

Skamieniałości śladowe w ordowiku strefy Koszalin–Chojnice — nowe dane

Teresa Podhalańska*

Trace fossils in the Ordovician of the Koszalin–Chojnice area (NW Poland) — new data. Prz. Geol., 52: 1166–1170.

Summary: A moderately rich trace fossil assemblage in the Ordovician rocks of the Koszalin–Chojnice area (NW Poland) has been recovered for the first time. Previously the only evidence of trace fossils was represented by the clusters of small cylindrical pellets assigned to the *Tomaculum problematicum* (Groom). The newly discovered trace fossils occur in greyish-brown and greyish-green claystone and silty claystone of Llanvirnian to Lower Caradocian (*teretiusculus* — *multidens* zones). The most diverse and well-preserved trace fossils have been found in the Skibno 1 profile. They are known also from the other deep boreholes: Jamno IG 2, Miastko 1, Polskie Łąki IG 1 and Chojnice 5. The ichnofossil association is represented mainly by fodinichnia of the deposit feeders: *Planolites* isp. and *Chondrites* isp. In the *multidens* zone of the Skibno 1 profile, domichnia of suspension feeders: ? *Cylindrichnus* isp., ? *Bergaueria* isp. and *Palaeophycus* isp. appear. Ordovician ichnofossils from deep boreholes of the Koszalin–Chojnice area differ from the *Nereites* ichnofacies which has been identified on the Rügen Island (Germany). The intervals with trace fossils define the levels of better oxygenation and the presence of domichnia of suspension feeders in the upper part of the Lower Caradocian — a new feeding resources in a more agitated and probably shallower environment.

Key words: Trace fossils, depositional environment, Ordovician, Koszalin–Chojnice area, Poland

Osady ordowiku w strefie Koszalin–Chojnice zostały rozpoznane w końcu lat sześćdziesiątych i pierwszej połowie lat siedemdziesiątych w profilach kilkunastu wierceń. Są to m.in. otwory: Jamno IG 1, Jamno IG 2, Skibno 1, Kościernica 1, Brda 2, Brda 3, Nowa Wieś 1, Miastko 1, Nowa Karczma 1, Chojnice 5 oraz odwiercony w okresie późniejszym profil Polskie Łąki IG 1. Prowadzone w ostatnim czasie badania biostratygraficzne i sedimentologiczne osadów starszego paleozoiku pozwoliły rozpoznać po raz pierwszy skamieniałości śladowe w profilach Jamno IG 2, Skibno 1, Chojnice 5 oraz Polskie Łąki IG 1 (ryc. 1).

Stopień rdzeniowania osadów ordowiku w większości profili był niski i co się z tym wiąże również ich dokumentacja jest fragmentaryczna. W żadnym z otworów osady ordowickie nie zostały przewiercone. Występują tu silnie zaburzone tektonicznie, o zmiennych upadach skały o miąższości od kilku do ok. 1000 m, przykryte przez osady dewonu lub cechsztynu. Reprezentują one część profilu obejmującą utwory lanwirnu–karadoku.

Osady ordowiku występują jako drobnoziarniste osady klastyczne: iłowce, iłowce mułowcowe i mułowce, miejscami wapniste (zawierające wkładki tufitów), nielaminowane lub wykazujące delikatną laminację poziomą. Niewielki udział frakcji piaszczystej w osadach ordowiku świadczy o niewielkim znaczeniu erozji w obszarach źródłowych lub o znacznym od nich oddaleniu.

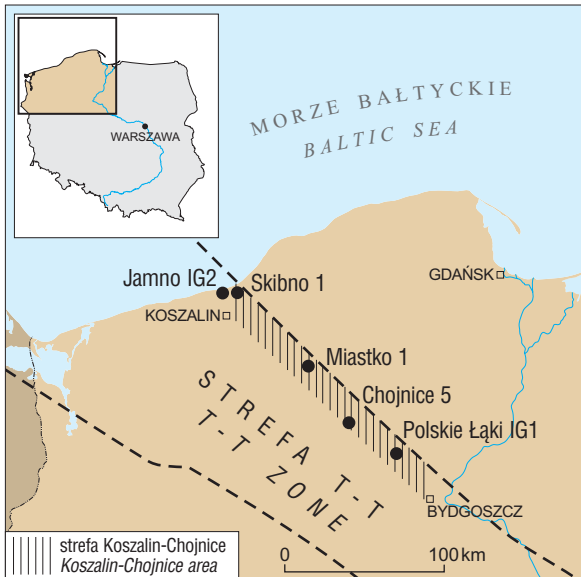
Najstarsze osady ordowiku w strefie Koszalin–Chojnice są reprezentowane przez szare i ciemnoszare osady mułowcowo-ilaste wyższego lanwirnu i zostały napotkane w wierceniach Skibno 1, Karsina 1 i Miastko 1. Fragmenty profilu osadów karadoku zostały natomiast rozpoznane w kilkunastu otworach wiertniczych omawianej strefy. Stwierdzono w nich dość monotonną serię osadów mułowcowo-ilastych szarych, ciemnoszarych i szarozielonkawych z nielicznymi wkładkami piaszczystymi, dolomitycznymi i syderytycznymi. W niektórych profilach (Brda 3 oraz Nowa Wieś 1) występują wkładki osadów piroklastycznych — tufitów. W profilu Polskie Łąki IG 1,

znajdującym się w południowo-wschodniej części obszaru osady ordowiku występują pod dewonem na głębokości od 4297,5 do 4427,0 m i są reprezentowane przez monotonną serię iłowców, iłowców mułowcowych i mułowców karadoku. W obrębie tych osadów w karadoku środkowym występują cienkie laminy drobnoziarnistego piaskowca kwarcowego z biotytem. Obecność powierzchni erozyjnych wskazuje na działalność prądów dennych. Osady najwyższego ordowiku–aszgilu nie zostały napotkane w żadnym z wierceń w strefie Koszalin–Chojnice. Można jedynie przypuszczać, iż są one podobne do nieudokumentowanych paleontologicznie, a przypuszczalnie górno-ordowickich osadów ilasto–mułowcowych w otworze Toruń 1 (Tomczyk, 1980).

Osady facji ilastej ordowiku stanowią produkt sedymentacji hemipelagicznej i wykazują zmienne barwy od czarnej, poprzez szarą, zielonkawą, brązową niekiedy pstrą, odzwierciedlając w ten sposób pierwotny stopień natlenienia wód w strefie dennej oraz osadów poniżej dna, zawartość i charakter przemian substancji organicznej oraz tempo sedymentacji (Taylor i in., 2003).

Biostratygrafia osadów ordowiku jest oparta na graptolitach, które są tu dość dobrze zachowane, chociaż nieliczne. W niektórych interwałach licznie występują mikroskamieniałości: chitinozoa i akritarchy. Osady ordowiku strefy Koszalin–Chojnice były przedmiotem opracowań stratygraficznych m.in. Bednarczyka (1974), Modlińskiego (1968, 1987), Tomczyka (1987). Na podstawie graptolitów Bednarczyk (1974) wyodrębnił dwa lokalne poziomy zespoły: *Glyptograptus teretiusculus* — *Orthograptus acutus* i *Climacograptus bicornis* — *Orthograptus truncatus*. Zgodnie ze standardowym podziałem brytyjskim (Fortey i in., 1995) można je korelować z poziomami *Hustedograptus teretiusculus*, *Diplograptus multidens* oraz dolną częścią poziomu *Dicranograptus clingani*. Pierwszy z wydzielonych przez Bednarczyka (.....) poziomów obejmowałby najwyższy lanwirn–najniższy karadok, drugi zaś pozostałą część dolnego karadoku. Wiek ten potwierdzają również wyniki badań mikroskamieniałości (chitinozoa i akritarchy) (Bednarczyk i in., 1999; Szczepanik, 2000; Wrona i in., 2001; Samuelsson i in., 2002; Stempień-Safek, inf. ustna).

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Ryc. 1. Lokalizacja profilów w obrębie strefy Koszalin-Chojnice, w których zostały znalezione skamieniałości śladowe w osadach ordowiku **Fig. 1.** Location of the boreholes in the Koszalin-Chojnice area that yielded Ordovician trace fossils

Zespoły skamieniałości śladowych

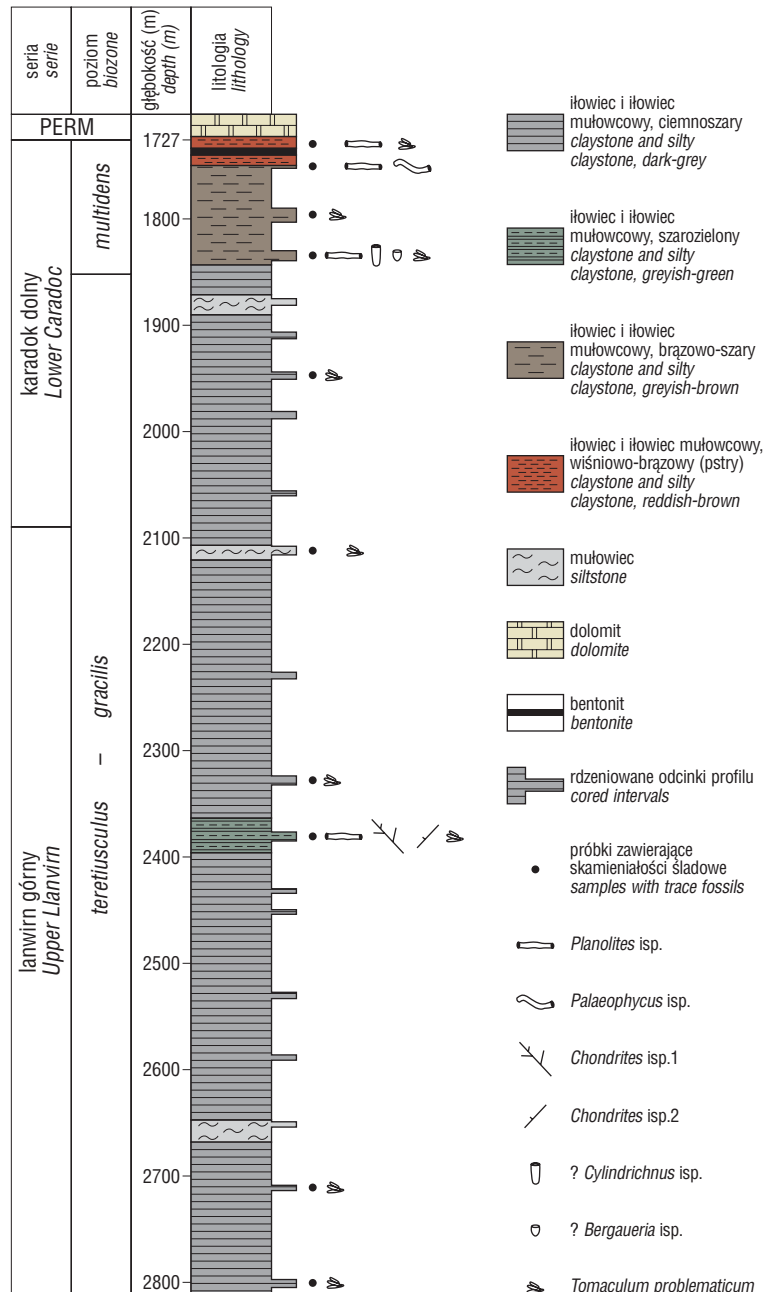
Obecność urozmaiconego ichtnotaksonomicznie zespołu skamieniałości śladowych w strefie Koszalin-Chojnice została stwierdzona po raz pierwszy. Wcześniejsze badania (Bednarczyk, 1974; Wrona i in., 2001) nie wskazywały na występowanie na Pomorzu śladów działalności nieszkieletowych organizmów bentonicznych, innych niż *Tomaculum problematicum* (Groom), znanych też jako *Alcyonidiopsis pharmacus* (Richter i Richter).

Najbogatszy i dość dobrze zachowany zespół skamieniałości śladowych, w którym zmiany składu dają się prześledzić w profilu pionowym, występuje w profilu Skibno 1 (ryc. 2). Większa fre-

Najdłuższy odcinek ordowiku o miąższości pozornej ok. 1000 m nawiercono bezpośrednio pod cechsztynem na głębokości 1726,5–2807,0 m w profilu Skibno 1 znajdującym się w północnej części strefy Koszalin-Chojnice. W dolnej części tego profilu, jak również w profilu Miastko 1, udokumentowano obecność najstarszych osadów ordowiku znanych w strefie Koszalin-Chojnice. Rewizja zespołów graptolitywych potwierdziła obecność poziomów: *teretiusculus*, *gracilis* i *multidens* dokumentujących późnolanwirnsko-wczesnokaradocki wiek osadów.

Nowe dane dotyczące biostratygrafii ordowiku strefy Koszalin-Chojnice pochodzą z wykonanego w 1992 r. profilu Polskie Łąki IG 1. Graptolity występują tu tylko na głębokości 4323,0–4334,0 m w obrębie facji nielaminowanych lub bardzo słabo laminowanych iłowców i iłowców mułowcowych. Oznaczono tu *Diplograptus molestus* Thorslund, fragmenty rabdomów *Normalograptus* sp. oraz *Dicranograptus* sp. dokumentujące obecność osadów wyższej części karadoku.

W osadach ilastych i ilasto-mułowcowych ordowiku została stwierdzona obecność dość zróżnicowanej ichtnocenozy.



Ryc. 2. Profil utworów ordowiku oraz występowanie skamieniałości śladowych w otworze Skibno 1

Fig. 2. Lithology and trace fossils distribution in the Skibno 1 profile

kwencja śladów w tym profilu może być związana z lepszym niż w innych profilach rdzeniowaniem i wyższym potencjałem zachowania się ich w stanie kopalnym. Pojedyncze ślady aktywności życiowej organizmów bentonicznych, najczęściej w formie wypełnień jamek i kanałów, znaleziono również w lanwirnie i karadoku w profilach Chojnice 5, Jamno IG 2 oraz Polskie Łąki IG 1 i Miastko 1 (Podhalańska, 2004).

Już klasyczne opracowania Seilachera (1953, 1960, 1977) dowodzą, że ichnoskamieniałości, jako struktury autochtoniczne, mają duże znaczenie przy interpretacjach paleoekologicznych i paleofacjalnych. Obecność i skład taksonomiczny śladotwórców jest zależna zarówno od czynników biotycznych, jak i abiotycznych, przy czym do najbardziej istotnych należą: charakter osadu, obecność tlenu w strefie dennej, energia środowiska, dostępność pożywienia, konkurencyjność między śladotwórcami i innymi składnikami biocenozy (Crimes, 1970; Rhoads, 1975; Ekdale & Mason, 1988; Gaiillard, 1991; Leszczyński & Uchman, 1993; Paczeńska, 1996, 2001). Na ogół uważa się, że obecność skamieniałości śladowych świadczy o obecności przynajmniej minimalnej ilości tlenu w strefie dennej. W przypadku basenów anoksycznych osady wzbogacone w skamieniałości śladowe wskazują na obecność interwałów dysoksycznych. Ich obecność jest dowodem natlenienia wód dennych oraz górnej części osadu dennego, nawet w przypadku, gdy ciemny jego kolor i inne cechy wskazują na warunki euksyniczne. Masowe występowanie skamieniałości śladowych świadczy przede wszystkim o niskiej energii środowiska i powolnej sedymentacji. W przypadku sedymentacji hemipelagicznej, barwa osadu oraz skład ichnocenozy są zależne głównie od ilości substancji organicznej i tempa sedymentacji (Taylor i in., 2003).

Badania śladów organicznych w Polsce zarówno śladów trylobitów, jak też innych organizmów dotyczyły głównie skał kambryjskich Gór Świętokrzyskich (Radwański & Roniewicz, 1963; Orłowski, 1989, 1992; Orłowski & Żylińska, 1996, 2002) oraz platformy wschodnioeuropejskiej (Paczeńska, 1996, 2001). Klasyczne opracowanie śladów organicznych fliszu karpackiego (Książkiewicz, 1977) są kontynuowane obecnie przez Leszczyńskiego (1996, 2004) oraz Uchmana (1995, 2003).

W profilu Skibno 1 skamieniałości śladowe występują głównie w iłowcach i iłowcach mułowcowych, nielaminowanych barwy szarozielonej oraz brązowszarej. Jedynie koprolity *Tomaculum problematicum* (Groom) występują również w iłowcach ciemnoszarych (por. ryc. 2).

Asocjacja skamieniałości śladowych górnego lanwirnu jest reprezentowana głównie przez fodinichnia (jamki żerowiskowo-mieszkalne) osadożerców: *Planolites* isp., i *Chondrites* isp. 1 oraz *Chondrites* isp. 2. Obok *Tomaculum problematicum* (Groom) zostały one znalezione w iłowcach szarozielonych, na głębokości 2386,4–2391,2 m (ryc. 2, ryc. 3: 4 i 7). W tym interwale nie występują jamki mieszkalne organizmów filtrujących pokarm z zawiesiny.

W wyższej części profilu ordowiku w poziomie graptolitowym *multidens* pojawiają się pojedyncze domichnia (jamki mieszkalne) filtratorów, czyli infauny osiadłej, żywiącej się pokarmem z zawiesiny, która preferuje płytsze i bardziej energetyczne środowiska. W brązowszarych iłowcach poziomu *multidens* stwierdzono obec-

ność dużych form cylindrycznych: 3 dobrze zachowane okazy? *Cylindrichnus* isp. (ryc. 3: 2) i dwa okazy? *Bergaueria* isp. (ryc. 3: 3) występujących razem z niezależnymi od facji *Planolites beverleyensis* (Billings) (ryc. 3: 1b), *Planolites montanus* Richter (ryc. 3: 6a) oraz *Tomaculum problematicum* (Groom). W najwyższej części profilu w brązowo-wiśniowych (pstrych) iłowcach rozpoznano nieliczne domichnia filtratora, należące do ichnorodzaju *Palaeophycus* (ryc. 3: 1a) obok przedstawicieli ichnorodzaju *Planolites*, wskazujące na stosunkowo płytką przeróbkę osadu przez organizmy śladotwórcze oraz duże i dobrze zachowane grudki fekalne *Tomaculum problematicum* (Groom) (ryc. 3: 8). Nie występują tu natomiast, fodinichnia *Chondrites* isp. charakterystyczne dla stref z dużym deficytem tlenowym (Ekdale & Mason, 1988).

Zaobserwowana zmienność składu ichnocenozy w obrębie profilu może wskazywać na stopniową zmianę warunków środowiskowych na lepiej natlenione oraz występowanie w poziomie *multidens* dolnego karadoku interwałów wysokoenergetycznych, lepiej natlenionych i być może nawet bardziej płytkowodnych.

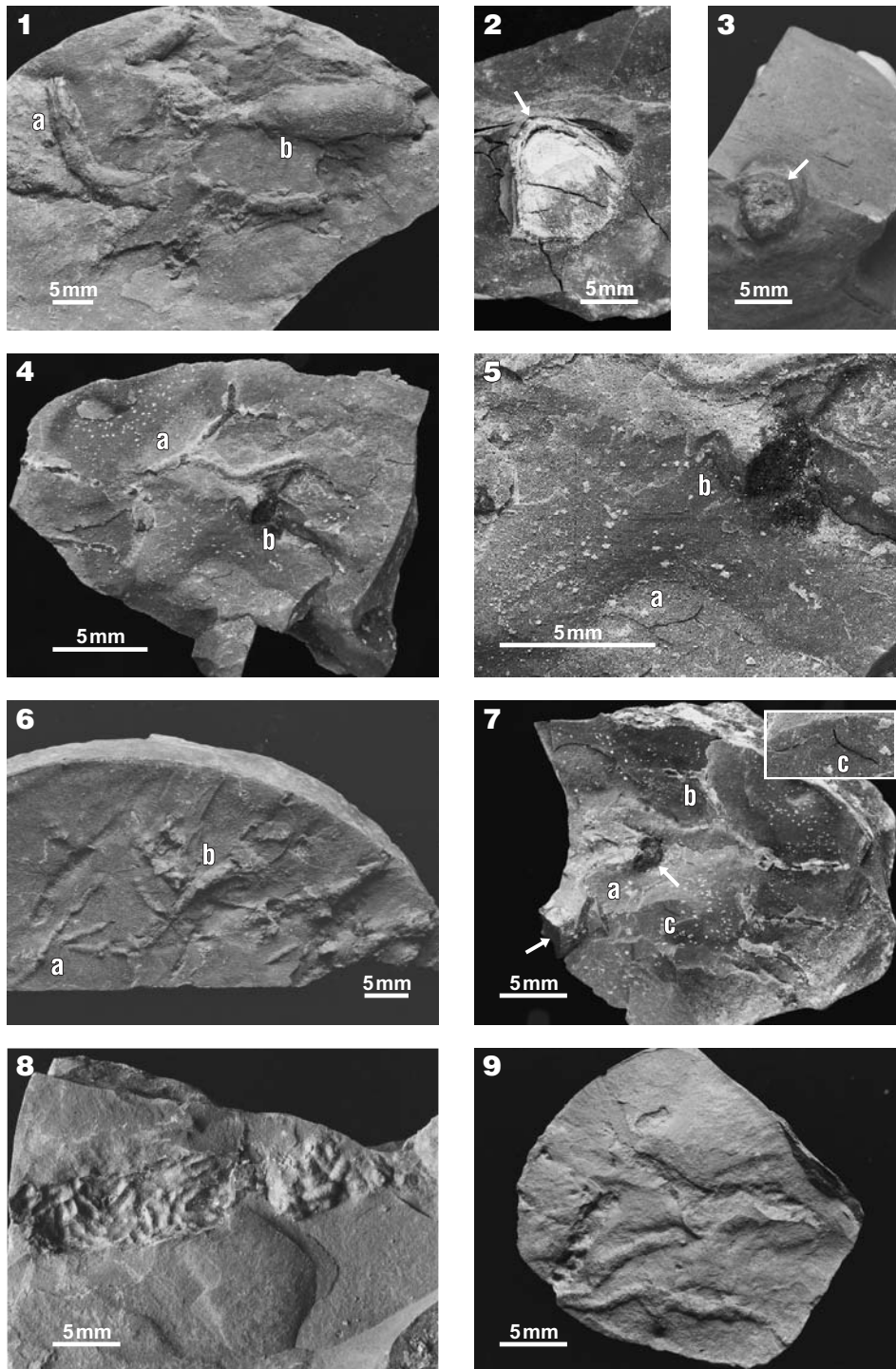
Nieliczne formy reprezentujące jamki mieszkalne (domichnia) filtratorów występują również w karadoku profilu Chojnice 5 oraz Jamno IG 2. W profilu Polskie Łąki IG 1 skamieniałości śladowe *Planolites* isp. dużych mobilnych osadożerców są związane z facją ciemnoszarych homogenicznych iłowców i wskazują na dość głęboką penetrację osadu.

Porównanie z innymi zespołami skamieniałości śladowych ordowiku

Skamieniałości śladowe lanwirnu i dolnego karadoku zostały opisane wcześniej z obszaru Rugii (Zagora, 1997). W osadach ordowiku profilu Rügen 5, interpretowanych jako dystalne turbidyty powstałe w głębszej części strefy batialnej, na spągowych powierzchniach warstw piaskowcowych fliszu stwierdzono występowanie ichnofacji *Nereites* z typowymi formami, zdominowanymi przez ślady żerowania pozostawione przez organizmy mułozerne, które często meandrując w sposób planowy, penetrowały osad w poszukiwaniu pokarmu (tzw. *graphoglyptids*). Podobne meandrujące formy znane z fliszu polskich Karpat (Leszczyński & Seilacher, 1991), czy też z ordowiku Skiddaw Group, z Lake District w Anglii (Orr, 1996) nie są znane w zespole skamieniałości śladowych strefy Koszalin–Chojnice. Nie występuje tu też typowy dla ordowiku Rugii głębokowodny *Glockerichnus* isp. Powszechnie występujące i mało zależne od facji ichnorodzaje *Planolites* oraz *Chondrites* są znane w każdym z tych obszarów. W profilach ordowiku Rugii nie występują natomiast *Cylindrichnus* isp. i *Bergaueria* isp.

W porównaniu z ichnofacją *Skolithos* i *Cruziana*, opisaną w deltowych osadach kambro–ordowiku norweskich kaledonidów (Knaust, 2004), zespół ichnoskamieniałości Pomorza charakteryzuje się mniejszym urozmaiceniem i przewagą niezależnych od facji ichnorodzajów: *Planolites* i *Chondrites* oraz brakiem śladów pochodzenia trylobitowego.

Zespół śladów, występujący w osadach ordowiku Pomorza, wykazuje natomiast kilka wspólnych form z przedstawicielami ichnocenozy, znanej z osadów ilasto-



Ryc. 3. Skamieniałości śladowe w osadach ordowiku profilu Skibno 1; 1a — *Palaeophycus* isp., b — *Planolites beverleyensis* (Billings), głęb. 1748 m, 2 — Jamka mieszkalna? *Cylindrichnus* isp. z zaznaczającą się wielowarstwową otoczką (strzałka), głęb. 1840,0 m; 3 — ?*Bergaueria* isp., głęb. 1840,0 m; 4 — zespół skamieniałości śladowych *Chondrites* — *Planolites* w szarzielonych iłowcach, głęb. 2388,0 m, a — *Chondrites* isp. 1, b — *Planolites* isp.; 5 — zespół skamieniałości śladowych *Chondrites* — *Planolites* w szarzielonych iłowcach, głęb. 2388,0 m, a — *Chondrites* isp. 2, b — *Planolites* isp.; 6 — zespół skamieniałości śladowych *Planolites* — *Palaeophycus* w iłowcach mułowcowych, wiśniowo-brązowych, głęb. 1748,0 m, a — *Planolites montanus* Richter, b — *Palaeophycus* isp.; 7 — zespół zdominowany przez formy: a — *Planolites* isp. głęboko penetrujący osad (strzałkami zaznaczono dwa końce tej samej formy), b — *Chondrites* isp. 1 oraz c — *Chondrites* isp. 2 (powiększenie w ramce), głęb. 2388,0 m; 8 — *Tomaculum problematicum* (Groom) (grudki fekalne), głęb. 1734,0 m; 9 — *Planolites* isp. głęb. 1840,0 m; skala 5 mm

Fig. 3. Trace fossils in the Ordovician of the Skibno 1 profile; 1a — *Palaeophycus* isp., b — *Planolites beverleyensis* (Billings), depth — 1748 m, 2 — Dwelling burrow of ? *Cylindrichnus* isp. surrounded by very fine layers (arrow), depth 1840.0 m; 3 — ?*Bergaueria* isp., depth 1840.0 m; 4 — *Chondrites* — *Planolites* assemblage in greyish-green claystone, depth 2388.0 m, a — *Chondrites* isp. 1, b — *Planolites* isp.; 5 — *Chondrites*-*Planolites* assemblage in greyish-green claystone, depth 2388.0 m, a — *Chondrites* isp. 2, *Planolites* isp.; 6 — *Planolites*-*Palaeophycus* assemblage in reddish-brown silty claystone, depth 1748.0 m, a — *Planolites montanus* Richter, b — *Palaeophycus* isp.; 7a — *Planolites* isp. deeply penetrating the sediment (arrows point to two parts of the same specimen), b — *Chondrites* isp. 1, c — *Chondrites* isp. 2 (the same in a frame), depth 2388.0 m; 8 — *Tomaculum problematicum* (Groom) (phaecal pellets), depth 1734.0 m; 9 — *Planolites* isp., depth 1840.0 m; scale bar 5 mm

mułowcowych głębszych partii basenu dolnego ordowiku obszaru Czech, stanowiącego prawdopodobnie w tym czasie oddzielny kontynent Peruniki (Mikulaš, 1994, 1998).

Podsumowanie

Po raz pierwszy stwierdzono obecność zróżnicowanego zespołu skamieniałości śladowych w ordowiku strefy Koszalin–Chojnice. Zdominowany przez ichnorodzaje *Planolites* i *Chondrites* zespół skamieniałości śladowych lanwirnu wskazuje na niskoenergetyczne, dysoksyczne, ubogie w składniki odżywcze środowisko hemipelagiczne. Pojawienie się w stropowej części profilu (poziom *multi-dens*) odmiennej asocjacji skamieniałości śladowych, w której obok niezależnych od facji *Planolites montanus*, *Planolites beverleyensis* występują domichnia filtratorów: *Cylindrichnus* isp., *Bergaueria* isp. oraz *Palaeophycus* isp., wskazywać może na przerwanie dominacji środowiska hemipelagicznego i epizodyczne spłylenie zbiornika, wyrażające się zwiększeniem energii, lepszym natlenieniem oraz obecnością bogatszych zasobów pokarmowych w wodzie morskiej. Zmianom warunków towarzyszy zanik w ichnocenoze *Chondrites* isp. Znany wcześniej z rejonu Pomorza *Tomaculum problematicum* będący ichnoskamieniałością pochodzenia fekalnego występuje w całym profilu i jest niezależny od facji.

Pani dr Jolancie Paczeńskiej dziękuję za konsultacje w trakcie prowadzenia badań, jak również za krytyczne przejście tekstu; recenzentom za wnikliwe uwagi. Panu Janowi Turczynowiczowi tą drogą składam podziękowania za komputerowe opracowanie rysunków.

Literatura

- BEDNARCZYK W. 1974 — The Ordovician in the Koszalin–Chojnice region (Western Pomerania). *Acta Geol. Pol.*, 24: 581–599.
- BEDNARCZYK W., STEMPIEŃ-SAŁEK M. & WRONA R. 1999 — Integrated biostratigraphy (graptolite, acritarch and chitinozoan) of the subsurface Caradocian in Pomerania, NW Poland. *Acta Univ. Carolinae, Geologica*, 43: 53–55.
- CRIMES T.P. 1970 — The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy and palaeoecology with examples from Lower Paleozoic strata. *Geol. Journ. Spec. Iss.*, 3: 101–126.
- EKDALE A.A. & MASON T.R. 1988 — Characteristic trace fossil association in oxygen — poor sedimentary environments. *Geology*, 16: 720–723.
- FORTEY R.A., HARPER D.A.T., INGHAM J.K., OWEN A.W. & RUSHTON A.W.A. 1995 — A revision of Ordovician series and stages from the historical type area. *Geol. Mag.*, 132: 293–308.
- GAILLARD CH. 1991 — Recent organism traces and ichnofacies on the deep — sea floor off New Caledonia, South–western Pacific. *Palaios*, 6: 302–316.
- KNAUST D. 2004 — Cambro–Ordovician trace fossils from the SW — Norwegian Caledonides. *Geol. Journ.* 39: 1–24.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1977 — Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians. *Palaeontologia Polonica*, 36: 1–204.
- LESZCZYŃSKI S. & SEILACHER A. 1991 — Ichnocoenoses of a turbidite sole. *Ichnos*, 1: 293–303.
- LESZCZYŃSKI S. & UCHMAN A. 1993 — Biogenic structures of organics-poor siliciclastic sediments: examples from Paleogene variegated shales, Polish Carpathians. *Ichnos*, 2: 267–277.
- MIKULÁŠ R. 1994 — Trace fossils at the Arenig–Llanvirn boundary (Ordovician, Czech Republic). *Journ. Czech Geol. Soc.*, 39: 205–213.
- MIKULÁŠ R. 1998 — Ordovician of the Barrandian area: Reconstruction of the sedimentary basin, its benthic communities and ichnoassemblages. *Journ. Czech Geol. Soc.*, 43: 143–161.
- MODLIŃSKI Z. 1968 — Ordovik na Pomorzu Zachodnim. *Kwart. Geol.*, 12: 488–492.
- MODLIŃSKI Z. 1987 — Rozwój osadów ordowiku na Pomorzu i przyległym akwenie Bałtyku. *Kwart. Geol.*, 32: 565–576.
- ORŁOWSKI S. 1989 — Trace fossils in the Lower Cambrian sequence in the Świętokrzyskie Mountains, Central Poland. *Acta Paleontologica Pol.*, 34: 211–231.
- ORŁOWSKI S. 1992 — Trilobite trace fossils and their stratigraphical significance in the Cambrian sequence in of the Holy Cross Mountains, Poland. *Geol. Journ.*, 27: 15–34.
- ORŁOWSKI S. & ŻYLIŃSKA A. 1996 — Non-arthropod burrows from the Middle and Late Cambrian sequence of the Holy Cross Mountains, Poland. *Acta Paleontologica Pol.*, 41: 385–409.
- ORŁOWSKI S. & ŻYLIŃSKA A. 2002 — Lower Cambrian trace fossils from the Holy Cross Mountains, Poland. *Geol. Quart.* 46: 135–146.
- ORR P. J. 1996 — The ichnofauna of the Skiddaw Group (early Ordovician) of the Lake District, England. *Geological Magazine*, 133: 193–216.
- PACZEŃNA J. 1996 — The Vendian and Cambrian ichnocoenoses from the Polish part of the East European Platform. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 152: 1–77.
- PACZEŃNA J. 2001 — Zastosowania skamieniałości śladowych w analizie facjalnej i wysokorozdzielczej stratygrafii sekwencji — przykład z kambru polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego. *Prz. Geol.*, 2001: 1137–1146.
- PODHALAŃSKA T. 2004 — New data on the Ordovician ichnofossils from the Koszalin–Chojnice region (Pomerania, NW Poland), palaeogeographic implication. *Int. Symp. on Early Palaeozoic Palaeogeography and Palaeoclimate, Abstracts and Field Guides, Erlangen Geol. Abh.*, 5: 60.
- RADWAŃSKI A. & RONIEWICZ P. 1963 — Upper Cambrian trilobite ichnocoenosis from Wielka Wiśniówka (Holy Cross Mountains, Poland). *Acta Paleontologica Pol.*, 12: 545–552.
- RHOADS D. C. 1975 — The paleoecological and environmental significance of trace fossils. [In:] Frey R.W. (ed.) — *The study of trace fossils*: 147–160.
- SAMUELSSON J., VECOLI M., BEDNARCZYK W. & VERNIERS J. 2002 — Timing of the Avalonia–Baltica plate convergence as inferred from palaeogeographic and stratigraphic data of chitinozoan assemblages in west Pomerania, northern Poland. *Geol. Soc. Sp. Publ.*, 201: 95–113.
- SEILACHER A. 1953 — Studien zur Palichnologie. Über die Methoden der Palichnologie. *Neues Jahr. Geol. Paläont. Abh.* 96: 421–452.
- SEILACHER A. 1960 — Lebensspuren als Leitfossilien. *Geol. Rundschau*, 49: 41–51.
- SEILACHER A. 1977 — Pattern analysis of *Palaeodictyon* and related trace fossils. [In:] Crimes T.P., Harper J.C. (eds.) — *Trace Fossils*, 2, *Geol. Journ. Sp. Issue*, 9: 289–334.
- SZCZEPANIK Z. 2000 — The Ordovician acritarchs of the Pomeranian Caledonides and their foreland — similarities and differences. *Quart. Geol.*, 44: 275–297.
- TAYLOR A., GOLDRING R. & GOWLAND S. 2003 — Analysis and application of ichnofabrics. *Earth Sc. Rev.* 60: 227–261.
- TOMCZYK H. 1980 — Sylur w brzeżnej części platformy prekambryjskiej na tle wyników wiercenia Toruń 1. Sprawozdania z posiedzeń naukowych IG. *Kwart. Geol.*, 24: 421–422.
- TOMCZYK H. 1987 — Sylur. In: *Geological Structure of the Pomeranian Swell and its Basement* (in Polish with English summary). *Pr. Inst. Geol.*, 119: 12–16.
- UCHMAN A. 1995 — Tiering patterns of trace fossils in Paleogene flysch deposits of the Carpathians, Poland. *Geobios, Mem. Sp.*, 18: 389–394.
- UCHMAN A. 2003. Trends in diversity, frequency and complexity of graphoglyptid trace fossils: evolutionary and palaeogeographical aspects. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 192: 1–142.
- WRONA R., BEDNARCZYK W. & STEMPIEŃ-SAŁEK M. 2001 — Chitinozoans and acritarchs from the Ordovician of the Skibno 1 borehole, Pomerania, Poland: implications for stratigraphy and palaeogeography. *Acta Geol. Pol.* 51: 317–331.
- ZAGORA I. 1997 — Tiefwasser–Lebensspuren aus dem Ordovizium der Insel Rügen (NE Deutschland). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abh.*, 203: 351–368.