

„ZDARZENIE BEZTLENOWE” NA GRANICY CENOMANU I TUONU W POLSCE POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ

UKD 563.12:551.763.31/.32(438–12)

Pogranicze cenomanu i turonu jest okresem, z którym wiążą się na Ziemi duże zmiany, zarówno biotyczne jak i abiotyczne. Według D.M. Raupa i J.J. Sepkoskiego (22) w tym czasie miało miejsce masowe wymieranie drugiego rzędu. Szacuje się, że 70–85% gatunków nie przeżyło granicy cenomanu i turonu (16).

Na pogranicze cenomanu i turonu przypada też maksimum transgresji górnokredowej (10, 11). Wg S.O. Schlanger i H.C. Jenkynsa (23) postępująca transgresja górnocenomańska, spowodowała szerokie rozprzestrzenienie warstwy minimum tlenowego, co doprowadziło do oceanicznego zdarzenia anoksydacyjnego. W oceanach i głębokich morzach tworzyły się wówczas ciemnoszare i czarne mułowce pozbawione fauny bentosowej, wzbogacone w węgiel organiczny (1, 21, 24). W osadach mórz epikontynentalnych, wykształconych głównie jako wapienie i kreda pizująca, na granicy cenomanu i turonu pojawia się facja bardziej marglistą; następuje znaczne zubożenie taksonomiczne i ilościowe fauny bentosowej; wymieranie wielu gatunków cenomańskich z różnych grup faunistycznych oraz pewien wzrost ilości C_{org} (np. 8, 9, 14, 15, 17, 18, 21, 24).

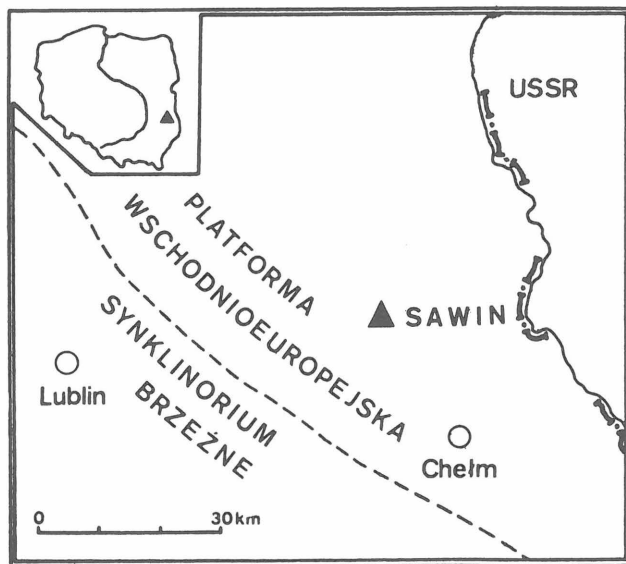
Z wielu miejsc natomiast, zarówno ze strefy okołorównikowej, jak również z wyższych szerokości geograficznych, w osadach z pogranicza cenomanu i turonu notuje się duży, lecz dość krótkotrwały wzrost wartości $\delta^{13}C$ (12–15, 21, 24). Celem tej pracy jest przedstawienie zmian litologicznych, mikrofaunistycznych i geochemicznych na pograniczu cenomanu i turonu w południowo-wschodniej Polsce na przykładzie profilu wiercenia Sawin.

LOKALIZACJA GEOLOGICZNA

Wiercenie Sawin znajduje się w peryferycznej strefie platformy wschodnioeuropejskiej, na obszarze zrębu podlasko-lubelskiego (ryc. 1). Osady kredowe mają tutaj miąższości 516,2 m i występują, pod pokrywą osadów czwartorzędowych, na głęb. 19,0–535,2 m. Są to osady środkowej i górnej kredy od albu górnego do mastrychtu (19, 20). Pod względem litologicznym jest to seria piaszczysta o miąższości 3,5 m oraz seria węglanowa o miąższości 512,7 m (27). Osady piaszczyste występują w najniższej części profilu (ryc. 2) i są reprezentowane przez piaski

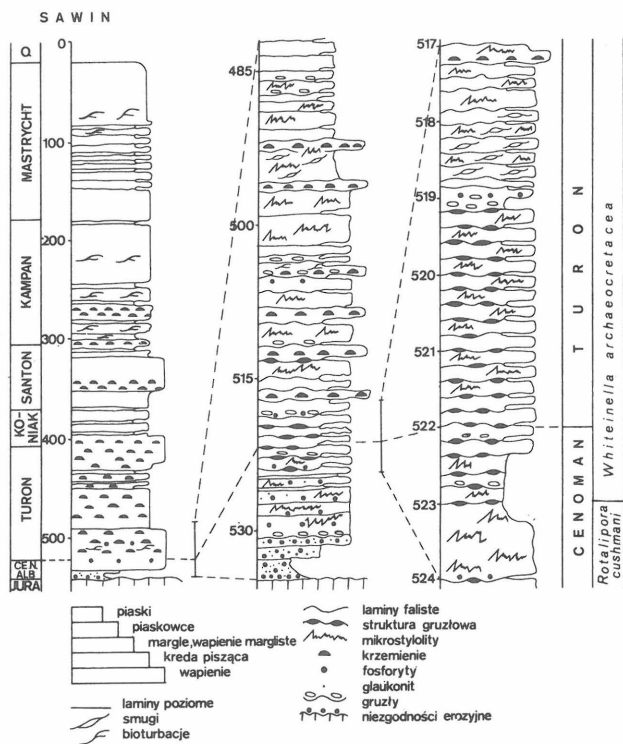
i piaskowce glaukonitowe z konkrejcami fosforytowymi; osady węglanowe są wykształcone jako 3 kompleksy wapieni przeławiczone kredą pizującą (27).

Szczegółowym badaniom poddano odcinek profilu na głęb. 517–524 m, znajdujący się w obrębie pierwszego kompleksu wapieni. Są to wapienie pelitowe, lite, miejscami o strukturze soczewkowo-gruzłowej z mikrostylolitami, z licznymi laminami kruchego szarzielonego i szarego marglu oraz z rozproszonymi fragmentami inoceramów. Zawartość $CaCO_3$ w tych wapieniach jest wysoka i zmienia się w niewielkim zakresie (94–96%). Natomiast na odcinku profilu z głęb. 532,3–522,5 m zawartość $CaCO_3$ spada znacznie poniżej 95%, nawet do 78% $CaCO_3$. Wg klasyfikacji J. Czerwińskiego (7) są to już wapienie margliste, a na głęb. 522,8 m prawie margle (ryc. 5). W obrazie mikroskopowym są to wapienie mikrytowo-ziarniste. W mikrytowym, wapienno-ilastym tle gęsto są rozmieszczone pokruszone włókna: inoceramów, otwornice, peloidy i kalcysfery, które miejscami są składnikiem dominującym. Mikrytowe tło jest zbudowane



Ryc. 1. Lokalizacja wiercenia Sawin

Fig. 1. Location of the Sawin borehole



Ryc. 2. Litologia i stratygrafia osadów górnokredowych w wierceniu Sawin

Fig. 2. Lithology and stratigraphy of the Upper Cretaceous deposits in the Sawin borehole

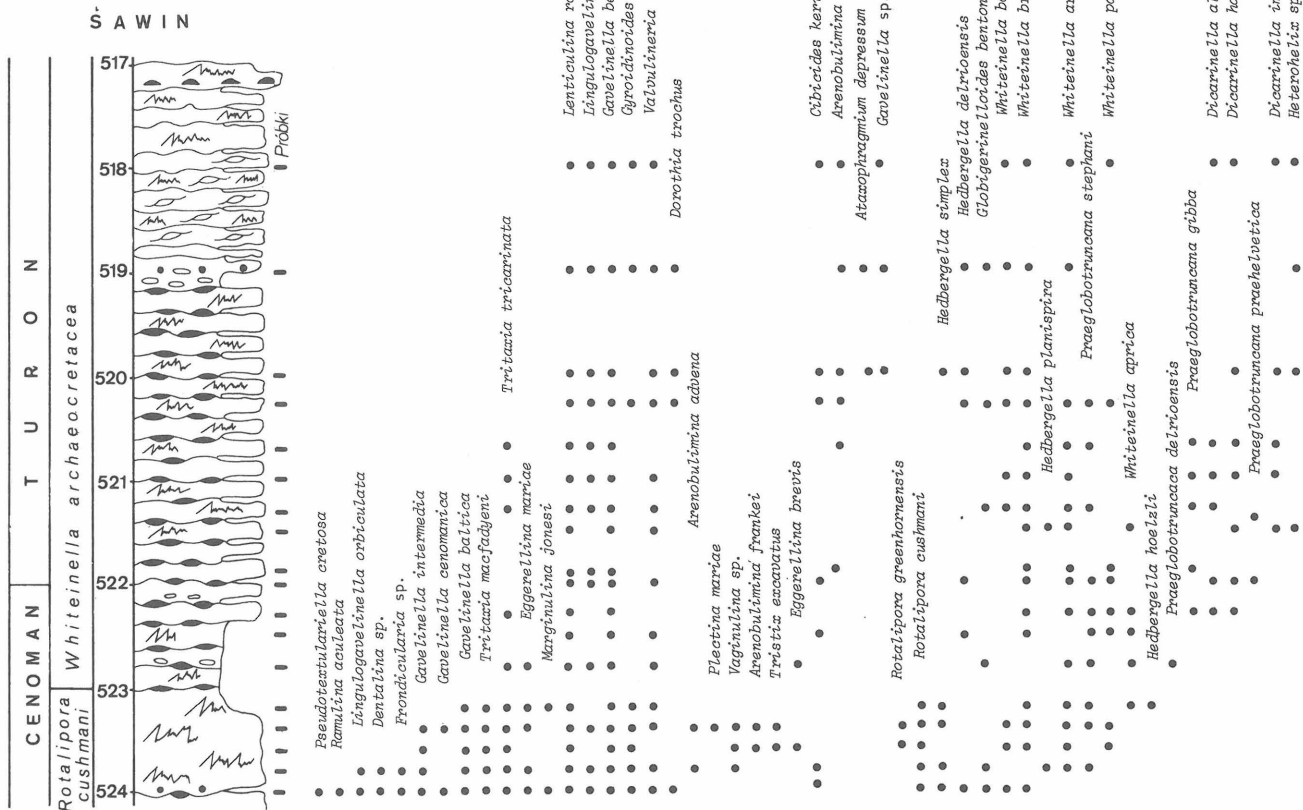
głównie z kokkolitów, które wypełniają również wnętrza otwornic.

MATERIAŁY I METODY

Do badań pobrano 18 próbek. W pobliżu granicy cenomanu z turonem odstęp między kolejnymi próbkami wynosi 20–30 cm; w miarę oddalania się od granicy odległość między sąsiednimi próbkami wzrasta do 50–100 cm (ryc. 3). Każda próbka dzielona była na 3 części przeznaczone do badań mikropaleontologicznych, geochemicznych i izotopowych.

Do badań mikropaleontologicznych wybierano 200–300 otwornic z frakcji powyżej 0,1 mm. Oznaczono wszystkie gatunki w próbkach, obliczono procentowy udział każdego gatunku w zespole, a następnie procentowy udział otwornic planktonicznych w zespołach (współczynnik P/B). Wyniki analiz ilościowych przedstawiono na diagramach skorelowanych z profilem litologicznym.

Analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego. Zmierzono zawartość CaCO_3 w próbkach oraz ilość węgla nierozpuszczalnego w kwasie – C_{org} i ilość węgla zawartego w węglanach – C_{carb} (w procentach wag.). C_{carb} obliczono z zawartości CaCO_3 w próbce stosując odpowiedni wzór do przeliczeń. W Instytucie Fizyki Uniwersytetu im. M. Skłodowskiej-Curie w Lublinie zbadano próbki na zawartość trwałych izotopów węgla i tlenu. Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ względem PDB.



Ryc. 3. Występowanie otwornic w osadach pogranicza cenomanu i turonu wiercenia Sawin

Fig. 3. Foraminiferal distribution in the deposits of the Cenomanian–Turonian boundary interval

STRATYGRAFIA

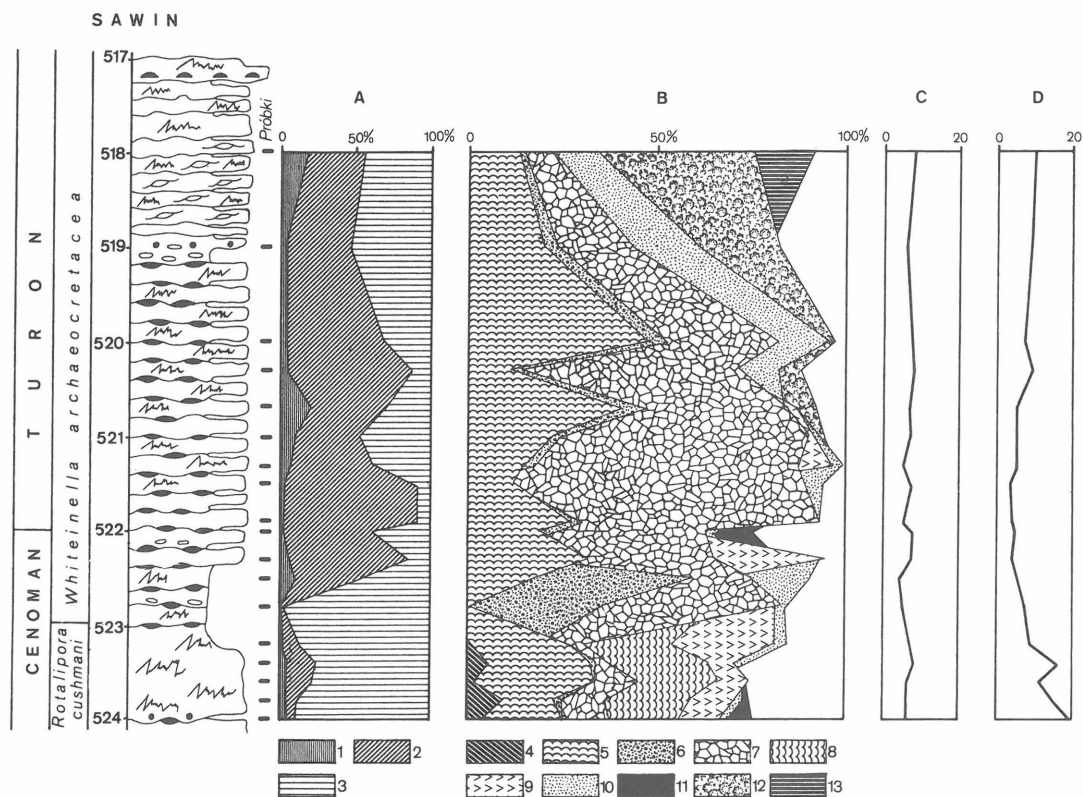
W badanym profilu biostratygrafię opracowano wyłącznie na podstawie mikrofauny. Granica między cenomanem i turonem znajduje się na głębokości 522,0 m w obrębie poziomu *Whiteinella archaeocretacea*. Wyznaczona ona została w momencie pojawienia się po raz pierwszy w profilu kokkolita *Quadrum gartneri* Prins et Perch-Nielsen. Gatunek ten pojawia się niemal równocześnie z pierwszymi przedstawicielami rodzaju *Mytiloides*, których pierwsze wystąpienie wyznacza granicę cenomanu i turonu (3). Granicę między poziomami *Rotalipora cushmani* i *Whiteinella archaeocretacea* wyznacza ostatnie wystąpienie *Rotalipora cushmani* (Morrow) (4, 5, 6). Znajduje się ona na głęb. 523 m (ryc. 3).

CHARAKTERYSTYKA MIKROPALEONTOLOGICZNA

W badanych próbkach stwierdzono 48 gatunków otwornic (ryc. 3). Znajdują się wśród nich *Rotalipora cushmani* (Morrow) i *Whiteinella archaeocretacea* Pessagno – gatunki indeksowe dla poziomów otwornicowych pogranicza cenomanu i turonu.

Poziom *Rotalipora cushmani*. Osady z głęb. 524–523 m należą do najwyższej części poziomu *Rotalipora cushmani* (ryc. 3). W tej części poziomu zachodzą bardzo istotne zmiany w składzie zespołów otwornic bentosowych. W miarę zbliżania się do granicy z poziomem *Whiteinella archaeocretacea* ich różnorodność maleje. Podczas gdy na głęb. 524 m stwierdzono 18 gatunków, w pobliżu granicy poziomów jest ich już tylko 9. Dominującymi w tym interwale gatunkami są: *Gavelinella intermedia* (Berthelin), *G. berthelini* (Keller), *Lenticulina rotulata* Lamarck var. *A.* i var. *B.* Hart et Leary, *Tritaxia macfadyeni* Cushman, *T. tricarinata* Reuss, *Cibicides kerisensis* Vasilenko (ryc. 4). Początkowo 6, a później już tylko 5 gatunków, tworzy 80% zespołu. W tym interwale wymierają też kolejno następujące cenomańskie gatunki otwornic bentonicznych: *Pseudotextulariella cretosa* (Cushman), *Ramulina aculeata* (d'Orbigny), *Lingulogavelinella orbiculata* (Kusnezova), *Gavelinella intermedia* (Berthelin), *G. cenomanica* (Brotzen), *G. baltica* Brotzen, *Tritaxia macfadyeni* (Cushman), *Marginulina jonesi* Reuss oraz 2 gatunki planktoniczne – *Rotalipora greenhornensis* (Morrow) i wkrótce po niej *R. cushmani* (Morrow).

Zespoły otwornic planktonicznych w tym interwale czasowym podlegają mniejszym zmianom. Liczba gatun-



Ryc. 4. Wyniki analizy zespołów otwornic

Fig. 4. Results of the foraminiferal populational analyses

A – udział otwornic planktonicznych i otwornic bentosowych w zespołach: 1 – otwornice planktoniczne z kilem, 2 – otwornice planktoniczne o komorach kulistych, 3 – otwornice bentosowych; B – diagram przedstawiający gatunki dominujące w osadach pogranicza cenomanu i turonu: 4 – *Gavelinella intermedia* (Berthelin), 5 – *Lenticulina rotulata* Lamarck var. *A* i *B* Hart et Leary, 6 – *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen), 7 – *Gavelinella berthelini* (Keller), 8 – *Tritaxia macfadyeni* (Cushman), 9 – *Tritaxia tricarinata* (Cushman), 10 – *Valvulinera lenticula* (Reuss), 11 – *Cibicides kerisensis* Vasilenko, 12 – *Arenobulimina preslii* (Reuss), 13 – *Gyroidinoides subconicus* (Vasilenko); C – liczba gatunków w zespołach otwornic planktonicznych; D – liczba gatunków w zespołach otwornic bentosowych

A – P/B ratio: 1 – keeled planktonic foraminifera, 2 – non-keeled planktonic foraminifera, 3 – benthonic foraminifera; B – cumulative percent of dominant benthonic species for the Cenomanian–Turonian boundary interval: 4 – *Gavelinella intermedia* (Berthelin), 5 – *Lenticulina rotulata* Lamarck var. *A* and *B* Hart et Leary, 6 – *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen), 7 – *Gavelinella berthelini* (Keller), 8 – *Tritaxia macfadyeni* (Cushman), 9 – *Tritaxia tricarinata* (Cushman), 10 – *Valvulinera lenticula* (Reuss), 11 – *Cibicides kerisensis* Vasilenko, 12 – *Arenobulimina preslii* (Reuss), 13 – *Gyroidinoides subconicus* (Vasilenko); C – simple planktonic diversity; D – simple benthonic diversity

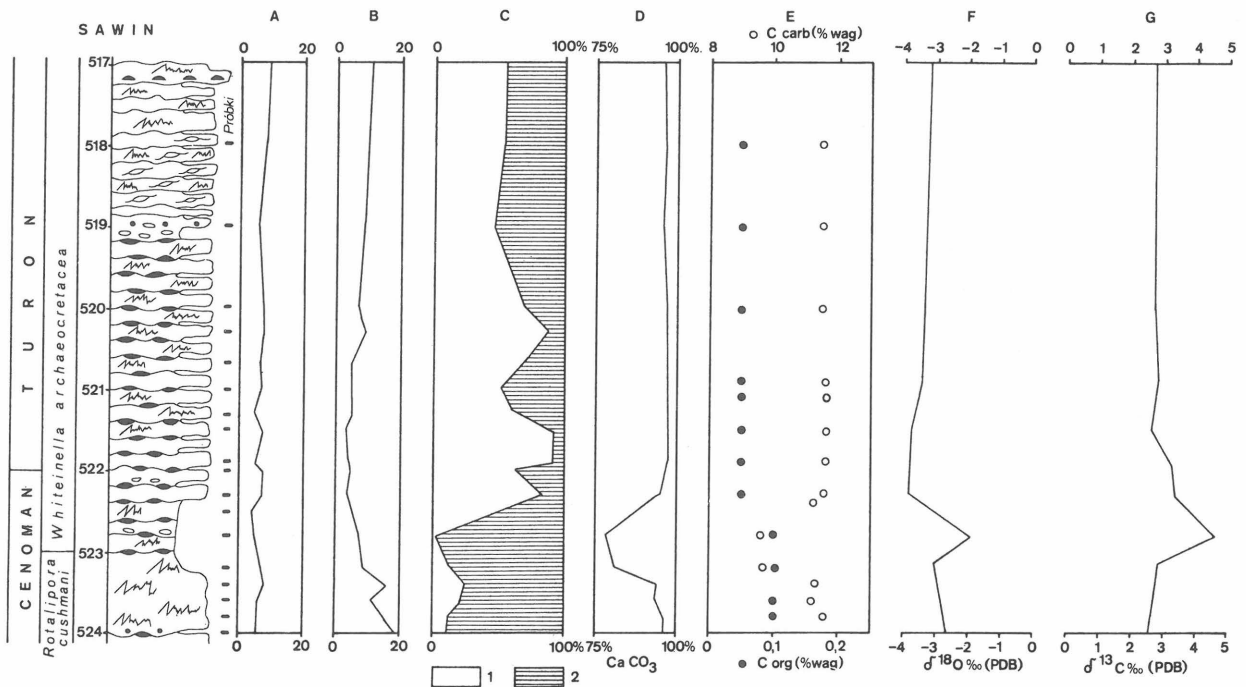
ków waha się między 6 a 8. Dominują gatunki o komorach zaokrąglonych, z rodzajów *Hedbergella*, *Whiteinella* i *Globigerinelloides*. Według A.W.H. Bé (2) ten typ morfologiczny reprezentuje faunę płytkowodną, tj. wymagającą 50 m słupa wody. Natomiast formy z pośrednich głębokości i głębokowodne, tj. wymagające odpowiednio 100 i 150 m słupa wody, są tutaj niezbyt liczne i często są to okazy młodociane. Wskazywałoby to, że nie znajdowały one tutaj dla siebie warunków optymalnych, zatem zbiornik nie był odpowiednio głęboki. Udział otwornic planktonicznych w zespołach początkowo rośnie z 10% na głęb. 524 m do 22% na głęb. 523,6 m. Od tego miejsca obserwuje się stopniowy, lecz szybki spadek udziału otwornic planktonicznych w zespołach (ryc. 4, 5).

Poziom *Whiteinella archaeocretacea*. Odcinek profilu na głęb. 523–517 m należy do niższej części poziomu *Whiteinella archaeocretacea* (ryc. 3). W chronozonie tej, kontynuują się zmiany w zespołach otwornicowych polegające na zmniejszaniu się różnorodności otwornic bentosowych i zmniejszaniu udziału otwornic planktonicznych, a zapoczątkowane w końcowej fazie chronozony *Rotalipora cushmani* (ryc. 4).

Na głęb. 522,8 m udział otwornic planktonicznych w zespole spada do najniższego poziomu – 2%; są to głównie hedbergelle i whiteinelle czyli rodzaje płytkowodne. Natomiast populacja otwornic bentosowych zostaje zdominowana przez 2 gatunki: *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen) i *Gavelinella berthelini* (Keller). Charakterystyczną cechą zespołu z tej głębokości jest wyjątkowo zły stan zachowania skorupki. Większość z nich wykazuje ślady znacznego zniszczenia głównie przez nadtrawienie. Od tego punktu następuje z kolei gwałtowny wzrost

udziału otwornic planktonicznych w zespołach: od 2% na głęb. 522,8 m dochodzi on do wielkości 84% na głęb. 533,2 m i tak wysoki udział 60–90% – utrzymuje się do głęb. 521,3 m. Natomiast w pozostałej części badanego odcinka profilu, tj. 521,4–517 m, udział otwornic planktonicznych w zespołach, jakkolwiek również wysoki, spada do 45–70%. Liczba gatunków w populacjach zmienia się w niewielkim stopniu i oscyluje w granicach 6–8. Jedynie tam, gdzie udział otwornic planktonicznych jest bardzo mały, liczba gatunków zmniejsza się do 4–5. W tej części profilu płytkowodne formy planktoniczne są reprezentowane przez hedbergelle, whiteinella, heteroheliksi i *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow); formy pośrednie i głębokowodne – przez niektóre gatunki rodzaju *Whiteinella* (np. *W. paradubia* (Signal) oraz preglobotrunkany i dikarinelle (ryc. 3, 4).

Mała różnorodność gatunkowa i zdominowanie zespołów przez 2–3 gatunki utrzymuje się w zespołach otwornic bentosowych jeszcze przez pewien czas. Po raczej krótkotrwałym okresie dominacji *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen), kosztem gładkościennych lenticulin, gatunek ten z dominującego staje się akcesorycznym, a dominującą rolę obok *Gavelinella berthelini* (Keller) obejmuje ponownie *Lenticulina rotulata* Lamarck var. *A* i *B* Hart et Leary. Dopiero od głęb. 521,5 m następuje stopniowy wzrost zróżnicowania gatunkowego w populacjach otwornic bentosowych; liczba gatunków tworzących 80% populacji też zaczyna się zwiększać. Poza często dominującymi w starszej części chronozony *Whiteinella archaeocretacea*, a teraz mniej licznymi formami *Gavelinella berthelini* (Keller) i *Lenticulina rotulata* Lamarck var. *A* i *B* Hart et Leary, znaczny udział



Ryc. 5. Wyniki analiz geochemicznych i mikropaleontologicznych skorelowane z profilem litologicznym i podziałem stratygraficznym

Fig. 5. Results of the geochemical and micropaleontological analyses plotted against the succession

A – liczba gatunków w zespołach otwornic planktonicznych; B – liczba gatunków w zespołach otwornic bentosowych; C – udział otwornic planktonicznych i bentosowych w zespołach: 1 – otwornice planktoniczne, 2 – otwornice bentosowe; D – zawartość CaCO_3 ; E – zawartość C_{org} i C_{carb} ; F – udział trwałego izotopu tlenu (^{18}O); G – udział trwałego izotopu węgla (^{13}C)

A – simple planktonic diversity; B – simple benthonic diversity; C – P/B ratio: 1 – planktonic foraminifera, 2 – benthonic foraminifera; D – CaCO_3 content; E – C_{org} and C_{carb} content; F – oxygen stable-isotope content; G – carbon stable-isotope content

w zespołach zaczynają mieć *Arenobulimina preslii* (Reuss), *Valvulineria lenticula* (Reuss), *Gyroidinoides subconicus* (Vasilenko) (ryc. 4). Na głęb. 517 m już 5 gatunków tworzy 80% zespołu.

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA

Zmiany w zawartości C_{carb} odzwierciedlają zmiany w dopływie węglanu wapnia pochodzenia nieorganicznego i (lub) materiału szkielekowego, na tle ilości dopływającego materiału terygenicznego. Natomiast zmiany w ilości C_{org} odzwierciedlają wahania w stopniu natlenienia przydennej warstwy wody i stopniu przemieszczania osadu przez infaunę. W morzach epikontynentalnych pionowe mieszanie w słupie wody jest odpowiedzialne za przenoszenie rozpuszczonego w wodzie tlenu, aż do stref dennych, stymulujące rozkład materii organicznej przez bentosową makro- i mikrofaunę oraz bakterie (25).

Według H. Tappan (25), stosunek C_{org} do C_{carb} znajduje odzwierciedlenie w wartości $\delta^{13}C$ w węglanach. Wzrastające wartości $\delta^{13}C$ wskazują na wzrost ilości węgla zmagazynowanego w nierozłożonej materii pochodzenia organicznego w stosunku do ilości węgla zawartego w węglanach. Natomiast utlenienie materii organicznej po jej pogrzebaniu w osadzie powoduje zwiększenie ilości rozpuszczonego ^{12}C , który może prowadzić do zmniejszenia wartości $\delta^{13}C$ w węglanach (24).

W badanych próbkach ilość C_{org} jest niewielka 0,05–0,1% (wag.). Podwyższone wartości stwierdzono w najwyższej części poziomu *Rotalipora cushmani* i najniższej *Whiteinella archaeocretacea* tj. na głęb. 524–522,8 m. W tym przedziale zawartości C_{org} wynoszą 0,1% wag.; w pozostałej części badanego odcinka profilu tj. między 522,7 a 517 m nie przekraczają 0,05% wag. (ryc. 5). Natomiast wartości $\delta^{13}C$ w analizowanej partii profilu wykazują znaczny wzrost wartości $\delta^{13}C$, podobnie, jak w wielu innych profilach (12–15, 21, 24). Podwyższenie wartości $\delta^{13}C$ notowane jest w dwumetrowym odcinku profilu, zawartym między 523,5 a 521,5 m. Maksymalną wartość $+4,58\text{‰}$ (PDB) $\delta^{13}C$ osiąga w wapieniu marglistym na głęb. 522,8 m. W wapieniach leżących poniżej tej 2-metrowej strefy $\delta^{13}C$ wynosi $+2,5\text{‰}$ – $2,6\text{‰}$ (PDB), a powyżej $+2,7\text{‰}$ (PDB) (ryc. 5).

W tym samym odcinku profilu jest obserwowana również anomalia w zawartości ^{18}O ; $\delta^{18}O$ rośnie od wartości $-2,65\text{‰}$ (PDB), w najniższej części badanego odcinka profilu do $-1,95\text{‰}$ (PDB) na głęb. 522,8 m, a potem dość gwałtownie maleje i na głęb. 522,3 m wynosi $-3,81\text{‰}$ (PDB). Niskie wartości $\delta^{18}O$ utrzymują się do głęb. 521,5 m, a następnie rosną nieco i prawie na niezmiennym poziomie $-3,3\text{‰}$ – $-3,2\text{‰}$ (PDB) utrzymują się do końca analizowanego odcinka profilu (ryc. 5). Zmiana wartości ^{18}O w węglanach może odzwierciedlać albo zmianę zasolenia w zbiorniku albo zmianę temperatury na granicy woda i atmosfera (12, 21).

DYSKUSJA

S.O. Schlanger i H.C. Jenkyns (23), za przyczynę tworzenia się na granicy cenomanu i turonu ciemnych osadów wzbogaconych w C_{org} , uznali warstwę wody zubożoną w tlen szeroko rozprzestrzenioną wskutek transgresji górnocenomańskiej, a samo zdarzenie nazwali „oceanicznym zdarzeniem beztlenowym” (Oceanic Anoxic Event – OAE). Od tego czasu doszło dużo nowych danych świadczących na korzyść tej teorii i wielu badaczy

jest jej zwolennikami (1,12–15, 17, 21, 24). Stwierdzono, że w czasie OAE nie tylko nastąpiło wzbogacenie osadów w C_{org} , lecz tworzyły się wapienie o anomalnie wysokich wartościach $\delta^{13}C$ dochodzących do $+5\text{‰}$ (PDB), a różne grupy organizmów zasiedlające zbiorniki, gdzie dotarła warstwa zubożonej w tlen wody zmniejszyły swą różnorodność i liczebność.

Otwornice są grupą organizmów szczegółowo zbadaną w różnych profilach badanego przedziału wiekowego (8, 12, 14, 15, 17, 26). Wyniki analiz geochemicznych oraz analizy zespołów otwornic w osadach pogranicza cenomanu i turonu w wierceniu Sawin są bardzo zbliżone do odpowiednich wyników z osadów tego wieku Anglii (14, 15, 24). Podobnie jak w najwyższym cenomanie – dolnym turonie Anglii zawartość C_{org} w badanym profilu jest bardzo mała (ryc. 5). W ogólnie niskich wartościach zawartości C_{org} obserwuje się też ich podwyższenie (podwójnie) w najwyższej części poziomu *Rotalipora cushmani* i dolnej części poziomu *Whiteinella archaeocretacea*.

W badanym odcinku profilu, podobnie jak w wielu innych z pogranicza cenomanu i turonu, zaobserwowano dodatnią korelację w zmianach wartości $\delta^{13}C$ i $\delta^{18}O$ (14, 15, 21, 24). Charakterystyczną cechą tych krzywych jest obecność maksymalnych wartości $\delta^{13}C$ i $\delta^{18}O$ w najwyższym cenomanie i ich spadek w kierunku granicy pięter. Jedynie w północno-zachodnich Niemczech malejącym wartościom $\delta^{13}C$ w pobliżu granicy cenomanu i turonu towarzyszą rosnące wartości $\delta^{18}O$ (12). Autorzy ci wyjaśniają taki kierunek zmian $\delta^{18}O$ spadkiem temperatury. Natomiast autorzy amerykańscy na granicy cenomanu i turonu starają się wykazać spadek zasolenia (8, 9, 17, 21). Z kolei J. Jarvis i in. (14, 15) rezygnują z interpretacji zmian w wartościach $\delta^{18}O$ uważając, że rejestrują one zmiany diagenetyczne w węglanach. Biorąc pod uwagę fakt, że podobny przebieg zmian w wartościach $\delta^{13}C$ i $\delta^{18}O$ stwierdzono w wielu profilach, wydaje się mało prawdopodobne, by $\delta^{18}O$ rejestrowała tylko zmiany diagenetyczne. Podobny kształt tej krzywej z różnych miejsc sugeruje raczej, że nawet obecność zmian diagenetycznych nie zaburza w sposób istotny tych wartości.

W przypadku wiercenia Sawin brak badań innych grup faunistycznych utrudnia interpretację przyczyn omawianego zjawiska. Analiza zespołów otwornicowych nie pozwala na rozróżnienie czy miała tutaj miejsce zmiana zasolenia czy zmiana temperatury.

W zmianach zachodzących w zespołach otwornic planktonicznych i bentosowych można doszukiwać się wpływu ekspansji wód zubożonych w tlen. Już w najwyższej części poziomu *Rotalipora cushmani* obserwuje się wymieranie niektórych gatunków cenomańskich, takich jak: *Gavelinella intermedia* (Berthelin), *G. cenomanica* (Brotzen), *G. baltica* Brotzen, *Lingulogavelinella orbiculata* (Kusnezova), *Rotalipora greenhornensis* (Morrow) i *R. cushmani* (Morrow); zmniejsza się też różnorodność gatunkowa zespołów bentosowych oraz maleje udział otwornic planktonicznych w zespołach. Na głęb. 522,8 m, gdzie stwierdzono najwyższą wartość $\delta^{13}C$, udział otwornic planktonicznych, reprezentowanych przez formy płytководne, spada do 2%. Natomiast w odniesieniu do zespołów bentosowych można mówić o maksymalnym spadku różnorodności gatunkowej na tej głębokości, połączonej ze zdominowaniem populacji przez 2–3 gatunki. Są to *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen), *Gavelinella berthelini* (Keller) i gładkościennie lentikuliny. Zdaniem J. Jarvis i in. (14) wymienione gatunki są wyjątkowo odporne na niedobór tlenu w wodzie; czasowo mogą przetrwać nawet w warunkach beztlenowych. Skorupki otwornic

z głęb. 522,3 m wykazują ślady nadtrawienia, co jest zjawiskiem powszechnym w warunkach dużego zubożenia wody w tlen (14).

Ustępowaniu warstwy wody zubożonej w tlen towarzyszy odradzanie się populacji otwornic planktonicznych. W czasie, gdy organizmy bentosowe egzystowały jeszcze w warunkach niesprzyjających, ograniczających ich liczebność, powrót warunków „normalnych” w wyższych warstwach słupa wody doprowadził do nagłego wzrostu udziału otwornic planktonicznych w zespołach. Postępujące natlenienie wód dennych spowodowało stopniowy wzrost różnorodności gatunkowej i liczebności populacji bentosowych. Doprowadziło to do obniżenia wartości P/B do wielkości 45–70%. Takie wartości są wskaźnikowe dla szelfu zewnętrznego, w obrębie którego badany obszar się znajdował (20).

Wzrost wartości $\delta^{13}\text{C}$ o 2‰ w najwyższym cenomanie oraz zmiany w zespołach otwornicowych zachodzące w określonej kolejności wskazują, że jest to rezultat rozszerzającej się wraz z transgresją późnocenomańską warstwy wody, jeśli nie całkowicie pozbawionej tlenu, to co najmniej zubożonej w tlen. W obszarach szelfowych falowanie i prądy pływowe powodowały częściowe mieszanie wód i przez to pewien dopływ tlenu do warstw przydennych (14, 15). Wskutek tego nie doszło na takich obszarach do zupełnego wymarcia organizmów żyjących na dnie morskim. Gatunki o dużej tolerancji na niedobór tlenu, np. *Linguligavelinella globosa* (Brotzen) czy *Gavelinella berthelini* (Keller), nie znajdując wielu konkurentów, mogły nawet osiągnąć znaczną liczebność.

PODSUMOWANIE

1. Wykrycie anomalii ^{13}C w osadach pogranicza cenomanu i turonu polski południowo-wschodniej, potwierdza opinię o globalnym zasięgu zdarzenia beztlennego oraz o jego izochroniczności.

2. Anomalia ^{13}C i ^{18}O występuje w osadach najwyższej części poziomu *Rotalipora cushmani* i dolnej poziomu *Whiteinella archaeocretacea*, przy czym $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ są dodatnio skorelowane. Maksymalne wartości osiągają one w wapieniach marglistych, nieco powyżej granicy poziomów *Rotalipora cushmani* i *Whiteinella archaeocretacea*. Wartości te maleją następnie ku granicy cenomanu z turonem.

3. Anomalia $\delta^{13}\text{C}$ koresponduje z licznymi zmianami w zespołach otwornicowych – wymieraniem niektórych gatunków cenomańskich oraz spadkiem różnorodności gatunkowej i liczebności zespołów otwornic.

4. Przyczyną powstania anomalii ^{13}C było rozszerzenie się wraz z transgresją późnocenomańską warstwy wody zubożonej w tlen. Charakter zmian w zespołach otwornicowych odzwierciedla początkową ekspansję tej warstwy, a następnie jej wycofanie się.

LITERATURA

- Arthur M.A., Premoli-Silva I. — [In:] Nature and Origin of Cretaceous Carbon-Rich Facies. (Eds.) Schlanger S.O. and Cita M.B. Academic Press, 1982 str. 7–54.
- Bé A.W.H. — [In:] Oceanic Micropaleontology. (Ed.) Ramsay A.T.S. Academic Press., 1977 vol. 1 str. 1–100.
- Birkelund T., Hancock J.M. i in. — Bull. Geol. Soc. Denmark., 1984, no 1–2 str. 3–20.
- Bolli M.M. — [In:] Bol. Inform. Ass. Venez. Geol., Min. y Petr., 1966 vol. 9 str. 3–32.
- Borsetti A.M. — [In:] G. Geol., 1962 vol. 29 ser. 2 str. 19–75.
- Caron M. — [In:] Plankton Stratigraphy. (Eds.) Bolli H.M., Saunders J.B., Perch-Nielsen K., Cambridge University Press, 1985 str. 17–86.
- Czerwiński J. — Prz. Geol. 1955 nr 4 str. 202–205.
- Eicher D.L., Diner R. — [In:] Fine-grained Deposits and Biofacies of the Cretaceous Western Interior Seaway: Evidence of Cyclic Sedimentary Processes. SEPM Field Trip Guidebook No. 4, 1985 Midyear Meeting, Golden, Colorado. (Eds.) Pratt L.M., Kauffman E.G., Zelt F.B., Soc. Ec. Paleont. Miner., 1985 str. 60–71.
- Elder W.P. — Ibidem, 1985 str. 157–169.
- Hancock J.M., Kauffman E.G. — Jour. Geol. Soc., London, 1979 vol. 136 pt. 2 str. 175–186.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. — Science, 1987 nr 4793 str. 1156–1167.
- Hilbrecht H., Hoefs J. — Paleogeogr., Paleoclim., Paleoecol., 1986 nr 2–4 str. 169–189.
- Hilbrecht H., Arthur M.A., Schlanger S. — [In:] Global Bio-events. (Ed.) Walliser O.H. Lect. Not. Earth Sc., 1986 vol. 8 str. 345–351.
- Jarvis I., Carson G.A. i in. — Cret. Res., 1988 no. 1 str. 3–103.
- Jarvis I., Leary P.N., Hart M.B. i in. — Newsl. Str., 1988 no. 3 str. 147–164.
- Kauffman E.G. — [In:] Global Bio-events. (Ed.) Walliser O.H. Lect. Not. Earth Sc., 1986 vol. 8 str. 279–335.
- Leckie R.M. — [In:] Fine-grained Deposits and Biofacies of the Cretaceous Western Interior Seaway: Evidence of Cyclic Sedimentary Processes. SEPM Field Trip Guidebook No. 4, 1985 Midyear Meeting, Golden, Colorado. (Eds.) Pratt L.M., Kauffman E.G., Zelt F.B., Soc. Ec. Paleont. Miner., 1985 str. 139–150.
- Marcinowski R. — Acta Geol. Pol., 1980 nr 3 str. 215–325.
- Peryt D. — [W:] Przewodnik LVI Zjazdu PTG. (Ed.) Harasimiuk M. Wyd. Geol., 1984 str. 148–149.
- Peryt D. — Rev. Paléob., 1988 nr 2 str. 311–321.
- Pratt L.M. — [In:] Fine-grained Deposits and Biofacies of the Cretaceous Western Interior Seaway: Evidence of Cyclic Sedimentary Processes. SEPM Field Trip Guidebook, No. 4, 1985 Midyear Meeting, Golden, Colorado. (Eds.) Pratt L.M., Kauffman E.G., Zelt F.B., Soc. Ec. Paleont. Miner., 1985 str. 38–48.
- Raup D.M., Sepkoski J.J. — Science, 1986 nr 4740 str. 833–836.
- Schlanger S.O., Jenkyns H.C. — Geologie en Mijnbouw, 1976 nr 3–4 str. 179–184.
- Scholle P.A., Arthur M.A. — AAPG Bull., 1980 nr 1 str. 67–87.
- Tappan H. — Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeocool., 1968 nr 3 str. 187–210.
- Weiss W. — Palaeontographica. A., 1982 vol. 178 str. 49–108.
- Wywicka K. — [W:] Przewodnik LVI Zjazdu PTG. (Ed.) Harasimiuk M. Wyd. Geol., 1984 str. 143–148.

SUMMARY

In the Cenomanian–Turonian boundary interval (uppermost *Rotalipora cushmani* Zone and lower *Whiteinella archaeocretacea* Zone) in SE Poland stable isotopes (^{13}C , ^{18}O), carbonate contents, C_{org} and C_{carb} contents and foraminifers are investigated. The stage boundary is defined by the appearance of coccolith species *Quadrum gartneri* Prins and Perch-Nielsen. The higher content of C_{org} in the uppermost *Rotalipora cushmani* and lowermost *Whiteinella archaeocretacea* Zones, ^{13}C and ^{18}O anomaly in uppermost Cenomanian as well as substantial changes of foraminiferal populations are recorded. A major carbon isotope excursion with a shift of up to $+2.0\text{‰}$ $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) is located a short distance above the *Rotalipora cushmani*-*Whiteinella archaeocretacea* boundary within marly limestones. The peak value of $\delta^{13}\text{C}$ corresponds to the minimum P/B ratio and minima in diversity and abundance of foraminiferal populations. A late Cenomanian expanding mid-water oxygen minimum zone is thought to be responsible for changes in foraminiferal assemblages in uppermost *Rotalipora cushmani* and lower *Whiteinella archaeocretacea* Zones.

Translated by authors

РЕЗЮМЕ

Фораминиферы, стабильные изотопы углерода и кислорода ^{13}C , ^{18}O , содержание CaCO_3 и содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ и $\text{C}_{\text{карб}}$ были исследованы в осадках пограничья сеномана и тулона юго-восточной Польши. Граница между сеноманом и тураном установлена в месте появления кокколита *Quadrum gartneri* Prins et Perch-Nielsen. Было обнаружено повышенное содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ в осадках самой верхней части горизонта *Rotalipora cushmani* и самой низкой — горизонта *Whiteinella archaeocretacea*, изотопная аномалия ^{13}C и ^{18}O в самом верхнем сеномане, а также большие изменения в совокупностях фораминифер в этом периоде: вымирание некоторых сеномановых видов фораминифер, уменьшение видового разнообразия, а также количества совокупностей бентонных и планктонных фораминифер. Самую высокую величину $+4,58\text{‰}$ PDB $\delta^{13}\text{C}$ достигает после вымирания *Rotalipora cushmani* (Morrow) в нижней части горизонта *Whiteinella archaeocretacea*, в мергелистом известняке, в точке, где содержание CaCO_3 самое низкое (78%). Максимальная величина $\delta^{13}\text{C}$ совпадает с самым малым участием планктонных фораминифер в совокупностях (P/B) и с самым малым разнообразием видов в совокупностях фораминифер. Принимается, что расширяющийся вместе с позднеceneмановой трансгрессией слой вод, обедненных кислородом отвечает за изменения в сообществах фораминифер в самой верхней части горизонта *Rotalipora cushmani* и нижней — *Whiteinella archaeocretacea*.