

Ichnofosilie pánve Da Lat (okres Nha Trang, provincie Khánh Hoà, jihovýchodní Vietnam)

The trace fossils in Da Lat Basin (Nha Trang district, Khánh Hoà Province, SE Vietnam)

RICHARD POKORNÝ^{1,2} – PHAM BA TRUNG³

¹ Fakulta životního prostředí, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Králova výšina 7, 400 96 Ústí nad Labem; richard.pokorny@ujep.cz

² Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno

³ Department of Marine Geology, Institute of Oceanography, 01 Cau Da - Nha Trang, Vietnam

Please cite this article as: Pokorný, R. – Pham Ba Trung (2017): The trace fossils in Da Lat Basin (Nha Trang district, Khánh Hoà Province, SE Vietnam). – *Geoscience Research Reports*, 50, 141–146. (in Czech)

Key words: Vietnam, Da Lat Basin, Jurassic, *Cruziana* ichnofacies

Summary: The large area in southern Vietnam covers an extensive sedimentary Da Lat Basin. Its development was initiated during the marine transgression in the Lower Jurassic (Hettangian, ~ 198 Ma) and ended by the regression during the Middle Jurassic (Bathonian, ~ 165 Ma). Within the basin, two different developments can be distinguished, with the following formations – central area (Dak Bung Formation, Dak Krong Fm., Ma Da Fm., Song Phan Fm.) and marginal area (Dak Bung Formation, Dak

Krong Fm., Ea Sup Fm.) (Khuc et al. 2005, 2006, see Table 1). The eastern part of the basin, in the province of Khánh Hoà, was systematically mapped for the first time by the Czechoslovakian geologists in the 80s, when a map series at a scale of 1 : 50 000 was compiled (Opletal 1990).

In 2016, a detailed paleontological research was carried out. As the target area of approx. 18 km² was selected the Hòn Khoi Peninsula, situated 30 km north from Nha Trang, the capital of the Khánh Hoà Province. The sedimentary rocks of the Da Lat Basin are represented here by light to dark gray, fine-grained, thinly to thickly laminated, markedly folded siltstones and claystones of the Ma Da Formation (Aalenian-Bajocian, ~170–174 Ma), occasionally with a slight indication of contact metamorphism (Figs 1, 2). Besides the relatively abundant fossil mollusc shells (? *Myophorella* sp., Fig. 2, GPS: 12°34.719'N, 109°14.660'E), numerous trace fossils and ichnofabrics were found (*Skolithos*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus* and *Lockeia*), in high abundance (Figs 3A–E, GPS: 12°34.759'N, 109°14.680'E). The identified trace fossils belong to the *Cruziana* ichnofacies, revealing the sublittoral environment of the mid- to distal continental shelves, below the wave base. The palaeoecological analysis is in good agreement with earlier investigations, based on the study of the ammonite faunas (Khuc et al. 2006) and simultaneously, the trace fossils described herein are for the first time published Jurassic traces in Vietnam.

Oblast provincie Khánh Hoà v jihovýchodní části Vietnamu je po geologické stránce velmi dobře prozkoumána díky detailnímu mapovacímu a ložiskovému průzkumu, prováděnému pracovníky Ústředního ústavu geologického v letech 1983–1985 a 1987–1990. Výstupem je soubor map v měřítku 1 : 50 000 (Opletal 1990). K jejich vysoké kvalitě lze konstatovat, že při tvorbě nové geologické mapy vycházeli vietnamští geologové právě z českých podkladů (Nguyen et al. 2008).

Z výsledků mapování vyplývá, že v regionu se vyskytují i sedimentární formace, v nichž byla potvrzena přítomnost paleontologického materiálu, především měkkýšů. Během stáže na University of Nha Trang (Truong Đai hoc Nha Trang) v květnu 2016 proto první autor příspěvku provedl podrobné mapování ve vybrané oblasti, severně od města Nha Trang, s cílem ověřit hypotézu, zda je možné ve zmiňovaných sedimentech identifikovat rovněž přítomnost fosilních stop, což by umožnilo přesnější rekonstrukci sedimentačního prostředí a paleoekosystémů.

Přestože měla zkoumaná plocha rozlohu pouze cca 18 km² (ve srovnání s 3800 km² z předchozích průzkumů, viz citace výše), bylo zjištěno zajímavé společenstvo fosilních stop, mající vypovídající hodnotu o podmínkách tehdejšího paleo prostředí.

Geologická situace

V provincii Khánh Hoà lze rozlišit několik základních geologických jednotek, které tvoří podstatnou většinu její plochy. S pominutím jen marginálně přítomných proterozoických svorů a triasových magmatitů a sedimentů, představuje nejstarší dominantní formaci v regionu komplex mořských sedimentů jurského stáří. Ty jsou na řadě míst překryty produkty subaerického křídového vulkanismu, ojediněle s výskytem vulkanosedimentárních komplexů. Řádově desítky procent plochy zaujímají tělesa svrchněkřídových plutonitů a žilných hornin. Rozsáhlé oblasti ve vzdálenosti 10–20 km od pobřeží pokrývají nezpevněné či málo zpevněné kvartérní sedimenty marinního i terestrického původu.

V následujícím textu je uveden pouze podrobný popis hornin jurského stáří, detailní charakteristiku geologického vývoje provincie Khánh Hoà přináší např. Opletal (1990, 1993).

Mořská transgrese v pozdním hettangu (~198 Ma) zahájila ukládání materiálu v prostoru označovaném jako pánve Da Lat na podloží tvořené zvrásněným a erodovaným povrchem permských a triasových uloženin. Jde o největší sedimentační prostor jurského stáří ve Vietnamu, zaujímající

Tabulka 1. Korelace stratigrafických pojetí jurských sedimentů pánve Da Lat
Table 1. Correlation of the stratigraphical concepts of Jurassic strata in the Da Lat Basin

Ma	Stage	Nguyen – Ta (1979)	Khuc (1983)	Khuc – Cariou (1998)		Khuc et al. (2005, 2006), Thanh – Khuc 2011		La Nga Subgroup	Ban Don Group (J ₂ –J ₃)
				"common section"	"Ea Sup area"	Central area	Marginal area		
165	Bathonian	Ban Don Fm. (Bản Đôn)	La Nga Fm. (La Ngà)	Song Phan Fm. (Sông Phan)	Ea Sup Fm. (Ea Súp)	Song Phan Fm. (J ₂ bj–bt sp) (Sông Phan)	Ea Sup Fm. (J ₂ es) (Ea Súp)	La Nga Subgroup	Ban Don Group (J ₂ –J ₃)
170	Bajocian			Ma Da Fm. (Mã Đà)		Ma Da Fm. (J ₂ a–bj md) (Mã Đà)			
175	Aalenian		Dray Linh Fm. (Đray Linh)	Dray Linh Fm. (Đray Linh)	Dray Linh Fm. (Đray Linh)	Dak Krong Fm. (J ₁ s–t dk) (Đắc Krông)	Dak Krong Fm. (J ₁ s–t dk) (Đắc Krông)		
180	Toarcian								
185	Pliensbachian								
190	Sinemurian								
195	Hettangian				Dak Bung Fm. (J ₁ h db) (Đắc Búng)	Dak Bung Fm. (J ₁ h db) (Đắc Búng)			

Názvy jednotek jsou uvedeny v původní podobě i v anglické transkripci
The names of units are mentioned in their original form and in the English transcription

velkou část jižního Vietnamu, vymezenou severojižně přibližně 10° 30' N – 13° 00' N, na západě přesahuje vietnamsko-kambodžskou hranici a na východě pokračuje do Jihočínského moře (Khuc – Cariou 1998, Khuc et al. 2005, 2006). Stratigrafie tohoto jurského sedimentárního komplexu je poměrně komplikovaná a její detailní stavba není dosud dostatečně popsána. V závěrečných zprávách českých geologů (Opletal 1990) je užívána původní nomenklatura Nguyena a Ta (1979), kdy je celý komplex označován jako souvrství, popř. skupina Ban Don bez bližšího členění. V současné době je v pánvi Da Lat rozlišováno na základě litologických charakteristik několik samostatných souvrství ve dvou vývojích – čistě marinním v centru pánve a částečně terestrickém v okrajových částech pánevního prostoru, souhrnně řazených do nadřazené jednotky – skupiny Ban Don, viz tab. 1 (Khuc et al. 2005, 2006, Thanh – Khuc 2011).

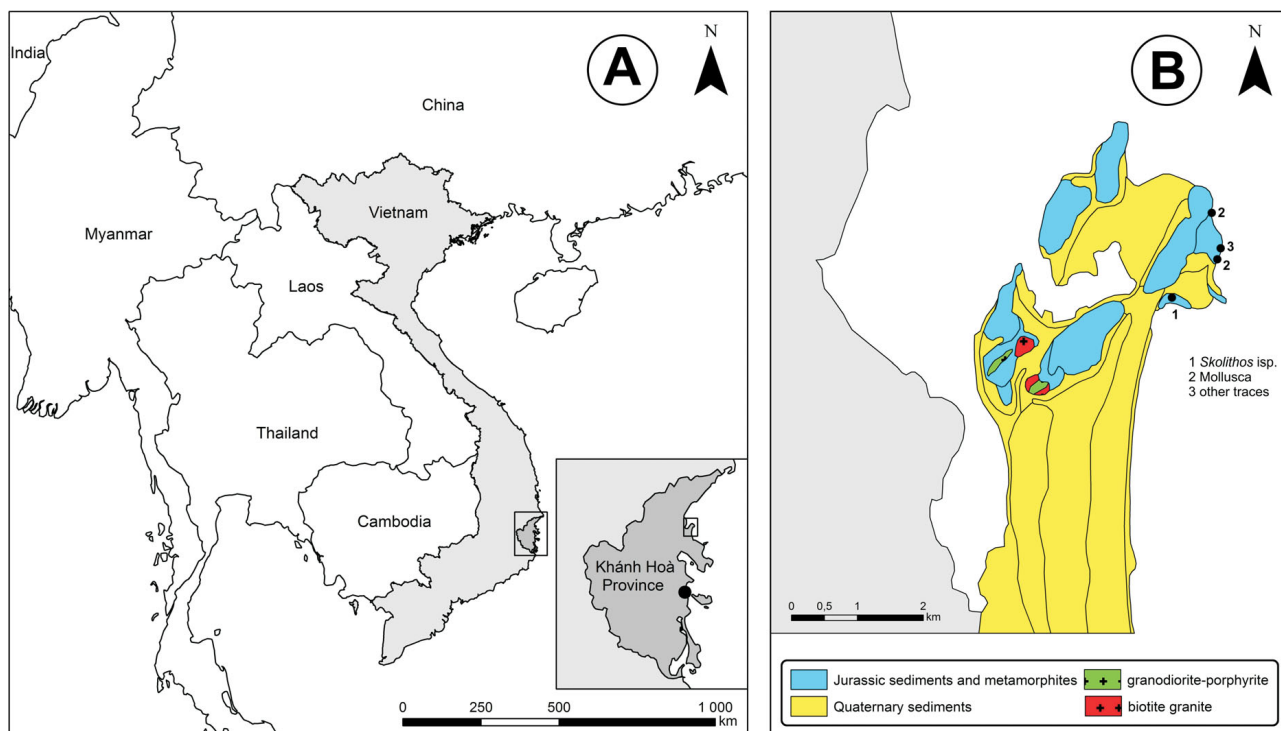
Marinní vývoj centrální části pánve je zahájen bazálními křemitými konglomeráty, které přecházejí výše v profilu do hrubě až středně zrnitých křemitých pískovců souvrství Dak Bung v celkové mocnosti 120–320 m. Pískovce obsahují ojediněle faunu bezobratlých, zastoupenou arietitidními amonity a mlži rodu *Cardinia*. Na pískovce souhlasně nasedají temně šedé vápnité prachovce a jemně zrnité vápence souvrství Dak Krong o mocnosti 450–800 m, dokládající rychle postupující transgresi a prohlubování sedimentárního prostoru. Pro biostratigrafické účely je hojná fauna rozdělována do několika zón (*Ectocentrites* Beds, *Arnioceras* Beds, *Arietoceras* Beds, *Elegantoceras* Beds a *Dumonteria* Beds). Především v centru pánve jsou přítomny šedé až černé, tenké laminované jílovité břidlice, prokládané vrstvy temně šedých jílovců a směrem výše

také šedavých jemnozrných pískovců souvrství Ma Da s hojnou faunou amonitů a mlžů, zejména rodu *Bositra*. Celková mocnost činí 410–1100 m a především v mladších partiích souvrství je patrný regresní vývoj. Nejmladším prvkem marinního vývoje je souvrství Song Phan, vyskytující se jen v centrální části pánve východně od Ho Chi Minova Města. Pro toto souvrství jsou typické světle šedé prachovce a pískovce, s hojnou rostlinnou drtí a měkkýší faunou; mocnost souvrství činí 750–1600 m.

Vývoj v okrajových částech pánve Da Lat má ve spodní části shodnou stratigrafii jako centrum sedimentačního prostoru. Na čistě marinní sedimenty souvrství Dak Bung a Dak Krong však v aalenu souhlasně nasedají usazeniny souvrství Ea Sup, mající původ v lakustrinním až terestrickém prostředí. Jsou tvořeny hnědošedými pískovci, hnědočervenými prachovci (red beds) s nepřilíš hojnou faunou sladkovodních mlžů rodu *Tuatella* a silicifikovanými kusy dřev. Celková mocnost dosahuje 400–460 m (Thanh – Khuc 2011).

Ukončení sedimentace v pánvi Da Lat je spojováno s počátky tektonogeneze v pozdním kimmeridgi (např. Opletal 1990). Po krátkém hiátu nesouhlasně nasedají na zvrásněné erozní rozhraní kontinentální usazeniny (red beds) spodněkřídového souvrství Dak Rium; v některých oblastech tento prvek chybí a jurské uloženiny překrývá následující, vulkanosedimentární souvrství Don Duong, případně nejmladší, rovněž silně vulkanicky propagované souvrství Nha Trang (Thanh – Khuc 2011).

V době vzniku souvrství Don Duong a Nha Trang docházelo k intenzivnímu subaerickému vulkanismu dacitového, ryolitového a felsitového typu, s hojnou produkcí tufů. S povrchovými projevy vulkanismu jsou spjata široce



Obr. 1. A – geografická pozice Vietnamu v rámci jihovýchodní Asie s vyznačením hranic provincie Khánh Hoà. Tečkou označeno hlavní město provincie, Nha Trang. B – zjednodušená geologická mapa poloostrova Hòn Khói, čísla jsou označeny lokality s paleontologickými nálezy (volně podle Opletala 1990 a Nguyen et al. 2008).

Fig. 1. A – Geographical position of Vietnam in the SE Asia with the highlighted borders of the Khánh Hoà Province. The dot marks the provincial capital city Nha Trang. B – Simplified geological map of the Hòn Khói Peninsula, numbers corresponds to paleontological localities (after Opletal 1990 and Nguyen et al. 2008).

rozšířené komplexy plutonických těles (dioritů, granitů a granodioritů), tvořících mohutné horské masivy, zaujímající přibližně 40 % plochy provincie (Opletal 1990, Thanh – Khuc 2011). Na styku plutonitů a jurských sedimentů docházelo ke vzniku aureoly kontaktních metamorfitů různé intenzity, v mocnostech 50–2000 m. Dubec (1994) podrobně popisuje 14 typů kontaktních sedimentů, od slabě metamorfovaných skvrnitých a plodových břidlic až po kontaktní rohovce.

Pro paleoichnologický průzkum byl zvolen poloostrov Hòn Khói, ležící 30 km s. od Nha Trangu, hlavního města provincie Khánh Hoà, v. od dálnice QL1A. Má podobu severojižního lichoběžníku o délce 6,5 km a průměrné šířce 2 km (obr. 1A). Jižní část poloostrova je převážně rovinatá, pokrytá kvartérními sedimenty mořského i eolického původu. Velkou rozlohu západního pobřeží zabírají plochy sloužící k odpařování mořské vody za účelem výroby soli a také chovné nádrže pro krevety. Jihovýchodní pobřeží lemuje dlouhé pláže. Sever poloostrova, přibližně od osady Ninh Hải, má výrazně členitější reliéf a na morfologii se projevují čtyři hlavní tělesa jurských sedimentů, náležejících souvrství Ma Da (Nguyen et al. 2008).

V české geologické mapě (Opletal 1990) jsou tyto horniny s výjimkou severovýchodního výběžku označovány jako skvrnitá a plodová břidlice, lokálně s lemem kontaktních rohovců. Projevy metamorfózy však až na neprůkazné výjimky v nejsevernějším výběžku poloostrova nebyly pozorovány. Dominantní horninou jsou zde světle až tmavě



Obr. 2. Formace zvrásněných prachovců a jílovců souvrství Ma Da na poloostrově Hòn Khói.

Fig. 2. A complex of folded siltstones and claystones of the Ma Da Formation on the Hòn Khói Peninsula.

šedé jemnozrné, tenké až hrubě laminované prachovce a jílovcy, výrazně zvrásněné. V centrální části poloostrova jsou zpravidla zakryty tenkou vrstvou písčitých půd, východní pobřeží je skalnaté, s četnými převisy tvořenými odlučnými plochami horniny (obr. 1B, 2). Poměrně hojně

jsou otisky schránek měkkýšů (*Myophorella* sp., obr. 2, GPS: 12° 34.719' N, 109° 14.660' E) a také ichnostavby a projevy bioturbace (obr. 3A–E, GPS: 12° 34.759' N, 109° 14.680' E).

Systematická část

Nalezený a identifikovaný paleontologický materiál byl z velké části ponechán in situ, několik vybraných dokumentačních vzorků je uloženo v depozitářích Oceánologického institutu v Nha Trangu.

Skolithos isp.
Obr. 3C

Roztroušeně se vyskytující vertikální až subvertikální, přímé, nevětvené, válcovité chodby, bez zřetelné výztuže stěn, probíhající napříč vrstvami šedých jílovců. Průměr chodeb pozorovaných jedinců kolísá mezi 5–10 mm, délka se pohybovala mezi 5–15 cm. Výplň chodeb bez viditelné struktury, tvořená materiálem shodným s okolní horninou. Ústí chodeb kruhovitá, bez viditelného trychtýřovitého rozšíření.

Thalassinoides isp.
Obr. 3A, D

Horizontální, méně často trojrozměrné fragmenty systémů větvených, výrazně zploštělých chodeb o průměru 10–30 mm. Délka chodeb dosahovala 10–50 cm, větvení mělo podobu písmene Y, méně často T, u některých jedinců byla místa větvení výrazně rozšířená. Výplň chodeb bezstrukturní, barvou a složením shodná s okolní horninou, povrch hladký.

Palaeophycus isp. 1
Obr. 3A, B

Horizontální až subhorizontální, přímé až zakřivené, válcovité, místy v průřezu částečně zploštělé chodby, zachovalé na vrstevních plochách prachovců a jílovců, o průměru 2–8 mm a délce do 10 cm. Na několika místech bylo pozorováno jednoduché větvení. Povrch chodeb je hustě pokryt drobnými, zaoblenými, válcovitými a na povrchu jemně granulozními strukturami, generálně orientovanými souběžně s průběhem chodby. Pravděpodobně jde o zpevnění stěn, připomínající ichnotaxon *Palaeophycus sulcatus*. Protože však nebylo pozorováno anastomozní větvení těchto struktur, typické pro *P. sulcatus*, ponecháváme determinaci na úrovni rodu.

Palaeophycus isp. 2
Obr. 3A

Hojné, přímé až mírně zakřivené, horizontální, nevětvené či jen ojediněle větvicí se tunely, v průměru výrazně zploštělé. Chodby mají průměr 3–8 mm, délka pozorovaných fragmentů činila do 10 cm. Pasivní výplň totožná s okolní

horninou, povrch chodeb hladký, bez patrné skulptace, poukazující na podobnost s ichnotaxonem *Palaeophycus tubularis*.

Lockeia isp.
Obr. 3A

Drobné, roztroušené konvexní otisky protáhle čočkovitého tvaru, šířky 3–5 mm a délky 5–12 mm, v průřezu zaobleně trojúhelníkovité. Povrch hladký, výplň totožná s okolní horninou.

Paleoekologická implikace

Druhové složení nalezených fosilních stop je zpravidla spojováno se středně vysokým kinetickým prostředím pod hladinou moře, tedy sublitorálem s mělkovodními ekosystémy viz Buatois – Mángano 2011, kapitola 7). Soudě podle litologie přítomných sedimentárních formací lze usuzovat na středně hluboký šelf, ležící již pod úrovní dosahu vlnobití, jen s neperiodickým vlivem bouřkových eventů, přítomnost heterolitické facie signalizuje prodeťovou sekvenci na začátku regresní fáze. Dominantní přítomnost horizontálních stop (*Palaeophycus*, *Lockeia*), poměrně vysoká biodiverzita a hojnost ichnotaxonů vyskytujících se na mořském dně či mělce pod povrchem (*Thalassinoides*) svědčí o příslušnosti ke cruzianové ichnofacii, mající těžiště svého výskytu právě v šelfové zóně (Buatois – Mángano 2011, kapitola 4).

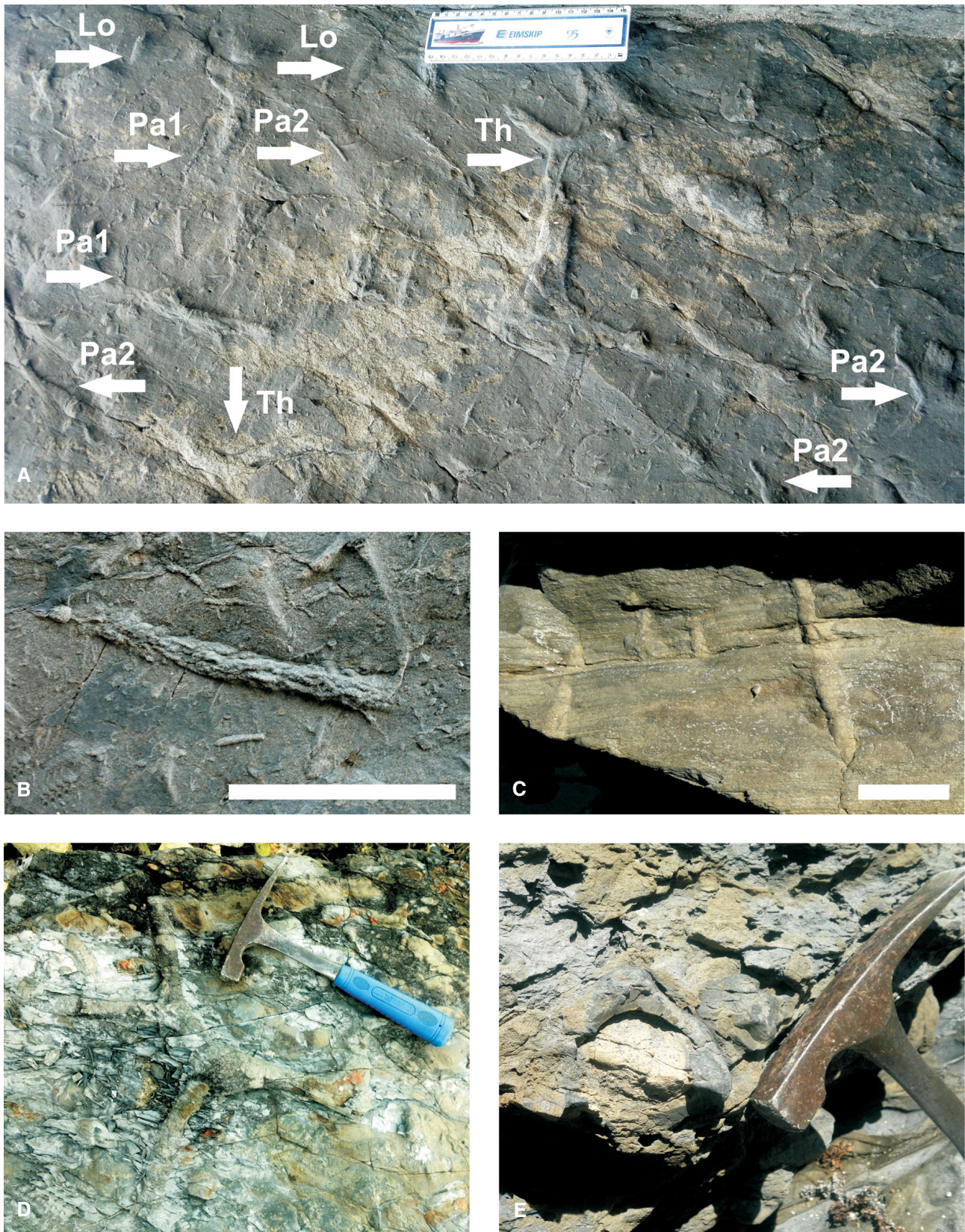
Khuc et al. (2006) zpracovali na základě rozboru amonitové fauny detailní paleobatymetrický vývoj pánve Da Lat a jejich tvrzení o postupném regresním vývoji pánve, datovaném od bajoku, je v dobré shodě s popsávanými fakty.

Z prostředí vietnamských sedimentárních formací dosud takřka chybí informace o fosilních stopách. Publikovány byly pouze stručné zmínky o výskytu v prostředí paleozoických pánví (Than – Khuc 2011), Wetzel et al. (2010, 2011) popisují ichnostavby ve slabě zpevněných sedimentech kvartérního stáří. V uloženinách jurského stáří okrajově zmiňuje ichnofosilie (*Planolites*, *Chondrites*) v souvislosti s formací Ban Don pouze Opletal (1990) v nepublikované závěrečné zprávě geologického mapování.

Vzhledem k četnosti a vypovídací hodnotě nově nalezených ichnofosilií by bylo vhodné věnovat tomuto typu paleontologického záznamu větší pozornost, což by umožnilo podstatně přesnější rekonstrukci historického vývoje regionu.

Závěr

V sedimentech pánve Da Lat na poloostrově Hòn Khói (provincie Khánh Hoà, jihovýchodní Vietnam), datovaných do střední jury (aalen, ~170–174 Ma, souvrství Ma Da, viz reference v předchozím textu), bylo zjištěno zajímavé společenstvo fosilních stop, zahrnující ichnorody *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus* a *Lockeia*,



Obr. 3. A – vrstevní plocha šedých jílovců souvrství Ma Da s ichnofosiliemi zachovanými jako konvexní epireliéf. Lo – *Lockeia* isp., Pa1 – *Palaeophycus* isp. 1, Pa2 – *Palaeophycus* isp.2, Th – *Thalassinoides* isp., měřítko 15 cm; B – *Palaeophycus* isp. 1, měřítko 5 cm; C – *Skolithos* isp., měřítko 5 cm; D – *Thalassinoides* isp. E – ?*Myophorella* sp.

Fig. 3. A – The bedding plane of grey claystones of Ma Da Formation with the trace fossils preserved as the convex epirelief. Lo – *Lockeia* isp., Pa1 – *Palaeophycus* isp. 1, Pa2 – *Palaeophycus* isp. 2, Th – *Thalassinoides* isp., scale 15 cm; B – *Ophiomorpha* isp., scale 5 cm; C – *Skolithos* isp., scale 5 cm; D – *Thalassinoides* isp. E – ?*Myophorella* sp.

charakteristické vysokou četností všech zmiňovaných taxonů. Reprezentují kruzianovou ichnofaci a dokládají vývoj ve středním šelfu v období postupné regrese.

Poděkování. Terénní výzkum RP byl hrazen z projektu IGA UJEP 1/2014. Autoři děkují O. Dubcovi (Quang Binh Bohemia Kaolin, Dong Hoi Co., Ltd., Vietnam) za informace o působení českých geologů ve Vietnamu a za základní seznámení s geologickou situací v regionu. Poděkování náleží rovněž editorovi a recenzentům.

Literatura

(u ruských a vietnamských publikací byla použita mezinárodní transkripce)

BUATOIS, L. – MÀNGANO, M. G. (2011): *Ichnology: Organism-Substrate Interactions in Space and Time*. – 358 str. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

DUBEC, O. (1994): Contact metamorphosed sediments in the Nha Trang area, south Vietnam. – *Věst. Čes. geol. Úst.* 69, 2, 75–82.

KHUC, V. (1983): Dia tang cac tram tich Mesozoi o mien Nam Viet Nam. – *Tap chi Cac khoa hoc ve Trai dat* 5, 1, 1–9.

KHUC, V. – CARIOU, E. (1998): Ammonites from Jurassic basins of Viet Nam and their stratigraphic implications. – *J. Geology, Ser. B.* 11–12, 107–120.

KHUC, V. – TRAN HUYEN, D. – JINGENG, S. (2006): Stratigraphy and paleontology of the marine Jurassic strata in Vietnam. – *Progress in Nat. Sci.* 16, suppl. 1, 186–193.

NGUYEN, D. T. – DO, K. H. – LE, T. C. – LY, T. P. – NGUYEN, D. B. (2008): Ban Do Dia Chat Va Khoang San. Tinh Khanh Hoa, 1 : 50 000. – Lien doan Quy hoach va dieu tra Tai nguyen nuoc mien Trung, Nha Trang, Viet Nam.

NGUYEN, X. B. – TA, H. T. (1979): Tram tich Jura o Nam Viet Nam. – *Ban Do Dia Chat* 42, 81–90.

OPLETAL, M., ed. (1990): Geologicheskaja sjemka grupy listov Nha Trang i poiski na listach Phan Rang. – *MS Intergeo*, n. p., Geoindustria, n. p., dep. in Czech Geol. Survey, Prague, 489 str.

OPLETAL, M. (1993): Geology of the Nha Trang area, Southern Vietnam. – *Věst. Čes. geol. Úst.* 68, 4, 57–61.

THANH, T.-D. – KHUC, V., ed. (2011): Stratigraphic units of Viet Nam. – 553 str. Vietnam Nat. Univ. Publ. Hanoi.

WETZEL, A. – TJALLINGII, R. – STATTEGGER, K. (2010): *Gyrolithes* in Holocene estuarine incised-valley fill deposits, offshore southern Vietnam. – *Palaios*, 25, 239–246.

WETZEL, A. – TJALLINGII, R. – WIESNER, M. G. (2011): Bioturbational structures record environmental changes in the upwelling area off Vietnam (South China Sea) for the last 150,000 years. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 311, 256–267.