

Granica kreda-trzeciorzęd w zapisie dinocystowym

Przemysław Gedl*

Dinocysty są jedną z tych grup mikroorganizmów, wśród których nie obserwuje się wzmożonego wymierania na granicy kredy i trzeciorzędu (podobnie jak wśród okrzemek czy radiolarij). W zapisie palinologicznym nie obserwuje się na tej granicy żadnych poważnych anomalii mogących świadczyć o poważnych perturbacjach środowiskowych (jedynie w kilku profilach zaznacza się zwiększony udział węgla drzewnego świadczący o istnieniu pożarów w tym czasie). Brak dinocystowego zapisu katastrofy na granicy kredy i trzeciorzędu postulowanej przez wielu autorów można tłumaczyć przystosowaniem Dinoflagellata do przetrwania warunków stresowych poprzez wytwarzanie cyst. Szczegółowa analiza zmian biotycznych w tym interwale wydaje się sugerować, że nie ma jednego prostego wytłumaczenia kryzysu związanego z granicą kredy i trzeciorzędu. Złożyło się na niego najprawdopodobniej szereg przyczyn, z których niektóre były znacznie rozciągnięte w czasie, inne natomiast miały charakter katastroficzny.

Słowa kluczowe: granica kreda-trzeciorzęd, dinocysty, masowe wymieranie, paleośrodowisko

Przemysław Gedl – **Dinocyst record of the Cretaceous-Tertiary boundary.** Prz. Geol., 47: 391–394.

S u m m a r y. There are no remarkable changes observed among the dinocysts at the Cretaceous-Tertiary boundary (similarly as there are no changes among the diatoms and radiolaria). Palynological record of this event shows no major anomalies that might have reflected any palaeoenvironmental crisis: only in few sections a forest fire record is observed. The lack of dinocyst record of the catastrophe at the Cretaceous-Tertiary boundary, might be explained by the Dinoflagellate capability to survive stress conditions in a cyst-stage. Detailed analysis of biotic changes in this interval suggests that there is no simple explanation of the Cretaceous-Tertiary boundary crisis. There were presumably several causes, some of them long-lasting, the other ones catastrophic.

Key words: Cretaceous-Tertiary boundary, dinocysts, mass extinction, palaeoenvironment

Zdarzenie w świecie organicznym jakie zaistniało na granicy kredy i trzeciorzędu jest jednym z najbardziej znanych „katastroficznych” wydarzeń w historii Ziemi. Z granicą kreda-trzeciorzęd wiąże się wymarcie olbrzymich dinozaurów oraz niektórych grup głowonogów. Bezpowrotnie zniknęło wówczas ok. 16% rodzin i 47% rodzajów bezkręgowców morskich (Sepkoski, 1996). Wymieranie to dotknęło szczególnie mikroorganizmy morskie. Nie wszystkie jednak grupy ucierpiały wówczas w jednakowym stopniu. Masowe wymieranie planktonu morskiego dotyczy głównie otwornic i nannoplanktonu: grupy te wymierają niemal całkowicie (m.in. Perch-Nielsen i in., 1982; Jiang & Gartner, 1986; Molina i in., 1998). Zmiany wśród małych otwornic bentonicznych są w dużym stopniu uzależnione od głębokości basenu (Coccioni & Galeotti, 1998).

Jednak, niektóre grupy mikroorganizmów morskich, np. dinocysty, „przechodzą” granicę kredy z trzeciorzędem bez żadnych wyraźnych zmian. Wśród dinocyst obserwuje się co prawda spadek liczebności gatunków w górnej kredzie, ale proces ten jest bardzo rozciągnięty w czasie.

Zapis dinocystowy granicy kredy i trzeciorzędu

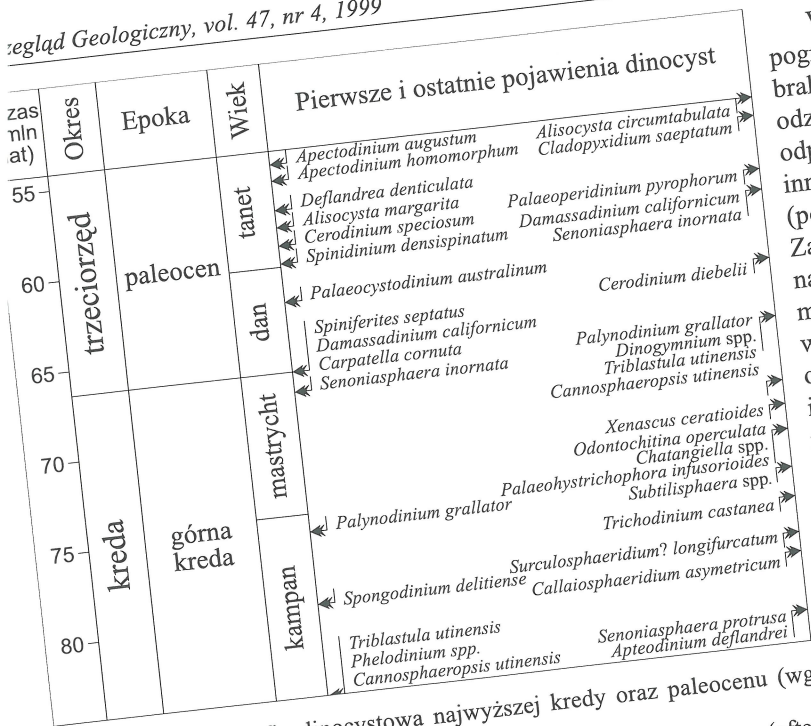
Zmiany środowiskowe jakie zaszły na granicy kredy i trzeciorzędu nie są widoczne wśród zespołów dinocyst (m. in. Habib i in., 1992). Wśród dinocyst jest znanych zaledwie kilka gatunków, które wymierają na granicy kreda-trzeciorzęd lub w jej pobliżu (m.in. Brinkhuis & Leereveld, 1988; Brinkhuis & Zachariasse, 1988). Za wymierające na samej granicy uważa się *Palynodinium grallator* (ryc. 1**), *Dinogymnium* spp. oraz *Triblastula utinensis* (por. Stover i in., 1996; ryc. 2).

W górnej kredzie dinocysty osiągają maksimum zróżnicowania w santonie–kampanie (Bujak & Williams, 1979) oraz kampanie–mastrychcie (Stover i in., 1996): liczba gatunków przekraczała wówczas 300 i 600. Późniejsza redukcja liczby gatunków, jaka zaznacza się w najwyższej kredzie, jest bardzo powolna i rozłożona w czasie (ryc. 3). Lokalne minimum zróżnicowania przypada w dolnym paleocenie (200–400 gatunków według różnych autorów). Na samej granicy kredy i trzeciorzędu, poza wspomnianymi wcześniej ostatnimi pojawieniami trzech taksonów, brak jakichkolwiek innych zmian. Powodem zmian, jakie zaszły w obrębie dinocyst na tej granicy wydaje się być globalne obniżenie poziomu morza (por. Haq i in., 1987). Dinocysty — formy w większości zamieszkujące środowiska szelfowe, są bardzo czułe na zmiany poziomu morza. Ich zróżnicowanie taksonomiczne bardzo wyraźnie odzwierciedla krzywą wahań poziomu morza osiągając minimum we wczesnej jurze, natomiast maksimum na przełomie wczesnej i późnej kredy, gdy stan poziomu morza w mezozoiku i kenozoiku był najwyższy (Stover i in., 1996, Text — Fig. 5).

W profilu El Haria (Tunezja), uważanym za jeden z kompletnych profili pogranicza kredy i trzeciorzędu, wśród dinocyst nie zauważono podwyższonego poziomu wymierania, ich zespół ulega jedynie zmianom ilościowym (Brinkhuis & Zachariasse, 1988). Zdaniem tych autorów podstawowym czynnikiem powodującym zmiany w zespołach dinocyst w tym okresie były zmiany poziomu morza. Zespół dinocyst najwyższego mastrychtu wskazuje na stosunkowo głębokowodne i odległe od brzegu warunki depozycji (oceaniczny rodzaj *Impagidinium* (ryc. 4) reprezentuje do 10% zespołu, utwory te charakteryzują się także niewielkim udziałem sporomorfów). W utworach granicznych wzrasta udział zarówno płytkowodnych taksonów dinocyst (np. *Cyclonephelium*), jak i sporomorfów. Podob-

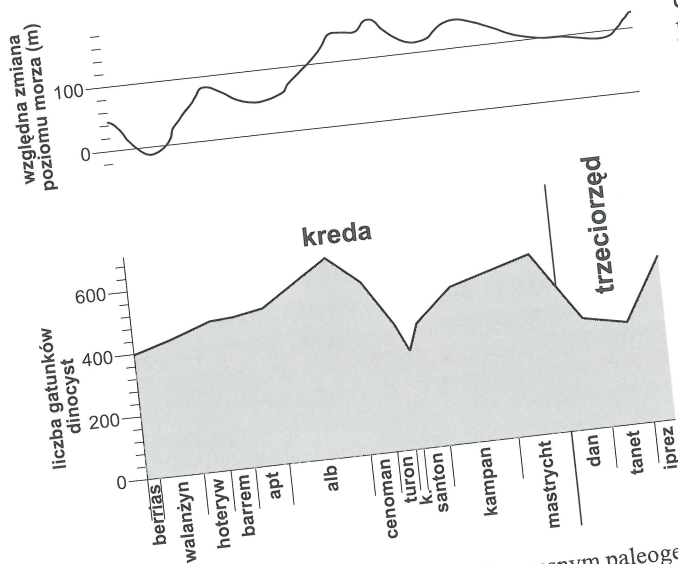
*Instytut Nauk Geologicznych PAN, ul. Senacka 1, 31-002 Kraków; ndgedl@cyf-kr.edu.pl

**Uwaga: ryc. 1, 4–10 patrz str. 400 (IV str. okładki)



Ryc. 2. Biostratygrafia dinocystowa najwyższej kredy oraz paleocenu (wg Stovera i in., 1996)
 Fig. 2. Dinocyst biostratigraphy of the latest Cretaceous and Palaeocene (after Stover et al., 1996)

nie wygląda palinologiczny zapis granicy kredy i trzeciorzędu w utworach fliszu helweckiego w Austrii, gdzie osady najwyższego mastrychtu i najniższego danu charakteryzują się podobnymi zespołami dinocyst zdominowanymi przez rodzaj *Areoligera* (Kuhn & Kirsch, 1992). Również zespoły dinocyst z utworów granicznych kredy i trzeciorzędu południowej Skandynawii nie wykazują większej zmienności: są one zdominowane przez rodzaj *Areoligera* (Hultberg, 1986).



Ryc. 3. Zróżnicowanie dinocyst w kredzie i wczesnym paleocenie porównane z krzywą wahań poziomu morza Haq i in. (1987) (wg Stovera i in., 1996)
 Fig. 3. Dinocyst diversity in Cretaceous and Early Palaeocene compared to the sea-level change curve of Haq et al. (1987) (after Stover et al., 1996)

W zapisach palinologicznych utworów z pogranicza kredy i trzeciorzędu zwraca uwagę brak jakiegokolwiek anomalii, mogącej być odzwierciedleniem ewentualnej katastrofy odpowiedzialnej za masowe wymieranie w innych grupach organizmów w tym okresie (por. Alvarez i in., 1980; Sutherland, 1994). Zarówno utwory najwyższego mastrychtu, jak i najniższego paleocenu, wskazują na jakiegokolwiek poważne perturbacje środowiskowe. Nie obserwuje się masowych pojawień akrytarchów i grzybów, czy też innych palinomorfów mogących świadczyć o środowisku stresowym — takie zmiany w palinofacji obserwuje się w utworach powstałych w trakcie kryzysu późno-permskiego (np. Vissler i in., 1996). Wśród dinocyst brak masowych pojawień taksonów, takich jak *Thalassiphora*, które uważa się za charakterystyczne dla środowisk o obniżonym stopniu natlenienia (por. Köthe, 1990). Jedynie w kilku profilach odnotowuje się zwiększony udział cząstek węgla drzewnego, którego masową obecność w palinofacjach interpretuje się jako świadectwo pożarów.

Jednym z powodów braku wymierania dinocyst w czasie kryzysu późnokredowego mogła być ich natura. Dinocysty są stadiami przetrwalnikowymi (cystami) Dinoflagellata, wytwarzanymi w chwili zaistnienia niekorzystnych warunków środowiskowych. Możliwość niekorzystnych warunków środowiskowych. Możliwość wytwarzania pozwala Dinoflagellata przetrwać czasowe pogorszenie warunków życiowych, takich jak zmiany temperatury, nasłonecznienia czy chemizmu wody. Wykształcenie tej cechy mogło być pomocne w przetrwaniu kryzysu na granicy kredy i trzeciorzędu. Wydaje się być jednak mało prawdopodobne, by zdolność do wytwarzania cyst ułatwiła przetrwanie Dinoflagellata w ciągu tak znacznego i najprawdopodobniej długotrwałego kryzysu. Długość trwania stadium cystacji wśród współczesnych Dinoflagellata waha się od kilku godzin do kilku miesięcy, najdłuższe są związane z reguły z porami roku.

Palinologia granicy kreda-trzeciorzęd w Polsce

Utwory graniczne kredy i trzeciorzędu zachodniego i północnego obrzeżenia Wyżyny Lubelskiej były przedmiotem wielu opracowań mikropaleontologicznych (m. in. Górka, 1957; Gaździcka, 1978; Pożaryska, 1954, 1965; Peryt, 1980). J. M. Hansen [W:] Hansen i in., 1989) opracował biostratyografię dinocystową z utworów granicznych kredy i trzeciorzędu w Nasiłowie. Do tej pory nie przeprowadzono jednak bardziej szczegółowej analizy palinologicznej osadów tej granicy, zwłaszcza pod kątem zmian zespołów dinocyst. Wstępne wnioski zawarte w niniejszym artykule są oparte na kilkunastu próbkach z kilku starych atykule są oparte na kilkunastu próbkach z kilku starych stanowisk (odsłonięcia powierzchniowe jak wiercenia) zachodniego i północnego obrzeżenia Wyżyny Lubelskiej. Wszystkie próbki z osadów mastrychtu charakteryzują się licznym, ale mało zróżnicowanym zespołem dinocyst, które stanowią od 20 do 40% palinofacji. Pozostałe ele-

menty palinofacji to przeważnie czarne nieprzezroczyste fitoklasty (ryc. 6). Zespół dinocyst jest zdominowany przez morfotyp *Spiniferites/Achomospaera* (ryc. 7) oraz rodzaj *Hystrichospaeridium* (ryc. 8). Stosunkowo licznie występują dinocysty reprezentujące morfotyp *Impagidinium/Pterodinium* (ryc. 4). Cechą charakterystyczną jest niemal całkowity brak form Peridinales (ryc. 9). Tak sedymentacji pelagicznej, w stosunkowo głębokim i oddalonym od brzegu zbiorniku. Wskazuje na to brak licznych fragmentów tkanek roślin lądowych, charakterystycznych dla sedymentacji w strefie przybrzeżnej, skład zespołu dinocyst oraz obecność taksonów reprezentujących morfotyp *Impagidinium/Pterodinium*. Rodzaj *Impagidinium* jest opisywany ze współczesnych osadów oligotroficznymi otwartych zbiorników morskich i oceanicznych (por. Harland, 1983).

Palinofacja najniższych osadów paleoceńskich (dan) charakteryzuje się większym zróżnicowaniem dinocyst, jednak taksony dominujące w części kredowej profilu są nadal najliczniejsze. W dalszym ciągu bardzo nielicznie występują formy Peridinales. Zespół paleoceński od mastrychckiego różni się właściwie wyłącznie nieobecnością dwóch taksonów przewodnich dla górnej kredy: *Paly-nodinium grallator* oraz *Dinogymnium* spp. Zmiany środowiskowe są bardziej wyraźne w wyższej części profilu omawianego rejonu. Utwory wyższego paleocenu, a zwłaszcza dolnego i środkowego eocenu, charakteryzują się zespołami dinocyst zdominowanymi przez formy Peridinales (ryc. 10) oraz wyraźną dominacją elementów lądowych palinofacji. Wskazuje to na znaczne spłylenie eocenu, połączone ze zmianami zasolenia oraz znaczną eutrofizacją. Nieznaczne zmiany, jakie można zaobserwować na samej granicy kredy i trzeciorzędu wskazują tylko na niewielkie spłylenie. Brak natomiast jakichkolwiek śladów zapisu zdarzenia katastroficznego (należy jednak pamiętać, że kwestia kompletności zapisu utworów granicznych w tym rejonie jest dyskusyjna — por. np. Pożaryska, 1967; Machalski, 1998).

Porównanie z innymi grupami

Analiza zespołów dinocyst z osadów pogranicza kredy i trzeciorzędu wskazuje na brak wyraźnego związku między postulowanym przez wielu autorów impaktem meteorytu a zmianami jakie zaszły w zespołach dinocyst. W późnej kredzie dinocysty podlegają co prawda wymieraniu, ale nie ma ono charakteru jednoczesnego zdarzenia: według różnych autorów, zróżnicowanie wśród dinocyst małało stopniowo w ciągu od ok. 25 do ok. 5 mln lat. Według MacLeoda i in. (1997), zmiany zachodzące w zespołach wielu innych grup organizmów przebiegały podobnie jak w zespołach dinocystowych, np. redukcja zróżnicowania małżoraczków, amonitów, mszywiolów czy małży, podobnie jak dinocyst, była rozciągnięta w czasie i trudno w ich przypadku mówić o katastroficznym wymieraniu. Dotyczy to także radiolari, okrzemek, bentonicznych otwornic, brachiopodów czy ślimaków, które granicę kredy i trzeciorzędu „przechodzą” bez większego uszczerbku. Spośród kregowców, najliczniej wymierają na granicy kredy i trzeciorzędu gady, a zwłaszcza dinozaury należące do dwóch rzędów Saurischia i Ornithischia. Jed-

nakże, większość z nich była już w zaniku przynajmniej od wczesnego mastrychtu, a ich ostatnie pojawienia notowane są często znacznie poniżej warstwy irydowej (por. MacLeoda i in., 1997). Wielu innych przedstawicieli gadów przeżyło tę granicę i są znane współcześnie (zółwie, ryjogłowe, łuskoskórne oraz krokodyle). Natomiast zarówno ryby jak i płazy nie wykazały podwyższonego poziomu wymierania na granicy kredy i trzeciorzędu.

Jedynie otwornice planktoniczne oraz nannoplankton wapienny wymierają na granicy kredy i trzeciorzędu w sposób uzasadniający określanie go jako katastroficznym. Jednak, różni autorzy w różny sposób przedstawiają scenariusze ich wymierania w zespołach otwornic planktonicznych odbył się przynajmniej dwuetapowo (pierwsza fala wymierania nastąpiła w najwyższej części późnego mastrychtu, druga natomiast w najniższej części wczesnego danu — żadna z nich nie jest dokładnie związana z samą granicą) oraz, że dotyczył w większym stopniu zespołów z niskich szerokości geograficznych. Natomiast Molina i in. (1998) udawadniają, że 5% gatunków otwornic planktonicznych wymarło w późnym mastrychcie 70% — na granicy kredy i trzeciorzędu, a 25% — stopniowo, we wczesnym danie. Ich zdaniem wymarcie 70% wysoko rozwiniętych gatunków otwornic planktonicznych na granicy kredy i trzeciorzędu należy uznać za wymieranie katastroficzne, będące bezpośrednim skutkiem impaktu meteorytu.

Podsumowanie

W świetle najnowszych badań wydaje się, że kryzys związany z końcem ery mezozoicznej był znacznie bardziej długotrwały i zróżnicowany niż potocznie się uważa. Różne grupy organizmów w różny sposób „reagowały” na zmiany zachodzące na przełomie er; niektóre nie wykazują praktycznie żadnych zmian, w przypadku niektórych zmiany zachodzą w sposób stopniowy bądź w kilku etapach. Wydaje się, że nie ma jednego, prostego wyjaśnienia przyczyny tych zdarzeń. Najbardziej prawdopodobne wydaje się, że w późnym mastrychcie i wczesnym danie nałożyły się na siebie wiele różnych czynników, które spowodowały obserwowane zmiany w zespołach różnych grup organizmów. Niektóre z nich, takie jak: zmiany poziomu morza oraz wahania klimatyczne, miały najprawdopodobniej charakter długofalowy, natomiast inne wydarzenia, takie jak impakt meteorytu oraz podwyższona aktywność wulkaniczna (wiążane z samą granicą kredy i trzeciorzędu), miały charakter katastroficzny.

Autor dziękuje anonimowemu recenzentowi oraz prof. dr Krzysztofowi Birkenmajerowi za pomoc i krytyczne uwagi, które w dużym stopniu wpłynęły na ostateczną postać niniejszego artykułu.

Literatura

- ALVAREZ, L. W., ALVAREZ W. ASARO F. & MICHEL H. V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208: 1095–1108.
BRINKHUIS H. & LEEREVELD H. 1988 — Dinoflagellate cysts from the Cretaceous-Tertiary boundary sequence of El Kef, northwest Tunisia. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 56: 5–20.
BRINKHUIS H. & ZACHARIASSE W. J. 1988 — Dinoflagellate cysts, sea level changes, and planktonic foraminifers across the Creta-

- eous-Tertiary boundary at El Haria, northwest Tunisia. *Mar. Micropaleont.*, 13: 151-191.
- BUJAK J. P. & WILLIAMS G. L. 1979 — Dinoflagellate diversity through time. *Mar. Micropaleont.*, 4: 1-12.
- COCCIONI R. & GALEOTTI S. 1998 — What happened to small benthic foraminifera at the Cretaceous-Tertiary boundary? *Bull. Soc. géol. France*, 169: 351-363.
- GAŹDZICKA E. 1978 — Zespoły nannoplanktonu wapiennego z pogranicza kredy i trzeciorzędu Polski centralnej (wyżyna lubelska). *Acta Geol. Pol.*, 28: 335-375.
- GÓRKA H. 1957 — Cocolithophoridae z górnego mastrychtu Polski Środkowej. *Acta Palaont. Pol.*, 2: 235-284.
- HABIB D., MOSHKOVITZ S. & KRAMER. C. 1992 — Dinoflagellate and calcareous nannofossil response to sea-level changes in Cretaceous-Tertiary boundary sections. *Geology*, 20: 165-168.
- HANSEN H. J., RASMUSSEN K. L., GWOZDZ R., HANSEN J. M. & RADWAŃSKI A. 1989 — The Cretaceous-Tertiary boundary in Central Poland. *Acta. Geol. Pol.*, 39: 1-12.
- HAQ B. U., HARDENBOL J. & VAIL P. R. 1987 — Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: 1156-1167.
- HULTBERG S. U. 1986 — Danian dinoflagellate zonation, the C-T boundary and the stratigraphical position of the Fish Clay in southern Scandinavia. *J. Micropaleont.*, 5: 37-47.
- JIANG M. J. & GARTNER S. 1986 — Cretaceous nannofossil succession across the Cretaceous-Tertiary boundary in east-central Texas. *Micropaleont.*, 32: 232-255.
- KÖTHE A. 1990 — Paleogene dinoflagellates from northwest Germany. *Geol. Jb.*, A118: 1-111.
- KUHN W. & KIRSCH K.-H. 1992 — Ein Kreide-Tertiär-Grenzprofil aus dem Helvetikum nördlich von Salzburg (Österreich). *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.*, 32: 23-35.
- MACHALSKI M. 1998 — Granica kreda-trzeciorzęd w przełomie Wisły. *Prz. Geol.*, 46: 1153-1161.
- MACLEOD N., RAWSON P. FOREY P.L., BANNER F. T., BOUDAGHER-FADEL M. K., BOWN P. R., BURNETT J. A., CHAMBERS P., CULVER S., EVANS S. E., JEFFREY C., KAMINSKI M.A., LORD A. M., MILNER A. R., MORRIS N., OWEN E., ROSEN B. R., SMITH A. B., TAYLOR P.D., URQUHART E. & YOUNG J. R. — 1997 — The Cretaceous-Tertiary biotic transition. *J. Geol. Soc., London*, 154: 265-292.
- MACLEOD N. & KELLER G. 1994 — Comparative biogeographic analysis of planktic foraminiferal survivorship across the Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary. *Paleobiology*, 20: 143-177.
- MOLINA E., ARENILLAS I. & ARZ J. A. 1998 — Mass extinction in planktic foraminifera at the Cretaceous-Tertiary boundary in subtropical and temperate latitudes. *Bull. Soc. geol. France*, 169: 351-363.
- PERCH-NIELSEN K., MCKENZIE J. & HE Q. 1982 — Biostratigraphy and isotopic geochemistry and the „catastrophic” extinctions of calcareous nannoplankton at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Spec. Pap. Geol. Soc. Am.*, 190: 353-371.
- PERYT D. 1980 — Planktic foraminifera zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula River valley, Poland. *Palaont. Pol.*, 41: 3-96.
- POŻARYSKA K. 1954 — O przewodnich otwornicach z kredy górnej Polski środkowej. *Acta Geol. Pol.*, 4: 249-276.
- POŻARYSKA K. 1965 — Foraminifera and biostratigraphy of the Danian and Montian in Poland. *Palaont. Pol.*, 14: 1-156.
- POŻARYSKA K. 1967 — Badania warstw pogranicznych kredy i trzeciorzędu w Polsce pozakarpackiej. *Kwart. Geol.*, 11: 661-672.
- SEPKOSKI J. Jr., 1996 — Patterns of Phanerozoic Extinction: A Perspective from Global Data Bases. [W:] Walliser, O. H. (ed.), *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 35-52.
- STOVER L. E., BRINKHUIS H., DAMASSA S. P., DE VERTEUIL L., HELBY R. J., MONTEIL E., PARTRIDGE A. D., POWELL A. J., RIDING J. B., SMELROR M. & WILLIAMS G. L. 1996 — Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes. In: Jansonius J. & McGregor D. C. (eds) *Palynology: principles and applications*. Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Found., 2: 641-750.
- SUTHERLAND F. L. 1994 — Volcanism around K-T boundary time - its role in an impact scenario for the K-T extinction events. *Earth-Sci. Rev.*, 36: 1-26.
- VISSHER H., BRINKHUIS H., DILCHER D. L., ELSICK W. C., ESHET T., LOOY C. V., RAMPINO M. R. & TRAVERSE A. 1996 — The terminal Paleozoic fungal event: Evidence of terrestrial ecosystem destabilization and collapse. *U. S. National Acad. Sci., Proceed.*, 93: 2155-2158.