

MARCIN RYSZKIEWICZ

Muzeum Ziemi PAN

WIELKI SPÓR O WIELKIE WYMIERANIE Cz. I

UKD 56.017.4+575.79:551.7(049.2)(100)

Problem wielkich wymierań jest teraz modny, co niektórzy (71)* łączą z ogólnie kryzysowym charakterem czasów, w których żyjemy, a inni (31) – z bardziej holistycznym, systemowym spojrzeniem na świat, w którym przejście z jednego stanu w drugi jest z natury rzeczy zdarzeniem gwałtownym, mającym cechy „katastrofy”, w rozumieniu teorii katastrof Thoma. Zapewne jest w tych po-

* Literaturę zamieszczono przy II części artykułu, która ukaze się w numerze 2 „Przeglądu Geologicznego” z br.

glądach o „duchu czasu” jakaś część prawdy. Jeśli ktoś woli jednak bardziej przyziemne wyjaśnienie, to fakt, że ostatnia fala dyskusji na ten temat zaczęła się od publikacji (2) o znalezieniu pierwszego **materialnego** śladu kryzysu sprzed 65 mln lat, w postaci irydu i innych platynowców z domniemanego astreoidu, wyda mu się bardziej godny uwagi. Może to właśnie ten materialny punkt zaczepienia wywołał ów wzrost zainteresowania.

W niniejszym artykule zostaną przedstawione w zasadzie tylko poglądy z ostatnich kilku lat, tak lub inaczej na-

wiązujące do Alvarezowskiego modelu impaktu** i do wymierania późnokredowego, traktowanego jako prototyp i wzór dla porównań z pozostałymi. Będę się też starał przedstawiać tylko te koncepcje, w których rola czystej spekulacji nie przekracza pewnego rozsądnego, choć trudnego do zdefiniowania, poziomu. Tak więc na przykład ciekawa skądinąd teza, że tyranozaury wymarły, bo miały za krótkie „rączki”, nie będzie tu prezentowana, bo – po pierwsze – dotyczy konkretnego gatunku czy grupy gatunków, a nie całego zespołu, a po drugie jest koncepcją, w której ów poziom został chyba znacznie przekroczony. Jest to więc trochę kwestia intuicji, podobnie jak samo pojęcie wielkiego wymierania (mass extinction), którego formalnej definicji nie będę tu podawał (choć można by się starać o jej sformułowanie). Właśnie próbie ewentualnego zdefiniowania tego zjawiska będzie służył ten artykuł.

Pani prof. Z. Kielan-Jaworowskiej i dr dr K. Flessie i A. Hoffmanowi dziękuję za łaskawe udostępnienie mi wielu pozycji bibliograficznych.

GENEZA TEORII IMPAKTU

W 1956 r. M.W. de Laubenfels (47) zasugerował nowe rozwiązanie zagadki śmierci dinozaurów (zawężenie problemu wymierania K/T – czyli z przełomu kredy i trzeciorzędu – do niefortunnego końca dinozaurów było i często jest nagminną praktyką, mającą zapewne bardziej psychologiczne niż naukowe uzasadnienie). Jego zdaniem, przyczyną zjawiska mogła być kolizja Ziemi z asteroidem. Laubenfels przyznawał, iż jego teza ma charakter spekulacyjny, ale wskazywał – i słusznie – że w niczym nie wyróżnia to jego propozycji spośród innych. Dla uwiarygodnienia swej koncepcji podawał przykłady: meteoryt tunguski, istnienie dużego krateru meteorytowego w Arizonie i prawie-kolizję Ziemi z okazałym asteroidem Hermes, który minął naszą planetę w odległości 480 000 mil w 1937 r. Bezpośrednią przyczyną wymierania dinozaurów miał być nagły wzrost temperatury.

Hipoteza Laubenfelsa, ani gorsza ani lepsza od innych, przypisujących najważniejsze znaczenie gwałtownym czynnikom abiotycznym (a bezsprzecznie lepsza od wielu „biotycznych”, zwłaszcza tej, popularnej w owym czasie, mówiącej o wyjadaniu jaj dinozaurów przez ssaki, których wyższość mogła się w ten sposób manifestować) pozostała wciąż spekulacją, Kiplingowską taką sobie bajeczką. Autor nie próbował nawet wywodzić z niej jakichkolwiek predykcji, nie podawał metod jej testowania, nie proponował sposobów szukania śladów kolizji. Jak większość jego poprzedników i następców, chciał po prostu stworzyć model, który miałby cechy prawdopodobieństwa – i nic więcej. Zresztą zasługę swej tezy widział w tym tylko, że „rozpatrując tyle różnych hipotez dotyczących wymarcia dinozaurów, i tę jedną można do nich dodać”.

Badając problem masowego wymierania, poszukiwano atrakcyjnych modeli – nie śladów. Stąd chyba bierze się tak wielkie podniecenie, gdy ślad wreszcie się znalazł, choć go nie szukano. Odkrycia dokonał zespół Luisa W. Alvareza, fizyka jądrowego z Berkeley i jego syna Waltera, geologa (2). W. Alvarez zajmował się badaniem tempa sedymentacji skał osadowych. Zastanawiał się jak ocenić prędkość osadzania się dawnych wapieni morskich. Odpowiedzi szukał w elemencie, którego akumulacja byłaby w miarę stała i niezależnie od lokalnych warunków sedymentacji, tak jak tykanie zegara nie zależy od szybkości

toczącej się akcji. Kryteria takie spełnia materiał kosmiczny, a zwłaszcza rzadki pierwiastek iryd, którego obecność w warstwach powierzchniowych Ziemi jest związana niemal wyłącznie ze spalaniem się meteorytów w atmosferze. A to z kolei jest uważane za proces statystycznie stały.

Badania swe W. Alvarez prowadził w Gubbio, w Apenninach umbryjskich, gdzie występuje prawie kompletny profil pelagicznych wapieni od dolnej jury aż po oligocen (155 mln lat sedymentacji), w tym ciągle przejście K/T, podkreślone centymetrową warstwą ilu. W tym właśnie ile zawartość Ir okazała się przekraczać wszelkie przewidywane wartości. Mogło to oznaczać albo niezwykle zwolnienie tempa sedymentacji – do wartości wykluczających aktualistyczne porównania – albo wielkie przyspieszenie nagromadzenia się Ir. Alvarez wybrał to drugie rozwiązanie i związał je z kolizją z 10 km średnicy asteroidem. A że wydarzenie to odbyło się dokładnie na granicy K/T, w momencie odpowiadającym wymieraniu, uznał związek obu tych wydarzeń i zaproponował model zbliżony do hipotezy Laubenfelsa. Z pewnym uzupełnieniem, a mianowicie, że obok rozgrzania powietrza szczególnie znacznie przyznał pyłom, które w wyniku eksplozji dostały się do atmosfery. Miało to wpłynąć z kolei na znaczne osłabienie natężenia światła słonecznego docierającego do Ziemi, lub nawet czasowe odcięcie jego dopływu. „Światło zostało wyłączone”. Wywołało to zwolnienie lub zanik fotosyntezy, obniżenie temperatury i w efekcie zamieranie roślin: nannoplanktonu w oceanach, roślin naczyniowych na lądach. Tak miała runąć piramida troficzna, a wraz z nią symbol późnokredowego wymierania: dinozaury.

Koncepcja impaktu zakłada punktowe (w czasie i przestrzeni) wystąpienie czynnika wyzwającego i pozwala na następujące predykcje: 1) obecność materiału pochodzenia kosmicznego (np. Ir) na powierzchni całej planety i w tym samym przedziale czasowym, 2) gwałtowne wymieranie synchroniczne na lądzie i w morzach, 3) istnienie krateru (astroblemu) o wieku odpowiadającym wymieraniu i 4) możliwość znalezienia tego samego zespołu przyczynowo-skutkowego w odniesieniu do różnych okresów wymierania, choć niekoniecznie do wszystkich. Natomiast wszelkie rozważania na temat sposobów reagowania biosfery na to wydarzenie, stopnia i zakresu selektywności wymierania itp. nie mieszczą się na razie w ramach tych predykcji, gdyż chodziłoby o procesy wykraczające poza obszar aktualistycznego rozumowania. Zdaniem rzeczników teorii impaktu wszystkie te predykcje zdają się być dziś bliskie spełnienia.

IRYD – MATERIALNY ŚLAD IMPAKTU

W osadach morskich

Anomalie zawartości Ir (i innych platynowców) znaleziono już w ponad 50 profilach zarówno w morskich seriach z odsłonięć na lądach, jak w wierceniach podmorskich, jak również – ostatnio – z osadów kontynentalnych. Tam, gdzie datowanie jest możliwe, otrzymuje się stale zbliżony wiek (ok. 65 mln lat) lub ten sam poziom paleomagnetyczny (między 29 a 30 polarności normalnej). Najbardziej znanymi dziś stanowiskami z profilami morskimi są, obok Gubbio, Caravaca w Hiszpanii (77, 81, 82; znaleziono tam, obok Ir i innych platynowców, mikroskopijne ciała kuliste, sferule sanidynowe, interpretowane jako bezpośredni efekt impaktu, czyli mikrotektywy, znane już i z wielu innych stanowisk, zarówno lądowych, jak i podmorskich) i warstwy ze szczątkami ryb (fish clay)

** Pozostawiam ten angielski termin, bo przyjął się w żargonie, a lepszego na razie brak.

ze Stevns Klint w Danii (16, 26, 85). Jednak, mimo dużej już dzisiaj liczebności takich profilów, dopiero możliwość korelacji z profilami z wierceń podmorskich wykonanych w ramach programu DSDP pozwoliła potwierdzić uniwersalność i znaczącą izochroniczność anomalii irydowej (anomalię taką stwierdzono dotychczas w 48 z 50 znanych stanowisk z ciągłym przejściem K/T (4). Potwierdziła się też uniwersalność luki stratygraficznej z pogranicza K/T, częstość występowania zjawisk typu twardych den i powszechność wymierania nannoplanktonu i otwornic.

W osadach lądowych

Ścisła korelacja osadów morskich i lądowych jest trudna, zwłaszcza gdy – jak w omawianym wypadku – brak przeławień morskich w osadach kontynentalnych (co wiąże się z mającą wówczas miejsce regresją). Były dość liczne głosy negujące jednoczesność wymierania na lądzie i w oceanach, zwracano też uwagę, że możliwość korelacji osadów, nawet w najbardziej sprzyjających okolicznościach, jest ograniczona zdolnością rozdzielczą osadów, która nawet teoretycznie wyklucza możliwość stwierdzenia pełnej izochroniczności.

W ostatnich latach sprawa ta nabrała znacznej aktualności, w związku z hipotezą impaktu. W 1979 r. (Nature, vol. 279, s. 26–30) opisano profil w Red Deer Valley w Kanadzie, w którym okazało się możliwe dość dokładne datowanie osadów lądowych, ze względu na przeławienia tufów i skał wylewnych. Badania te wykazały, w granicach błędu i rozdzielczości, ugodność z profilem morskim w Gubbio – wymieranie dinozaurów datowano metodą K/Ar na ok. 65 mln lat, przed początkiem 29 poziomu polarności normalnej. Nie przeprowadzono natomiast badań na zawartość Ir – w 1979 r. trudno było przewidzieć ich przydatność. Jednak już w 1981 r. okazało się, że i profile lądowe mogą być wzbogacone w Ir (64).

W bagiennych, późnokredowych osadach północnego Meksyku przeprowadzono analizę palinologiczną, która wykazała, że w momencie odpowiadającym zniknięciu liczego zespołu kredowych gatunków pyłkowych rejestruje się silny pik zawartości irydu – od normalnej dla tych utworów wartości 4–20 części na trylion następuje skok do 5000 części na trylion, później powrót do wielkości normalnej; w tym czasie osadza się warstwa węgla. Obecność węgla jest charakterystyczna, gdyż stwierdzono ją w tym samym położeniu niemal we wszystkich lądowych profilach z pogranicza K/T (83, 91). Czy i to można tłumaczyć impaktem, jako wynik nagromadzenia się martwych, płonnych części roślin po ustaniu fotosyntezy?

Potwierdzeniem znaleziska z Red Deer Valley zdaje się być lądowy profil z Raton Basin w Nowym Meksyku i Kolorado (28), gdzie obok Ir anomalie z pogranicza K/T podkreśla też silne wzbogacenie w takie pierwiastki, jak Sc, Ti i Cr. Wszystkie one występują w warstewce skaolinizowanej, interpretowanej jako resztki popiołu impaktywowego, w obrębie serii bagiennej z węglem. To samo stanowisko przebadano i opisano w pracy C.L. Pillmore'a et al. (66). Autorzy ci we wszystkich analizowanych odsłonięciach tej rozległej strukturalnej depresji (6400 m²) znaleźli znaczną koncentrację Ir i innych pierwiastków (Sc, Ti, Va, Cr, Au) i stwierdzili istotne zmiany palinologiczne, które ogólnie biorąc polegają na nagłym spadku zawartości pyłków okrytonasiennych, a wzbogaceniu w pyłki i zarodniki szpilkowych i paprotników. Jest to zjawisko powszechne w profilach lądowych i daje się tylko porównać z powszechnością zmian mikropaleontologicznych w osadach morskich. Jest też o tyle ciekawe, że w potocz-

nym ujęciu uważa się, iż po kredzie nastąpiło wyparcie roślin nagonasiennych przez okrytonasienne. Ten „trend” nie dotyczy – jak widać – samego przejścia kredy w trzeciorzęd.

Ostatnie badania geochemiczne w osadach lądowych zdają się więc potwierdzać, że wydarzenie późnokredowe było krótkotrwałe, nie „zapowiedziane” i w granicach rozdzielczości zapisu kopalnego izochroniczne na lądach i w oceanach. Mogą na to również wskazywać badania izotopów ¹⁸O/¹⁶O i ¹³C/¹²C w morskich osadach Francji i Izraela (74), które wskazują dodatkowo na znaczne zmiany temperatury wód basenu w tym okresie (szybki wzrost o 9°). Jednak ustalenie nawet przybliżonego czasu trwania owego „wydarzenia” jest trudne – podawane wartości (przy hipotezach katastroficznych) wahają się od kilku dni do kilkudziesięciu tysięcy lat.

MIEJSCE UDERZENIA

Uderzenie asteroidu sporych rozmiarów powinno pozostawić po sobie ślad w postaci krateru meteorytowego, czyli astroblemu (21). Kraterów takich, rozpoznanych na Ziemi stosunkowo niedawno (61) (tab. I) jest sporo – R.A.F. Grieve w swej monografii ocenia ich liczbę na ponad 80 (33). Gdzie zatem szukać astroblemu z przełomu K/T? W. Alvarez et al. (2) sugerowali, że kolizja nastąpiła na oceanie, gdyż prawdopodobieństwo jest tu zawsze 4-krotnie wyższe niż na lądzie (a dla górnej kredy trzeba by jeszcze wziąć pod uwagę morza szelfowe) i ewentualny krater znajduje się gdzieś na dnie oceanu lub nawet został już pochłonięty przez subdukcję.

Pogląd ten, wysunięty *ad hoc*, znalazł wielu zwolenników. Szybko zwrócono jednak uwagę, że tak wielka kolizja może spowodować naruszenie stabilności litosfery i początek intensywnego wulkanizmu. F. Whipple jako pierwszy zasugerował, że szczególnie duże następstwa miałyby impakt na obszarze ryftowym, gdzie skorupa jest szczególnie cienka. W związku z tym zaproponował „kandydaturę” Islandii, gdzie najstarsze wylewy bazaltowe datowane są na początek trzeciorzędu, a cała wyspa stanowi wyraźną anomalię na grzbiecie śródatlantyckim. Whipple dowodził również, że zawartość Ir w osadach K/T rośnie wyraźnie w kierunku północnego Atlantyku, a więc ku miejscu

TABELA I

KRATERY UDERZENIOWE O ŚREDNICY > 5 KM
I WIEKU OD 5 DO 250 MLN LAT
BŁĄD DATOWANIA < 20 MLN LAT
(WG W. ALVAREZA, R.A. MULLERA – 6)

Krater, lokalizacja	średnica (w km)	wiek* (w mln lat)	wiek poprawiony* (w mln lat)
Karla, ZSRR	10		7±4
Haughton, Kanada	20		13±11
Ries, RFN	24	14,8±0,7	
Mistastin, Labrador	28	38±4	
Wanapitei, Ontario	8,5	37±2	
Popigai, Syberia	100	39±9	
Lappajarvi, Finlandia	14	77±4	78±2
Steen River, Alberta	25	95±7	
Boltysh, Ukraina	25	100±5	
Logorsk, ZSRR	17	100±20	
Jez. Mien, Szwecja	5	118±2	119±2
Gosses Bluff, Australia	22	130±6	133±6
Rochechouart, Francja	23	160±5	
Obolon, Ukraina	15		185±10
Puchezh-Katunki, ZSRR	80	183±3	
Manicouagan, Quebec	70	210±4	214±3

* Dane w kolumnie „wiek” wg R.A.F. Grieve'a (33), w kolumnie „wiek poprawiony” – wg autorów tabeli.

domniemanego impaktu. Problem w tym jednak, że najstarsze bazalty Islandii, choć zbliżone wiekiem, są jednak wyraźnie młodsze (o kilka mln lat) od przełomu K/T, a północny Atlantyk w ogóle jeszcze wtedy nie istniał. Chyba, że impakt przyczynił się właśnie do jego otwarcia (77).

Innym możliwym skutkiem kolizji jest wulkanizm archipelagu cesarsjo-hawajskiego, związany z bardzo aktywnym gorącym punktem (hot-spot), którego działalność rozpoczęła się jednak przypuszczalnie na kilka mln lat przed końcem kredy (54). Wreszcie szczególnie obiecujące są trapy Dekanu, które zostaną jednak później omówione, gdyż ich związek z ewentualnym asteroidem jest wątpliwy. Na koniec trzeba wspomnieć, że znaleziono ostatnio w południowej europejskiej części ZSRR dwa krateru meteorytowe o wieku datowanym na przełom K/T i średnicach 25 i 3 km (krateru Kamiensk i Gusiew), które wprawdzie nie mogą być jedyną pozostałością Alvarezowskiego asteroidu (wielkość astroblemu przewyższa o rząd wielkości średnicę meteorytu; należałoby więc oczekiwać krateru o średnicy ok. 100 km), ale które K.J. Hsü (42) interpretuje albo jako wynik rozpadu pierwotnego asteroidu na mniejsze odłamki, albo jako znak, że Ziemia w tym czasie weszła w większy rój meteorytów, a nie było kolizji punktowej z jednym dużym asteroidem.

PRZESŁANKI PALEONTOLOGICZNE

Problem kryzysów biosfery był do niedawna problemem wymierania, był problemem biologicznym. Dla niektórych był problemem, który biologia mogła w pełni wyjaśnić. Wymieranie pewnych grup organizmów było związane z sukcesem innych grup, było przejawem Darwinowskiej walki o byt, ale na poziomie większych jednostek taksonomicznych (choć Darwinowska selekcja powinna – logicznie biorąc – dotyczyć jedynie konkutencji między osobnikami i to tego samego gatunku). Skrajni darwiniści, jak L.S. Dawitaszwili (20) uważali, że wypieraniem jednych grup przez inne można wszystko wyjaśnić. Za „porażki” różnych grup morskich bezkręgowców w paleozoiku (trylobitów, łodzikowatych itp.) odpowiadać miały grupy bardziej zaawansowane (głównie ryby kostne), porażkę dinozaurów spowodowały ssaki lub ptaki biegające, a więc również grupy „wyższe”, itp.

Ten pogląd wydaje się dziś nie do przyjęcia. Tezy o immanentnej wyższości ssaków nad dinozaurami nikt już raczej nie podtrzymuje (zwłaszcza po ostatniej dyskusji nad endotermią dinozaurów – zob. 89), a wiele „klasycznych” dotychczas przykładów konkurencyjnego wypierania nie ostało się próbie dokładnej analizy. I tak L.G. Marshall (49) pokazał, że ssaki południowoamerykańskie wymarły w dużej mierze przed inwazją ssaków z Północy, a te, które nie wymarły, okazały się równie dobrymi konkurentami co ssaki Laurazji (50). M.J. Benton (10) udowodnił, że terapsydy i rynchozauury wymarły przed radiacją dinozaurów w późnym triasie (noryku), a więc radiacja ta mogła być następstwem, ale nie przyczyną wymierania. S.J. Gould i C.B. Calloway (30) wykazali, że z faktu, iż w paleozoiku ramienionogi były liczniejsze od małżów, a od triasu było odwrotnie, nie wynika, że w górnym permie małże wyparły ramienionogi z ich nisz, gdyż przez całą historię obu grup ich reakcje na stresy zewnętrzne były takie same (tzn. okresem spadku różnorodności gatunkowej małżów towarzyszył spadek różnorodności ramienionogów i odwrotnie) i małże co najwyżej „wykorzystały szansę” wynikłą z kryzysu brachiopodów, nie będąc w żadnym razie jej przyczyną.

Problem wymierania wykracza dziś znacznie poza sferę *stricto* biologiczną. Wydaje się, że to cała Ziemia przechodziła okresowe kryzysy, a nie tylko jej biosfera. Dlatego mówi się coraz częściej o „wydarzeniach” (events) i takimi wydarzeniami właśnie zajmuje się ten artykuł. Problem wymierania jest tylko ilustracją i pochodną tych wydarzeń.

W odniesieniu do przełomu K/T wielu autorów podkreślało, że liczne grupy przeżywały kryzys na długo przed tym wydarzeniem, a więc impakt nie może być jego przyczyną. Szczególnie mogło się to odnosić do amonitów (93), dinozaurów (91; ale zob. 76), rudystów i innych małżów. Clemens i Archibald (7) utrzymywali wielokrotnie, że ewolucja ssaków nie potwierdza katastroficznego wymierania K/T, choć była szybka. Podobnie zapatrują się L. Van Valen i R.E. Sloan (91), podający nawet obszar, z którego miała przyjść zwycięska fauna ssaków (z *Protoungulatum*). Zastąpiła ona ustępujący zespół dinozaurów (z *Triceratops*) i torbaczy. Praca ta spotkała się jednak z krytyką J. Smita i S. Van der Kaarsa (83), którzy zarzucają im, że nie wzięli pod uwagę głębokiego rozcięcia osadów przez doliny rzeczne, co uniemożliwia poziome korelowanie osadów. Ich zdaniem właśnie te lądowe tereny Montany wskazują na katastrofalne wymieranie. Z kolei plankton i nannoplankton morski stanowił zawsze najmocniejszy argument katastrofistów (np. 18, 41).

W ogóle wnioski wyciągane z przesłanek paleontologicznych mogą być nieraz diametralnie różne, zależnie od rozpatrywanej grupy organizmów lub regionu geograficznego. Przykładu dostarcza np. paleobotanika. Zmiana flory na przełomie K/T wydaje się gwałtowna i głęboka w prowincji z *Aquillapollenites* obejmującej łądy północne (gdzie angiospermy ustępują nagle miejsca szpilkowym i paprotnikom), ale jest ledwie zauważalna w prowincji tropikalnej z *Normapolles* (38, 45). Nie wiadomo jak interpretować dane tego typu; byli i tacy, którzy chcieli w tym widzieć przesłankę, że impakt miał miejsce gdzieś na półkuli północnej.

Wielu autorów zwracało uwagę na dużą selektywność wymierania, widząc w tym zwykle dowód niekatastroficznego czynników, ale niektórzy interpretowali to odwrotnie (D.J. Mc Laren, 51, wiązał fakt szczególnie silnego wymierania filtratorów na przełomie fran–famen z powstaniem ogromnych tsunami po upadku bolidu, a K.J. Hsü, 42, łączył preferencyjne wymieranie form rafowych i tropikalnych w K/T z koncentracją cyjanoków w obrębie konwergencji równikowej po kolizji Ziemi z bogatą w te trujące składniki kometą).

Jednak wszelkie tego typu scenariusze grzeszą spekulatywnością; choć brzmi to paradoksalnie, wymieranie wydaje się znacznie bardziej problemem geologicznym niż paleontologicznym. Jeśli wziąć dowolny gęsto rozgałęziony kladogram, obejmujący duże ilości różnych taksonów i przeprowadzić poziomą linię w dowolnym punkcie czasowym, to zawsze przetnie ona taksony w najrozmaitszym stopniu ewolucyjnego rozwoju. Jedne będą w stadium maksymalnej ekspansji, inne będą w początku swej historii, inne wreszcie będą wykazywać spadek różnorodności gatunków. Czy amonity lub dinozaury nie mogły być właśnie pod koniec kredy w takim momencie ewolucyjnego „upadku”, z którego zresztą mogłyby się jeszcze – gdyby nie owo „wydarzenie” podnieść, tak jak robiły to nieraz w swej historii (amonity pod koniec triasu wymarły prawie całkowicie, by później osiągnąć największe „sukcesy”, a dzieje dinozaurów R.T. Bakker, 8, nazwał sukcesją kolejnych dynastii, przedzielanych okresami „bezkrólewie”).

Dlatego fakt kurczenia się niektórych grup na długo przed kryzysem nie świadczy jeszcze o gradualizmie wymierania. Dopiero ostateczne zakończenie historii danej grupy jest wydarzeniem nieodwracalnym. Pisząc o tym w kontekście swej tezy o impakcie W. Alvarez zauważył, że są jakby dwie skale ewolucyjne: „powolna zmienność, nie związana z impaktem i gwałtowne wymieranie, jednocześnie i zapewne spowodowane impaktem”. Niezależnie od faktu, że impakt nie musi być jedyną i nie jest udowodnioną przyczyną wymierania, sama idea dwu skal ewolucyjnych wydaje się słuszna i zgodna jest z sugestiami wielu ewolucjonistów.

INNE HIPOTEZY

Koncepcja impaktu nie wyczerpuje – rzecz jasna – hipotez dotyczących późnokredowego wymierania. Wielu autorów nie widzi potrzeby wprowadzania czynnika pozaziemskiego, próbując nawet obecność irydu tłumaczyć przyczynami ziemskimi. Najpoważniejsza jest tu chyba propozycja D.M. McLeana (54), który twierdzi, że całe to wydarzenie jest związane z gwałtownymi erupcjami bazaltowymi Dekanu, których szczególne nasilenie jest datowane właśnie na ok. 65 mln lat, choć ich ogólny zasięg stratygraficzny jest znacznie większy. Skala tych wylewów była istotnie niezwykła – dziś obdzar ciąglego występowania bazaltów przekracza 500 tys. km², a zważywszy na obecność licznych ostańców można przyjąć, że pierwotnie dochodził do miliona km², przy co najmniej kilometrowej miąższości pokładu. McLean sugeruje, że był tu rodzaj bardzo aktywnego gorącego punktu, który mógł wynieść na powierzchnię materiał z głębokiego płaszcza, a nawet z jądra (!), wystarczająco bogaty w Ir, by nie trzeba było odwoływać się do bolidu. Wydostające się przy okazji ogromne ilości gazów mogły „zająć się” biologiczną stroną wydarzenia, a wzbogacenie atmosfery w CO₂ mogło zmienić klimat planety na szklarniowy i podnieść drastycznie CCD w oceanach.

Teza McLeana, choć nie tak popularna jak Alvareza, ma swoich zwolenników. Znane są przypadki znacznej zawartości Ir w lawach, opisano przykłady wzbogacenia w Ir osadów morskich za sprawą wylewów wulkanicznych (14). C.B. Officer i C.L. Drake (60) zwracają nawet uwagę, że i wymieraniu z pogranicza permu i triasu towarzyszą ogromne wylewy trapobazaltów na Syberii, nie ustępujące intensywnością dekańskim. Sugestia, że i one mogłyby wiązać się w jakiś sposób z wymieraniem wydaje mi się jednak ryzykowna. Nie można jednak wykluczyć, że silny wulkanizm byłby tylko skutkiem impaktu, który stanowiłby jedynie czynnik inicjujący całego łańcucha procesów, trwającego znacznie dłużej, aniżeli impakt i jego bezpośrednie następstwa.

Inna grupa poglądów próbuje wiązać „wydarzenia” w historii Ziemi (choć akurat niekoniecznie K/T) ze zmianami w dynamice wód oceanicznych i w atmosferze. A.G. Fischer i M.A. Arthur (22), badając profile oceaniczne, zwłaszcza głębokowodne, stwierdzili istnienie cyklu co 32 mln lat, z następującymi kolejno po sobie okresami oligotaktycznymi, o ubogim zróżnicowaniu faunistycznym (okresom tym odpowiadają wielkie regresje, silna sezonowość klimatu, dwuwarstwowość oceanu, silne prądy) i politaktycznymi (duże zróżnicowanie fauny, klimat jedno-

rodny i ciepły, ocean jednowarstwowy), przy czym wielkie wymierania towarzyszyłyby przejściu jednych okresów w drugie (na temat cykliczności „wydarzeń” zob. dalej).

Z inną, choć o podobnym charakterze tezę wystąpili S. Gartner i J. McGuirk (27), tym razem w odniesieniu jedynie do wymierania K/T. Autorzy ci uważają, że pod koniec mastrychtu doszło do całkowitej izolacji Oceanu Lodowatego od reszty Oceanu Światowego (co zważywszy na brak jeszcze w tym czasie północnego Atlantyku i potwierdzoną florystycznie ciągłość lądową poprzez cieśninę Beringa wygląda prawdopodobnie) – miało to spowodować znaczne wysłodzenie i wychłodzenie wód tego basenu. Na pograniczu kredy i trzeciorzędu pierwsze ruchy ryftowe miały doprowadzić do otwarcia pasażu wodnego między Grenlandią i Skandynawią i uwolnienia izolowanych wód brakicznych, które cienką warstwą pokryły Ocean Światowy, prowadząc do szczególnie drastycznych zmian składu i temperatury warstwy fotycznej, a więc najbardziej produktywnej części oceanu. To miało wyzwolić reakcję łańcuchową, której efektem było późnokredowe wymieranie. Słabą stroną tej koncepcji jest brak przekonujących dowodów na synchroniczność wymierania z otwarciem północnego Atlantyku (proces ten, jak się sądzi, zaczął się później) i znaczna spekulatywność modelu. Niemniej ta koncepcja iniekcji arktycznej nie jest odosobniona.

Z podobnym, choć bardziej uogólnionym modelem wystąpili H.R. Thierstein i W.H. Berger (88), którzy łączą czasową stratyfikację wód oceanu z takim właśnie otwieraniem się izolowanych basenów morskich (o wodach albo przesłodzonych, albo przesolonych, albo wychłodzonych, albo przegrzanych, zależnie od klimatu i konfiguracji lądów). Autorzy ci łączą co najmniej 4 wydarzenia (z przełomu cenoman/turon, mastrycht/dan, eocen/oligocen, i miocen/pliocen) z takimi właśnie iniekcjami oceanicznymi, przy czym za każdym razem było to związane z nierównomiernym otwieraniem się Atlantyku (ostatnio P. Wilde i W. Berry, 94, łączą z przebudową wód oceanicznych i ich stratyfikacji wymieranie z końca ordowiku, dewonu, triasu i kredy).

Szczególny rozgłos i szczególnie bogatą dokumentację zyskało sobie wydarzenie sprzed 5,5 mln lat (czwarte z listy Thiersteina i Bergera), które łączy się dziś powszechnie z zamknięciem wód Morza Śródziemnego i ich całkowitą ewaporacją, a następnie ponownym wypełnieniem pustego basenu wodą (tzw. wydarzenie mesyńskie, 65). Uważa się, że obok innych następstw może ono być odpowiedzialne za powstanie pierwszych lądowych zlodowaceń arktycznych, a więc pośrednio – i wszystkich następstw ostatniej epoki lodowej.

Również wydarzeniu z pogranicza eocenu i oligocenu przypisuje się często ścisły związek z powstaniem stratyfikacji oceanu i pojawieniem się, po raz pierwszy od triasu, warstwy zimnych wód dennych (psychrosfery; R.H. Benson, T.H. van Andel, *vide* 32). Wydaje się, że ta przebudowa wód oceanicznych w tym czasie może się łączyć z inicjacją pierwszego lądowego zlodowacenia Antarktydy. Byłoby to zgodne z wynikiem ostatnich polskich badań na wyspie Króla Jerzego, które powstanie lodolodu antarktycznego datują na górny oligocen, a powstanie pierwszych lodowców górskich – na początku tego okresu (K. Birkenmajer – inf. ustna).