

ROZWÓJ FACJALNY UTWORÓW TERENEWU WE WSCHODNIEJ CZĘŚCI BLOKU GÓRNOŚLĄSKIEGO

THE FACIES DEVELOPMENT OF TERRENEUVIAN DEPOSITS IN THE EASTERN PART OF THE UPPER SILESIAN BLOCK

JOLANTA PACZEŚNA¹

Abstrakt. Przedmiotem artykułu jest analiza facjalna utworów terenewu, stanowiących najniższą część sukcesji kambryjskiej wschodniej części bloku górnośląskiego. W silikoklastycznym profilu zdefiniowano systemy depozycyjne dolnego i górnego odrzeża, zdominowane przez facje iłowcowe z licznymi fodinichniami osadożerców oraz system depozycyjny przybrzeża reprezentowany przez piaskowce. W strefie górnego odrzeża wyróżniono część dystalną i proksymalną.

Słowa kluczowe: analiza facjalna, terenew (najniższy kambr), wschodnia część bloku górnośląskiego, systemy depozycyjne dolnego i górnego odrzeża oraz przybrzeża.

Abstract. The article presents a facies analysis of Terreneuvian (lowermost Cambrian) deposits in the eastern part of the Upper Silesian Block. The Terreneuvian siliciclastic succession consists of the lower and upper offshore depositional system dominated by claystone facies, and the shoreface system represented by sandstones. Numerous trace fossils, represented mainly by fodinichnia of deposit feeders occur in this part of the offshore system. In the upper offshore zone, distal and proximal parts have been distinguished.

Key words: facies analysis, Terreneuvian (lowermost Cambrian), Upper Silesian Block, depositional systems: lower and upper offshore and shoreface.

WSTĘP

W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki szczegółowych badań facjalnych i ichnologicznych, wykonanych w zlokalizowanych we wschodniej części bloku górnośląskiego otworach wiertniczych Trojanowice 2 i Borzęta IG 1 (fig. 1–3).

Utwory najniższej, nawierconej części profili Trojanowice 2 i Borzęta IG 1 (fig. 2, 3) stanowią sukcesję monotonną pod względem litologicznym. Budują ją przewarstwiające

się w różnych proporcjach mięszszościowych piaskowce i mułowce, a w najniższej części profilu Borzęta IG 1 – iłowce. Reprezentują one osady terenewu (Buła, Jachowicz, 1996; Jachowicz-Zdanowska, 2013), odpowiadające według dawniejszego schematu chronostratygraficznego systemu kambryjskiego najniższej części kambru dolnego.

Najpełniejsza sukcesja litostratygraficzna terenewu we wschodniej części bloku górnośląskiego występuje w profilu

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: jolanta.paczesna@pgi.gov.pl

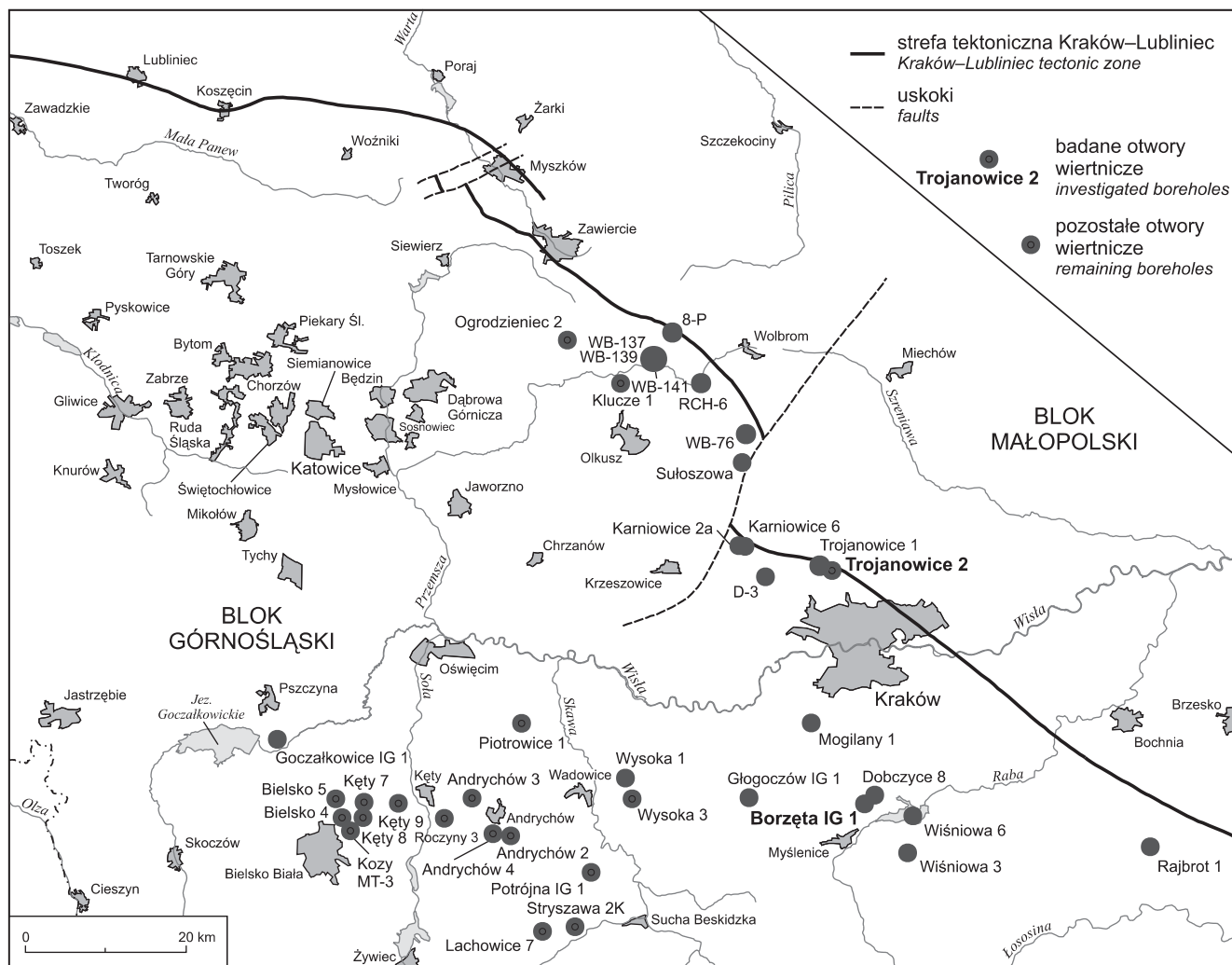
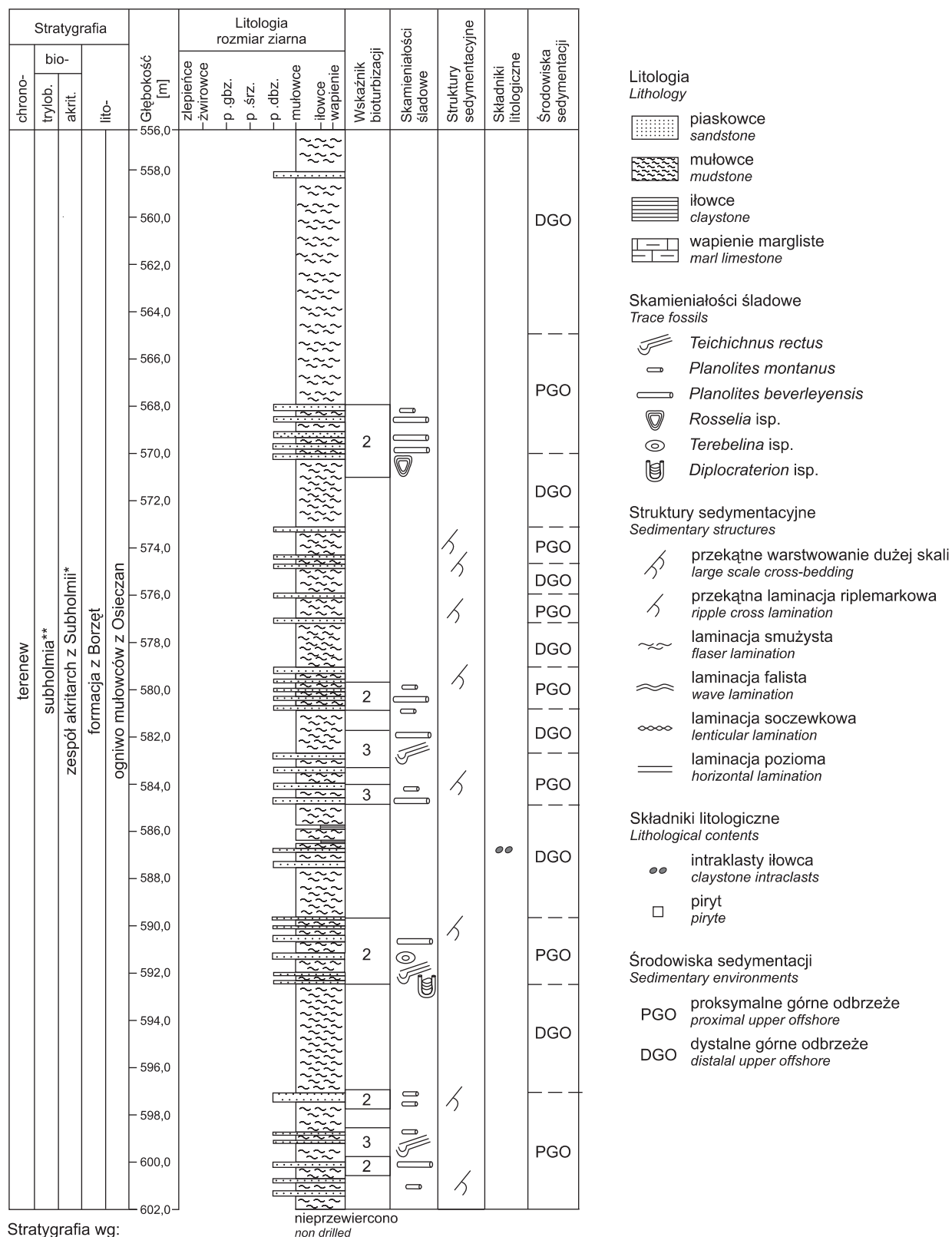


Fig. 1. Mapa przedstawiająca lokalizację badanych otworów wiertniczych i otworów, w których rozpoznano utwory terenewu

Location sketch-map of the investigated boreholes and boreholes where the Terreneuvian deposits have been recognised

Borzęta IG 1 (fig. 3). Dolna część tej sukcesji jest reprezentowana przez formację z Borzęty, zbudowaną z czarnych iłowców, zawierających nieliczne i cienkie warstewki ciemnoszarego mułowca. Charakterystyczne jest dla niej występowanie trzech warstw ciemnoszarych wapieni marglistych. Iłowce tworzą pakiet, który opisano jako ogniwo iłowców z Myślenic. Wyżej w profilu występują mułowce przewar-

stwające się z drobnoziarnistymi piaskowcami. Należą one do ogniwa mułowców z Osieczan. W stropie formacji z Borzęty występują piaskowce grubo-, średnio- i drobnoziarniste, reprezentujące ogniwo piaskowców z Rajbrota (Buła, 2000). Powyżej osadów reprezentujących formację z Borzęty zalegają utwory formacji z Goczałkowic.



Stratygrafia wg:

Chrono – Buła, Jachowicz (1996)

Bio – Buła, Jachowicz (1996)*; Paczeńska (2005)**; Jachowicz-Zdanowska (2013)

Lito – Buła (2000)

Fig. 2. Profil litologiczno-stratygraficzny i środowiska sedymantacji w terenewie otworu wiertniczego Trojanowice 2

Lithologic-stratigraphic section and sedimentary environments in the Terreneuvian from the Trojanowice 2 boreholes

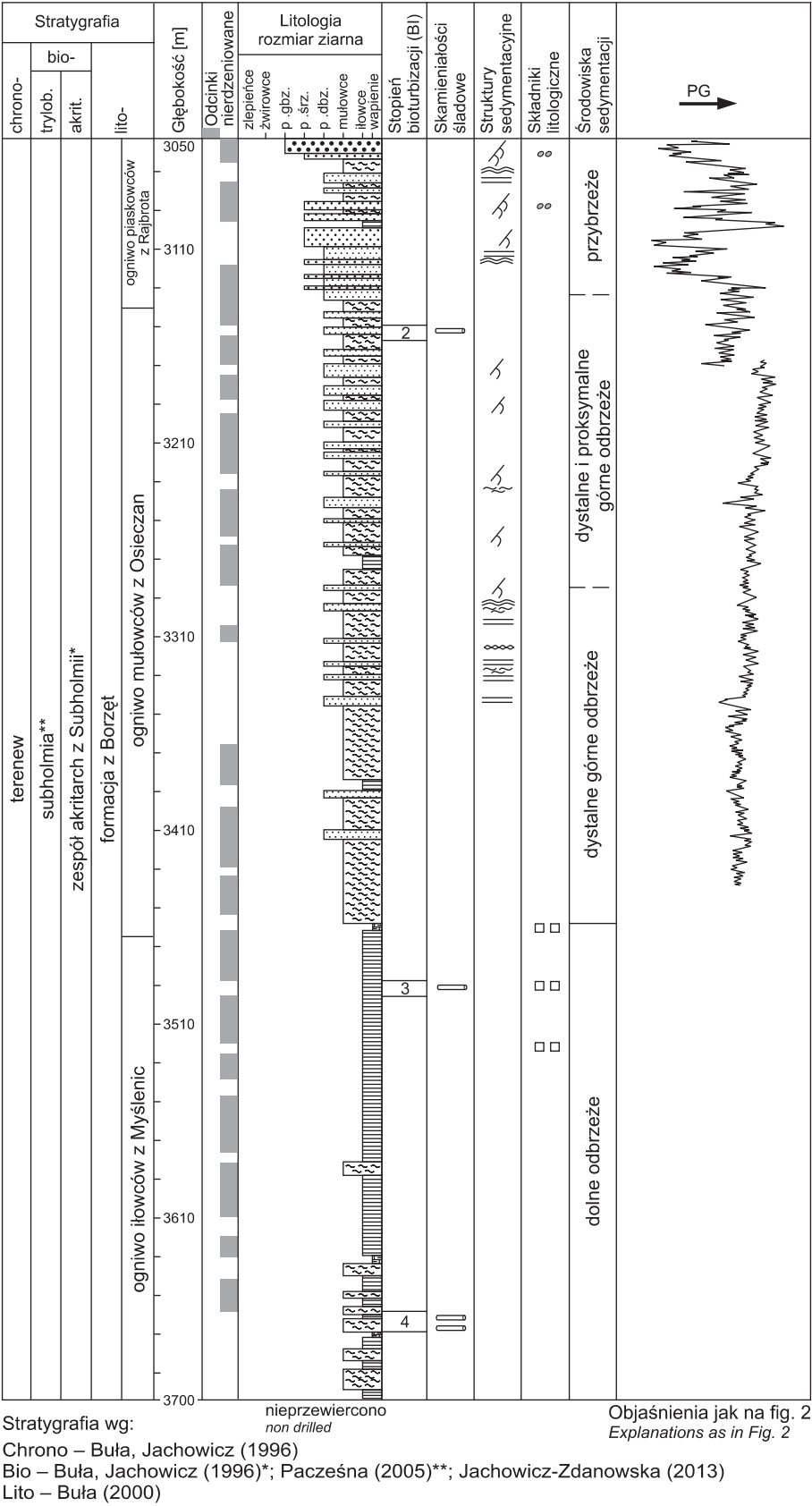


Fig. 3. Fragment profilu litologiczno-stratygraficznego i środowiska sedimentacji w terenie otworu wiertniczego Borzęta IG 1

Fragment of the lithologic-stratigraphic section and sedimentary environments in the Terreneuvian from the Borzęta IG 1 boreholes

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Profil Trojanowice 2 w odcinku odpowiadającym terenowi był w pełni rdzeniowany. Dzięki temu przeprowadzenie szczegółowych badań sedymentologicznych i ichnologicznych w tym profilu było znacznie ułatwione (fig. 2). Niski, sięgający od 20 do 30% zakres rdzeniowania najniższej części kambryjskiego odcinka profilu Borzęta IG 1 (fig. 3) oraz częściowe zniszczenie próbek rdzeniowych wskutek wcześniejszych badań w znacznym stopniu utrudniły przeprowadzenie szczegółowych badań facjalnych w tym profilu. Powyższe ograniczenia spowodowały, że w wyróżnieniu systemów depozycyjnych i interpretacji środowisk sedymentacji w wymienionym odcinku profilu Borzęta IG 1 wy-

korzystano obok danych uzyskanych z bezpośrednich obserwacji materiału rdzeniowego, wyniki interpretacji pomiarów geofizycznych z profilowań gamma i neutron-gamma w skalach 1:500 i 1:2000.

Podstawą wszystkich prac interpretacyjnych w zakresie analizy facjalnej było szczegółowe profilowanie sedymentologiczne i ichnofacjalne sukcesji kambryjskiej. Wydzielenie facji i ich asocjacji oraz interpretację środowiska depozycji wykonano na szczegółowych profilach sporządzonych w skali 1:100. W niniejszym artykule przedstawiono natomiast opis systemów depozycyjnych, facji i ich asocjacji.

Tabela 1

Zestawienie facji wyróżnionych w utworach terenewu
Listing of facies distinguished in the Terreneuvian deposits

Facja (kod)	Litologia, składniki litologiczne, struktury sedymentacyjne, wskaźnik bioturbizacji BI	Skamieniałości śladowe
Sc	Piaskowce gruboziarniste masywne. Miąższość warstw 4–8 m	brak
Sd	Piaskowce drobnoziarniste masywne. Miąższość warstw 2,5–4,0 cm. Nieliczne skamieniałości śladowe. BI (1)	<i>Diplocraterion</i> isp. <i>Teichichnus</i> isp.
Sm	Piaskowce średnioziarniste masywne. Miąższość warstw 1–10 m	brak
Sp	Piaskowce średnio- i drobnoziarniste z warstwowaniem przekątnym dużej skali. Miąższość warstw 1–10 m	brak
Sdi	Piaskowce drobnoziarniste masywne, nieregularnie przewarstwiające się z cienkimi warstwami mułowca. Miąższość warstw 0,1–0,4 m. Dość liczne skamieniałości śladowe. BI (3)	<i>Planolites beverleyensis</i> (Billings) <i>Planolites montanus</i> Richter <i>Teichichnus rectus</i> Seilacher <i>Teichichnus</i> isp. <i>Terebelina</i> isp.
Sr	Piaskowce drobnoziarniste i średnioziarniste z przekątną laminacją riplemarkową. Miąższość warstw 0,01–5 m	brak
Sf	Piaskowce drobnoziarniste z laminacją smużystą. Tworzą nieliczne warstwy o miąższości 0,5–1,0 m	brak
So	Piaskowce drobnoziarniste z laminacją soczewkową. Tworzą jedną warstwę o miąższości 0,3 m	brak
Sw	Piaskowce drobnoziarniste z laminacją falistą. Miąższość warstw 0,3–2,0 m	brak
Sh	Piaskowce drobnoziarniste z laminacją poziomą. Miąższość warstw 1–3 m	brak
Hc	Heterolity piaskowcowo-mułowcowe. Miąższość warstw piaskowca i mułowca jest zróżnicowana – od 0,2 do 1,0 m. Skamieniałości śladowe są nieliczne. BI (2)	<i>Planolites beverleyensis</i> (Billings) <i>Planolites montanus</i> Richter
Hf	Heterolity piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowe, drobnolaminowane o miąższości lamin nieprzekraczającej 1 mm. Tworzą warstwy o miąższości 1,0–4,0 cm. Liczne, drobne konkrety pirytu. Dość liczne skamieniałości śladowe. BI (3)	<i>Planolites beverleyensis</i> (Billings) <i>Planolites montanus</i> Richter <i>Rosselia</i> isp.
Mm	Mułowce ciemnoszare masywne. Liczny muskowit. Miąższość warstw 0,5–40,0 m	brak
Mh	Mułowce ciemnoszare, laminowane poziomo. Miąższość warstw 2–10 m	brak
Mi	Mułowce ciemnoszare, masywne ze skamieniałościami śladowymi. Miąższość warstw 0,2–2,0 m. BI (4)	<i>Planolites beverleyensis</i> (Billings) <i>Planolites montanus</i> Richter
Cm	Iłowce ciemnoszare lub czarne masywne. Tworzą nieliczne warstwy o miąższości 0,25–4,00 m	brak
Ci	Iłowce ciemnoszare i czarne masywne z licznymi skamieniałościami śladowymi. Tworzą jedną warstwę o miąższości 8 m. BI (3)	<i>Planolites beverleyensis</i> (Billings)
Wm	Wapienie margliste ciemnoszare. Tworzą trzy warstwy o miąższości 2,0–5,0 cm	brak

Do skrótowych oznaczeń części facji, zwłaszcza piaskowców, zastosowano kody litofacjalne Mialla (1977, 2000) oraz wprowadzono nowe symbole (tab. 1). W określaniu

i opisie genezy struktur sedimentacyjnych przyjęto terminologię i klasyfikację Zielińskiego (1998).

FACJE I SYSTEMY DEPOZYCYJNE

W silikoklastycznej sekwencji terenewu profili Trojanowice 2 i Borzęta IG 1, zdeponowanej w płytkim, otwartym zbiorniku morskim, wyróżniono systemy depozycyjne dolnego i górnego odbrzeża oraz przybrzeża. W strefie górnego odbrzeża wyróżniono część dystalną i proksymalną.

Odrzeże obejmuje strefę rozciągającą się pomiędzy minimalną, normalną podstawą falowania a maksymalną, sztormową podstawą falowania. Strefa dolnego odbrzeża znajduje się w obszarze oddziaływania maksymalnej, sztormowej podstawy falowania. Górne odbrzeże rozciąga się pomiędzy normalną podstawą falowania a minimalnym zakresem oddziaływania sztormowej podstawy falowania. Przybrzeże jest zlokalizowane pomiędzy wysokoenergetyczną strefą zmywu a minimalną podstawą falowania. Zasięgi wymienionych wcześniej systemów depozycyjnych przyjęto według McEachern, Pemberton (1992).

SYSTEM DEPOZYCYJNY DOLNEGO ODRZEŻA

Opis. System depozycyjny dolnego odbrzeża stwierdzono tylko w najniższej części profilu Borzęta IG 1 w odcinku odpowiadającym ogniwu iłowców z Myślenic (fig. 2). W utworach reprezentujących dolne odbrzeże występują facje: Cm, Ci, Mm i Mi. Facja Cm jest reprezentowana przez ciemnoszare lub, rzadziej, czarne utwory. Są to iłowce o masywnej strukturze, niezawierające ichnofauny. W najwyższych częściach pakietu iłowcowego występują akcesoryczne składniki litologiczne reprezentowane przez liczne, drobne konglomeraty piryty o nieregularnej budowie. Frekwencja skamieniałości śladowych jest dość wysoka. Ich występowanie jest skumulowane w dwóch odcinkach profilu o niewielkiej miąższości, zbudowanych z ciemnoszarych iłowców facji Ci. Ichnofauna jest tutaj reprezentowana przez fodinichnia osadożerców *Planolites beverleyensis* (Billings). Identyczny etologicznie i ichnotaksonomicznie zestaw skamieniałości śladowych występuje w facji Mi. Pojawia się ona w dolnych częściach pakietu iłowcowego. Zbioturbizowane mułowce facji Mi tworzą warstwy o miąższości 0,2–0,4 m. Mułowce facji Mm tworzą nieliczne warstwy o miąższości 0,2–0,5 m. W iłowcach i mułowcach nie stwierdzono występowania struktur sedimentacyjnych. Bardzo charakterystyczną cechą jest występowanie trzech cienkich warstw ciemnoszarych wapieni marglistych facji Wm o miąższości 2,0–5,0 cm.

Interpretacja środowiska sedimentacji. Monotonna litologia utworów reprezentowanych przez iłowce i rzadziej mułowce, niska frekwencja skamieniałości śladowych oraz obecność wskaźnikowych środowiskowo składników litologicznych w postaci konglomeratów piryty mogą świadczyć o dość głębokim środowisku sedimentacji z deficytem tlenu. Do-

datkowym wskaźnikiem głębszego środowiska jest występowanie wapieni marglistych.

SYSTEM DEPOZYCYJNY GÓRNEGO ODRZEŻA

W sukcesji terenewu w analizowanych profilach, można wyróżnić system depozycyjny górnego odbrzeża z dwoma asocjacjami, odpowiadającymi dystalnej i proksymalnej części tej strefy wybrzeża. Obie strefy różnią się wykształceniem litologicznym utworów oraz środowiskiem ich depozycji. Wymienione wcześniej asocjacje facjalne występują w profilu terenewu otworu wiertniczego Trojanowice 2 w naprzemianległych pakietach warstw (fig. 2). Podobny sposób występowania obu asocjacji stwierdzono w części profilu Borzęta IG 1 (fig. 3). Niski zakres rdzeniowania tego otworu spowodował brak możliwości rozdzielenia w znaczącej części tego profilu obu stref środowiskowych.

ASOCJACJA FACJALNA DYSTALNEGO GÓRNEGO ODRZEŻA

Opis. W profilu Trojanowice 2 i Borzęta IG 1 asocjacja facjalna dystalnego górnego odbrzeża występuje w odcinkach profilu odpowiadających ogniwu mułowców z Osieczan. Cechą typową dla omawianej asocjacji facjalnej jest dominacja facji Mm i Mi oraz dość częste występowanie facji Sr, Sf, Sl i Hc, zarejestrowanych tylko w profilu Borzęta IG 1. Zupełnie podrzędnie tylko w profilu Trojanowice 2 występują w omawianej asocjacji bardzo cienkie warstwy czarnych iłowców facji Cm o miąższości 2,0–4,0 cm. Skamieniałości śladowe są względnie częste jedynie w facji Hc oraz podrzędnie występują w facji Hf. Wskaźnik bioturbizacji BI osiąga tu wartości 1–4. Najczęściej, jak ma to miejsce w profilu Trojanowice 2, jest to wartość 2. W przewadze ilościowej w drobnolaminowanych heterolitach facji Hf (fig. 4Bb, Cb) występują głównie kanały osadożerców *Planolites beverleyensis* (Billings) (fig. 4Aa), *P. montanus* Richter (fig. 4Ca) i *Teichichnus* isp. (fig. 4Ab, D). W asocjacji dystalnego górnego odbrzeża nie stwierdzono występowania jamek mieszkalnych filtratorów – domichnia. W profilu Borzęta IG 1 wśród struktur sedimentacyjnych pojawia się wyraźna dwudzielność występowania. W dolnej części odcinka profilu, odpowiadającego środowisku dystalnego górnego odbrzeża, struktury sedimentacyjne nie występują. W górnej części pojawia się charakterystyczny zespół struktur riplemarkowych: laminacja smużysta, soczewkowa, falista oraz przekątna laminacja riplemarkowa. Często jest laminacja pozioma (fig. 3). Dość częste są pograży piaskowców

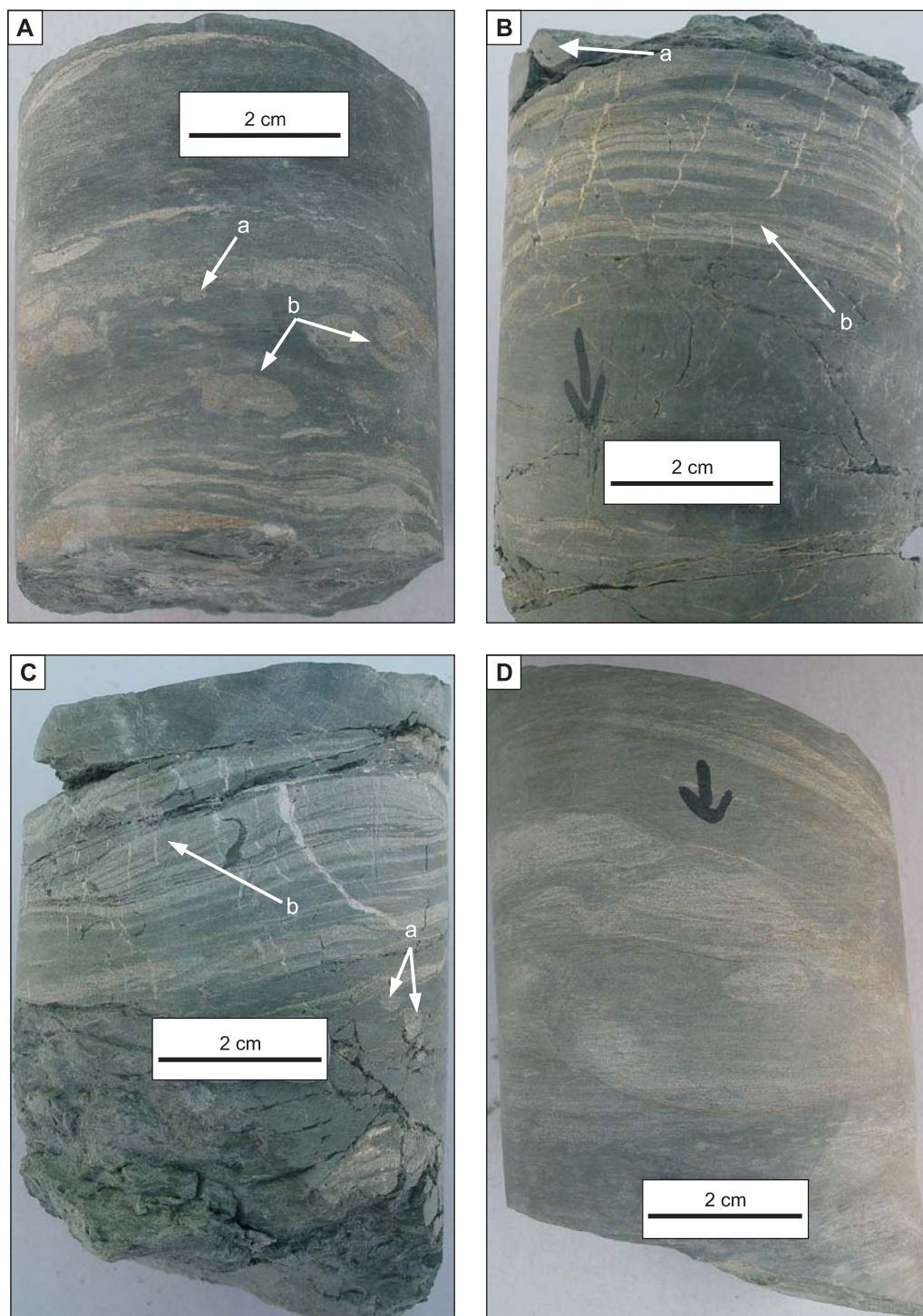


Fig. 4. Charakterystyczne skamieniałości śladowe, struktury sedymentacyjne i litologia utworów terenewu z otworu Trojanowice 2

A – a – *Planolites beverleyensis* (Billings), b – *Teichichnus* isp. w mułowcu, dystalne górne odrzeże, głęb. 583,8 m; **B** – przekątna laminacja riplemarkowa w warstwach piaskowca drobnoziarnistego; w górnej części próbki rdzeniowej *Planolites beverleyensis* (Billings), dystalne górne odrzeże, głęb. 576,5 m; **C** – a – *Planolites montanus* Richter w mułowcu, b – drobnolaminowany heterolit piaskowcowo-mułowcowy, w warstwach drobnoziarnistego piaskowca przekątna laminacja riplemarkowa, dystalne górne odrzeże, głęb. 577,0 m; **D** – *Teichichnus* isp. w mułowcu, dystalne górne odrzeże, głęb. 579,0 m

Characteristic trace fossils, sedimentary structures and lithology for the Terreneuvian deposits from the Trojanowice 2 borehole

A – a – *Planolites beverleyensis* (Billings), b – *Teichichnus* isp. in the mudstone, distal upper offshore, depth 583.8 m; **B** – ripple cross lamination in the fine-grained sandstone beds; at the top of the core sample *Planolites beverleyensis* (Billings), distal upper offshore, depth 576.5 m; **C** – a – *Planolites montanus* Richter in the mudstone, b – fine laminated sandstone-mudstone heterolith, ripple cross lamination in the fine-grained sandstone, distal upper offshore, depth 577.0 m; **D** – *Teichichnus* isp. in the mudstone, distal upper offshore, depth 579.0 m

w mułowcach. Znacząca część odcinka jest pozbawiona struktur sedimentacyjnych. W profilu Trojanowice 2 spektrum struktur sedimentacyjnych jest bardzo ubogie. Występuje tutaj jedynie w cienkich warstwach bardzo drobnopiękistego piaskowca, przekątna laminacja riplemarkowa w zestawach o wysokości do 1,5 cm (fig. 2).

W profilu Trojanowice 2 asocjacja dystalnego górnego odrzeża obejmuje odcinki o miąższości od 1,5 do 6,0 m, w profilu Borzęta IG 1 pakiet o miąższości około 165,0 m. W profilu Borzęta IG 1 niski zakres rdzeniowania otworu spowodował, że zasięg występowania asocjacji dystalnego górnego odrzeża jest problematyczny ze względu na brak możliwości bezpośrednich obserwacji sedimentologicznych i ichnologicznych. Możliwa była jedynie pośrednia interpretacja litologii z krzywych profilowań geofizycznych.

Interpretacja środowiska sedimentacji. W asocjacji facjalnej dystalnego górnego odrzeża występują osady najdrobniejszych frakcji, które były deponowane z opadania bardzo drobnopiękistej zawiesiny w warunkach stagnacji wód lub bardzo słabych przepływów przy płasko skonfigurowanym dnie (Zieliński, 1998). Występująca tutaj wyraźna przewaga osadów bardzo drobnopiękistych, głównie mułowców z rzadko pojawiającymi się warstwami piaskowców drobnopiękistych o niewielkiej miąższości, wskazuje, że jest to typowa asocjacja bardzo niskoenerygetyczna. Ciemnoszare mułowce pozbawione ichnofauny wskazują na całkowicie niesprzyjające środowisko do egzystencji typowych dla tych warunków osadożerców. Czynnikiem eliminującym twórców kanałów żerowiskowych było najprawdopodobniej ubóstwo zasobów pokarmowych w osadach przydennych lub ich wysokie niedotlenienie. Natomiast w odcinkach profilu, w których pojawiają się wkładki bardzo drobnopiękistych piaskowców o niewielkiej miąższości, nieprzekraczającej 4,0 cm, występuje bardzo niska frekwencja skamieniałości śladowych *Planolites montanus* Richter i *P. beverleyensis* (Billings). Charakterystyczną cechą stwierdzanych tu skamieniałości śladowych jest duża średnica kanałów żerowiskowych *P. beverleyensis* (Billings), przekraczająca 1,0 cm. Może ona wskazywać na dobre natlenienie środowiska życia twórców tych śladów (Savrdá, Bottjer, 1989).

Przewaga fodinichnia osadożerców w niskoenerygetycznych środowiskach dystalnego górnego odrzeża potwierdza pogląd, że zwiększona zawartość zasobów pokarmowych w osadzie przy jednoczesnym dobrym natlenieniu zbiornika, powodowała wzrost aktywności życiowej osadożerców. Przyczyną absencji domichnia był fakt preferowania przez ich twórców wyżej energetycznych siedlisk, które mogłyby zapewnić im większą dostępność zasobów pokarmowych, znajdujących się w zawieszynie wodnej (Paczeńska, 1996).

W strefie dystalnego górnego odrzeża, ze względu na jej położenie poniżej minimalnej, ale jeszcze w zasięgu maksymalnej sztormowej podstawy falowania, bardzo rzadko występują inne struktury sedimentacyjne niż laminacja pozioma. Pojawienie się w obu omawianych profilach zespołu laminacji riplemarkowych jest związane wyłącznie z incydentalnym falowaniem sztormowym o bardzo niewielkim nasileniu (Pemberton i in., 1992a).

ASOCJACJA FACJALNA PROKSIMALNEGO GÓRNEGO ODRZEŻA

Opis. W profilu Borzęta IG 1 i Trojanowice 2 asocjacja facjalna proksymalnego górnego odrzeża występuje w interwale profilu odpowiadającym ogniwiu mułowców z Osieczan.

Jest ona reprezentowana przez urozmaicone spektrum facjalne z dominacją facji bardzo drobnopiękistych Mm i Mi oraz często występujących facji piaskowcowych Sm, Sr, Sf, So, Sw i Smi. W profilu Borzęta IG 1 występuje bogate spektrum laminacji riplemarkowych, wśród których dominują facje Sr, Sf, mniej częste są facje So i Sw (fig. 3). Najrzadziej notowaną facją w strefie proksymalnego górnego przybrzeża są drobnolaminowane heterolity piaskowcowo-mułowcowe facji Hf, które w środkowej i górnej części profilu Trojanowice 2 występują w warstwach o miąższości od 1,0 do 4,0 cm (fig. 5A, C). Składają się one z bardzo cienkich (do 1,0 mm miąższości), naprzemianległych warstewek piaskowca drobnopiękistego i mułowca lub rzadziej iłowca. Wśród nich występują cienkie (do 2,0 cm miąższości) warstewki drobnopiękistego piaskowca z przekątną laminacją riplemarkową (fig. 6Cc). Innym typem osadów heterolitycznych, występujących tylko w profilu Borzęta IG 1, są warstewki piaskowca drobnopiękistego w postaci niewielkich soczewek utworzonych przez zamarłe riplemarki. Tworzą one laminację soczewkową w piaskowcach facji So (fig. 3). W obrębie bardziej grubowarstwowych heterolitów piaskowcowo-mułowcowych facji Hc, w warstwach piaskowca drobnopiękistego występuje laminacja smużysta (fig. 3).

W profilu Trojanowice 2 w interwałach odpowiadających proksymalnej części górnego odrzeża dominują osady bardzo drobnopiękiste (mułowce), przewarstwiewające się z cienkimi warstwami drobnopiękistego piaskowca (fig. 6D), których udział wzrasta w środkowej części nawierconego interwału. Wśród struktur sedimentacyjnych w piaskowcach drobnopiękistych występuje wyłącznie przekątna laminacja riplemarkowa (fig. 2; fig. 5B, Db). Tworzy ona zestawy o niewielkiej wysokości, nieprzekraczającej 2,0 cm. W odcinkach profilu, w których występują piaskowce drobnopiękiste, przewarstwiewające się z mułowcami dość często występują pograży piaskowca w mułowcu.

Skamieniałości śladowe są częste tylko w drobnolaminowanych heterolitach piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowych facji Hf w profilu Trojanowice 2 (fig. 2). Wśród skamieniałości śladowych większość stanowią tutaj fodinichnia osadożerców, do których należą przede wszystkim najczęściej występujące: *Teichichnus rectus* Seilacher (fig. 6A), *Teichichnus* isp. (fig. 5Da, 6Bb), *Planolites montanus* Richter (fig. 6Ba) i *P. beverleyensis* (Billings) (fig. 6C). Ichnorodzaj *Teichichnus* znacznie rzadziej występuje w facji Mm i Mi. Frekwencja jamek mieszkalnych filtratorów jest bardzo niewielka. Wśród domichnia są obecne tylko pojedyncze okazy *Diplocraterion* isp. i *Terebelina* isp. (fig. 2) w facji Sm.

Interpretacja środowiska sedimentacji. Obecność przekątnej laminacji riplemarkowej wskazuje na wzrost siły falowania związany z incydentalnym falowaniem sztormowym o niewielkim nasileniu lub krótkotrwałym wystąpieniem

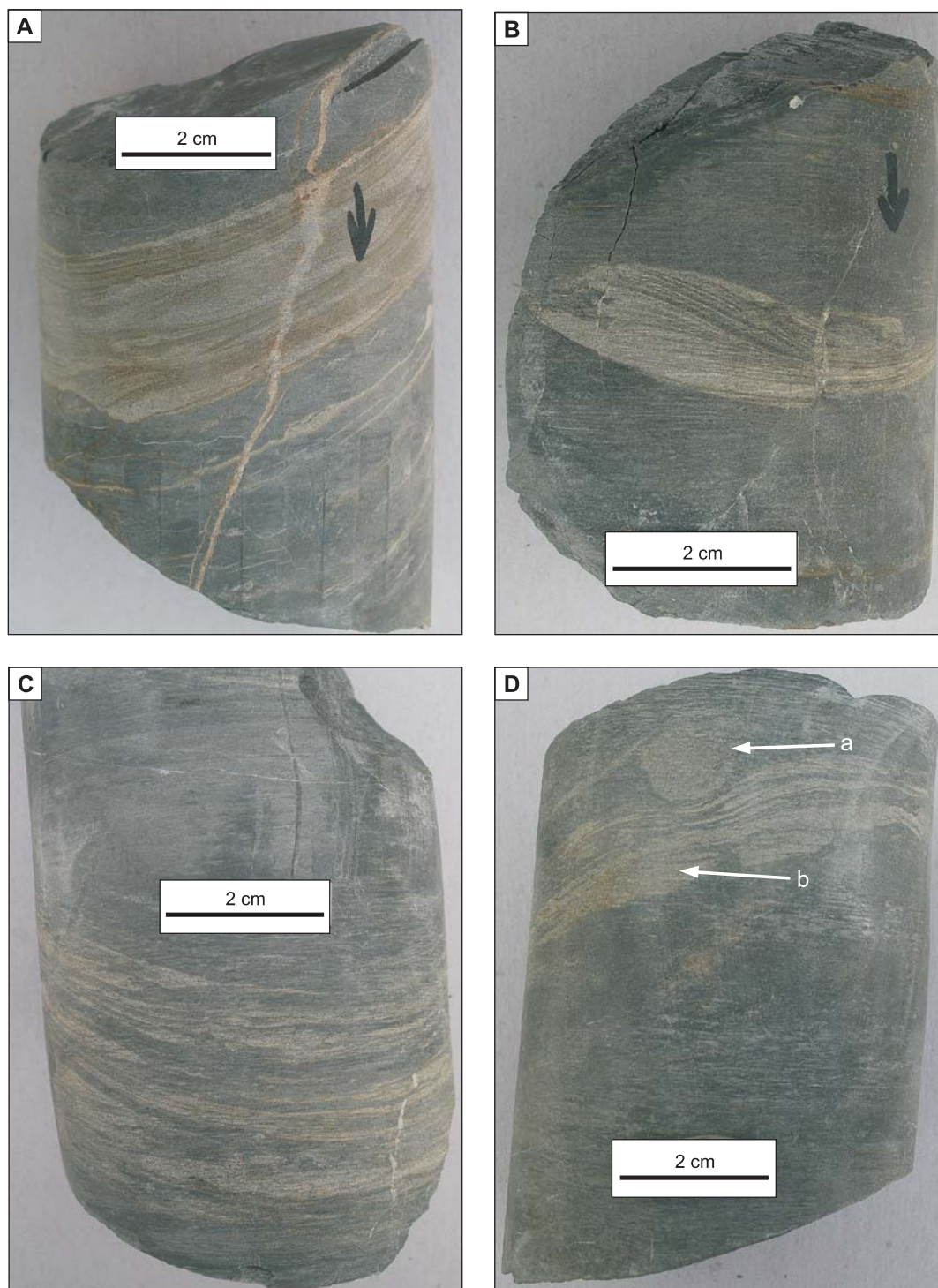


Fig. 5. Charakterystyczne skamieniałości śladowe, struktury sedymentacyjne i litologia utworów terenewu z otworu Trojanowice 2

A – drobnolaminowany heterolit piaskowcowo-mułowcowy, w warstwach drobnoziarnistego piaskowca przekątna laminacja riplemarkowa, proksymalne górne odbrzeże, głęb. 601,0 m; **B** – przekątna laminacja riplemarkowa w warstwie drobnoziarnistego piaskowca, proksymalne górne odbrzeże, głęb. 584,2 m; **C** – drobnolaminowany heterolit piaskowcowo-mułowcowy, w warstwach drobnoziarnistego piaskowca przekątna laminacja riplemarkowa, proksymalne górne odbrzeże, głęb. 599,0 m; **D** – a – *Teichichnus* isp. w mułowcu, b – przekątna laminacja riplemarkowa w warstwie drobnoziarnistego piaskowca, proksymalne górne odbrzeże, głęb. 584,2 m

Characteristic trace fossils, sedimentary structures and lithology for the Terreneuvian deposits from the Trojanowice 2 borehole

A – fine laminated sandstone-mudstone heterolith, ripple cross lamination in the fine-grained sandstone beds, proximal upper offshore, depth 601.0 m; **B** – fine laminated sandstone-mudstone heterolith, ripple cross lamination in the fine-grained sandstone, proximal upper offshore, depth 584.2 m; **C** – fine laminated sandstone-mudstone heterolith, ripple cross lamination in the fine-grained sandstone beds, proximal upper offshore, depth 599.0 m; **D** – a – *Teichichnus* isp. in the mudstone, b – ripple cross lamination in the fine-grained sandstone beds, proximal upper offshore, depth 584.2 m

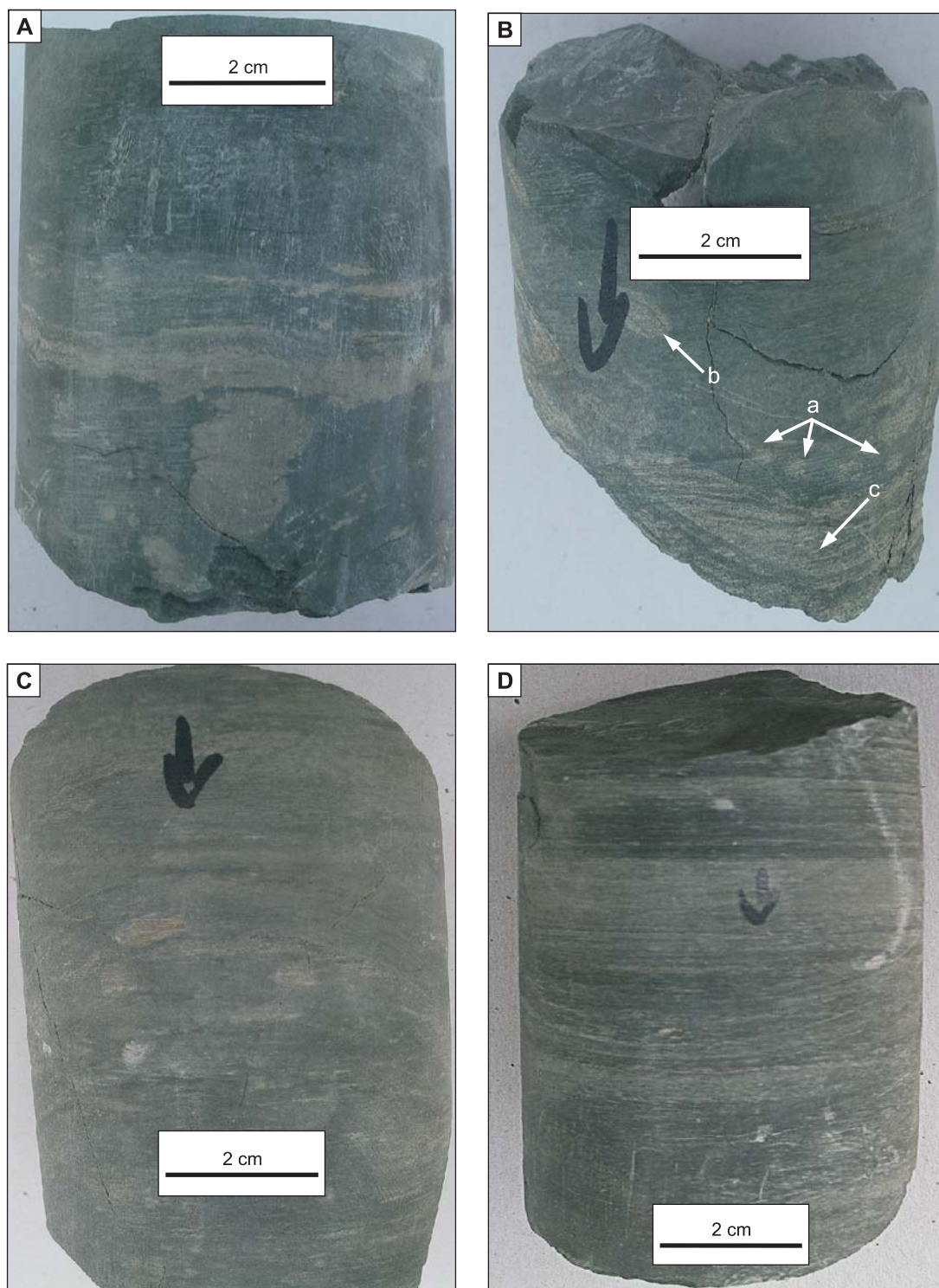


Fig. 6. Charakterystyczne skamieniałości śladowe, struktury sedimentacyjne i litologia utworów terenewu z otworu Trojanowice 2

A – *Teichichnus rectus* Seilacher w mułowcu, proksymalne górne odrzeże, głęb. 583,8 m; **B** – a – *Planolites montanus* Richter; b – *Teichichnus* isp.; c – przekątna laminacja riplemarkowa w warstwie drobnoziarnistego piaskowca, proksymalne górne odrzeże, głęb. 570,2 m; **C** – *Planolites beverleyensis* (Billings) w mułowcu, proksymalne górne odrzeże, głęb. 569,7 m; **D** – *Planolites montanus* Richter w mułowcu przewarstwianym się z drobnoziarnistym piaskowcem, proksymalne górne odrzeże, głęb. 598,8 m

Characteristic trace fossils, sedimentary structures and lithology for the Terreneuvian deposits from the Trojanowice 2 borehole

A – *Teichichnus rectus* Seilacher in the mudstone, proximal upper offshore, depth 583.8 m; **B** – a – *Planolites montanus* Richter; b – *Teichichnus* isp.; c – ripple cross lamination in the fine-grained sandstone beds, proximal upper offshore, depth 570.2 m; **C** – *Planolites beverleyensis* (Billings) in the mudstone, proximal upper offshore, depth 569.7 m; **D** – *Planolites montanus* Richter in the mudstone interbedded with fine-grained sandstone, proximal upper offshore, depth 598.8 m

lokalnych, bardziej intensywnych prądów przybrzeżnych. Środowisko proksymalnego górnego odrzeża w przeciwieństwie do dystalnej strefy górnego odrzeża jest silniej i częściej poddawane wpływom sztormowej pogody (Raychaudhuri, Pemberton, 1992).

Facje heterolityczne Hf i Hc wskazują na wielokrotnie powtarzające się epizody zmian mechanizmów depozycji osadu. W przypadku osadu piaszczystego jest to transportująco-deponujące działanie prądu, natomiast materiał ilasty i muł jest deponowany z zawiesiny w warunkach stagnującej wody lub przy jej znikomym ruchu (Gradziński, Doktor, 1996). Obecność laminacji riplemarkowych, jak również drobno laminowanych heterolitów piaszczysto-mułowych, może wskazywać na słabe oddziaływanie prądów pływowych na wybrzeżu mikroplywowym. Jednak ze względu na brak innych wskaźników obecności pływów w sukcesji dolnokambryjskiej obu analizowanych profili ich występowanie jest mało prawdopodobne.

Inną strukturą sedimentacyjną, rzadko stwierdzaną w obu profilach, jest warstwowanie konwolutne, wskazujące na wzrost szybkości depozycji osadów.

Wzrost frekwencji jamek żerowiskowych osadożerców *Planolites montanus* Richter, *P. beverleyensis* (Billings) oraz *Teichichnus rectus* Seilacher w poszczególnych odcinkach profilu, odpowiadających strefie proksymalnego górnego odrzeża, wskazuje z jednej strony na powolną sedimentację mułu z zawiesiny, sprzyjającą dużej koncentracji substancji odżywczych w osadzie i jego wystarczające natlenienie (Fillion, Pickerill, 1990). Z drugiej strony duża zawartość mułu w zawieszynie wodnej w warunkach długotrwałego spokoju energetycznego środowiska sedimentacji skutecznie eliminowała z siedliska organizmy filtrujące substancje odżywcze z zawiesziny wodnej. Świadczy o tym tylko dwukrotne wystąpienie drobnych jamek mieszkalnych – domichnia: *Diplocraterion* isp. i *Terebelina* isp. w profilu Trojanowice 2. Sporadycznie występujący we wspomnianym profilu ichnorodzaj *Rosselia* jest interpretowany jako kanał miesz-

kalny odżywiającego się mułem robakowatego organizmu, który filtrował muł z zawiesziny wodnej, a następnie gromadził go w komorze o cebulkowatym kształcie (Pemberton i in., 1992b).

SYSTEM DEPOZYCYJNY PRZYBRZEŻA

Opis. System depozycyjny przybrzeża stwierdzono tylko w otworze Borzęta IG 1 w odcinku profilu odpowiadającym ogniwu piaszczystemu z Rajbrota (fig. 3). W interwale systemu dominują piaszczyste grubo- i średnioziarniste facje Sc i Sd w warstwach o miąższości 2–4 m. Ciemnoszare mułowce facji Mm i czarne ilowce facji Cm występują w centralnej części odcinka profilu w warstwach o miąższości 2–6 m. Względnie często występuje facja Sp. Są to piaszczyste średnio- i drobnoziarniste z warstwowaniem przekątnym dużej skali. Tworzą warstwy o miąższości 4–10 m. W spagowej i centralnej części odcinka profilu występują piaszczyste średnio- i drobnoziarniste facje Sr, Sw i Slh w warstwach o miąższości 1–3 m. Nie stwierdzono obecności skamieniałości śladowych.

Interpretacja środowiska sedimentacji. Obecność laminacji riplemarkowych i warstwowań przekątnych wskazuje na duży udział falowania w kształtowaniu warunków środowiskowych w tej strefie. Charakterystyczna, pojawiająca się dwukrotnie w odcinku profilu sekwencja struktur sedimentacyjnych od niżej energetycznych laminacji riplemarkowych do nadlegle występujących, wysokoenergetycznych warstwowań przekątnych dużej skali wskazuje na dwa epizody wzrostu energii falowania. Sekwencjom struktur sedimentacyjnych towarzyszą liczne intraklasty czarnego mułowca. Wysokoenergetyczne struktury sedimentacyjne oraz wysoka frekwencja intraklastów wskazują, że omawiany odcinek profilu reprezentuje strefę środowiskową rozciągającą się na przybrzeżu ponad minimalną podstawą falowania, w strefie oddziaływania sztormów i silnych prądów przybrzeżnych.

PODSUMOWANIE

1. W otworze wiertniczym Borzęta IG 1 rozpoznano do dziś najbardziej pełną, reperową sukcesję najniższego kambru we wschodniej części bloku górnośląskiego (fig. 3). Dolną część formacji z Borzęty budują czarne ilowce z bardzo nielicznymi warstewkami ciemnoszarego mułowca. Charakterystyczne jest dla niej występowanie trzech cienkich warstw wapieni marglistych. Wspomniany pakiet opisano jako ogniwu ilowców z Myślenic. Nadległą część sukcesji tworzy należący do ogniwu mułowców z Osieczan zwarty pakiet mułowców przewarstwianych się z drobnoziarnistymi piaszczystymi. W stropie formacji z Borzęty występują piaszczyste grubo-, średnio- i drobnoziarniste, reprezentujące ogniwu piaszczystego z Rajbrota (Buła, 2000). Powyżej utwo-

rów wspomnianej formacji zalegają utwory formacji z Goczałkowic.

2. W występującej w profilu Borzęta IG 1 sukcesji klasycznej terenowej wyraźnie zaznacza się wzrost udziału frakcji piaszczystej ku górze profilu formacji z Borzęty. Maksymalne wartości osiąga on w ogniwie piaszczystym z Rajbrota. Stopniowo zwiększający się udział wkładek piaszczystych drobnoziarnistych zanotowano w ogniwie mułowców z Osieczan. Występują w nich liczne struktury sedimentacyjne z grupy laminacji riplemarkowych, szczególnie częsta jest przekątna laminacja riplemarkowa (Paczeńska, 2001, 2005). Frekwencja skamieniałości śladowych jest niewielka. Występują tutaj tylko nieliczne fodinichnia *Planolites beverleyensis*

(Billings). W niżej leżących iłowcowo-mułowcowych osadach ogniwa iłowców z Myślenic nie stwierdzono występowania wkładek piaskowców drobnoziarnistych. Podobnie jak w wyżej leżącym ogniwie mułowców z Osieczan skamieniałości śladowe są reprezentowane przez fodinichnia osadożerców *Planolites beverleyensis* (Billings).

3. Nawiercona część profilu Trojanowice 2, reprezentująca terenew, stanowi monotonną sukcesję mułowców, przewarstwionych się z piaskowcami drobnoziarnistymi (fig. 2). Pod względem litologicznym wykazuje największe podobieństwo z górną częścią ogniwa mułowców z Osieczan z otworu Borzęta IG 1. Spektrum struktur sedimentacyjnych jest w profilu Trojanowice 2 bardzo ubogie i jest reprezentowane tylko przez drobne zestawy przekątnej laminacji riplemarkowej. Wśród skamieniałości śladowych w omawianym profilu, podobnie jak w profilu Borzęta IG 1, dominują fodinichnia osadożerców.

4. Zarejestrowana w profilu Borzęta IG 1 sukcesja środowisk sedimentacji wskazuje w najniższym odcinku profilu na stopniowe spływanie się środowisk sedimentacji ku jego stropowi. Nawierconą sukcesję rozpoczyna najgłębsze stwierdzone w niej środowisko dolnego odbrzeża, przechodzące ku górze w dystalne górne odbrzeże i najprawdopodobniej naprzemianległe występujące środowiska dystalnego i proksymalnego górnego odbrzeża. Prawdopodobna

naprzemianległość występowania obu środowisk sedimentacji występuje w wyższej części ogniwa mułowców z Osieczan. Końcowa faza depozycji omawianej sukcesji odbywała się w strefie przybrzeża. Dla profilu Trojanowice 2 charakterystyczne jest również, naprzemianległe występowanie dystalnego i proksymalnego górnego odbrzeża.

5. W profilu Trojanowice 2, w wyniku usunięcia przez erozję przeddewońską znacznej części sukcesji dolnopaleozoicznej, bezpośrednio nad utworami terenewu, niezgodnie zalegają twory dolnego dewonu. Wspomniany fakt uniemożliwia prześledzenie pełnego rozwoju najwyższej części sukcesji dolnokambryjskiej w tym profilu. Nawiercony w otworze Trojanowice 2 odcinek profilu najniższego kambru stanowi jedynie wycinek pierwotnej sukcesji kambryjskiej. Wynika to z braku rozpoznania głębokości zalegania spągu sukcesji kambryjskiej, spowodowany zatrzymaniem otworu na głębokości 602,0 m, oraz bardzo silną erozją, prawdopodobnie miąższościowo znaczących, stropowych jej części.

6. Duże podobieństwo wykształcenia litologicznego, ichnotaksonomii i etologii, zestawu struktur sedimentacyjnych oraz sposobu występowania środowisk sedimentacji w profilach Trojanowice 2 i Borzęta IG 1 pozwala odnieść nawiercony odcinek utworów terenewu w profilu Trojanowice 2 do ogniwa mułowców z Osieczan.

LITERATURA

- BUŁA Z., 2000 — Dolny paleozoik Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **171**.
- BUŁA Z., JACHOWICZ M., 1996 — The Lower Paleozoic sediments in the Upper Silesian Block. *Kwart. Geol.*, **40**, 3: 299–324.
- FILLION D., PICKERILL R.K., 1990 — Ichnology of the Upper Cambrian? To Lower Ordovician Bell Island and Wabana Groups of eastern Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana*, **7**.
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M., 1996 — Heterolityczne osady pływowe w serii paralicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, **44**: 1089–1094.
- JACHOWICZ-ZDANOWSKA M., 2013 — Cambrian Phytoplankton of the Brunovistulicum – taxonomy and biostratigraphy. *Pol. Geol. Inst. Sp. Papers.*, **28**.
- McEACHERN J.A., PEMBERTON S.G., 1992 — Ichnological aspects of Cretaceous shoreface successions and shoreface variability in the Western Interior Seaway of North America. *SEPM Core Workshop*, **17**: 57–84.
- MIALL A.D., 1977 — Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers: a summary. *W: Fluvial sedimentology. Canad. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**: 597–604.
- MIALL A.D., 2000 — Principles of sedimentary basins. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- PACZEŃSKA J., 1996 — Upper Vendian and Cambrian ichnocoenoses from the Polish part of the East European Platform. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **152**: 77.
- PACZEŃSKA J., 2001 — Systemy depozycyjne i środowiska sedimentacji. *W: Architektura fałdowa, stratygrafia sekwencji i subsydenca dolnokambryjskiego basenu bloku górnośląskiego* (J. Paczeńska, P. Poprawa). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PACZEŃSKA J., 2005 — Środowiska sedimentacji dolnokambryjskich osadów bloku górnośląskiego. *W: Geologia i zagadnienia ochrony środowiska w regionie górnośląskim. Materiały konferencyjne LXXVI Zjazdu Naukowego PTG. Rudy k/Rybnika*, 2005: 90–99.
- PEMBERTON S.G., MACEACHERN J.A., RANGER M.J., 1992a — Ichnology and event stratigraphy: the use of trace fossils in recognizing of tempestites. *SEPM Core Workshop*, **17**: 58–85.
- PEMBERTON S.G., VAN WAGONER J.C., WACH G.D., 1992b — Ichnofacies of a wave-dominated shoreline. *SEPM Core Workshop*, **17**: 339–382.
- RAYCHAUDHURI I., PEMBERTON S.G., 1992 — Ichnological and sedimentological characteristics of open marine to storm dominated restricted marine setting within the Viking/Bow Island Formations, south-central Alberta. *SEPM Core Workshop*, **17**: 119–139.
- SAVRDA Ch., BOTTJER D.J., 1989 — Trace fossil model for reconstructing oxygenation histories of ancient marine bottom waters; application to Upper Cretaceous Niobrara Formation., Colorado. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **74**: 49–74.
- ZIELIŃSKI T., 1998 — Litofacjalna identyfikacja osadów rzecznych. *W: Struktury sedimentacyjne i postsedimentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna* (red. E. Mycielska-Dowgiałło): 195–257.

SUMMARY

Integrated sedimentological and ichnological researches facilitated a facies analysis of the low lowermost Cambrian sediments in the eastern part of the Upper Silesian Block. Based on the facies association, the lower and upper offshore depositional system has been defined in the succession. The lower offshore system is characterized by the dominance of claystone facies. Trace fossils are represented only by fodinichnia *Planolites beverleyensis* (Billings). The upper offshore system consists of two divisions embracing its distal and proximal zone. Distal part of the upper offshore is marked by the occurrences of mudstones and relatively frequent occur-

rence of fine-grained sandstones. They form thickly or finely laminated sandstone-mudstone heterolith packets. Finely laminated heteroliths contain burrows of deposit feeders *Planolites beverleyensis* (Billings), *P. montanus* Richter and *Teichichnus* isp. The proximal upper offshore zone is characterized by mudstones and considerable proportion of fine-grained sandstones with ripple cross lamination. Trace fossils are represented by fodinichnia *Teichichnus rectus* Seilacher, *Teichichnus* isp., *Planolites montanus* Richter, *P. beverleyensis* (Billings) and *Rosselia* isp. The shoreface zone is represented by coarse-, medium- and fine- grained sandstones.