

WIELKI SPÓR O WIELKIE WYMIERANIE

CZ. II*

UKD 551.735.2/.731.1.022(084.2):552.512/.513:552.14 + 551.24(438 - 14:234.57)

WYDARZENIA PÓŹNOKREDOWE
A INNE KRYZYSY W DZIEJACH ZIEMI

Każde wymieranie jest inne, bo każde wydarzenie historyczne jest niepowtarzalne. Nawet gdybyśmy znali dokładnie przyczyny wymierania późnokredowego, to i tak nie znaczy, że te same czynniki powtórzone w innym okresie dałyby te same rezultaty. Erle Kauffman zauważył, że skutki impaktu mogą być zależne nawet od pory roku – kolizja na wiosnę może się okazać zabójcza, jesienią mogłaby nie przynieść większych zmian. W tym pierwszym wypadku przyroda jest bowiem przygotowana do ekspansji, w tym drugim „oczekuje” właśnie tych warunków, które W. Alvarez przypisuje następstwom impaktu. Jeśli przyjąć model wymierania związany z wyłączeniem fotosyntezy, to istotnie wydarzenie takie na progu zimy nie byłoby niczym niezwykłym, wiosną zaś zwiastowałoby katastrofę. Inna sprawa, że wątpliwe jest, by zimy w mezozoiku – nawet w wysokich szerokościach – wiązały się z wyłączeniem fotosyntezy. Niezależnie jednak od tego, że każde wymieranie rozpatrywać trzeba odrębnie, przyjęcie koncepcji impaktu wymaga, by pewne przynajmniej elementy

wydarzenia późnokredowego dały się odnaleźć i przy innych okresach kryzysów. Czy którykolwiek z nich można również łączyć z kolizją kosmiczną?

Wydaje się, że najbliższe późnokredowemu było wymieranie z przełomu eocen/oligocen. (E/O). Rozpoznano je już dawno i łączono początkowo głównie z wymieraniem ssaków („La Grande Coupure” Stehlina), tak jak kryzys kredowy łączono początkowo głównie z dinozaurami. Jednak w obu wypadkach najbardziej charakterystyczne zmiany zachodzą w morzach, zwłaszcza w obszarach tropikalnych i wśród planktonu, a także wśród fauny szelfowej (15). Zmiany roślinności lądowej świadczą o znacznym i ogólnym ochłodzeniu, następuje też globalna regresja, której rezultatem jest powszechność luk stratygraficznych. Wszystko to są – jak widać – analogie do przełomu K/T.

Analogie dotyczą jednak i domniemanego impaktu. Znane jest od dawna wielkie pole tektytowe w Ameryce Płn. (61), którego wiek odpowiada w przybliżeniu granicy E/O. W 1977 r. odkryto – w ramach projektu DSDP – warstwę mikrotektytów na Morzu Karaibskim i w Zatoce Meksykańskiej, której położenie w profilu pozwala na ścisłą korelację z wymieraniem otwornic na granicy E/O (29). Rychło okazało się, że warstewka ta występuje systematycznie w licznych rdzeniach oceanicznych, w tym samym położeniu stratygraficznym i na ogromnych obsza-

* Część I ukazała się w „Przeglądzie Geologicznym” nr 1 z br.

rach, obejmujących także część Pacyfiku; jej wiek, datowany metodą K/Ar oceniono na ok. 34 mln lat (62). Wreszcie przyszło odkrycie anomalii Ir i innych platynowców w rdzeniach podmorskich (4, 25); dotychczas odkryto ją w siedmiu rdzeniach, a w kilku z nich anomalii towarzyszył poziom mikrotektytów. R. Ganapathy (25), na podstawie tych danych i zasięgu pola (mikro) tektytowego szacuje średnicę domniemanego asteroidu na 3 km. Nie ma natomiast jeszcze przekonujących dowodów na jednoczesność wymierania na lądzie i w morzach, tym bardziej, że to pierwsze datowano dotychczas na ok. 37–38 mln lat; są zresztą głosy, że zarówno w jednym, jak i drugim wypadku ewolucja w tym czasie nie miała katastroficznego charakteru (18).

Dla różnych okresów geologicznych – poza przełomami K/T i E/O – dotychczas zgromadzono mało bezpośrednich przesłanek na rzecz powiązania wymierania z impaktami. Najbardziej obiecujące jest wydarzenie z przełomu fran/famen, któremu już w 1970 r. D. McLaren przypisał pochodzenie impaktytowe (51). W okresie tym wymieranie było szybkie, prawie globalne i selektywne, dotknęło przede wszystkim organizmy typu rafowego i zespoły tropikalne, głównie bentoniczne filtratory. McLaren wiązał je z powstaniem wielkich fal tsunami w wyniku kolizji i zamulaniem aparatu filtracyjnego licznych organizmów. Jest rzeczą charakterystyczną, że ogólna biomasa organizmów morskich, mierzona częstością występowania skamieniałości jest w famenie znacznie niższa niż we franie, co wyklucza raczej konkurencyjne zastępowanie, gdyż to – jeśli w ogóle może być przyczyną wielkiego wymierania – nie powinno prowadzić do drastycznego obniżenia biomasy. Bardzo istotne jest też ogólnoplanetarne ochłodzenie w tym czasie (17, 51), które P. Cooper wiązał nawet z krótkotrwałym zlodowaceniem.

Wszystko to wskazuje na silne analogie z kryzysami, o których była już mowa, a związki te stały się ostatnio pełniejsze, po stwierdzeniu wzbogacenia warstw z pogranicza fran/famen w Ir, Pt, Fe, Mg, Co, As, Au i Ce (67); odkrycia dokonano w głębokomorskich, silnie skondensowanych wapieniach Australii). Ciekawe, że ta anomalia geochemiczna jest szczególnie czytelna we włóknistych strukturach stromatoporoidów (grupy, którą kryzys dotknął wyjątkowo silnie), co wyklucza możliwość interpretacji wzbogacenia jako wyniku kondensacji stratygraficznej. Prądy katastroficzne nie ominęły i Chin, skąd ostatnio przyszło doniesienie o znalezieniu w prowincji Syczuan, w utworach z pogranicza P/T, warstw wzbogaconych w Ir, wskazujących „że wydarzenie pozaziemskie musiało mieć miejsce pod koniec permu” (95).

Wreszcie, ostatnio, znaczne wymieranie połączone z dużym impaktem i inicjacją serii procesów wulkanicznych i tektonicznych łączą Brochwicz-Lewiński et al. (13) z wydarzeniem z pogranicza jury środkowej i górnej. Warto zwrócić uwagę, że i temu „wydarzeniu” towarzyszą często luki stratygraficzne i twarde dna, a także intensywne zjawiska wulkaniczne. Stwierdzono też znaczną zawartość takich metali, jak Fe, Mn, Ni, a pierwsze wyniki analiz na zawartość Ir są bardzo obiecujące (vide W. Brochwicz-Lewiński et al. w tym numerze).

Na koniec tego przeglądu wydarzeń związanych z domniemanym impaktem należy zauważyć, że przynajmniej w jednym wypadku silnemu wzbogaceniu w Ir nie towarzyszy żadne wyraźne wymieranie (46). Odnosi się to do osadów sprzed 2,3 mln lat, a więc ogólnie z przełomu pliocenu i plejstocenu, kiedy zapewne nastąpiła kolizja z wielkim meteoritem. Czyżby biosfera była już wówczas, po długotrwałym okresie pogarszania się klimatu, bardziej odporna na tego typu zakłócenia?

Wiadomo że nic tak nie upraszcza skomplikowanej sprawy, jak wykrycie regularnej powtarzalności danego zjawiska. Gdyby wojny między ludźmi wybuchały dokładnie co 100 lat, wówczas problem przyczyny ich wybuchania znacznie by się uprościł, a i „walka o pokój” byłaby łatwiejsza. Wystarczyłoby w takim wypadku poszukać czynnika odpowiedzialnego za samą cykliczność, a nie przyczyny wyruszenia ludzi na wojnę. Zrozumiałe, że dość wcześnie zwrócono uwagę na ewentualność regularnej powtarzalności wielkiego wymierania lub nawet innych wydarzeń w dziejach Ziemi (takich, jak orogenezy, transgresje, zlodowacenia).

O koncepcji A.G. Fischera i M.A. Arthura była już mowa. Po 1980 r. pojawiły się liczne próby związania cykliczności wymierania z cyklicznością zjawisk astronomicznych. Najpierw ustalono średnią – statystycznie a nie empirycznie – częstość kolizji Ziemi z asteroidami lub kometami. Zderzenia z meteorytami o $\phi \geq 1$ km miałyby zachodzić średnio co 6×10^6 lat, z asteroidami ≥ 10 km co 2×10^8 lat (79). Oczywiście wydarzenie zdarzające się co pewien czas musi mieć swą średnią okresowość, która nie oznacza, że powtarzalność jest regularna. Wielu jednak chciałoby taką faktyczną regularność w zapisie kopalnym odnaleźć.

Ostatnio udało się to D.M. Raupowi i J.J. Sepkoskiemu (73), którzy od dawna specjalizują się w statystycznej analizie materiału paleontologicznego, a którzy zbadali dostępne w literaturze wzmianki o zasięgach stratygraficznych morskich organizmów (na poziomie rodzin). Uznając za „wydarzenie” wszystkie piki przekraczające 2% na krzywej wymierania rodzin, stwierdzili oni istnienie cykliczności wymierania w ciągu ostatnich 250 mln lat z powracającym regularnie co 26 mln lat kryzysem biosfery. Artykuł ten, jeszcze przed wydrukowaniem, wzbudził ogromne zainteresowanie wśród astronomów, którzy w tak wielkiej regularności zobaczyli rezultat cyklicznych zjawisk kosmicznych.

Posypały się propozycje wyjaśnienia tego zjawiska, zebrane w jednym numerze „Nature” (56) i poprzedzone przezornym i wyważonym artykułem Hallama, który studi ich entuzjazm pokazując, że owa cykliczność jest wynikiem przyjęcia jednej z dwu ostatnio opracowanych skał stratygraficznych – mianowicie Harlanda, a pominięciem drugiej – Odina, przy czym różnice między nimi są nieraz znaczne i sięgają nawet kilkunastu mln lat. Zresztą nawet przyjęcie skał Harlanda nie daje pełnej regularności – np. „wydarzenia” z bajosu, keloweju i horyteru są słabe i odbiegają od przyjętej cykliczności o 6–8 mln lat, a tylko 6 z 12 kryzysów nie wykazuje na skałach Harlanda odchyłań większych od miliona lat.

Jednak – mimo tych wszystkich zastrzeżeń – pewna i to dość znaczna regularność jest niewątpliwa, co jest wystarczająco intrygujące, by szukać jej wyjaśnienia. Tym bardziej, że skuszeni powodzeniem Raupa i Sepkowskiego inni autorzy zaczęli szukać regularności cyklicznych wydarzeń i w inny sposób.

Na pierwszy ogień poszły kraterzy meteorytowe. Danych wyjściowych dostarcza tu znane opracowanie R.A.F. Grieve’a (33) obejmujące datowanie wszystkich 88 bezspornych fanerozoicznych kraterów meteorytowych. Zadania tego podjęli się M.R. Rampino i R.B. Stothers (70), którzy stwierdzili, że daty większych impaktów wykazują cykliczność o wartości ok. 31,5 mln lat i ~50 mln lat (w pracy W. Alvareza i R.A. Mullera, 6, tę samą cykliczność oceniono na 28,4 mln lat; jednak możliwość statystycznego opracowania tak skąpego materiału wydaje się

wątpliwa, a sam Griewe powiedział, że jego lista „nie daje się do tego typu analizy”), dla ostatnich 250 mln lat. Są to wyniki statystycznie znaczące, co sprawdzono generując 5000 przypadkowych serii czasowych zawierających tę samą ilość danych. Powtarzające się okresowości co 5 i 50 mln lat są artefaktami wynikłymi z zaokrąglenia danych, zwłaszcza w odniesieniu do starszych „wydarzeń”, których wiek określają wartości często podzielne przez 5 lub 50. Najmłodsze 4 wielkie astroblemy datowane są odpowiednio na 15, 38, 65 i 100 mln lat, co odpowiada ogólnie okresom znanych wymierań. Znalezione cykliczność odpowiada też dość dobrze poli- i oligotaksycznym okresom Fischera i Arthura, a także odkrytej ostatnio periodyczności przebiegunowań Ziemi, o okresie ok. 34 mln lat (70; Raup, 72, określa tę cykliczność na 30 mln lat). Wreszcie cykliczność orogenez, według danych Stillego, Rampino i Stothers (70) ustalili ostatnio na ok. 32 i 20 mln lat, co jednak – zważywszy na długotrwałość każdej orogenezy – może mieć jedynie orientacyjne znaczenie.

Poszukując astronomicznego mechanizmu tych wszystkich (lub tylko niektórych) cykliczności, ci sami autorzy (i wielu innych) zwracają uwagę na oscylację Układu Słonecznego przez płaszczyznę równikową Galaktyki, z jednym wahnięciem odpowiadającym dwóm przejściom przez równik galaktyczny, trwającym ok. 60 mln lat (por. też 80, gdzie odnotowana jest różnica między cyklem Raupa i Sepkoskiego a periodycznością oscylacji Układu Słonecznego; tab. II); różnicę tę, wynoszącą ok. 5–6 mln lat, przypisują jednak autorzy niedokładnościom datowania).

Porównanie wieku przejść naszego układu przez równik Galaktyki z wiekami ostatnich wielkich wymierań fanerozoiku wykazuje istotnie pewną zbieżność. Domniemany scenariusz wydarzeń zakłada związek między koncentracją chmur pyłowych w płaszczyźnie galaktycznej, możliwością „skażenia” Ziemi wodorem i zmianami klimatycznymi, spowodowanymi być może również akrecyjnym zwiększeniem masy Słońca i związanym z tym wzrostem jego jasności.

Innym, potencjalnie ważnym rezultatem przejścia przez chmury pyłowe mogłoby być grawitacyjne zakłócenie stabilności komet związanych z naszym układem, prowadzące do zwiększenia częstotliwości kolizji Ziemi z tymi obiektami. Taki deszcz komet trwałby przez ok. 10 mln lat i w tym czasie można by się spodziewać przynajmniej jednej kolizji z kometą odpowiednich rozmiarów (69).

Tabela II
WIEK (W MLN LAT) WIELKICH WYMIERAŃ
I WYDARZEŃ GEOLOGICZNYCH

W tabeli podano 9 z 12 wymierań z listy D.M. Raupa i J.J. Sepkoskiego (73). Wiek określono na podstawie pracy M.R. Rampino i R.B. Stothers (69).

Okres geologiczny	Wielkie wymieranie	Przejście przez płaszczyznę galaktyczną	Różnica
Środkowy miocen	11*	~0	11
Późny eocen	37	31	+6
Mastrycht	66	64	+2
Cenoman	91	100	-9
Tyton	144	135	+9
Bajos	176	166	+10
Pliensbach	193	197	-4
Noryk	217	227	-10
Dzulf	245	259	-14

* Zakres i skala tego „wydarzenia” jest niejasna.

Teza ta zakłada więc wprowadzenie cykliczności, ale niekoniecznie gwałtowność wymierania, gdyż cały okres kryzysowy mógłby trwać do 10 mln lat, ze zmiennym zresztą natężeniem. Natomiast słabsza, mniej wyraźna i trudniejsza do wykrycia cykliczność co ok. 250–300 mln lat byłaby związana z obrotem Układu Słonecznego wokół centrum Galaktyki i periodycznym przechodzeniem przez jej ramiona spiralne (55). Ta teza jest jednak trudna do weryfikacji, ze względu na ogromną rzadkość takich wydarzeń i ograniczoną wiedzę na temat natury owych ramion.

EWOLUCJA A CYKLICZNOŚĆ WYMIERANIA

Cykliczność dziejów Ziemi (i biosfery), niezależnie jak bardzo regularna i niezależnie od przyczyn, może mieć bardzo ważne następstwa dla ewolucji. Przywykliśmy do myśli o mniej lub bardziej kierunkowym, progresywnym charakterze rozwoju życia. Przywykliśmy też do myśli o biosferze ściśle wypełnionej gatunkami, których osobniki toczą ostrą „walkę o byt” w świecie pozbawionym „pustych” miejsc. Lecz jeśli istotnie co kilka czy kilkadziesiąt milionów lat świat się opróżnia z gatunków w wyniku kryzysu biosfery i jeśli historia musi za każdym razem zaczynać niemal na nowo, to te nasze przeświadczenia są dalekie od rzeczywistości. Bo świat byłby wówczas znacznie bardziej pusty, a historia świata znacznie bardziej złożona niż sądziliśmy. Przy tym każdy cykl byłby w znacznej mierze zamkniętą historią, częściowo niezależną od cyklu poprzedzającego i częściowo tylko wpływającą na cykl następny. Zwłaszcza my sami i nasz gatunek bylibyśmy tyleż produktem trwającej 4 mld lat ewolucji, co efektem historii ostatnich 65 lub tylko 32 mln lat. Bylibyśmy tu, bo poprzedni cykl skończył się tak a nie inaczej, bo zakończyła się era archozaurów, a zaczęła era ssaków, a nie odwrotnie. Nie był to więc postęp ewolucyjny, ale raczej koniec jednego i początek drugiego cyklu, z których żaden nie był bardziej „postępowy” od drugiego. Ten temat pozostawiam otwarty, bo wymagałby znacznie szerszego omówienia.

ZAKOŃCZENIE

Rozrzut poglądów w sprawie wymierania, podobnie jak w większości ważnych sporów naukowych, obejmuje właściwie wszystkie teoretycznie możliwe odpowiedzi. Jest w czym wybierać. Od Dawitaszwilego, który twierdził, że wszystko da się wyjaśnić czynnikami biologicznymi, konkurencyjnym zastępowaniem się grup, po Raupa i Sepkoskiego, dla których wymierania są regularne, cykliczne i związane z wydarzeniami pozaziemskimi. I od McLeana, uważającego że każde wymieranie miało swe własne, niepowtarzalne przyczyny, po Hoffmana i Ghiolda (40), którzy dowodzą, że może żadnych, realnych wymierań w ogóle nie było, a to co opisujemy, to statystyczne artefakty związane z zachowaniem skamieniałości w różnych okresach i formacjach geologicznych.

LITERATURA

1. Ager D.V. – The nature of fossil record. Proc. Geol. Assoc. 1976 vol. 87.
2. Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F., Michel H.V. – Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. Science 1980 vol. 208.
3. Alvarez W., Alvarez L.W., Asaro F.,

- Michel H.V. — The end of the Cretaceous: sharp boundary or gradual transition? *Science* 1984 vol. 223.
4. Alvarez W., Asaro F., Michel H.V., Alvarez L.W. — Iridium anomaly approximately synchronous with terminal Eocene extinctions. *Science* 1982 vol. 216.
 5. Alvarez W., Kauffman E.G., Surlyk F., Alvarez L.W., Asaro F., Michel H.V. — Impact theory of mass extinctions and the invertebrate fossil record. *Science* 1984 vol. 223.
 6. Alvarez W., Muller R.A. — Evidence from crater ages for periodic impacts on the Earth. *Nature* 1984 vol. 308.
 7. Archibald J.D. — The earliest known Palaeocene mammal fauna and its implication for the Cretaceous-Tertiary transition. *Nature* 1981 vol. 291.
 8. Bakker R.T. — Tetrapod mass extinctions. [In:] Hallam A. (red.) — Patterns of evolution as illustrated by the fossil record. 1977.
 9. Benson R.H. — In search of lost oceans: a paradox in discovery. [In:] Gray J., Boucot A.J. (red.) — Historical biogeography, plate tectonics and the changing environment. Oregon State Univ. Press 1979.
 10. Benton M.J. — Dinosaurs lucky break. *Natural History* 1984 no. 6.
 11. Berggren W.A., Aubry M.-P., Bujak J.P., Naeser C.W., van Couvering J.A. — The terminal Eocene event and the Polish Connection. XX Int. Geol. Congress Paris 1980.
 12. Berggren W.A., van Couvering J. (red.) — Catastrophes and Earth history. The new uniformitarianism. Princeton Univ. Press 1984.
 13. Brochwiczy-Lewiński W., Gąsiewicz A. et al. — Lacunes et condensations à la limite Jurassique moyen-supérieur dans le Sud de la Pologne: manifestation d'un phénomène mondial? *R. C. Acad. Sc. Paris* 1984 t. 299 Sér. II no. 19.
 14. Buffetaut E. — L'extinction des dinosaures. *Geochronique* 1984 no. 12.
 15. Cavelier C., Cateauneuf J.J., Pomerol C., Rabussier D., Renard H., Vergnaud-Cerazzini C. — The geological events at the Eocene-Oligocene boundary. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1981 vol. 36.
 16. Christensen W.K., Birkelund T. (red.) — Cretaceous-Tertiary boundary events. *Copenhagen* 1979 vol. 2.
 17. Copper P. — Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Famennian mass extinction. *Ibidem.* 1977 vol. 21.
 18. Corliss B.H., Aubry M.P., Berggren W.A., Fenner J.M., Keigwin L.D., Keller G. — The Eocene-Oligocene boundary event in the deep sea. *Science* 1984 vol. 226.
 19. Davies M., Hut P., Muller A.R. — Extinction of species by periodic comet showers. *Nature* 1984 vol. 308.
 20. Dawitaszwili L.S. — Pricziny wymirania organizmow. *Nauka Moskwa* 1969.
 21. Dietz R.S. — Astroblemes. *Scient. Amer.* 1961 vol. 210 no. 2.
 22. Fischer A.G., Arthur M.A. — Secular variations in the pelagic realm. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.* 1977 vol. 25.
 23. Flessa K. — Extinction is here to stay. *Paleobiology* 1983 vol. 9.
 24. Flessa K., Jablonsky D. — Declining Phanerozoic background extinction rates: effect of taxonomic structure. *Nature* 1985 vol. 313.
 25. Ganapathy R. — Evidence for major meteorite impact on the Earth 34 million years ago: implications for Eocene extinction. *Science* 1982 vol. 216.
 27. Gartner S., McGuirk J.P. — Terminal Cretaceous extinction. Scenario for a catastrophe. *Science* 1979 vol. 206.
 26. Ganapathy R. — A major meteorite impact on the Earth 65 million years ago — evidence from the Cretaceous-Tertiary boundary clay. *Science* 1980 vol. 209.
 28. Gilmore J.S., Knight J.P., Orth C.J., Pillmore C.L., Tschudy R.H. — Trace element patterns at a non-marine Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature* 1984 vol. 307.
 29. Glass B.P., Zwart M.J. — North American microtektites in the Deep Sea Drilling Projects cores from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1979 vol. 90.
 30. Gould S.J., Calloway C.B. — Clams and brachiopods — ships that pass in the night. *Paleobiology* 1980 vol. 6.
 31. Gould S.J., Eldredge N. — Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiology* 1977 vol. 3.
 32. Gray J., Boucot A.J. (red.) — Historical biogeography, plate tectonics and the changing environment. Oregon State Univ. Press 1979.
 33. Grieve R.A.F. — The record of impact on Earth; implications for a major Cretaceous-Tertiary impact event. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 1982 vol. 190.
 34. Hallam A. — Mass extinction in the fossil record. *Nature* 1974 vol. 251.
 35. Hallam A. — The causes of mass extinction. *Nature* 1984 vol. 308.
 36. Hatfield C.G., Camp M.J. — Mass extinctions correlated with periodic galactic events. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1970 vol. 81.
 37. Hay W.W. — On defining boundaries between the Paleocene-Eocene and Oligocene. *Colloque sur l'Eocene. Mem BRGM* 1969 vol. 3.
 38. Hickey L.J. — Changes in the angiosperm flora across the Cretaceous-Tertiary boundary. [In:] Berggren W.A., van Couvering J. (ref. 12).
 39. Hoffman A. — Mass extinction: more publicity than progress. *Zbl. Geol. Palaeont.* 1984 Teil 2.
 40. Hoffman A., Ghiould J. — Randomness in the pattern of "mass extinctions" and "waves of origination". *Geol. Mag.* 1985 vol. 122.
 41. Holland H.D., Trendall A.F. (red.) — Patterns of change in Earth evolution. *Dahlem Konferenzen. Springer Verlag Berlin* 1984.
 42. Hsü K.J. — Terrestrial catastrophe caused by a cometary impact at the end of the Cretaceous. *Nature* 1980 vol. 285.
 43. Hsü K.J., He Q. et al. — Mass mortality and its environmental and evolutionary consequences. *Science* 1982 vol. 216.
 44. Kent D.V. — An estimate of the duration of the faunal change at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Geology* 1977 vol. 5.
 45. Krassilov V.A. — Changes of Mesozoic vegetation and the extinction of dinosaurs. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1981 vol. 34.
 46. Kyte F.T., Zhou Z., Wasson J.T. — High

- noble metal concentrations in a Late Pliocene sediment. *Nature* 1981 vol. 292.
47. Laubenfels M.W. de – Dinosaur extinction: one more hypothesis. *Palaeont.* 1956 vol. 30.
 48. Mann C.J. – Faunal extinctions and reversals. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1972 vol. 83.
 49. Marshall L.G. – Evolution of the Borhyaenidae, extinct South American predaceous marsupials. *Univ. of California Publ. Geol. Sci.* 1976 vol. 117.
 50. Marshall L.G., Webb S.T., Sepkoski J.J., Raup D.M. – Mammalian evolution and the Great American Interchange. *Science* 1982 vol. 215.
 51. McLaren D.J. – Time, life and boundaries. *J. Paleont.* 1970 vol. 44.
 52. McLaren D.J. – Bolides and biostratigraphy. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1983 vol. 94.
 53. McLean D.M. – A terminal Mesozoic “greenhouse” – lessons from the past. *Science* 1978 vol. 201.
 54. McLean D.M. – Deccan volcanism and the Cretaceous-Tertiary transition scenario. *Syllogeus* 1982 vol. 39.
 55. Napier W.H., Clube S.V.M. – A theory of terrestrial catastrophism. *Nature* 1979 vol. 282.
 56. *Nature* 1984 vol. 308 19 april.
 57. Newell N.D. – Crises in the history of life. *Scient. Amer.* 1963 vol. 208, no. 2.
 58. Nitecki M.H. (red.) – Extinctions. The Univ. of Chicago Press. 1984.
 59. Nitecki M.H. (red.) – Biotic crises in ecological and evolutionary time. *Acad. Press New York* 1981.
 60. Officer C.B., Drake C.L. – Terminal Cretaceous environmental events. *Science* 1985 vol. 227.
 61. O’Keefe J.D. – Tektites and their origin. Elsevier London 1976.
 62. O’Keefe J.D. – The terminal Eocene event: formation of a ring system around the Earth? *Nature* 1980 vol. 285.
 63. O’Keefe J.D., Ahrens T.J. – Impact mechanics of the Cretaceous-Tertiary extinction bolide. *Nature* 1982 vol. 298.
 64. Orth C., Gilmore J.S. et al. – An Ir abundance anomaly at the palynological Cretaceous-Tertiary boundary in N New Mexico. *Science* 1981 vol. 214.
 65. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 1979 vol. 29, no. 1/2.
 66. Pillmore C.L., Tschudy R.H. et al. – Geologic framework of nonmarine Cretaceous-Tertiary boundary sites, Raton Basin, New Mexico and Colorado. *Science* 1984 vol. 223.
 67. Playford P.E., McLaren D.J. et al. – Iridium anomaly in the Upper Devonian of the Canning Basin, Western Australia. *Science* 1984 vol. 226.
 68. Pożaryska K. – Sympozjum nt. Otwornic zlepieńcowatych. *Prz. Geol.* 1982 nr 1.
 69. Rampino M.R., Stothers R.B. – Terrestrial mass extinctions, cometary impacts and the Sun’s motion perpendicular to the galactic plane. *Nature* 1984 vol. 308.
 70. Rampino M.R., Stothers R.B. – Geological rhythms and cometary impacts. *Science* 1984 vol. 226.
 71. Raup D.M. – Size of the Permo-Triassic bottleneck and its evolutionary implications. *Science* 1979 vol. 206.
 72. Raup D.M. – Magnetic reversals and mass extinctions. *Nature* 1985 vol. 314.
 73. Raup D.M., Sepkoski J.J. – Periodicities of extinctions in the geologic past. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1984 vol. 81.
 74. Romein A.J.T., Smit J. – Carbon-oxygen stable isotope at the Cretaceous-Tertiary boundary interval (Biarritz section). *Geologie en Mijnbouw* 1981 vol. 60.
 75. Russell D.A. – The enigma of the extinction of the dinosaurs. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1979 vol. 7.
 76. Russell D.A. – The gradual decline of the dinosaurs – fact or fallacy? *Nature* 1984 vol. 307.
 77. Russell D.A., Rice G. (red.) – Cretaceous-Tertiary extinctions and possible terrestrial and extra-terrestrial causes. *Syllogeus* 1982 no. 39.
 78. Schopf T.J.M. – Permo-Triassic extinctions: relation to sea-floor spreading. *J. Geol.* 1974 vol. 82.
 79. Schoemaker E.M. – Asteroid and comet bombardment of the Earth. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1983 vol. 11.
 80. Schwartz R.D., James R.B. – Periodic mass extinctions and the Sun’s oscillation about the galactic plane. *Nature* 1984 vol. 308.
 81. Smit J., Hertogen J. – An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature* 1980 vol. 285.
 82. Smit J., Klaver G. – Sanidine spherules at the Cretaceous-Tertiary boundary indicate a large impact event. *Nature* 1981 vol. 292.
 83. Smit J., van der Kaars S. – Terminal Cretaceous extinctions in the Hell Creek area, Montana: compatible with catastrophic extinction. *Science* 1984 vol. 223.
 84. Smit J., Kyte F.T. – Siderophile-rich magnetic spheroids from the Cretaceous-Tertiary boundary in Umbria, Italy. *Nature* 1984 vol. 310.
 85. Surlyk F., Johanssen M.B. – End-Cretaceous brachiopod extinctions in the chalk of Denmark. *Science* 1984 vol. 223.
 86. Tappan H. – Primary production, isotopes, extinctions and the atmosphere. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1968 vol. 4.
 87. Thierstein H.R. – Terminal Cretaceous plankton extinctions: a critical assessment. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 1982 vol. 190.
 88. Thierstein H.R., Berger W.H. – Injection events in ocean history. *Nature* 1978 vol. 276.
 89. Thomas R.D., Olson E.C. (red.) – A cold look at the warm-blooded dinosaurs. Boulder, Colorado 1980.
 90. Tucker M.E., Benton M.J. – Triassic environments, climates and reptile evolution. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1982 vol. 40.
 91. Van Valen L., Sloan R.E. – Ecology and the extinction of dinosaurs. *Evol. Theory* 1977 vol. 2.
 92. Whitmire D.P., Jackson A.A. – Are periodic mass extinctions driven by a distant solar companion? *Nature* 1984 vol. 308.
 93. Wiedmann J. – Evolution or revolution of Ammonoids at Mesozoic system boundaries. *Biol. Rev.* 1973 vol. 48.
 94. Wilde P., Berry W. – Destabilization of the oceanic density structure and its significance to marine “extinction events”. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1984 vol. 48.
 95. Xu D.-Y., Ma S.-L., Chai Z.-F., Mao X.-Y., Sun Y.-Y., Zhang Q.-W., Yang Z.-Z. – Abundance variation of iridium and trace elements at the Permo-Triassic boundary at Shangsi in China. *Nature* 1985 vol. 314.