Southwest China. – In: Fatka O., Servais T. (eds), Acritarcha in Praha 1996. Acta Univ. Carol. (Geol.) 40 (3–4). 337–356.
- (1997b): Palynomorpha aus dem Ordovizium der Yangtze-Plattform, Südwest-China. – Doctoral Thesis. 1–222. TU Berlin.
- BROCKE, R. - FATKA, O. (v tisku): Acritarch assemblages at the “Tremadocian” - “Arenigian” boundary. – Rev. Palaeobot. Palynol. Amsterdam.
- COOPER, A. H. - RUSHTON, A. W. A. - MOLYNEUX, S. G. - HUGHES, R. A. - MOORE, R. M. - WEBB, B. C. (1995): The stratigraphy, correlation, provenance and palaeogeography of the Skiddaw Group (Ordovician) in the English Lake District. – Geol. Mag. 127, 497–525.
- FATKA, O. (1993): Chitinozoans and Acritarchs in latest Tremadoc-early Arenig sediments of the Prague Basin, Czechoslovakia. In: S. G. Molyneux, K. J. Dornig (eds.): Contributions to acritarchs and chitinozoan research. Special Papers in Palaeontology, 48, 29–36. London.
- ERDTMANN, B. D. E. - PAALITS, I. (1994): The Early Ordovician “Ceratopyge Regressive Event” (CRE). Its correlation and biotic dynamic across the East European Platform. – Geologija 17. 36–57.
- PARIS, F. (1990): The Ordovician chitinozoan biozones of the Northern Gondwana Domain. – Rev. Palaeobot. Palynol., 66, 181–209. Amsterdam.
- RAEVSKAYA, E. 1997. New data of Lower Ordovician acritarch from St. Petersburg region (North-West Russia). CIMP Symposium and Workshops. Pisa, September 11–15, p. 44 (abstract).
- SCOTSE, C. R. - DENHAM, C. R. (1988). User's Guide to Terra Mobilis: A Plate Tectonics program for the Macintosh. Earth in Motion Technologies, Houston.
- SERVAIS, T. - MOLYNEUX, S. G. (1997): The messaooudensis-trifidum acritarch assemblage (Ordovician: late Tremadoc-early Arenig) from

the subsurface of Rügen (Baltic Sea, NE Germany). – *Palaeontographica Italica*, 84, 113–161. Pisa.

TORSVIK, T. H. - TRENCH, A. (1991): The Ordovician history of the Iapetus Ocean in Britain: new paleomagnetic constraints. – *J. Geol. Soc. London*, 148, 423–425.

VAVRDOVÁ, M. (1993): Acritarch assemblages in the Arenig Series of the Prague Basin, Czech Republic. – In: Molyneux, S. G. and Dörning, K. J.

(eds.): Contributions to acritarchs and chitinozoan research. Special Papers in Palaeontology, 48, 125–139. London.

VOLKOVA, N. A. (1995): Acritarchs from the Cambrian – Ordovician boundary beds from the Baltic phytoplanktonic province. – *Stratigraphy, Geological Correlation*, 3 (4): 31–43.

WEBBY, B. D. (1998): Steps towards a global standard for Ordovician stratigraphy. – *Newsl. Stratigr.*, 36 (1), 1–33. Berlin. Stuttgart.

IZOTOPOVÁ GEOCHEMIE A GEOCHRONOLOGIE SKARNU ZE SLATINY

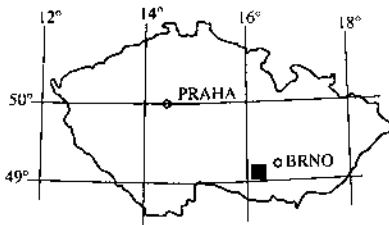
Isotopic geochemistry and geochronology of the skarn from Slatina, Moldanubian zone of the Bohemian Massif

VOJTĚCH JANOUŠEK¹ - JAROSLAVA PERTOLDOVÁ¹ - ZDENĚK PERTOLD²

¹Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

²Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(24–33 Moravský Krumlov)



Key words: Skarn, Geochronology, Sm-Nd, Nd isotopes, Sr isotopes, HP-HT, Gföhl nappe, Moldanubian unit

Abstract: Nd isotopic dating of garnet-pyroxene skarn from Slatina (20 km N of Znojmo, Gföhl nappe of the Moldanubian unit) indicates a major metamorphic event at 415 ± 24 Ma (2σ ; WR-grt-cpx isochron with MSWD = 0.07). This is, within an error, identical with an age calculated on the basis of the grt-WR pair only (420 ± 42 Ma) and resembles Sm-Nd metamorphic ages of eclogite and granulite from Winklarn, Bavaria (von QUADT - GEBAUER 1993). As the closure temperature of the Nd diffusion in garnet is high (MEZGER 1990, HENSEN - ZHOU 1995), the obtained ages are interpreted as being close to the garnet growth during the high-grade metamorphism. Significantly lower ϵ_{Nd}^{415} for zircon (-8.4) compared to WR, cpx and grt (-7.3) probably indicates presence of older, inherited cores, which are indeed observable in the BSE. High Sr initial ratio ($^{87}Sr/^{86}Sr_{415} \sim 0.713$), and, above all, the low ϵ_{Nd}^{415} (-7.3) and high two-stage Nd model age ($T_{Nd}^{DM} = 1.7$ Ga; LIEW - HOFMANN 1988) support a long crustal residence of the protolith and rule out its direct derivation from depleted or CHUR-like mantle in Silurian-early Devonian times.

Skarnové těleso u Slatiny (20 km s. Znojma), v gföhlské jednotce moldanubika je obklopeno pokročilými migmatity s polohami amfibolitů a erlanů a s ultrabazickým tělesem. PERTOLD et al. (2000) zjistili, že granáty (grt) (almandin-grosulár s andraditovou příměsí do 20 %) a pyroxeny (cpx) (salit-ferrosalitového složení s Jd komponentou až 22 mol. %) jsou často lemovány cpx-plg symplektity. Amfibol (ferropargasit) a zoisit jsou mladší. Agregáty plg, K-živce, amfibolu a Ti-magnetitu pronikají v žilkách.

Průměrné teploty grt-cpx párů podle AI (1994) se pohybují mezi 836–868 °C při 10 kb. Odvozený tlak 13–14 kb považují PERTOLD et al. (2000) za minimální. Tyto metamorfnní podmínky jsou ve shodě s eklogity gföhlské jednotky podle MEDARISE et al. (1998).

Pro izotopické studium byl vybrán cpx-grt skarn 2/96. Jeho granát (~ 55–60 % vol. %) obsahuje do 60 % Alm, 40 % Gros a do 10 % And složky. Klinopyroxen (25–30 %) odpovídá hedenbergitu s Jd molekulou do 22 mol. %. Mladší minerály jsou zastoupeny plagioklasem (oligoklas, andezín), amfibolem (ferropargasit až ferropargasitický obecný amfibol) a titanomagnetitem; běžnou akcesorií je zirkon.

Nd izotopické analýzy zahrnovaly celkový vzorek skarnu (WR) a jeho klinopyroxen, granát a zirkon. V izochronovém diagramu PROVOSTA (1990) (Obr. 1) první tři definují izochronu (MSWD = 0.07) dávající stáří 415 ± 24 Ma (2 σ), v rámci chyby shodné se stářím spočteným pouze na základě páru grt-WR (420 ± 42 Ma).

Získané Sm-Nd stáří lze interpretovat jako pravděpodobně blízké výrazné metamorfnní události, která měla za následek krystalizaci granátů a klinopyroxenu, protože blokující teploty granátu pro Nd difúzi jsou zřejmě vysoké (700 až 750 °C: HENSEN - ZHOU 1995, 800 °C: MEZGER 1990). Stáří skarnu ze Slatiny odpovídá Sm-Nd minerál-WR stářím granulitu a eklogitu (424 ± 13 Ma and 424 ± 10 Ma) datujícím HP-HT metamorfózu v oblasti Winklarn v Bavorsku (von QUADT - GEBAUER 1993). Podobně jako v uvedeném případě, i my jsme pozorovali posun zirkonu směrem pod izochronu (Obr. 1). Jeho výrazně nižší ϵ_{Nd}^{415} (-8.4) v porovnání s WR, cpx a grt (-7.3) ukazuje zřejmě na přítomnost zděděných jader, skutečně pozorovatelných v BSE.

Vysoký iniciační poměr Sr izotopů ($^{87}Sr/^{86}Sr_{415} \sim 0.713$), a především pak nízká hodnota ϵ_{Nd}^{415} (-7.3) a vysoké dvou-
stupňové Nd modelové stáří ($T_{Nd}^{DM} = 1.7$ Ga; LIEW - HOFMANN 1988) prozrazují dlouhou krustální historii protolitu skarnu a vylučují jeho přímou derivaci z ochuzeného pláště či pláště blízkého svým složením CHUR.