

Interpretacja biostratygraficzna i paleoekologiczna zespołów otwornic aglutynujących z paleoceno–środkowoeoceńskich osadów płaszczowiny magurskiej w rejonie Suchoj Beskidzkiej (Karpaty fliszowe)

Anna Waśkowska-Oliwa*

Analiza otwornic aglutynujących z paleoceno–środkowoeoceńskich osadów płaszczowiny magurskiej, ze strefy raczańskiej północnej, była przedmiotem badań, na podstawie których ustalono, że wyższa część warstw inoceramowych, pstre łupki dolne z Łabowej (fm) oraz dolny piaskowiec ciężkowicki są wieku paleoceno, pstre łupki środkowe (fm) powstały we wczesnym eocenie, a pstre łupki górne (fm) w eocenie środkowym. Analiza cech ilościowych i jakościowych według modelu morfogrup (Jones & Charnock, 1985) pozwoliła na określenie warunków paleoekologicznych panujących przy dnie zbiornika magurskiego, w rozpatrywanym interwale czasowym. W późnym paleocenie i w eocenie środkowym przypowierzchniowa część osadu była gorzej natleniona oraz większa była produktywność wód, w stosunku do warunków panujących we wczesnym eocenie.

Słowa kluczowe: Karpaty fliszowe, płaszczowina magurska, strefa raczańska północna, późny paleocen–środkowy eocen, otwornice aglutynujące, biostratygrafia, paleoekologia

Anna Waśkowska-Oliwa — **Biostratigraphic and paleoecologic interpretation of the agglutinated foraminifera assemblages of the Paleocene-Middle Eocene deposits of the Magura Nappe in the area of Sucha Beskidzka (Outer Carpathians).** Prz. Geol., 48: 331–335.

S u m m a r y. Agglutinated foraminifera from the Inoceramian beds, variegated shales of the Łabowa Shale Fm., Ciężkowice Sandstone and the Hieroglyphic beds of the northern Raca Subunit (Magura Nappe) were the main subject of these studies. The age determinations based on the foraminiferal assemblages indicate that: the upper part of the Inoceramian beds, lower variegated shales and the lower Ciężkowice Sandstone are of the Paleocene age; middle part of the variegated shales (Łabowa Sh. Fm.) is of the Early Eocene age and the upper variegated shales represent the Middle Eocene. The morphogroup analysis points that during the Late Paleocene and the Middle Eocene it was relatively high organic flux and insufficient oxygenation at the bottom of the basin whereas during Early Eocene time oxygenation was better and surface productivity lower.

Key words: Polish Outer Carpathians, Magura Nappe, northern Raca Subunit, Late Paleocene-Middle Eocene, agglutinated foraminifera, biostratigraphy, paleoecology

W basenie magurskim na granicy paleocenu i eocenu nałożyły się na siebie dwa zjawiska. Pierwsze, o skali globalnej, podczas którego zaszła przebudowa składu taksonomicznego bentonicznych otwornic, gdyż wtedy ostatnie z typowo kredowych gatunków wymarły i nowa głębokowodna fauna zasiedliła dna zbiorników morskich (Kaminski i in., 1996). Drugim istotnym wydarzeniem, o zasięgu lokalnym (w obrębie płaszczowiny magurskiej), było zakończenie sedymentacji pierwszego kampańsko/mastrychcko–paleocenońskiego cyklu turbidytowego i rozpoczęcie następnego dolnoeoceno–oligocenońskiego cyklu (Oszczypko, 1992). Celem badań było określenie czy i w jaki sposób uległy zróżnicowaniu zespoły mikrofauny w czasie tych wydarzeń. Ponadto, jest to pierwsza próba zastosowania modelu analizy morfogrup otwornicowych wykonana dla wybranych utworów płaszczowiny magurskiej. Analiza ta pozwoliła na ustalenie jak duża była dostawa pożywienia i jakie warunki tlenowe mogły panować na dnie basenu w późnym paleocenie oraz we wczesnym i środkowym eocenie.

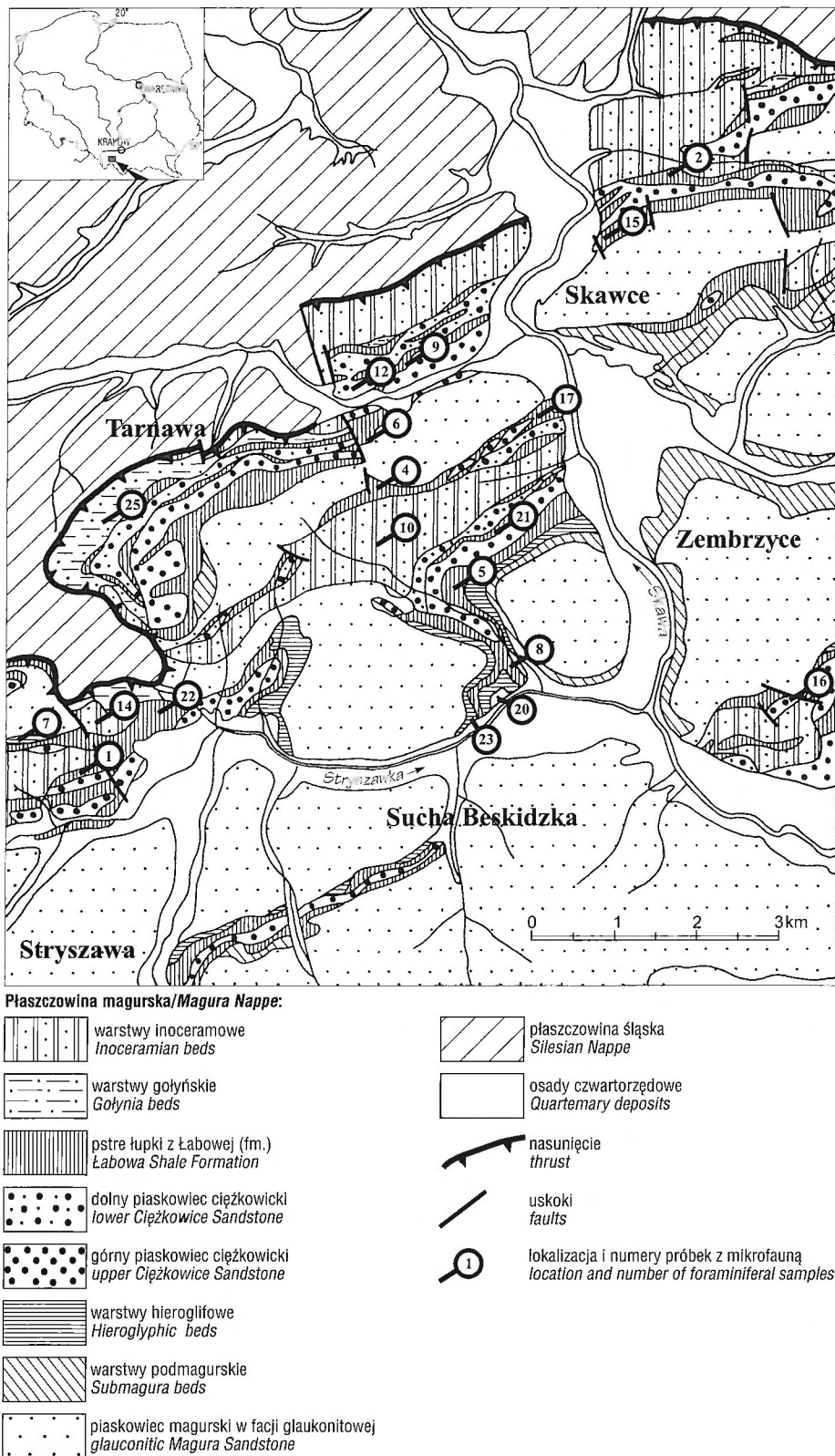
Zarys litostratygrafii

Teren badań leży w dorzeczu Skawy, między Suchą Beskidzką a Skawcami (ryc. 1). Geologicznie należy do strefy raczańskiej północnej (Siar). W strefie tej od późnego paleocenu do środkowego eocenu trwała powolna sedymentacja pstrych łupków, która dwukrotnie była przerywana depozycją piaskowców ciężkowickich.

Pierwsze prace geologiczne obejmujące rejon Suchoj Beskidzkiej ukazały się jeszcze przed I wojną światową (vide Książkiewicz, 1974). Od lat 30. do 70. badania na tym obszarze prowadził Książkiewicz. W 1974 r. pod jego autorstwem została wydana *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000*, arkusz Sucha Beskidzka wraz z opisem, która była podstawowym źródłem informacji wykorzystywanym w trakcie realizacji badań.

Najstarszymi utworami strefy raczańskiej północnej w rejonie Suchoj Beskidzkiej są warstwy inoceramowe (senon–paleocen) reprezentowane przez twarde, gruboławicowe piaskowce wapieniste o barwie szarej, poprzelawicane zielonymi łupkami ilastymi i marglistymi (ryc. 2). Nad nimi leżą warstwy gołyńskie (paleocen) wykształcone w postaci szarych piaskowców gruboławicowych, pomiędzy którymi występują pakiety ciemnych, miękkich łupków (Książkiewicz, 1974). Wyżej w profilu litostratygraficznym znajdują się pstre łupki formacji z Łabowej (Oszczypko, 1992) i piaskowce ciężkowickie (późny paleocen–środkowy eocen) (Książkiewicz, 1974) (ryc. 2). Pstre łupki występujące w rejonie Sucha Beskidzka–Skawce są rozdzielone przez piaskowce ciężkowickie i tworzą 3 kompleksy. Są to: łupki pstre dolne (miąższość 100 m), łupki pstre środkowe (miąższość 30 m) oraz łupki pstre górne (miąższość 200 m). Formację z Łabowej budują miękkie łupki ilaste o barwie czerwonej i zielonej, z cieniutkimi wkładkami piaskowców. Piaskowce ciężkowickie (łączna miąższość 500 m) występują w dwóch kompleksach: dolnym i górnym. Są one zbudowane z gruboławicowych drobno- i średnioziarnistych piaskowców o spoiwie wapienistym lub ilasto-wapienistym, niekiedy z cienkimi wkładkami zielonych łupków ilastych (Książkiewicz, 1974). Nad górnymi łupkami pstrymi formacji z Łabowej w rejonie Suchoj Beskidzkiej występuje drobno-rytmiczny flisz, podobny do warstw hieroglifowych opisy-

*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków, e-mail: Oliwa@ing.uj.edu.pl



Ryc. 1. Mapa geologiczna okolic Suchoj Beskidzkiej (Książkiewicz, 1974 – uaktualniona)
Fig. 1. Geological map of the Sucha Beskidzka area (after Książkiewicz, 1974, supplemented)

wanych przez Książkiewicza (1974) z rejonu położonego bardziej na południe. Jego miąższość jest niewielka, szacowana na kilkanaście metrów. Główną masę skalną stanowią szarozielone łupki ilaste lub wapienste z wkładkami cienkoławicowych piaskowców. Ponad nim leżą warstwy podmagurskie (późny eocen) (Książkiewicz, 1974). Są one zbudowane ze średnio- i cienkoławicowych piaskowców

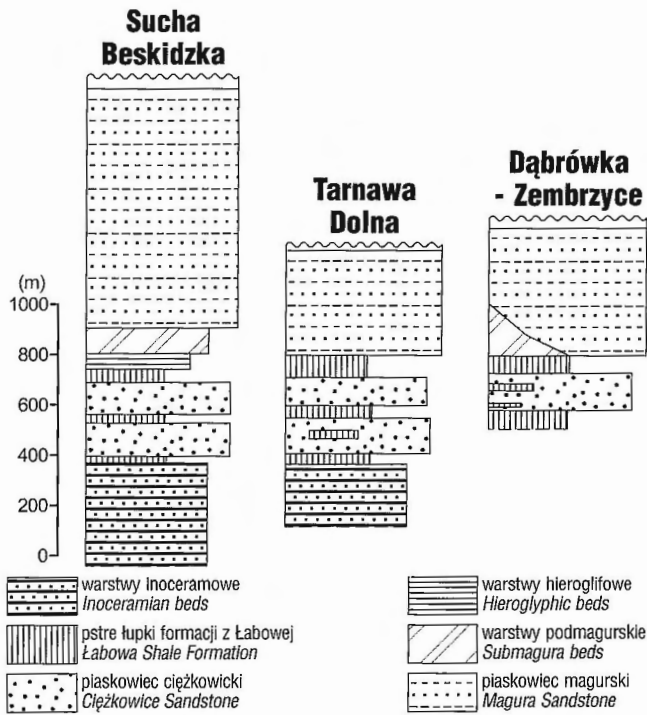
(Olszewska, 1997). W jednej próbce został znaleziony gatunek *Saccaminoides carpathicus* Geroch (próbka nr 15), co dodatkowo potwierdza dolnoeocenijski wiek tego kompleksu. Górne pstre łupki formacji z Łabowej i warstwy hieroglifowe zawierają środkowoeocenijski zespół mikrofauny reprezentujący powszechnie znany poziom

muskwitowych z wkładkami szarozielonych, grubołuźliwych łupków. Profil litostratygaficzny kończy się na piaskowcach magurskich w facji glaukonitowej (późny eocen-oligocen) reprezentowanych przez gruboławicowe piaskowce o spoiwie ilasto-krzemionkowym lub ilasto-wapnistym (Książkiewicz, 1974).

Biostratygrafia

Próbki do badań biostratygaficznych pochodziły z interwałów łupkowych warstw inoceramowych, warstw gołyńskich, piaskowców ciężkowičkih i warstw hieroglifowych oraz z pstrych łupków formacji z Łabowej (ryc. 1). Małe otwornice wyseparowane zostały metodą standartową, czyli przez macerację próbek w soli glauberskiej i szlamowanie. Część pobranego w terenie materiału okazała się mało przydatna do datowań, gdyż nie zawierała mikrofauny, lub otwornice w nim występujące nie wnosily żadnych danych dotyczących wieku badanych utworów. Stan zachowania skorupki był na ogół dobry.

Badane próbki zawierały prawie wyłącznie gatunki głębokowodnych otwornic aglutynujących, tylko w jednej próbce znaleziono kilka otwornic planktonicznych. Warstwy inoceramowe, pstre łupki formacji z Łabowej oraz piaskowiec ciężkowički dolny zawierają paleocenijski zespół mikrofauny z charakterystycznymi dla tego wieku gatunkami, tj. *Glomospirella grzybowskii* (Jurkiewicz), *Remesella varians* (Glaessner), *Rzehakina epigona* (Rzehak) i *Spiroplectamina spectabilis* (Grzybowski). Paleocenijska forma planktoniczna *Parasubbotina* cf. *pseudobulloides* (Plummer) została zidentyfikowana tylko w jednej próbce z warstw inoceramowych (próbka nr 10). Otwornice pochodzące ze środkowych łupków pstrych formacji z Łabowej wskazują na wczesnoeocenijski wiek tych warstw. Zespół mikrofauny można zaklasyfikować do poziomu masowego wystąpienia form z rodzaju *Glomospira*



Ryc. 2. Profile litologiczne utworów płaszczowiny magurskiej w rejonie Suchoj Beskidzkiej

Fig. 2. Lithostratigraphic logs of Magura Nappe in the area of Sucha Beskidzka

Reticulophragmium amplexans (Geroch & Nowak, 1984; Olszewska, 1997).

Górny piaskowiec ciężkowicki jest podścielony dolnoeocenijskimi środkowymi łupkami pstryimi i nadścielony środkowo-eocenijskimi górnymi pstryimi łupkami, można więc wnioskować, że jego sedimentacja odbyła się pomiędzy wczesnym a środkowym eoceniem.

Paleoekologia

Badania współczesnego materiału otwornicowego wykazały, że istnieje zbieżność pomiędzy strategią życiową mikroorganizmów i cechami morfologicznymi ich skorupki. Jest to wynik przystosowania się organizmów do warunków ekologicznych panujących w ich naturalnym środowisku życia. W 1985 r. Jones i Charock opracowali podział ptwornic aglutynujących na morfogrupy ujmujący zależność pomiędzy cechami morfologicznymi skorupki otwornic a pozycją w osadzie i sposobem pobierania przez nie pożywienia. Zgodnie z zasadą aktualizmu geologicznego model morfogrúp (Jones & Charnock, 1985) po uzupełnieniach został zaadoptowany do badań materiału kopalnego (Corliss, 1985; Corliss & Chen, 1988; Corliss & Fois, 1991; Nagy, 1992; Tyska, 1994; Nagy i in., 1995; Kaminski i in., 1996; Kuhnt i in., 1996; Bąk i in., 1997 i in.). Badania morfotypowe nie wymagają wnikliwych studiów nad rozpoznaniem gatunkowym lub rodzajowym organizmów, opierają się na analizie cech morfologicznych skorupki otwornic.

Badając zmienność zespołów faunistycznych oraz wzajemny stosunek morfogrúp można wyciągać wnioski dotyczące produktywności i natlenienia wód dennych basenu. Aby uzyskać dokładne dane, procesowi maceracji zostały poddane próbki o wadze 100 g. Następnie z przeszlamowanego residuum wybrano, oznaczono i policzono wszystkie okazy otwornic aglutynujących (tab.1), po czym przyporządkowano je do poszczególnych morfogrúp według modelu przedstawionego przez Jonesa i

Charnocka (1985) z późniejszymi modyfikacjami (Nagy, 1992; Nagy i in., 1995).

Dla potrzeb niniejszego opracowania przyjęto podział na 5 grup:

A1 — organizmy zawieszonożerne, rurkowe lub rozgałęzione formy (epifauna wystająca ponad powierzchnię osadu), tj. *Bathysiphon*, *Nothia*, *Rhabdammina*, *Rhizammina* (ryc. 4);

A2 — organizmy detrytusożerne zamieszkujące powierzchnię osadu — mobilna epifauna (formy zwinięte planispiralnie lub nieregularnie, spłaszczone) tj. *Ammodiscus*, *Glomospira*, *Paratrochamminoides*, *Rzehakina*, *Trochamminoides* (ryc. 4, 5);

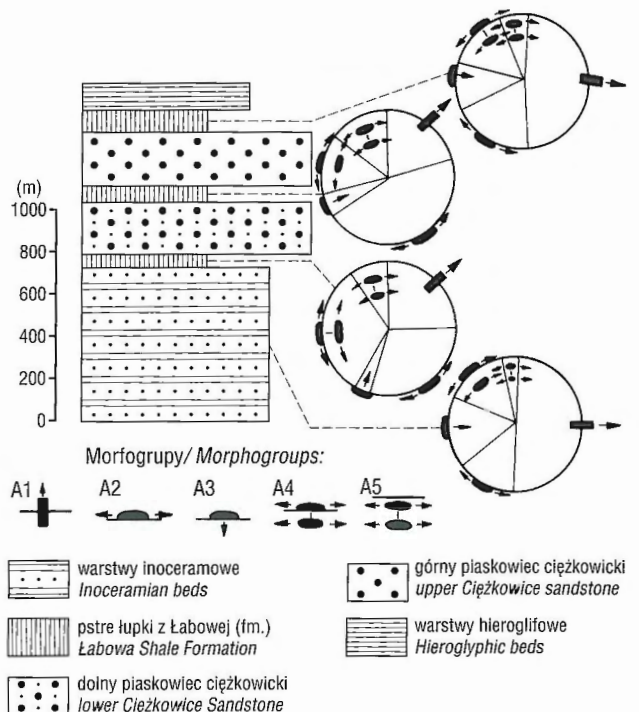
A3 — organizmy detrytusożerne żyjące na dnie z ujściem skierowanym w głąb osadu (epifauna) np. *Ammosphaeroidina*, *Saccamina*, *Saccamminoides*, *Trochammina* (ryc. 5);

A4 — organizmy detrytusożerne posiadające skorupki o kształtach kulistych i owalnych, drażące w osadzie (epifauna — infauna) np. *Haplophragmoides*, *Recurvoides*, *Reticulophragmium* (ryc. 5);

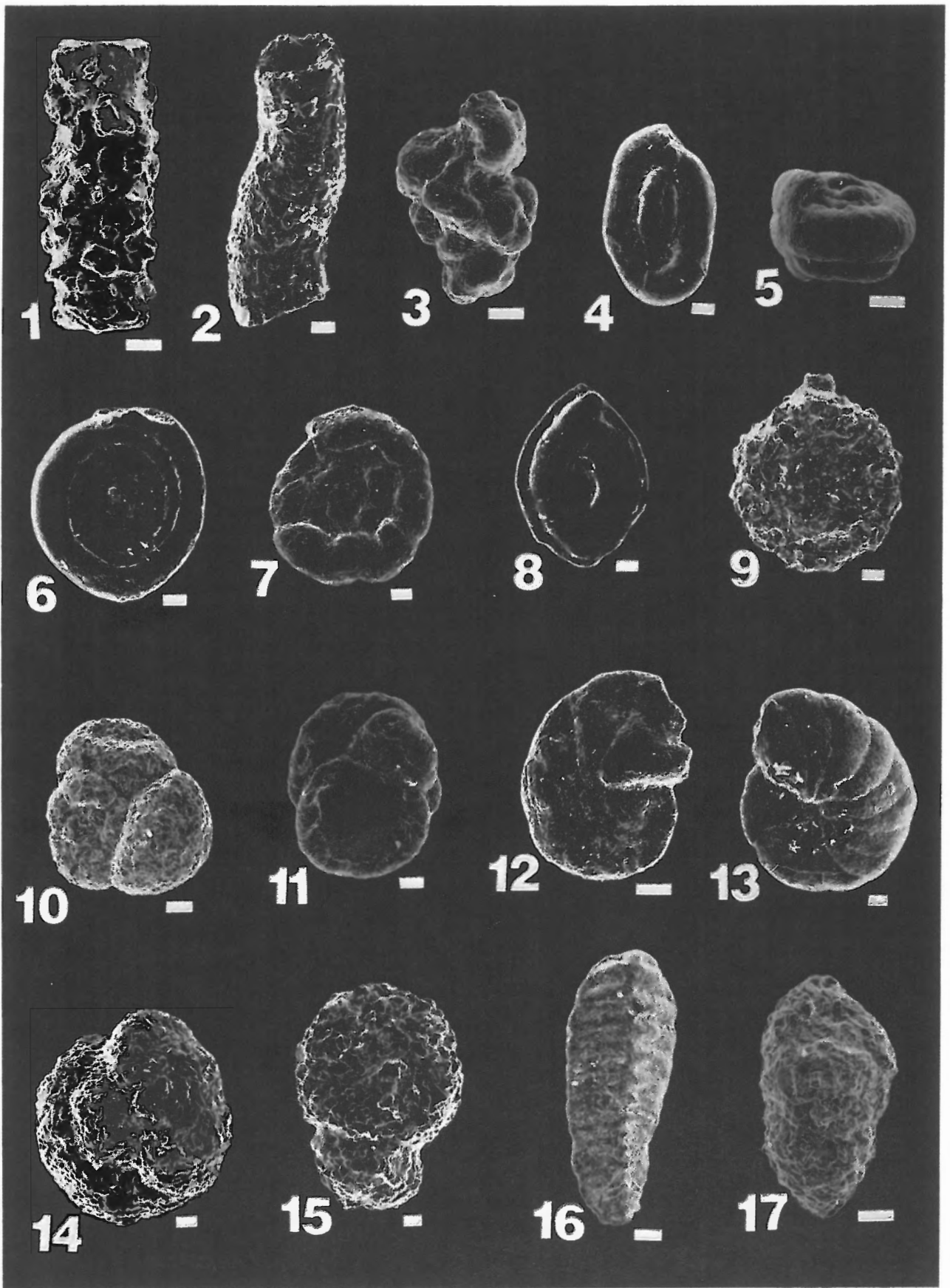
A5 — organizmy detrytusożerne o wydłużonych, opływowych kształtach (płytki — głęboka infauna) np. *Gerochammina*, *Hormosina*, *Karrerulina*, *Remesella*, *Reophax*, *Spiroplectammina* (ryc. 5).

Występowanie określonych morfogrúp otwornicowych jest ściśle uzależnione od dostawy pożywienia i warunków tlenowych panujących na granicy woda/osad. Gdy jest niewiele materii organicznej, granica między osadem natlenionym i anoksycznym jest na tyle głęboko, że oprócz epifauny i infauny płytkiej (do 5 cm od granicy osad-woda) rozwija się także infauna głęboka (poniżej 5 cm od granicy osad-woda) (Kuhnt i in., 1996). W przypadku wzrostu ilości materii organicznej granica między osadem natlenionym i anoksycznym przesuwa się w górę, co z kolei uniemożliwia rozwój form infauny głębokiej (Kuhnt i in., 1996).

Kolor pstrych łupków kontrolowany jest przez stosunek Fe^{3+}/Fe^{2+} , co zależy od stopnia utlenienia sedimentu. Przy wysokiej wartości Fe^{3+}/Fe^{2+} osad ma barwę czerwoną, przy niskiej zieloną (Leszczyński & Uchman, 1991). Czynnikiem wpływającym na barwę sedimentu jest obecność



Ryc. 3. Średni rozkład morfogrúp na tle profilu litostratygraficznego
Fig. 3. Mean distribution of the foraminiferal morphogroups against lithostratigraphic section of the northern Raca Subunit from Sucha Beskidzka



Ryc. 4. Morfogrupa A1/Morphogroup A1: 1 — *Rhabdammina cylindrica* Glaessner, 2 — *Rhizammina* sp.; morfogrupa A2 / Morphogroup A2: 3 — *Glomospira irregularis* (Grzybowski), 4 — *Glomospirella grzybowskii* (Jurkiewicz), 5 — *Glomospira gordialis* (Jones & Parker), 6 — *Ammodiscus* sp., 7 — *Paratrochamminoides coronatus* (Brady), 8 — *Rzehakina epigona* (Rzehak); morfogrupa A3 / Morphogroup A3: 9 — *Saccamina placenta* (Grzybowski), 10 — *Trochammina globigeriniformis* (Jones & Parker), 11 — *Ammosphaeroidina pseudopauciloculata* (Mjatluk); morfogrupa A4/Morphogroup A4: 12 — *Haplophragmoides walteri* (Grzybowski), 13 — *Reticulophragmium amplexens* (Grzybowski), 14 — *Recurvoides nucleolus* (Grzybowski); morfogrupa A5 / Morphogroup A5: 15 — *Reophax pillulifer* Brady, 16 — *Spiroplectammina* (Bolivinopsis) *spectabilis* (Grzybowski), 17 — *Karrerulina coniformis* (Grzybowski). Skala liniowa odpowiada 100 μ m/Scale bar=100 μ m

materii organicznej, która współwystępuje z Fe^{2+} (Leszczyński & Uchman, 1991).

Zespoły otwornicowe paleocenu są zdominowane przez organizmy reprezentujące głównie epifaunę, podczas gdy infauna jest obecna w niewielkiej ilości (ryc. 3). Udział infauny szacowany jest ogółem na 7%. Szczególnie licznie są reprezentowane formy rurkowe (25–50%) i epifauna mobilna (7–40%). Ponadto w kilku, przypuszczalnie paleoceńskich próbkach, wszystkie lub prawie wszystkie występujące w nich otwornice reprezentują morfogrupy A1, A2. Duży udział epifauny zawieszonożernej i mobilnej, zbierającej pożywienie z dna, cechuje środowiska o wysokiej energii, w których pożywienie jest dostarczane przez prądy zawieszinowe (Bąk i in., 1997). Fakt, że osad był zamieszkiwany przez tak nieliczną grupę infauny pozwala przypuszczać, iż nie był on dostatecznie natleniony, co potwierdza również kolor sedymentu. Paleoceńskie osady, z których pochodzą próbki cechują w znacznej mierze barwę zieloną (Fe^{2+}). Obecnie sądzi się, iż niektóre gatunki otwornic są (były) przystosowane do życia w wodach o odpowiedniej produktywności. *Spiroplectamina spectabilis* oraz *Rzehakina epigona*, są znajdowane w łupkach z podwyższoną zawartością węgla organicznego i mogą charakteryzować środowiska z dużym tempem dopływu materii organicznej (Kaminski i in., 1996), będącej czynnikiem kontrolującym natlenienie osadu.

We wczesnym eocenie warunki tlenowe ulegają poprawie. Udział infauny podwoił się (morfogrupa A5 stanowi 15–20% zespołu), wzrasta ilość epifauny mobilnej szacowana na 45% oraz spada wartość udziału otwornic zawieszonożernej (6–30%) (ryc. 3). Łupki ilaste mają barwę czerwoną (Fe^{3+}), co dodatkowo potwierdza dobre natlenienie wód przydennych penetrujących osad. Zespół wczesnoeoceniowy charakteryzuje liczne występowanie otwornic z rodzaju *Glomospira*. Rodzaj *Glomospira* jest formą oportunistyczną zasiedlającą środowiska, które przeszły gwałtowne zmiany lub zajmuje nisze opanowane przez inne gatunki i liczne jej pojawienie się może wskazywać na warunki obniżonej produktywności (Kaminski i in., 1996). Spadek udziału procentowego otwornic zawieszonożernej wskazuje na obniżenie tempa sedymentacji oraz rzadsze występowanie prądów zawieszinowych.

W eocenie środkowym ponownie wzrasta udział form epifauny rurkowej (37–51%) (ryc. 3). Mobilna epifauna występuje w mniejszej ilości (13–26%), podobnie jak otwornice zamieszkuje osad (ok. 7%). Łupki o kolorze zielonym przeważają nad łupkami czerwonymi. Takie proporcje morfogrów świadczą o pogorszeniu warunków tlenowych oraz o wzroście produktywności wód. W górnej części łupków pstrych z Łabowej (fm) jest wiele cienkich ławiczek piaskowcowych (turbidyty). Obecność prądów dennych sprzyja występowaniu grubościennych form rurkowatych i takich, które potrafią szybko kolonizować podłoże np. rodzaj *Reophax*. Otwornice o delikatnych skorupkach występują rzadziej (Kaminski i in., 1996).

W próbkach pochodzących z późnego paleocenu został zidentyfikowany takson *Remesella varians* (Glaessner) — otwornica posiadająca skorupkę aglutynowaną spojona węglanem wapnia oraz kilka otwornic planktonicznych. Można więc wnioskować, że sedymentacja paleoceńskich utworów mogła się odbywać powyżej, lub blisko granicy lokalnego poziomu kompensacji węglanu wapnia (CCD). Występowanie wyłącznie aglutynujących zespołów otwornic we wczesnym i środkowym eocenie wskazuje na sedymentację rozpatrywanych osadów poniżej lokalnego poziomu kompensacji węglanu wapnia.

Wnioski

Badania biostratygraficzne przeprowadzone na podstawie zespołów mikrofauny otwornicowej wskazują na paleoceński wiek wyższej części warstw inoceramowych, pstrych łupków dolnych formacji z Łabowej oraz dolnego piaskowca ciężkowickiego; pstry łupki środkowe formacji z Łabowej są wczesnoeoceniowe a pstry łupki górne środkowo-eoceniowe.

Analiza morfotypowa bentonicznych otwornic aglutynujących sugeruje wyższą produktywność wód i gorsze natlenienie przypowierzchniowej części osadu w późnym paleocenie oraz w środkowym eocenie. We wczesnym eocenie panowały korzystne warunki tlenowe na dnie basenu oraz niższa produktywność.

Autorka składa serdeczne podziękowania pani mgr Ewie Malacie za konsultacje mikropaleontologiczne oraz panu dr hab. inż. Markowi Cieszkowskiemu za pomoc w wykonaniu prac terenowych.

Literatura

- BĄK K., BĄK M., GEROCH S. & MANECKI M. 1997 — Biostratigraphy and paleoenvironmental analysis of benthic foraminifera and radiolarians in Paleogene variegated shales in the Skole unit, Polish Flysch Carpathians. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 67: 135–154.
- CORLISS B.H. 1985 — Microhabitats of benthic foraminifera with deep sea sediments. *Nature*, 314: 435–438.
- CORLISS B.H. & CHEN C. 1988 — Morphotype patterns of Norwegian deep sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16: 716–719.
- CORLISS B.H. & FOIS E. 1991 — Morphotype analysis of deep-sea benthic foraminifera from the northwest Gulf of Mexico. *Palaios*, 5: 589–605.
- GEROCH S. & NOWAK W. 1984 — Proposal of zonation for the Late Tithonian–Late Eocene, based upon arenaceous Foraminifera from the Outer Carpathians, Poland. In: Oertli H. J. (ed.) *Benthos'83*; 2-nd Int. Symp. Benthic Foraminifera Pau (France), April 11–15, 1983 — Elf Aquitaine, ESSO REP and TOTAL CFP, Pau & Bordeaux, 225–239.
- JONES E. W. & CHARNOCK M. A. 1985 — „Morphogroups” of agglutinated Foraminifera, their life positions and feeding habitats and potential applicability in (paleo)ecological studies. *Revue de Paleobiologie*, 4: 311–320.
- KAMINSKI M.A., KUHN W. & RADLEY J.D. 1996 — Paleocene-Eocene deep-water agglutinated foraminifera from the Numidian Flysch (Rif, Northern Morocco, their significance for the paleoceanography of the Gibraltar gateway. *J. Micropaleont.*, 15: 1–19.
- KUHN W., MOULLADE M. & KAMINSKI M. A. 1996 — Ecological structuring and evolution of deep sea agglutinated foraminifera — a review. *Revue de Micropaleontologie*, 39: 271–281.
- KSIAŻKIEWICZ M. 1974 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski — arkusz Sucha Beskidzka 1 : 50 000 z objaśnieniami. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- LESZCZYŃSKI S. & UCHMAN A. 1991 — To the origin of variegated shales from the flysch of the Polish Carpathians. *Geol. Carpath.*, 42: 279–289.
- NAGY J. 1992 — Environmental significance of foraminiferal morphogroups in Jurassic North Sea deltas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 95: 111–134.
- NAGY J., GRADSTEIN F. M., KAMINSKI M. A. & HOLBOURN A. E. 1995 — Foraminiferal morphogroups, paleoenvironments and new taxa from Jurassic to Cretaceous of Thakkhola, Nepal. [In:] Kaminski i in. (eds.), *Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*, Kraków, Poland, 12–19, September, 1993. Grzybowski Foundation Special Publication, 3: 181–209.
- OLSZEWSKA B. 1997 — Foraminiferal biostratigraphy of the Polish Outer Carpathians: a record of basin geohistory. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 67: 325–337.
- OSZCZYPKO N. 1992 — Zarys stratygrafii płaszczowiny magurskiej. *Przew. 63 Zjazdu Pol. Tow. Geol.*, Koninki, 17–19 września, 1992. Kraków.
- TYSZKA J. 1994 — Response of Middle Jurassic benthic foraminiferal morphogroups to dysoxic/anoxic conditions in the Pieniny Klippen Basin, Polish Carpathians. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 110: 55–81.