

Paleośrodowisko margli kredowych w Tatrach Polskich w świetle badań ichtnologicznych

Alfred Uchman*

Paleoenvironment of the Cretaceous marlstones in the Polish Tatra Mts in the light of ichnological researches

Summary. Basinal marlstones and micritic limestones of the Kościeliska Marl Formation (Berriasian–Valanginian–?Lower Aptian) and partially turbiditic marly mudstones of the Zabijak Marlstone Formation (Lower Albian–Turonian) in the Tatra Mts. are heavily bioturbated. Trace fossil assemblages are dominated by *Chondrites*, *Trichichnus*, *Planolites*, and *?Thalassinoides*. *Phycosiphon*, *Taenidium*, *Skolithos*, *Palaeophycus*, *?Teichichnus* and *Scolicia* occur rarely. These ichnotaxa indicate burrowing activity of deposit-feeding crustaceans, irregular echinoids, and deposit-feeding of chemosymbiotic polychaetes and/or ?sipunculoids. Composite ichnofabrics indicate well-oxygenated sediments, in which burrowers occupied well-defined tiers determined on the basis of cross-cutting relationships of trace fossils. The deepest tier is occupied by *Trichichnus*, the shallower tier by *Chondrites*, and the more shallower tiers by the remaining ichnotaxa. Commonly, parting and bedding surfaces are discordant, owing to tectonic stress. Bedding is well indicated by ichnofabrics. The trace-fossil assemblages have not good counterpart among the classic ichnofabrics. They resemble trace-fossil assemblages from marly mudstones of the Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene) in the Northern Apennines, which represent moderately oligotrophic, well oxygenated deep-sea environments.

Struktury i tekstury kredowych utworów formacji margli z Zabijaka (fm) (dalej FMZ) w jednostce wierzchowej,

oraz formacji margli z Kościeliskiej (fm) (dalej FMK) w jednostce regłowej dolnej, są w znacznej części wynikiem intensywnej bioturbacji. Tworzą one charakterystyczne ichnofabrics (*sensu* Bromley & Ekdale, 1983). Ich analiza w zglądach, nasączanych olejem w celu podniesienia kontrastu, dostarcza wielu informacji o paleośrodowisku i o życiu infauny. Informacje te w wielu wypadkach są niedostępne, trudniej dostępne lub niejednoznaczne przy użyciu innych metod.

Termin ichnofabrics, rozumiany jako zespół cech struktur i tekstur skał osadowych, związanych z penetracją w osadzie lub bioerozją, jest trudny do zastąpienia terminem polskim, głównie ze względu na problem braku odpowiednika terminu fabric. Proponuje się więc pozostawienie terminu ichnofabrics, przynajmniej tymczasowo, w oryginalnym brzmieniu.

Lokalizację badanych profili przedstawia ryc. 1.

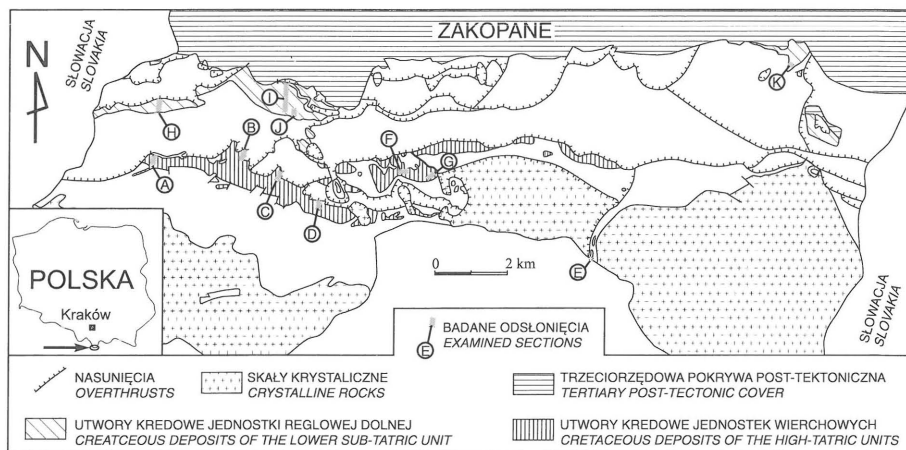
Zarys geologii

FMK (berias–walańżyn–?dolny apt), o miąższości do 260 m, jest zbudowana głównie z ciemnoszarych margli, wapieni marglistych i wapieni. Ponadto, zawiera ona ławice wapieni organodetrytycznych i piaskowców wapnistych (Lefeld, 1974, 1985).

FMZ (?dolny alb–turon), o miąższości do 260 m, zawiera głównie mułowce margliste i margle, występujące w cienkich ławicach (0,5–3,0 cm). Lokalnie, w dolnej części formacji występują skondensowane utwory glaukonitowo-fosforanowe, a w wyższej części sili-

ciklastyczne, wapniste piaskowce turbidytowe. Utwory tej formacji uważa się za pelagiczne, z przeławieniami dystalnych turbidytów piaszczystych i mułowych (Krajewski, 1985).

Zaobserwowano wyraźne różnice w litologii pomiędzy utworami FMZ w autochtonie i allochtonie wierzchowym. W płaszczowinie Giewontu, warstwowanie jest rzadkie i słabo zaznaczone, zapiaszczenie utworów jest małe, a barwa jest prawie czarna. W autochtonie natomiast dominują cienkie ławice (1–3



Ryc. 1. Mapa występowania utworów kredowych w Tatrach Polskich (na podstawie Bac-Moszaszwili i in., 1979a) wraz z lokalizacją badanych profili (A–L). A — Dolina Chochołowska na północ od Wyżniej Bramy Chochołowskiej, B — żleb Zabijak w Dolinie Lejowej, C — Hala Pisana, D — siedło pomiędzy kotłem Zadnie Kamienne a Halą Pisaną w Dolinie Kościeliskiej, E — przełęcz Liliowe, F — żleb Zagon w Dolinie Małej Łąki, G — wzdłuż szlaku turystycznego z Przełęczy pod Kopą do Doliny Małej Łąki, H — na dnie Doliny Chochołowskiej na północ od Polany Huciska, I — na dnie Doliny Kościeliskiej od strony Kopek Kościeliskich, J — wylot Doliny Miętusiej, K — Łężny Potok

Fig. 1. Map of the Cretaceous deposits in the Polish Tatra Mts. (based on Bac-Moszaszwili et al., 1979a) with the location of the investigated sections (A–L). A — Dolina Chochołowska Valley, N of Wyżnia Brama Chochołowska rocky gate, B — Zabijak Gully in the Dolina Lejowa Valley, C — Hala Pisana alp, D — the pass between Zadnie Kamienne and the Hala Pisana alp in the Dolina Kościeliska Valley, E — Liliowe Pass, F — Zagon Gully in the Dolina Małej Łąki Valley, G — along the touristic path from the Przełęcz pod Kopą Pass to the Dolina Małej Łąki Valley, H — on the bottom of the Dolina Chochołowska Valley, N of the Polana Huciska alp, I — on the bottom of the Dolina Kościeliska Valley from the side of the Kopki Kościeliskie, J — the outlet of the Dolina Miętusia Valley, K — Łężny Potok creek

*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a; 30-063 Kraków

cm) turbidytów pyłowcowo-mułowcowych, barwy są wyraźnie jaśniejsze, głównie szare, a frakcje piaszczyste, zwłaszcza piaskowce turbidytowe, występują znacznie częściej.

Skamieniałości śladowe

Według Bac-Moszaszwili i in. (1979b), w utworach FMZ, występują: *Tahphrhelminthopsis plana* (obecnie *Scolicia strozzii*), *Palaeochorda submontana* (obecnie *Protopaleodictyon submontanum*), *Planolites punctatus*, *Granularia* (obecnie ichnorodzaj zlikwidowany), oraz *Helminthoida* (obecnie *Nereites* lub *Helminthorhapha*). Przypuszczalnie, były one obserwowane na powierzchniach ławic i powierzchniach oddzielności. Znacznie mniej wiadomo o ichnologii FMK. Jedynie Pusch (1837) wymienia *Fucoides intricatus* (obecnie *Chondrites intricatus*) z Doliny Kościeliskiej, lecz nie wiadomo z jakich utworów. Przypuszczalnie, są to utwory FMK. Nowsze informacje dotyczące ichnologii tej formacji, są zawarte w publikacji Kędzierskiego & Uchmana (w druku), są w niniejszej publikacji znacznie rozszerzone.

Opisane niżej ichnotaksony, których obecność stwierdzono w trakcie badań, oznaczono na poziomie ichnorodzaju. Opaczenia na przekrojach na poziomie ichnogatunku są problematyczne. Bliższe informacje na temat opisanych form czytelnik może znaleźć w wielu publikacjach (np. Uchman, 1995).

Chondrites isp. A (ryc. 2A, C, 3B, D, 4B–C) to dendryczne, rozgałęzione w dół, wypełnione tunele, widoczne na przekrojach jako grupy drobnych, owalnych plamek lub krótkich gałązek. Najczęściej, ich wypełnienie jest ciemniejsze od otaczającej skały, a średnica wynosi od 0,3 do 1 mm. W niektórych warstwach FMK występują większe formy (1–2 mm średnicy), oznaczone jako ?*Chondrites* isp. B (ryc. 2B–C), z dobrze zaznaczoną, cienką ścianą tuneli wypełnionych osadem o podobnej litologii i kolorze, jak skała otaczająca, lokalnie z niewyraźną strukturą meniskową.

Phycosiphon isp. (ryc. 5B) to małe, planarne struktury typu *Spreite*, obwiedzione meandrującymi, cienkimi kanałami. Są one widoczne na przekrojach w postaci grup ciemnych plamek, o średnicy około 1 mm, obwiedzionych jasną otoczką.

Planolites isp. (ryc. 2A–B, 3B, 4B–C) to cylindryczne, nierozgałęzione struktury bez ściany, o średnicy od 2 do 4 mm, odróżniające się ciemniejszą barwą od otoczenia. W przekroju są widoczne jako owalne plamki.

Scolicia isp. (ryc. 3D, 5A) to poziome, cylindryczne, nierozgałęzione struktury bez ściany, o szerokości 20–30 mm, z meniskowym wypełnieniem. Meniski te w przekroju poziomym składają się z dwóch, symetrycznie ułożonych, złączonych łuków, których grubość wzrasta w kierunku osi struktury. Łuki menisków o takich samych cechach zostały znalezione w *Scolicia*, których przynależność ichnotaksonomiczna nie budzi wątpliwości (Uchman & Krenmayr, 1994).

Skolithos isp. (ryc. 2A–B) występuje w postaci pojedynczych, pionowych lub prawie pionowych, prostych lub lekko zakrzywionych, nierozgałęzionych cylindrów, o średnicy 2–3 mm. Ichnorodzaj ten pospolity w płytkomorskich, wysokoenergetycznych facjach występuje także w głębokomorskich, niskoenergetycznych utworach węglanowych (np. Ekdale & Berger, 1978; Ekdale i in., 1984).

Taenidium isp. A (ryc. 3A) to poziome lub lekko pochylone, cylindryczne formy bez ściany, z meniskowym wypełnieniem, o szerokości 3 mm. Meniski są płytkie i gęsto upakowane. *Taenidium* isp. B (ryc. 3B) różni się od poprzedniej formy szerokimi, głębokimi meniskami.

?*Teichichnus* isp. (ryc. 2E, 4C) to proste, lekko pochylone struktury bez ściany, z powtarzającą się w pionie laminacją

typu *Spreite*, o szerokości od 5–12 mm, długości 30–40 mm i wysokości około 10 mm.

?*Thalassinoides* isp. (ryc. 2A–B, D, 4B) to cylindryczne, rozgałęziające się kanały, o szerokości 4–10 mm, odróżniające się barwą (zazwyczaj ciemniejszą) od skały otaczającej.

Trichichnus isp. (ryc. 2B–E, 3A–B, 5B) to pionowe i pochylone, rzadziej poziome, niekiedy rozgałęzione, długie, nitkowate struktury, wypełnione pirytem, a w przypadku utlenienia, tlenkami i wodorotlenkami żelaza, o średnicy 0,6–1,5 mm. Często, struktury te są otoczone jasnym halo, o średnicy kilku milimetrów.

Forma A (ryc. 3C) to małe, wąskie (1,5 mm szerokości) struktury typu *Spreite*, zwinięte w ?helikoidalne skręty o szerokości 7–9 mm.

Dominującymi ichnotaksonami są *Chondrites*, *Trichichnus*, *Planolites*, a także ?*Thalassinoides*, który jednak występuje znacznie rzadziej w formacji margli z Zabijaka (fm) w allochtonie wierzchowym. Pozostałe ichnotaksony są spotykane rzadko.

Większość opisanych form była produkowana przez przemieszczających się w osadzie osadozerców. Nie jest wykluczone, że *Chondrites* i *Trichichnus* były tworzone przez osiadłe chemobionty. *Scolicia* produkowana była przez jeżowce nieregularne (Smith & Crimes, 1983), a *Thalassinoides* przez skorupiaki (Frey i in., 1984). Wśród twórców pozostałych form wymienia się najczęściej wieloszczety i sikwiaki (*Sipunculoidea*). Obok wymienionych wyżej organizmów dna morza zasiedlały inoceramidy, których fragmenty skorup znaleziono w niektórych ławicach FMZ (ryc. 4B).

Ichnofabrics i piętrowość skamieniałości śladowych

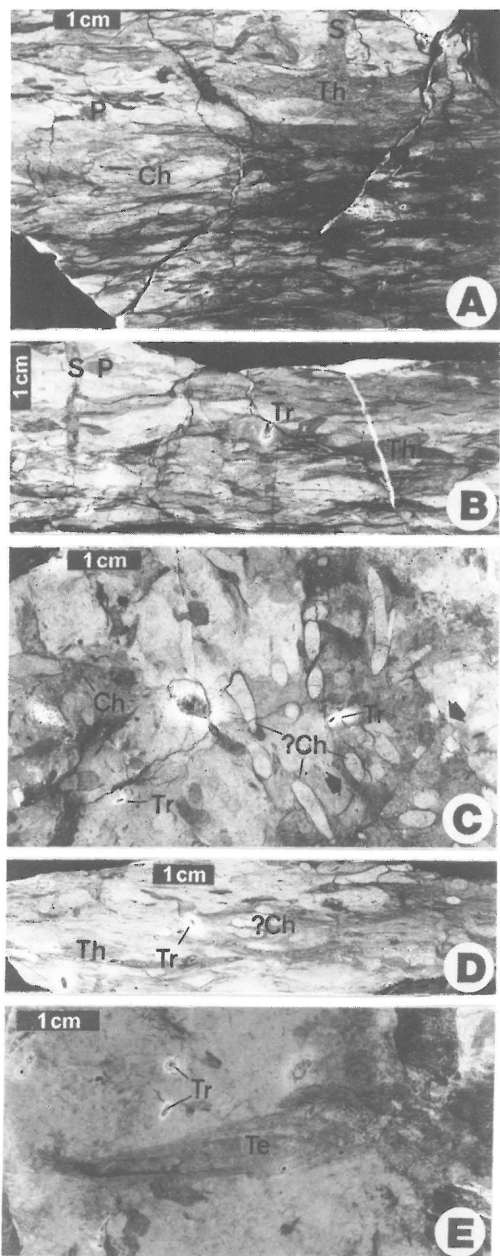
Margle i kalcyłutyty FMK są całkowicie zbioturbowane. Na homogenicznym, zbioturbowanym tle są widoczne liczne, najczęściej ciemniejsze plamy różnej wielkości, o zróżnicowanej intensywności barwy oraz ostrości konturów (ryc. 2–5). Są one przekrojami przez skamieniałości śladowe wielu generacji. Z tego powodu Stache (1868) określił utwory neokomu tatrzańskie jako „Fleckenmergel” czyli margle plamiste. Kontury wielu przekrojów są zdeformowane przez kompaktację, rozpuszczanie i mikrouskoki.

Ichnofabrics ciemnych, na ogół homogenicznych margli FMZ w allochtonie wierzchowym są podobne do ichnofabrics z FMK. Margle te są całkowicie zbioturbowane. Na homogenicznym tle widoczne są przekroje przez *Chondrites*, *Trichichnus*, *Planolites*, a lokalnie przez ?*Thalassinoides* lub *Phycosiphon*. Mała różnica barw pomiędzy tłem a skamieniałościami śladowymi jest przyczyną ich słabej widoczności (ryc. 5B).

Sytuacja jest odmienna w FMZ w autochtonie. Cienkie ławice turbidytów pyłowcowo-mułowcowych są całkowicie zbioturbowane. W ich wyższej części, zazwyczaj jaśniejszej od części dolnej, widoczne są drobne, ciemniejsze plamki należące w przewadze do *Chondrites* lub *Planolites* (ryc. 4A, 5A, 6). Często, większe wypełnienia kanałów ?*Thalassinoides* lub *Planolites* są zbioturbowane przez *Chondrites*. Granice między ławicami są tylko nieznacznie naruszone przez bioturbację, z wyjątkiem nielicznych warstw zawierających *Scolicia* (ryc. 5A). Laminacja w niższej części cienkich ławic nie jest zachowana. Natomiast normalna gradacja ziaren jest wyraźna. Grubsze ławice zawierające piaskowce są zbioturbowane tylko w wyższej, pelitycznej części. W części piaskowcowej fizyczne struktury sedymentacyjne, głównie warstwowanie riplemarkowe interwału Tc, są dobrze zachowane.

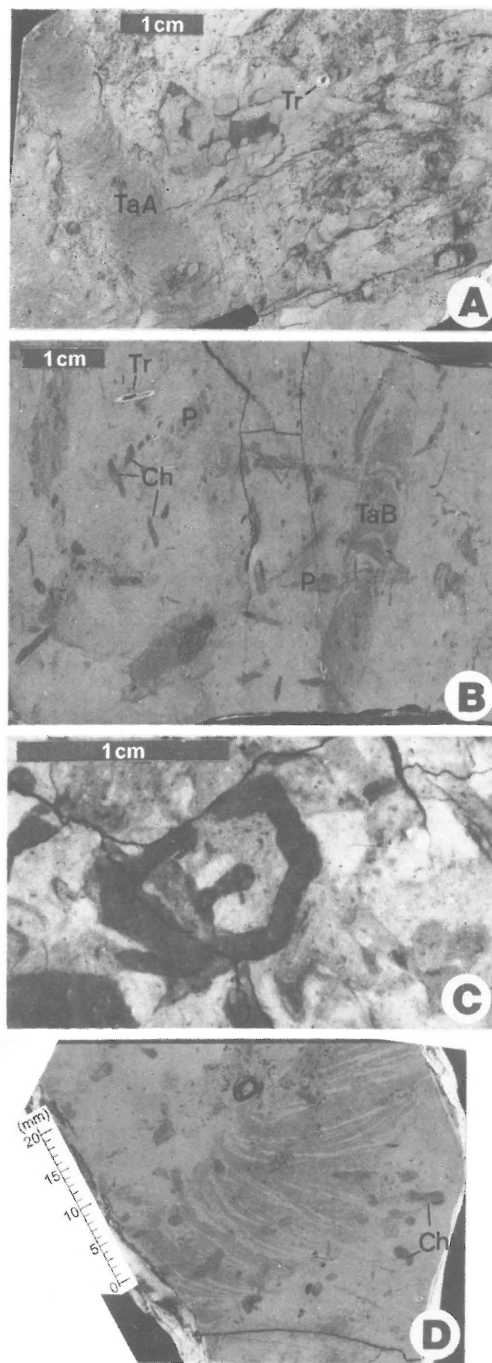
Poszczególne ichnotaksony wykazują charakterystyczne reguły przecinania się (ryc. 7), jednakowe o obu formacjach. *Chondrites* przecina *Planolites*, *?Thalassinoides* i *Scolicia*. *Skolithos* przecina *?Thalassinoides* i *Chondrites*. Wszystkie te ichnotaksony są przecięte przez *Trichichnus*. Relacje te pozwalają zrekonstruować pierwotne piętrowe roz-

mieszczenie skamieniałości śladowych w osadzie (*tiering*), według zasady — forma penetrująca głębiej przecina formę płytszą (Bromley & Ekdale, 1986). Modelowym wykorzystaniem tej zasady, najlepiej stosowanej do homogenicznych osadów pelagicznych i hemipelagicznych, jest odtworzenie piętrowości skamieniałości śladowych w kredzie piszącej (Ek-



Ryc. 2. Ichnofabrics z formacji margli z Kościeliskiej (fm) w zgładach nasączonych olejem. Oznaczono wybrane przekroje przez *?Thalassinoides* isp. (Th), *Planolites* isp. (P), *Chondrites* isp. A (Ch), *?Chondrites* isp. B (?Ch), *Skolithos* isp. (S), *Trichichnus* isp. (Tr) i *?Teichichnus* isp. A–B — Dolina Kościeliska; C–D — wylot Doliny Miętusiej; E — Dolina Chochołowska na północ od Polany Huciska. A–B, D — przekroje pionowe, C, E — przekroje poziome

Fig. 2. Ichnofabrics from the Kościeliska Marl Formation in oiled polished slabs. Selected cross-sections of *?Thalassinoides* isp. (Th), *Planolites* isp. (P), *Chondrites* isp. A (Ch), *?Chondrites* isp. B (?Ch), *Skolithos* isp. (S), *Trichichnus* isp. (Tr), and *?Teichichnus* isp. (Te) are indicated. A–B — Dolina Kościeliska Valley; C–D — the outlet of the Dolina Miętusia Valley; E — Dolina Chochołowska Valley, N of the Polana Huciska alp. A–B, D — vertical cross-sections, C, E — horizontal sections



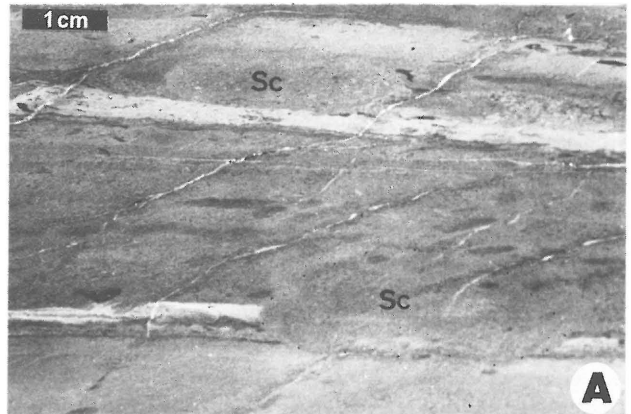
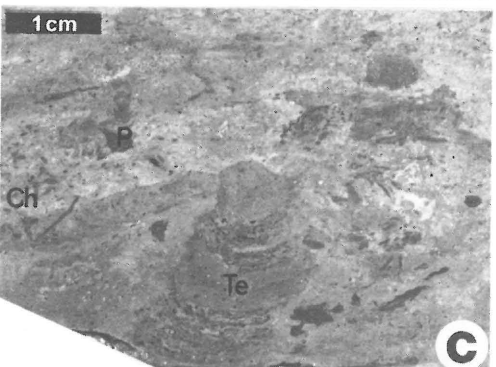
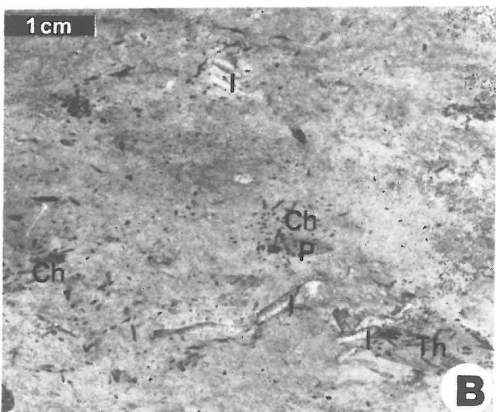
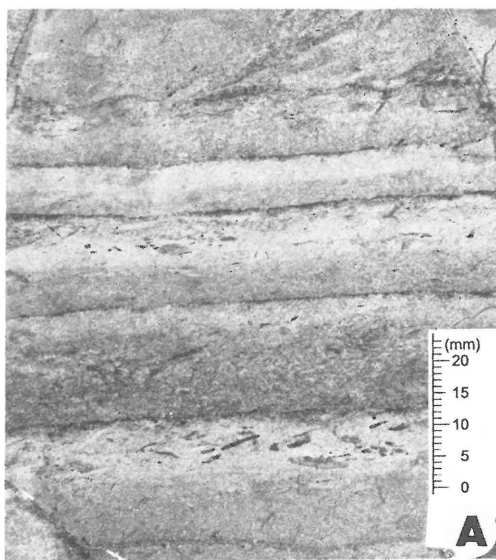
Ryc. 3. Ichnofabrics w zgładach nasączonych olejem z formacji margli z Kościeliskiej (fm) w Dolinie Kościeliskiej. Przekroje pionowe w stosunku do uławicenia. Oznaczono wybrane przekroje przez *Taenidium* isp. A (TaA), *Taenidium* isp. B (TaB), *Planolites* isp. (P), *Chondrites* isp. A (Ch) i *Trichichnus* isp. (Tr). C — forma A; D — *Scolicia* isp.

Fig. 3. Ichnofabrics in oiled polished slabs (horizontal sections) from the Kościeliska Marl Formation in the Dolina Kościeliska Valley. Selected cross-sections of *Taenidium* isp. A (TaA), *Taenidium* isp. B (TaB), *Planolites* isp. (P), *Chondrites* isp. A (Ch), *Skolithos* isp. (S), *Trichichnus* isp. (Tr), and *?Teichichnus* isp. (Te) are indicated. C — undetermined form A; D — *Scolicia* isp.

dale & Bromley, 1991). Stosunki ilościowe poszczególnych ichtnotaksonów i tła, oraz kolejność bioturbacji przedstawia diagram na ryc. 8.

W FMZ w allochtonie i FMK, gdzie ławice turbidytowe są rzadkie, najgłębsze piętro zajmuje *Trichichnus*, płytsze *Chondrites*, a jeszcze płytsze *Skolithos*, *Planolites*, *?Thalassinoides* i *Scolicia* (ryc. 7C). Penetracje najpłytszych pięter, przypuszczalnie bardzo zróżnicowane, nie są zachowane. Jest to wynikiem bardzo dużej intensywności bioturbacji w niskokohezyjnym, silnie nasyconym wodą osadzie przy dnie (*soupground*), w tak zwanej warstwie zmiksowanej (*mixed layer*) (Berger i in., 1979; Bromley, 1996). Tak więc, zachowane skamieniałości śladowe reprezentują jedynie głębsze piętra, zasiedlane w tak zwanej warstwie przejściowej (*transitional layer*), w osadzie o większej kohezji, który został uprzednio przerobiony w warstwie zmiksowanej. Płytsze skamieniałości śladowe mają mniej wyraźne kontury i mniej intensywne barwy, niż formy głębsze, ze względu

na mniejszą kohezję osadu, związaną z większym nasyceciem wodą w płytszych strefach, oraz mniej intensywnymi procesami diagenety. Obecny stan ichtnofabrics został uformowany ostatecznie w jeszcze głębszej warstwie, w tak zwanej warstwie historycznej (*historical layer*), wyróżniającej poniżej warstwy przejściowej, poza zasięgiem bioturbacji. Tak więc stan ten jest efektem przejścia osadu przez



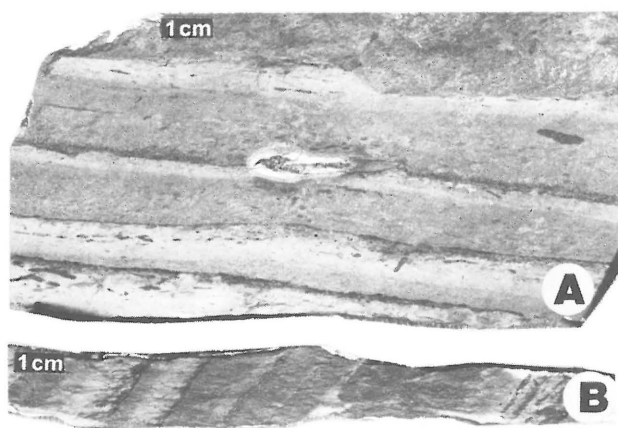
Ryc. 5. Ichnofabrics z formacji margli z Zabijaka (fm). A — *Scolicia* isp. (Sc). Kontur przekroju okazu z dolnej części zdjęcia zaznaczony kropkami. Przekrój pochyty. Dolina Chochołowska na północ do Wyżniej Bramy Chochołowskiej. B — *Phycosiphon* isp. (Ph) i *Trichichnus* isp. (Tr). Przekrój pionowy. Szlak turystyczny z Przełęczy pod Kopą do Doliny Małej Łąki

Fig. 5. Ichnofabrics from the Zabijak Marl Formation. A — *Scolicia* isp. (Sc). Contour of the specimen in the lower part of the photograph indicated by dots. Oblique section. Dolina Chochołowska Valley, N of the Wyżnia Brama Chochołowska rocky gate. B — *Phycosiphon* isp. (Ph) i *Trichichnus* isp. (Tr). Vertical cross-section. Touristic path from the Przełęcz pod Kopą Pass to the Dolina Małej Łąki Valley

←

Ryc. 4. Ichnofabrics z formacji margli z Zabijaka (fm). A — przekrój ukośny w stosunku do uławicenia. Widoczne cienkie ławice turbidytów mułowych z jaśniejszą, całkowicie zbioturbowaną górną częścią. Żleb Zabijak, Dolina Lejowa. B — przekrój poziomy. Widoczne przekroje muszli *Inocereamus* (I), oraz skamieniałości śladowych *Chondrites* isp. A (Ch), *Planolites* isp. (P) i *?Thalassinoides* isp. (Th). Siodło pomiędzy kotłem Zadnie Kamienne a Halą Pisana w Dolinie Kościeliskiej. C — przekrój poziomy. Widoczne przekroje *Chondrites* isp. A (Ch), *Planolites* isp. (P) i *?Teichichnus* isp. (Te). Dolina Chochołowska na północ do Wyżniej Bramy Chochołowskiej

Fig. 4. Ichnofabrics from the Zabijak Marl Formation. A — oblique cross-section. Note thin beds of muddy turbidites, with the lighter, totally bioturbated upper parts. Zabijak Gully, Dolina Lejowa Valley. B — horizontal section. Note sections of *Inocereamus* shells (I) and trace fossils *Chondrites* isp. A (Ch), *Planolites* isp. (P) and *?Thalassinoides* isp. (Th). The pass between Zadnie Kamienne and Halą Pisana alp in the Dolina Kościeliska Valley. C — horizontal section. Note sections of *Chondrites* isp. A (Ch), *Planolites* isp. (P), and *?Teichichnus* isp. (Te). Dolina Chochołowska Valley, N of Wyżnia Brama Chochołowska rocky gate



Ryc. 6. Niezgodność powierzchni oddzielności łupkowej z uławiceniem w formacji margli z Zabijaka (fm). Żleb Zabijak, Dolina Lejowa. A — zgląd powierzchni oddzielności łupkowej. B — przekrój poprzeczny okazu z A. Widoczne cienkie ławice turbidytów mułowych. Zauważ niezgodność uławicenia w stosunku do powierzchni oddzielności łupkowej w B

Fig. 6. Unconformity between schistosity surfaces and bedding planes in the Zabijak Marl Formation. Zabijak Gully, Dolina Lejowa Valley. A — polished slab of a schistosity parting surface. B — cross-section of the specimen in A. Note the thin beds of muddy turbidites and their unconformity to schistosity parting surfaces

strefę zmiksowaną i strefę przejściową, w wyniku mniej lub bardziej jednostajnego przyrostu osadu, oraz równoczesnych i późniejszych procesów diagenetycznych.

W FMZ w autochtonie, piętrowość była podobna, jak w opisanych wcześniej utworach, z tą różnicą, że poszczególne piętra bioturbacji przesunęły się skokowo w górę w wyniku depozycji turbidytów. Każdy turbidyt musiał być od nowa skolonizowany. Kolonizacja ta nie docierała do dolnej części grubszych turbidytów. Przypuszczalnie, jaśniejsza barwa górnej części turbidytów jest po części wynikiem przewietrzania osadu w efekcie intensywnej bioturbacji.

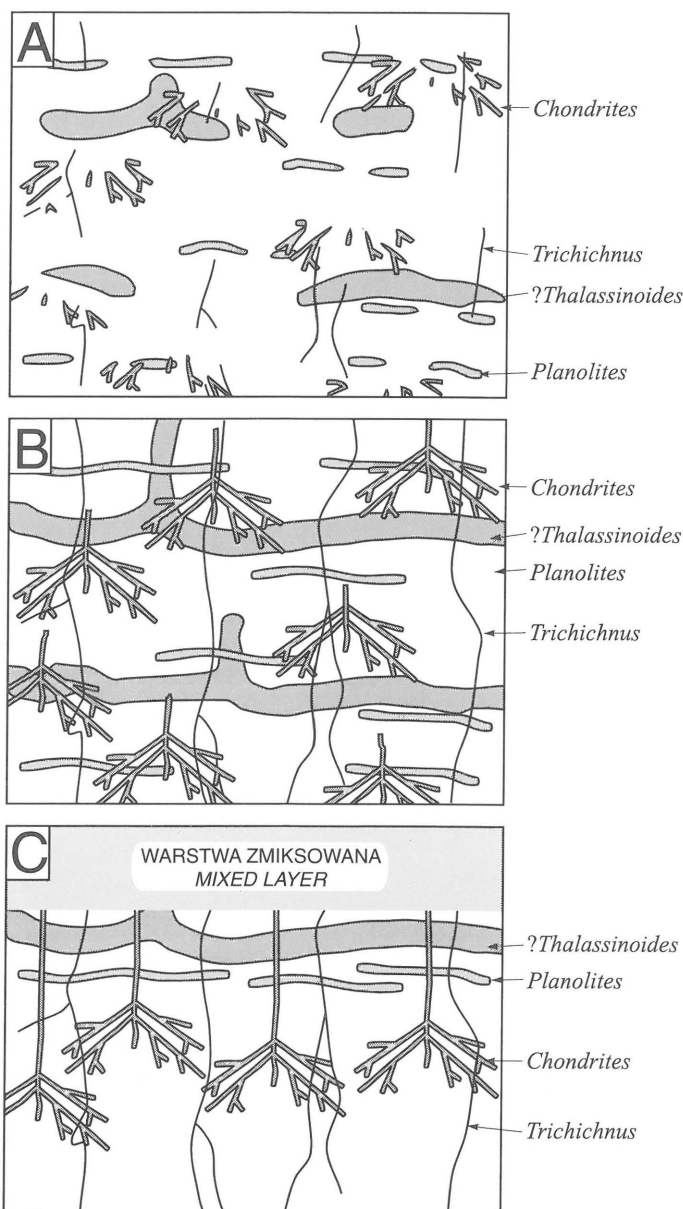
Stosunek złupkowacenia do uławicenia

Złupkowacenie w marglach badanych formacji jest niekiedy niezgodne z pierwotnym uławiceniem (ryc. 6), co potencjalnie może być przyczyną błędnych interpretacji tektonicznych. Rzeczywisty przebieg pierwotnego uławicenia jest bardzo dobrze podkreślony przez gradację ichnofabrics. W niektórych partiach żlebu Zabijak powierzchnia oddzielności łupkowej w utworach FMZ nachylona jest pod kątem 35–45° w stosunku do uławicenia. Na dnie Doliny Kościeliskiej, w niektórych okazach margli FMK, sytuacja jest podobna.

Dyskusja

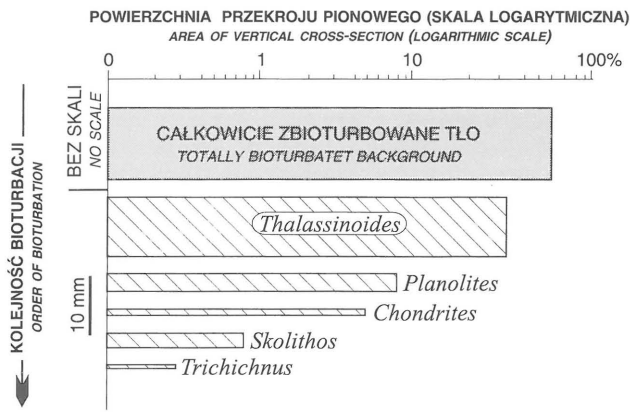
Jak dotąd brak dobrych odpowiedników omawianych ichnofabrics. Zespół skamieniałości śladowych z FMK przypomina nieco ichnofację *Zoophycos*, charakterystyczną dla niskoenergetycznych środowisk poniżej maksymalnej podstawy falowania (MacEachern & Pemberton, 1992). Jakkolwiek obecność indeksowego ichnorodzaju *Zoophycos* w utworach omawianej for-

macji jest problematyczna. W koncepcji ichnogildii (*ichnoguilds*), grupujących skamieniałości śladowe eksploatujące tą samą niszę ekologiczną (Bromley, 1996), zespół ten przypomina jeden z wariantów ichnogildii *Chondrites–Zoophycos*. Ichnogildia ta, typowa dla głębszych pięter zajmowanych przez skamieniałości śladowe w kredzie piszczącej, reprezentuje osadozerców i chemosymbiontów (Bromley, 1996). Jakkolwiek, brak pewnych wystąpień *Zoophycos*, a *Trichichnus* nie jest wymieniany we wspomnianej gildii.



Ryc. 7. Uproszczone relacje przestrzenne najczęstszych skamieniałości śladowych i rekonstrukcja ich piętrowości w formacji margli z Kościeliskiej (fm). A — widok pionowej powierzchni przekroju. B — rekonstrukcja relacji przestrzennych w przekroju pionowym. C — rekonstrukcja piętrowości





Ryc. 8. Przykładowy diagram stosunków ilościowych poszczególnych ichnotaksonów i tła, oraz kolejności bioturbacji, obserwowanych na powierzchniach przekroju pionowego w formacji margli z Kościeliskiej (fm)

Fig. 8. Quantitative relationships between ichnotaxa and their background, and order of bioturbation, as observed in vertical cross-sections in the Kościeliska Marl Formation

Monotypowa ichnogildia *Planolites* związana jest z płytkimi piętrami (Bromley, 1996). Według Savrda (1992) *Trichichnus* jest pospolity w tej ichnogildii w osadach niedotlenionych. Tym nie mniej, utwory FMK osadzały się w środowisku dobrze natlenionym przy dnie. Wskazuje na to obecność warstwy zmiksowanej. Oczywiście, nagłębsze piętro z *Trichichnus* w warstwie przejściowej było najgorzej natlenione.

Omawiany ichnozespół jest podobny do ichnozespołu z głębokomorskich mułowców marglistych miocenijskiej formacji Marnoso-arenacea i facji towarzyszących w Apeninach Północnych (McBride & Pickard, 1991; Uchman, 1995), gdzie *Trichichnus* jest bardzo pospolity, a *Zoophycos* jest stosunkowo rzadki. Utwory te reprezentują dobrze natlenione, umiarkowanie oligotroficzne środowiska (Uchman, 1995). Formacja Marnoso-arenacea jest jednak znacznie bogatsza w ichnotaksony niż badane formacje. Jedną z przyczyn jest zapewne większa ilość piaszczystych turbidytów, wpływających na urozmaicenie podłoża i zwiększających potencjał prezerwacyjny poprzez delikatną erozję warstwy zmiksowanej.

Można przypyszczać, że skamieniałości śladowe z margli neokomu w Karpatach wewnętrznych, różnią się w poszczególnych formacjach, jednak wiadomości na ten temat są bardzo skąpe. Michalík & Vašíček (1989) wymieniają *Zoophycos*, *Planolites*, *Chondrites* i *Helminthopsis* z mikrytowych wapieni pokrewnej formacji z Mráznicy (walanżyn–hoteryw) na Słowacji. Skamieniałości śladowe utworów facji maiolica (tyton–berias), podścielającej FMK, są zdominowane przez *Chondrites*, *Zoophycos* i *Teichichnus* (Wieczorek, 1988). Jednak nieobecność *Trichichnus* w tych utworach jest najbardziej uderzającą różnicą.

Wnioski

1) Dominującymi ichnotaksonami w FMK i FMZ są *Chondrites*, *Trichichnus*, *Planolites*, a także *Thalassinoides*, który jednak występuje znacznie rzadziej w formacji margli z Zabijaka (fm) w allochtonie wierchowym. *Phycosiphon* isp., *Skolithos* isp., *Taenidium* isp. A i B, *Palaeophycus* isp., *Teichichnus* isp. i *Scolicia* isp. są formami rzadkimi.

2) Opisane ichnotaksony świadczą o obecności osado-

żernych skorupiaków, jeżowców nieregularnych, a także osadożernych lub chemosymbiotycznych innych bezkręgowców (wieloszczety, ?sikwiaki), penetrujących w osadzie na ściśle określonych piętrach.

3) Kolejność pięter zajmowanych przez infaunę można odtworzyć na podstawie reguł przecinania się skamieniałości śladowych. Najgłębsze piętro w osadzie zajmuje *Trichichnus*, płytsze *Chondrites*, a pozostałe ichnotaksony zajmują jeszcze płytsze piętra.

4) Osady FMK i FMZ były dobrze natlenione przy dnie.

5) Lokalnie złupkowacenie w FMK i FMZ jest niezgodne z uławiczeniem, podkreślonym wyraźnie przez ichnofabrics.

6) Opisany ichnozespół nie ma dobrego odpowiednika w klasycznych ichnofacjach. Najbardziej przypomina on ichnozespół z mułowców marglistych formacji Marnoso-arenacea i facji towarzyszących (miocen) w Apeninach Północnych, reprezentujących dobrze natlenione, umiarkowanie oligotroficzne środowiska głębokomorskie.

Literatura

- BAC-MOSZASZWILI M., BURCHARDT J., GŁAZEK J., IWANOW A., JAROSZEWSKI W., KOTAŃSKI Z., LEFELD J., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RONIEWICZ P., SKUPIŃSKI A. & WESTWALEWICZ-MOGILSKA E. 1979a — Mapa geologiczna Tatr Polskich, 1 : 300 000. Wyd. Geol. BAC-MOSZASZWILI M., GAŹDZICKI A. & KRAJEWSKI K. 1979b — [In:] Lefeld J. (ed.) Przewodnik 51 Zjazdu Pol. Tow. Geol. Wyd. Geol. pp. 190–198.
- BERGER W.H., EKDALE A.A. & BRYANT P.P. 1979 — Mar. Geol., 32: 205–230.
- BROMLEY R.G. 1996 — Trace Fossils. Biology. Taphonomy and Applications. Second Edition. Chapman & Hall, London.
- BROMLEY R.G. & EKDALE A.A. 1986 — Geol. Mag., 123: 49–65.
- EKDALE A.A. & BERGER W.H. 1978 — Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 23: 263–278.
- EKDALE A.A. & BROMLEY R.G. 1991 — Palaios, 6: 232–249.
- EKDALE A.A., MULLER, L.N. & NOVAK, M.T. 1984 — Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 45: 189–223.
- FREY R.W., CURRAN A.H. & PEMBERTON G.S. 1984 — Jour. Paleont., 58: 511–528.
- KĘDZIERSKI M. & UCHMAN A. 1997 — Ann. Soc. Geol. Pol., (w druku).
- KRAJEWSKI K. 1985 — Studia Geol. Pol., 84: 34–37.
- LEFELD J. 1974 — Acta Geol. Pol., 24: 277–364.
- LEFELD J. 1985 — Studia Geol. Pol., 84: 77–79.
- MacEACHERN J.A. & PEMBERTON G.S. 1992 — [In:] Pemberton G.S. (ed.) Application of Ichnology to Petroleum Exploration. A Core Workshop. Soc. Econ. Paleont. Miner. Core Workshop, 17: 57–84.
- MCBRIDE E.F. & PICARD M.D. 1991 — Palaios, 6: 281–290.
- MICHALÍK J. & VAŠÍČEK Z. 1989 — [In:] Wiedmann J. (ed.) Cretaceous of the Western Tethys. Proc. 3rd Intern. Cretaceous Symp., Tübingen: 505–523.
- PUSCH G.G. 1837 — Polens Paläontologie. E. Schweizerbart's, Stuttgart.
- SAVRDA C.E. 1992 — [In:] Maples C.G. & West R.R. (eds) Trace Fossils. Short Cour. Paleont., 5: 172–196.
- SMITH A.B. & CRIMES P.T. 1983 — Lethaia, 16: 79–92.
- STACHE G. 1868 — Verh d.k.-k. Geol. Reichsanst., 1868: 322–324.
- TAYLOR, A.M. & GOLDRING, A. 1993 — Jour. Geol. Soc. London, 150: 141–148.
- UCHMAN A. 1995 — Beringeria, 15: 3–115.
- UCHMAN A. & KRENMAYR H.G. 1994 — Paläont. Zeit., 69: 503–524.
- WIECZOREK J. 1988 — Ann. Soc. Geol. Pol., 58: 255–276.