

Marek Żbik

KOSMICZNE

Katastrofy



W HISTORII ZIEMI



WSTĘP

Przywykliśmy do obrazu środowiska przyrodniczego, w którym od urodzenia przebywamy, a dzięki rewolucji w środkach przekazu, dostępności telewizji i filmu oraz podróżom do najdalszych zakątków Ziemi — nie zaskakuje nas obraz świata czasem nawet bardzo od nas odległego. Nikogo już nie dziwi wygląd egzotycznych zwierząt i roślin, piękno przyrody dalekich lądów czy surowość krajobrazu na Marsie lub Księżycu.

Świat jednak nie zawsze był taki, jakim go dziś widzimy. Od jego powstania do współczesności minęło z górą cztery i pół miliarda lat, przy czym czas ludzkiego życia czy spisanej historii stanowi niezmiernie mały wycinek z jego dziejów. Dlatego wycieczki w odległą przeszłość pasjonują, a często szokują nie tylko zwykłych śmiertelników, ale i wytrawnych badaczy, zaskakiwanych odkrywaniem przez siebie tajemnicami.

Spokój i harmonia przyrody, do których wszyscy dążymy, współistnienie wielu form życia i ich ciągły, stopniowy rozwój zakłócanie są niejednokrotnie wydarzeniami nieprzewidywalnymi, raptownymi, brutalnie rwącymi mozolnie utkane nitki wzajemnych powiązań. Katastrofy mniejsze i większe zdarzają się nawet w krótkich odstępach czasu, są przejawem przemian zachodzących na naszej planecie. Wielokrotnie stykamy się z in-

formacjami o wybuchach wulkanów czy trzęsieniach Ziemi, pochłaniających wiele ofiar i zmieniających krajobraz w niektórych miejscach naszej planety. Są to jednak wydarzenia lokalne, nie mające zasadniczego wpływu na całokształt przyrody Ziemi. Zadać można jednak pytanie, czy tak było w historii naszej planety zawsze?

Otóż, jak dowodzi tego długa historia wszechświata, zdarzenia losowe grają w nim kapitalną wręcz rolę, a pojęcie prawdopodobieństwa nabiera wielkiej wagi w badaniach naukowych. Okazuje się, że w wyniku gigantycznej katastrofy, która miała miejsce około trzynastu miliardów lat temu, powstał cały wszechświat. Powstała materia nas otaczająca, a nawet czas i przestrzeń, w których żyjemy. Śladem po tej katastrofie jest szczątkowe promieniowanie tła kosmosu, docierające do nas na Ziemię z każdego fragmentu przestrzeni.

Ponad cztery i pół miliarda lat temu wewnątrz gęstego obłoku gazowo-pyłowego nastąpiła inna katastrofa, mająca regionalne znaczenie w naszej Galaktyce. Był nią wybuch supernowej. Kończąca swój żywot gwiazda zaczęła się gwałtownie zapadać, by w pewnym momencie z olbrzymią siłą eksplodować odrzucając powierzchniowe warstwy swojej materii. Materia ta (bogata w atomy ciężkich pierwiastków) pomknęła w przestrzeń, a że w pobliżu znajdował się obłok pyłowo-gazowy, przechodząca przezeń fala uderzeniowa powstała po wybuchu supernowej spowodowała lokalne zagęszczenia tego obłoku. W wyniku tego obłok stał się niestabilny grawitacyjnie; rwąc się na poszczególne zgęstki zapoczątkował powstawanie gromady gwiazd, wśród których narodziło się również Słońce.

Wokół Słońca — w ogniu potężnych, katastroficznych zderzeń brył materii meteoroidów — formowały się planety Układu Słonecznego, a wśród nich nasza Ziemia. Ślady tych katastrof widoczne są na powierzchni Marsa i Księżyca, zachowały się również na Ziemi.

Wielkie katastrofy związane ze spadaniem na powierzchnię planety wielokilometrowych brył skalnych, nadlatujących niespodziewanie z olbrzymią prędkością z otchłani przestrzeni kosmicznej, stanowiły codzienność formującej się Ziemi. Z czasem jednak zdarzały się coraz rzadziej, a między nimi następowały coraz dłuższe okresy spokoju. Okazały się one bardzo korzystne dla powstania życia na Ziemi. Poszczególne organizmy w ciągu dziesiątków milionów lat rozwijały się i zdobywały niezbędną przestrzeń życiową, inne żyły długo w ich cieniu, czekając na stosowną chwilę.

Katastrofa przychodziła niespodziewanie. Dzień zaczynał się tak samo jak od milionów lat, zwierzęta zachowywały się jak zwykle, nie mogły wyczuwać, że ich świat dobiega końca. Nagły kataklizm, potężny cios nadchodzący z kosmosu w krótkiej chwili zmieniał oblicze planety. Silne wstrząsy tektoniczne, rozległe wylewy wulkaniczne łączyły się z następującymi po sobie eksplozjami podziemnych kotłów, do których wdzierały się masy wód oceanicznych. Miliardy ton drobnego pyłu zawisły w atmosferze tworząc czarną duszącą chmurę, spowijającą całą planetę. Na Ziemi na wiele lat zapadł mrok; nie docierało ciepło słoneczne, silne sztormy poruszały denne osady morskie, zamieniając je w błotniste zawiesiny.

Takiego wstrząsu nie przeżywają wysoko wyspecjalizowane zwierzęta i rośliny, dotychczas doskonale radzące sobie w środowisku i nie mające konkurencji. Rozpoczyna się masowe wymieranie wielu gatunków. Najbardziej znanym jego przykładem było wyginiecie sześćdziesiąt pięć milionów lat temu wszechobecnych dinozaurów. Z czasem pył opadł, warunki stabilizowały się, lecz świat nie był już tym sprzed katastrofy. Istoty, które ją przeżyły, rozpoczynały bezpardonowy wyścig ewolucyjnych zmian, by przystosować się do nowych warunków życia, zawojuować przestrzeń życiową i przejść na następne dziesiątki milio-

nów lat prymat w poszczególnych niszach geologicznych planety. Życie biegnie dalej, organizmy spokojnie rozwijają się, a jedynie skamieniałe szkielety dawnych gigantów, przypominające naczynia, przez które przepłynęło kiedyś życie, stanowią ślad tego dawno zaginionego świata. Dziesięć takich katastrof wydarzyło się w ciągu ostatnich dwustu pięćdziesięciu milionów lat. Dzięki matematyce uczeni znaleźli formuły periodyczności ich zachodzenia. Na podstawie obliczeń komputerowych można było wskazać na miejsca, w których należało szukać śladów tych zdarzeń. Również na terenie Polski dokonano odkrycia potwierdzonej przez komputer katastrofy, która nastąpiła około stu czterdziestu milionów lat temu, a której ślady po raz pierwszy odkryto w okolicach Częstochowy. Dalsze prace pozwoliły rozszerzyć jej zasięg na większe obszary Europy.

Katastrofy, jak widać, związane są nieodłącznie z historią Ziemi; regularnie występowały w przeszłości i nic nie wskazuje na to, by nie miały się zdarzać w przyszłości, czego przykładem były wydarzenia z trzydziestego czerwca 1908 roku w syberyjskiej tajdze, związane z wtargnięciem w atmosferę Ziemi stonkowo niewielkiej bryły, meteorytu tunguskiego. Ta niedawna tragedia rozegrała się na terenach niemal bezludnych; trudno nawet pomyśleć, jak olbrzymie straty mogłaby spowodować na obszarach gęsto zaludnionych. Wystarczyło, aby meteoryt na swojej orbicie spotkał się z Ziemią zaledwie o cztery godziny później, a tragedia dotyczyłaby aglomeracji Londynu.



KATASTROFA W TAJDZE

Był słoneczny, pogodny poranek trzydziestego czerwca 1908 roku. Nad środkową Syberią słońce wstało, jak zwykle o tej porze roku, bardzo wcześnie i o godzinie siódmej, stojąc wysoko nad horyzontem, jasno oświetlało bezkresne przestrzenie lekko pofałdowanego, lesistego płaskowyżu. W skalne podłoże głęboko wcinały się liczne potoki i rzeka Podkamienna Tunguzka mozolnie toczyła swe wody do wielkiego Jeniseju. Podcinane przez rzekę zbocza wzgórz w wielu miejscach tworzyły urwiste ściany. Łagodnie opadające stoki i rozległe doliny porastała natomiast gęsta tajga, pokrywająca krainę puszystą zielenią, poprzecinaną jedynie srebrzystymi, krętymi wstęgami rzek i plamami jezior. Zdawać się mogło, że monotonii i ciszy tego krajobrazu nie jest w stanie zakłócić żadna siła.

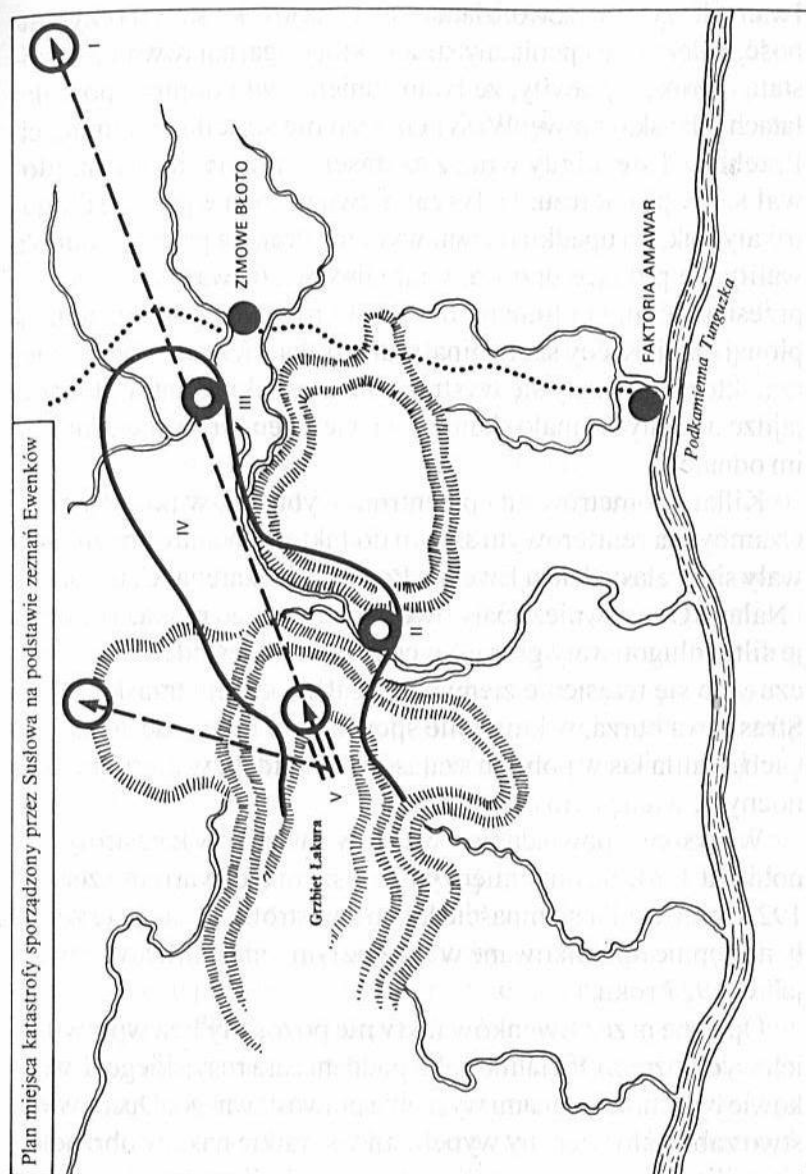
Nagle wysoko ponad syberyjską tajgą pojawił się jaskrawo świecący obiekt, przemieszczający się niewiarygodnie szybko z południowego wschodu na północny zachód. Przeszywał przestrzeń niczym świetlisty promień, pozostawiając za sobą ognistą smugę; zniżał się coraz bardziej. Wydawało się, że za chwilę zderzy się z ziemią. Potworny błysk zalał całą krainę oślepiającym światłem. Z centrum eksplozji rozchodziła się błyskawicznie kulista fala. Silnie zgęszczone powietrze u czoła fali uderzeniowej — w wyniku załamania się w nim promieni słonecz-

nych — było doskonale widoczne. W ciągu kilku sekund fala uderzyła w zieloną tajgę, łamiąc wiekowe limby niczym zapalki lub wrywając je z korzeniami. Gorący błysk o temperaturze wielu tysięcy stopni niczym gigantyczny promiennik zapalał i zwęglął każdy suchy i łatwo palny przedmiot na przestrzeni wielu kilometrów od miejsca wybuchu.

Zaraz po gorącym błysku, równocześnie z falą uderzeniową, nastąpił ogłuszający huk i trwający długo po nim łoskot, dźwiękowy efekt wielkiego wybuchu.

Tymczasem w miejscu eksplozji, około sześciu kilometrów ponad wierzchołkami obdartych z gałęzi i kory drzew, widniała olbrzymia kula plazmy, utworzona z rozgrzanych do wielu tysięcy stopni gazów atmosferycznych. Kula unosiła się coraz wyżej, zmieniając powoli kolor, za nią z powierzchni zaczął wznosić się słup czarnego dymu i kurzu, wsysany potężnym tchnieniem gigantycznej kuli. Ta ogromna chmura dymu już po chwili utworzyła na wysokości kilkunastu kilometrów kapelusz grzyba giganta. Po pewnym czasie wiatr wiejący z południowego wschodu zaczął przemieszczać chmurę pyłów w kierunku północno-zachodnim. Zjawisko to trwało wiele godzin.

W tym czasie (latem 1908 roku) przy ujściu niewielkiego potoku Djuliuszmy do rzeki Czamby, około siedemdziesięciu kilometrów w linii prostej od epicentrum eksplozji, znajdowało się obozowisko Ewenka Iwana Piotrowicza. Wypasał tam swoje stado reniferów, mając w pobliżu pastwiska prowizoryczną zagrodę i szałas. Rankiem trzydziestego czerwca 1908 roku Iwan wraz z żoną Akuliną i znajomym Wasylem Okczenem smacznie spali w szałasie niedaleko zagrody reniferów. Po zetknięciu się z falą uderzeniową lekki szałas — zbudowany z naciągniętych na drewniany szkielet wyprawionych skór reniferów — niczym piłka uderzona od spodu wyleciał w powietrze wraz ze śpiącymi w nim ludźmi. Akulina i Wasyl szczęśliwie upadli na miękki mech,



Iwan uderzył w drzewo, złamał rękę i na krótko stracił przytomność. Uderzenie i paniczny strach, który ogarnął również pozostałą dwójkę, sprawiły, że Iwan zaniemówił i dopiero po kilku latach odzyskał mowę. Wasyl Okczen nie stracił świadomości. Przebudził się, kiedy wraz z szalasem i przyjaciółmi znajdował się w powietrzu. Usłyszał niewiarygodnie głośny, długotrwały huk, po upadku odczuł wyraźne drgania gruntu, dookoła waliły się płonące drzewa, wiał silny wiatr, wszystko zaczęła przesłaniać mgła i tumany dymu. Wkrótce ucichło, las jednak płonął dalej. Kiedy szok minął, cała trójka zaczęła szukać zwierząt, które rozbiegły się wystraszone. Poszukiwania w płonącej tajdze okazały się mało skuteczne i wielu reniferów nie udało się im odnaleźć.

Kilka kilometrów od epicentrum wybuchu, w pobliżu rzeki Czamby, na reniferowym szlaku do faktorii Wanawara znajdowały się szalasy dzieci Ewenka Podygi: Czekařena, Czuczancza i Nalagi. One również spały owego pamiętnego ranka, a obudził je silny długotrwały grom. Słysząc było jakieś uderzenia i wyczuwało się trzęsienie ziemi, rozlegał się głośny trzask i szum. Straszliwa burza, w której nie sposób było utrzymać się na nogach, waliła las w pobliżu szałasów. W oddali, w kierunku północnym, widać było obłok dymu.

Wszystkie opowiadania Ewenków, świadków katastrofy, zanotował J. M. Susłow między pierwszym a czwartym czerwca 1926 roku, czyli osiemnaście lat po katastrofie. Relacje te zostały następnie opublikowane w szesnastym tomie „Mirowiedienija” w 1927 roku.

Opisane przez Ewenków fakty nie pozostały bez wpływu na ich wyobraźnię. Oficjalnie, jako poddani cara rosyjskiego, Ewenkowie byli chrześcijanami wyznania prawosławnego. Duchowieństwo zabiegało więc, by wypełniali wszystkie nakazy obrządku, chrzcili swoje dzieci i znali podstawy religii. Jednakże o wiele

bardziej niż Boga i świętych Ewenkowie bali się swoich bóstw i duchów zamieszkujących, według ich dawnych wierzeń, niebo i ziemię. Żyli wśród nich jeszcze czarownicy, swego rodzaju pośrednicy między ludźmi a światem duchów. Wszechmocni szamani potrafili zjeżdżać po linach w głębokie jamy, do tajemniczego podziemnego świata, w którym żyje straszliwy potwór holi (mamut); jego wielkie zagięte kły Ewenkowie znajdowali wielokrotnie. Wierzyli, że rzeki są drogami wydeptanymi przez mamuty, a jeziora to miejsca, w których kładły się wielkie holi. Legendy powstałe z dawnych wierzeń przetrwały wśród Ewenków bardzo długo. Nic więc dziwnego, że mieli również własny punkt widzenia na to, co wydarzyło się w syberyjskiej tajdze rankiem trzydziestego czerwca 1908 roku.

Oto przestraszonym Ewenkom wydawało się, że ze wszystkich stron podkradają się do nich odni, straszne bezkształtne stwory. Powaliły one las, współdziałając ze swoimi braćmi ucirom (śmierć), a groźne agdy — żelazne ptaki z płomieniami oczyma i ziejące ogniem — zleciały z nieba i podpaliły tajgę. Trzeba było prędko uciekać z tego przeklętego miejsca, w którym zagubione renifery, podstawa życia Ewenków, padły w większości pastwą płomieni, a pośród pogorzelniska wały się ich trupy.

Prawdopodobnie zasługą dziennikarzy było wzbogacenie demonologii Ewenków nowymi rozdziałami. I tak na przykład „ogniste ptaki” przetworzone zostały w duchy boga Agdy (w innej transkrypcji Ogdy), który jakoby w 1908 roku zstąpił na Ziemię, czego przyczyną były wszystkie zaistniałe owego ranka zdarzenia. Według tej koncepcji miejsce, w którym groźny bóg Agdy wśród gromów, dymu i płomieni zstąpił na naszą planetę, było objawione szamanom, a ci z kolei nałożyli na nie swojego rodzaju klątwę. Ewenkowie pod groźbą najcięższych kar nie mogli przekraczać granic zakazanej strefy.

Około osiemdziesięciu kilometrów na południe od epicentrum wybuchu, nad brzegiem Podkamiennej Tunguzkiej, znajduje się najbliższa osada ludzka, faktoria Wanawara. Nieliczni mieszkańcy tej osady również byli świadkami niecodziennego zjawiska. Szczególnie ciekawe są wspomnienia trojga mieszkańców Wanawary, zanotowane początkowo przez Kulika w 1927 roku, a później przez Krinowa w roku 1930. A oto co relacjonował Krinowowi jeden ze świadków Siemionow:

„Dokładnie roku nie pamiętam, ale więcej niż dwanaście lat temu, w porze orki siedziałem rankiem na ganku w swoim domu w faktorii Wanawara. Siedziałem zwrócony twarzą na północ. Kiedy zamachnąłem się siekierą, żeby nabić obręcz na stawnicę, na północy niebo rozwarło się, a w nim pojawił się ogień, który ogarnął całą północną część nieba. W tym momencie zrobiło się tak gorąco, jakby zapaliła się na mnie koszula. Żar szedł wyraźnie od północy. Chciałem podrzeć i rzucić z siebie koszulę, ale w tym momencie niebo zwarło się z powrotem i rozległa się tak gwałtowna detonacja, że wyrzuciło mnie z ganku na odległość trzech sążni. W pierwszej chwili straciłem przytomność. Po wybuchu usłyszałem taki łoskot, jak gdyby z nieba spadały kamienie lub jakby strzelano z armat. Ziemia drżała. Gdy na niej leżałem, przyciskałem głowę, chcąc ją mieć jak najniżej, by kamienie nie rozłupały mi jej. Kiedy niebo się rozwarło, z północy przemknął obok chałupy gorący powiew, pozostawiając na ziemi ślady w postaci ścieżek. Okazało się później, że wiele szyb zostało wybitych, a w stodole wyłamało skobel u drzwi. W chwili kiedy pojawił się ogień, zobaczyłem, że pracujący koło okna swojej chałupy sąsiad Kosołapow przykucnął, schwycił się obiema rękami za głowę i wbiegł do izby”.

Córka Siemionowa, mieszkająca również w faktorii Wanawara, tak przedstawiała przebieg zdarzeń:

„W chwili spadku meteorytu byłam w faktorii Wanawara. Wraz z przyjaciółką poszliśmy po wodę do źródła. Przyjaciółka czerpała wodę, ja zaś stałam obok, zwrócona ku północy. Nagle ujrzałam, że niebo na północy rozstało się do samej ziemi i buchnął z niego ogień. Przestraszyliśmy się, lecz niebo zwarło się z powrotem, a zaraz potem rozległy się grzmoty, podobne do wystrzałów. Pomyślałyśmy, że z nieba spadają kamienie, i przeżalone rzuciłyśmy się do ucieczki. Gdy dobiegłyśmy do domu, ujrzałyśmy mego ojca, leżącego bez przytomności obok stodoły naprzeciw ganku domu”.

Trzeci naoczny świadek Kosołapow tak opisał obserwowane zjawisko:

„W czerwcu 1908 roku o godzinie ósmej rano wybierałem się na sianokosy. Ponieważ potrzebny był mi gwóźdź, wyszedłem na dwór, by wyciągnąć go obcęgi z futryny okiennej. Nagle poczułem, jakby coś oparzyło mi uszy. Schwyciłem za nie sądząc, że pali się dach, podniosłem głowę i spytałem Siemionowa, co się dzieje, potem natychmiast wbiegłem do izby. Ledwie tam wpadłem, by usiąść, gdy rozległa się detonacja, posypał się tynk z sufitu, wypadła z pieca zasuwa, a z okna szyba. W chwilę potem rozległ się dźwięk podobny do grzmotu oddalającego się ku północy”.

Z relacji mieszkańców ówczesnej Wanawary możemy wnioskować, że w miejscowości tej, oddalonej od miejsca eksplozji o blisko osiemdziesiąt kilometrów, doskonale widoczny był kołosalny błysk, początek wybuchu, a później, po upływie pięciu—sześciu minut, napłynęła gorąca fala powietrza. Jej podmuch musiał mieć znaczną siłę i wyrządził wiele szkód. Wyczuwano też silne wstrząsy gruntu i słyszano grzmoty.

Wyraźnie odczuwalne mechaniczne zjawiska, jak wstrząsy ziemi, drżenie szyb w oknach, otwieranie się drzwi, spadanie przedmiotów itp., obserwowano nawet w odległości sześciuset

czy siedmiuset kilometrów od miejsca upadku meteoru, w takich miejscowościach jak Kańsk, Jenisejsk i in. Oto jakie zachowały się relacje:

Naczelnik policji jenisejskiej Solonin w swoim raporcie z dziewiętnastego czerwca (według starego kalendarza) 1908 roku pod numerem 2979 donosił gubernatorowi: „Siedemnastego czerwca o godzinie siódmej rano nad wsią Kjeżemsim (nad Angarą) z południa w kierunku północnym, przy jasnej pogodzie, wysoko na nieboskłonie przeleciał wielkich rozmiarów areolit, który w wylądowaniach wydawał dźwięki podobne do wystrzałów armatnich i zniknął”. Kopia tego raportu przekazana została krasnojarskiemu pododdziałowi wschodniosyberyjskiego oddziału Rosyjskiego Towarzystwa Geograficznego. Stamtąd przesłana została do obserwatorium irkuckiego, by razem z innymi obserwacjami trafić po wstępnej obróbce do Oddziału Meteorologicznego Akademii Nauk. Była to jedyna wiadomość o meteorycie przekazana w 1908 roku z Kieźmy, wszystkie inne relacje zebrały dopiero późniejsze ekspedycje. Mieszkaniec Kieźmy, Kokorin w taki sposób relacjonował swoje spostrzeżenia Krinowowi w 1930 roku: „O godzinie ósmej—dziewiątej rano, nie później, niebo było zupełnie czyste, obłoków nie było. Wszedłem do bani (łaźnia na dworze) i gdy tylko zdążyłem zdjąć wierzchnie okrycie, usłyszałem dźwięki przypominające wystrzały armatnie. Od razu wybiegłem na dwór. W tym czasie dźwięki jeszcze trwały i zobaczyłem na południowo-zachodniej stronie nieba, na wysokości w przybliżeniu połowy drogi pomiędzy zenitem i horyzontem, lecącą czerwoną kulę, a po jej bokach i z tyłu ciągnęły się tęcze wstęgi. Kula leciała trzy—cztery sekundy i zniknęła na północnym wschodzie”.

Inny świadek Briuchanow w 1938 roku tak opowiadał Kulkowowi to, co zapamiętał: „W tym czasie orałem pole około sześciu kilometrów na zachód od Kieźmy. Kiedy usiadłem koło

swojej sochy, by zjeść śniadanie, rozległy się nagle wybuchy, jakby wystrzały armatnie. Koń upadł na kolana. Z północnej strony nad lasem wytrysnęły płomienie. Pomyślałem, że to nieprzyjaciel strzela (mówili w tym czasie o wojnie). Potem widzę, że sosnowy las przyduszony został wiatrem do ziemi. Huragan, myślę, chwytając sochę obiema rękoma, żeby mnie nie uniosło. Wiatr był tak silny, że niemało gleby z pola zdmuchnął, potem ten huragan wodę na Angarze pogał; wszystko dobrze widziałem, orałem na pagórku”.

Krinow, komentując tę relację w swojej książce *Meteoryt tunguski*, zastanawia się nad niespotykaną wysokością płomieni wybuchu, które widział z tak dużej odległości Briuchanow. Twierdzi on, że jeżeli błysk był widoczny nad lasem na wysokości katowej około pięciu stopni nad horyzontem, to w rzeczywistości świetlne efekty eksplozji musiały występować na wysokości około dwudziestu kilometrów nad powierzchnią ziemi w miejscu wybuchu.

Kierownik stacji meteorologicznej Kiriensk, położonej pięćset kilometrów od miejsca wybuchu, w swoim liście z dwudziestego ósmego czerwca 1908 roku (stary kalendarz) tak opisał zjawisko: „Siedemnastego czerwca na północnym zachodzie od Kirienska obserwowano niezwykle zjawisko, trwające w przybliżeniu od siódmej piętnaście do ósmej rano. Słychać było głuche dźwięki, wzięte za odgłosy kanonady artyleryjskiej. Po skończonej pracy spojrziałem na wskaźnik barografu i ze zdziwieniem ujrzałem kreskę ponad linią zrobioną o siódmej rano. W tym czasie nie wstawałem z miejsca... nikt nie wchodził do pokoju”. Dalej donosił, że według opowiadań świadków około siódmej piętnaście rano na północnym zachodzie pojawił się ognisty słup, niczym lanca. Po jego zniknięciu słychać było pięć silnych wybuchów, jakby armatnich, następujących szybko jeden po drugim. Później widać było w tym miej-

scu gęsty obłok. Po około piętnastu minutach znów dały się słyszeć podobne wybuchy.

Korespondent Nikolski ze wsi Małyszewki, położonej w pobliżu linii kolejowej w odległości siedmiuset kilometrów od miejsca katastrofy, donosił, że o ósmej piętnaście rano chłopiec pracujący na dworze zauważył spadający w kierunku na północny wschód podobny do wiadra ogień. Potwierdzili to robotnicy leśni. Nikolski, choć sam nie widział zjawiska, słyszał wraz z innymi głuchy grzmot.

Sześćset kilometrów na południowy zachód od miejsca katastrofy, we wsi Komenso, o siódmej rano słychać było trzy podziemne grzmoty z kierunku północno-zachodniego, następujące kolejno po sobie. Niektórzy chłopcy odczuwali trzęsienie ziemi. Część przebywających na powietrzu ludzi obserwowała, jak wydłużone w kształcie jasne ciało przeleciawszy w przestrzeni upadło na północnym wschodzie.

Efekty świetlne towarzyszące meteorowi tunguskiemu obserwowano w oddalonych punktach, odległych o siedemset pięćdziesiąt pięć kilometrów od miejsca jego upadku.

Opuszczamy jednak miejsce niecodziennego zdarzenia, aby zorientować się, jakie zjawiska mogły być obserwowane w tym czasie na znacznie większych odległościach. Jak wynika z licznych doniesień prasowych i opracowań naukowych, na olbrzymiej przestrzeni od Jeniseju aż do europejskich brzegów Atlantyku obserwowano na nocnym niebie dziwne zjawiska. Należy również uświadomić sobie, że poza obszarem Syberii, gdzie można było widzieć spadek meteorytu i słyszeć z tym związane efekty dźwiękowe, nikt inny o tym fakcie nie był poinformowany. Dopiero po kilkunastu latach Europa dowiedziała się o syberyjskiej katastrofie. Działo się tak zapewne dlatego, że nastąpiła ona w rejonie słabo zaludnionym, zamieszkiwanym przez ludność niewykształconą i pozbawionym jakiegokolwiek sieci

przekazu informacji. Ponadto informacje, które mogłyby i powinny powędrować w świat, zaległy na długo w biurku dyrektora Irkuckiego Magnetyczno-Meteorologicznego Obserwatorium, Wozniesinskiego. Toteż zachodzące w owym czasie w Europie zjawiska nie mogły znaleźć od razu właściwego wyjaśnienia.

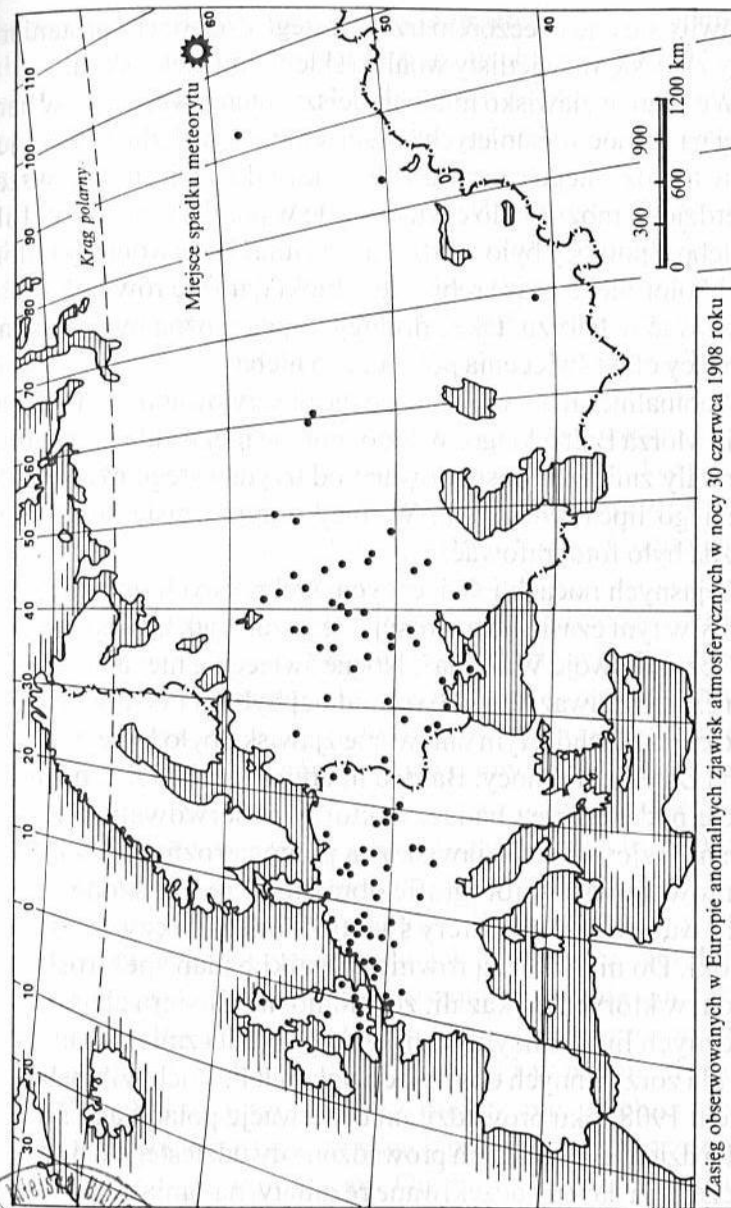
Noc trzydziestego czerwca 1908 roku w całej Anglii wyglądała niezwykle. Oto w Londynie północno-wschodnia część nieba zabarwiona była światłem w odcieniach od różowego do rudego. Świecenie nieba było tak silne, że można było czytać o północy nawet drobny druk. Słabszych gwiazd i Drogi Mlecznej prawie nie było widać. Nocą pierwszego lipca było pochmurno, lecz na niebie nadal obserwowano jasną zorzę. Zjawisko w niczym nie przypominało zorzy polarnej. Następnego dnia, drugiego lipca, tak intensywnego świecenia nieba już nie obserwowano.

Najbardziej na zachód wysuniętym miejscem, gdzie sfotografowano świecenie nocnego nieba trzydziestego czerwca 1908 roku, było Greenwich (Anglia). Fotografia została wykonana o północy, ekspozycja trwała piętnaście minut. W Glasgow nocą z trzydziestego czerwca na pierwszego lipca świecenie północnej części nieba obserwowano od godziny dwudziestej drugiej do trzeciej rano. W tym czasie widoczne były gwiazdy pierwszej i drugiej wielkości. Tu również bez dodatkowego oświetlenia można było czytać drobny druk. Świecenie przesunęło się powoli z zachodu na wschód. Obserwator z Anglii pisze, że na brzegu zasadniczego obszaru świecenia można było oglądać całą gamę barw spektrum słonecznego. Z innej jeszcze miejscowości w Wielkiej Brytanii doniesiono, że nocą w domach zwróconych na północ przedmioty znajdujące się w pokojach rzucały cień. Światło było złociste. O godzinie dwudziestej drugiej na ulicy można było swobodnie czytać książkę.

Pismo „Nature” donosiło w relacjach angielskich obserwatorów, że zjawisko widoczne było na całym terytorium Zjednoczonego Królestwa. Niektórzy brali to świecenie za zorzę polarną, jednakże badania spektroskopowe wykluczyły taką naturę świecenia.

W Berlinie zjawisko miało przebieg charakterystyczny dla całych Niemiec. Około dwudziestej drugiej trzydzieści na północnym zachodzie obserwowano zielonkawoniebieską poświatę o żółtawoczerwonym jądrze. W pobliżu horyzontu niebo miało brązowoczerwony odcień. Powierzchnię poświaty pokrywał woal perlistych obłoków. Świecenie powoli obniżało się i około godziny dwudziestej czwartej przekształciło się w czerwoną lunę na horyzoncie, a o pierwszej zjawisko zniknęło. Następnej nocy powtórzyło się, lecz jego intensywność była znacznie mniejsza. W Arnsbergu o dwudziestej drugiej trzydzieści obserwator zauważył niezwykle jasne pole zmierzchania wypełnione srebrzystymi obłokami. Niższe partie miały kolor czerwony, a wyższe świeciły błękitnawo. Wieczorem pierwszego lipca zjawisko powtórzyło się, ale z mniejszą intensywnością, a świecenie miało bardziej czerwony odcień.

W Hamburgu trzydziestego czerwca o godzinie dwudziestej drugiej trzydzieści niebo na północy miało czerwonawą barwę, a spektroskopowe obserwacje wykluczyły wystąpienie zorzy polarnej. Zjawisko tłumaczono niezwykle jasnym, trwającym całą noc zmierzchaniem. Fotografiję przedstawiającą północną część nieba w Hamburgu badacz W. Krebs komentuje jako „wulkaniczne zmierzchanie”, porównując do żywego jeszcze w pamięci gigantycznego wybuchu wulkanu Krakatau z 1883—1884 roku. Podobieństwo świecenia pyłu wyrzucanego przez wulkan w górne warstwy atmosfery do świecenia obserwowanego w czerwcową noc 1908 roku było oczywiste. M. Wolf w Heidelbergu obserwował srebrzyste obłoki.



Pojawiły się one wieczorem trzydziestego czerwca i z nastaniem nocy zlały się w świetlisty woal na sklepieniu niebieskim.

We Francji zjawisko miało mniejszą intensywność niż w bardziej na północ wysuniętych częściach Europy. Jednakże w Fjekanie trzydziestego czerwca 1908 roku o dwudziestej pierwszej czterdzieści można było czytać gazetę w pomieszczeniu. W Lille niebo o północy było bardzo jasne i miało czerwonawy kolor. Taki kolor nieba oraz srebrzyste obłoki dało się również zaobserwować w Paryżu, także drugiego lipca można było oglądać słabnący efekt świecenia północnego nieba.

Anomalnie silne świecenie nocne obserwowano w całym basenie Morza Bałtyckiego. W Sztokholmie niezwykle jasny i długotrwały zmierzch obserwowano od trzydziestego czerwca do trzeciego lipca 1908 roku. W nocy w tym czasie swobodnie można było fotografować.

O jasnych nocach i świecących, srebrzystych obłokach donosiły w tym czasie liczne rosyjskie gazety, jak „Russkoje Slowo” czy „Nowoje Wriemia”. Nocne świecenie nieba nie było w tym czasie zauważalne we wschodniej Syberii i w Ameryce. Im bardziej na zachód, tym omawiane zjawisko było lepiej widoczne na Dalekiej Północy. Bardzo interesujące są nieliczne informacje podane przez badaczy, którzy obserwowali, a jednocześnie rejestrowali zjawisko za pomocą rozmaitych instrumentów. Powstały fotografie obrazujące rozproszone w górnych warstwach atmosfery światło słoneczne czy srebrzyste obłoki. Do nich należą również wyniki badań spektroskopowych, w których wykazali, że widmo nie zawiera charakterystycznych linii emisyjnych i jest typowe dla zmierzchania, nie zaś dla zorzy. Innych obserwacji dokonał F. Buch w Arnsbergu. Latem 1908 roku prowadził on obserwacje polaryzacji światła nieba dziennego. Badania prowadzone dwudziestego dziewiątego czerwca dawały oczekiwane rezultaty, natomiast prowadzo-

ne pierwszego lipca bardzo wyraźnie zmieniały polaryzację światła, świadcząc o występowaniu znacznych ilości pyłów w górnych warstwach atmosfery. Były również doniesienia o występowaniu wyraźnych woali wokół fotografowanych w tym czasie gwiazd.

Już w 1908 roku na łamach pism naukowych rozwinęła się dyskusja dotycząca przyczyny, która wywołała anomalne świecenie atmosfery w nocy z trzydziestego czerwca na pierwszego lipca. W dyskusji tej wysunięto wiele hipotez genezy obserwowanego zjawiska. Jedną z przyczyn mogła być zorza polarna, ale — jak dowodziły wyniki badań — świecenie nie było typowe dla światła zorzy. Jako inną przyczynę wysuwano światło zodiakalne. Jest ono rozproszonym w przestrzeni kosmicznej światłem słonecznym, widocznym dzięki obecności w płaszczyźnie ekliptyki dużych ilości pyłu kosmicznego. Trudno jednak było wytłumaczyć tak wielką intensywność tego światła, i to w określonym, stosunkowo krótkim czasie. Jako trzecią z przyczyn podawano rozprzestrzenienie się tak zwanych srebrzystych obłoków. Zjawisko takie spowodowane jest krystalizacją lodu na drobinach mineralnych, wyniesionych na olbrzymie wysokości dziesiątków kilometrów w górne warstwy atmosfery. Cząstki te mogłyby zostać wyrzucone w wyniku wybuchu tajemniczego wulkanu, tak jak zostały wyrzucone w czasie wybuchu Krakatau. Za jeszcze inną przyczynę część obserwatorów uważała tak zwane świecenie wtórne, czyli światło odbite w wyniku pewnych zjawisk atmosferycznych od dalekich obłoków czy gór. Inni jeszcze świecenie uważali za rozproszone promienie słoneczne w atmosferze. Byłby tylko jeden problem, na czym rozproszenie to mogłoby się dokonać. D. O. Swiatski w piśmie „Priroda i Żyzń” z 1908 roku wysunął przypuszczenie, że obserwowane świecenie mogło nastąpić na skutek przejścia Ziemi przez obłok pyłu kosmicznego. Inny uczony, Duńczyk T. Kool, nie posiadając

informacji o katastrofie w syberyjskiej tajdze, pisał „(...) dobrze byłoby dowiedzieć się, czy nie pojawił się ostatnimi czasy w Danii czy gdzie indziej wielkich rozmiarów meteoryt”.

Jak już wspomniałem, o katastrofie w syberyjskiej tajdze wiedzieli tylko bezpośredni jej świadkowie. Pojawiło się również kilka wzmianek w lokalnych syberyjskich gazetach. Z czasem wspomnienia przybladły, raporty przesyłane do władz zawierały się w obszernych szufladach. Brakowało również środków na sprawdzenie tych niewiarygodnych, docierających z terenu informacji.

W sumie wiele przyczyn złożyło się na to, że o spadku meteorytu tunguskiego ówczesny świat nauki nic nie wiedział.

Dziwne zjawiska meteorologiczne, które dały się obserwować w znacznej części Europy, wywołały wprawdzie wiele polemik, ale nie znalazły racjonalnego wyjaśnienia.

Mijały lata. W Rosji zbliżał się czas wielkich rewolucyjnych przemian społecznych. Znalazł się jednak człowiek, który wiedziony wielką pasją badacza przypadkiem natrafił na ślad tajemniczej katastrofy.

Człowiekiem tym był Leonid Aleksandrowicz Kulik. W 1913 roku rozpoczął pracę w Muzeum Mineralogicznym Akademii Nauk jako niemłody, trzydziestoletni student uniwersytetu. Do Petersburga ściągnął go doceniający ukryty w nim talent wielki uczonec, akademik W. I. Wiernadski.

W muzeum w ręce Kulika trafiały od czasu do czasu doniesienia o obserwacjach i spadkach meteorytów z terenu całej Rosji. Kulik skrzętnie zbierał te doniesienia, licząc, że kiedyś będzie mógł zorganizować ekspedycję naukową, która je sprawdzi i wzbogaci kolekcję Akademii Nauk w nowe egzemplarze cennych kamieni z kosmosu. Aby do tego doszło i nauka mogła się rozwijać, potrzebny był spokój. Tymczasem w 1914 roku wybuchła pierwsza wojna światowa, kilka lat później powstał Zwią-

zek Radziecki. Młode państwo borykało się z podstawowymi kłopotami i sprawy nauki musiały poczekać.

Prace Kulika w Muzeum Mineralogicznym upoważniły Wiernadskiego do podjęcia inicjatywy utworzenia działu meteorytowego. Powstał on w 1921 roku. W związku z tym Kulik zaproponował przygotowanie od dawna zamyślanej ekspedycji meteorytowej.

Na początku września 1921 roku ekspedycja pod kierunkiem Kulika wyruszyła w drogę. Trzeba zaznaczyć, że do tej pory Kulik niczego nie wiedział o meteorycie tunguskim. Pierwszą informację otrzymał na dworcu kolejowym, tuż przed wyruszeniem w drogę. Był to przełomowy moment w jego życiu. Oto przed odjazdem pociągu, do którego włączony był wagon ekspedycji, podbiegł redaktor naczelny „Mirowiedienija” Swiatki i przekazał mu kartkę z kalendarza Otto Kirchnera z 1910 roku. Na jej odwrocie znajdowała się wiadomość, jakoby siedemnastego czerwca (stary kalendarz) 1908 roku w pobliżu Kańska, niedaleko stacji Filimonowo, spadł gigantyczny meteoryt. Był on widziany przez pasażerów przejeżdżającego pociągu. Swiatki prosił Kulika o sprawdzenie na miejscu tej wiadomości, gdyż, jak stwierdził, „nie ma dymu bez ognia”.

Ekspedycja trwała do maja 1922 roku, przemierzając ponad dwadzieścia tysięcy kilometrów, i wzbogaciła kolekcję Akademii Nauk ZSRR wieloma egzemplarzami meteorytów.

W czasie ekspedycji Kulik odwiedził również przystanek Filimonowo. Okazało się, że rzeczywiście trzynaście lat wcześniej, trzydziestego czerwca, obserwowano tam przelot wielkiego bolidu. Upadł on jednak gdzieś dalej w kierunku północnym. Dla uwiarygodnienia tego faktu Kulik odwiedził jeszcze wiele miejscowości okręgu jenijskiego, zbierając relacje świadków. Rozesłał też wiele ankiet z pytaniami dotyczącymi spadku meteorytu z 1908 roku i zjawisk z tym związanych.

Na podstawie zebranych relacji ustalono, że rankiem trzydziestego czerwca 1908 roku nad okręgiem jenijskim przeleciał ogromny bolid, który upadł gdzieś daleko na północy, być może w basenie rzeki Podkamiennej Tunguzkiej. Sporządzono również schematyczną mapę z prawdopodobnym miejscem upadku meteorytu. Ciekawe, że nazwy „meteoryt tunguski” użył Kulik dopiero wiele lat później. Początkowo, w pierwszej wzmiance o rezultatach ekspedycji, opublikowanej w „Mirowiedieniju” w 1922 roku, Kulik pisze o „filimonowskim meteorycie” z 1908 roku, a Wozniesiński o „meteorycie z 30 czerwca 1908 roku”.

Już po zebraniu pierwszych relacji Kulik zorientował się, że chodzi o zjawisko wyjątkowe, wiedział, że wydarzyło się to po raz pierwszy w historii meteorytyki, a znalezienie tego meteorytu jest dla nauki bardzo ważnym zadaniem. Chciał zatem już w czasie pierwszej ekspedycji dotrzeć do miejsca jego upadku. Niestety, środki przeznaczone na ekspedycję kończyły się, a władze potrzebowały wypożyczonego wagonu. Trzeba było wracać.

Sytuacja zmieniła się pod koniec 1926 roku, po powrocie z zagranicy Wiernadskiego. Ten wielki uczony doceniał talent Kulika i poparł jego starania o zorganizowanie dalszych ekspedycji. Jako akademik i uczony wysokiej rangi miał znaczący wpływ na politykę naukową środowiska i dzięki niemu Kulik uzyskał zgodę na realizację swoich projektów.

W rzeczywistości nie była to ekspedycja, lecz mały rekonesans naukowy. Oprócz Kulika miał w nim wziąć udział jego pomocnik Giulich.

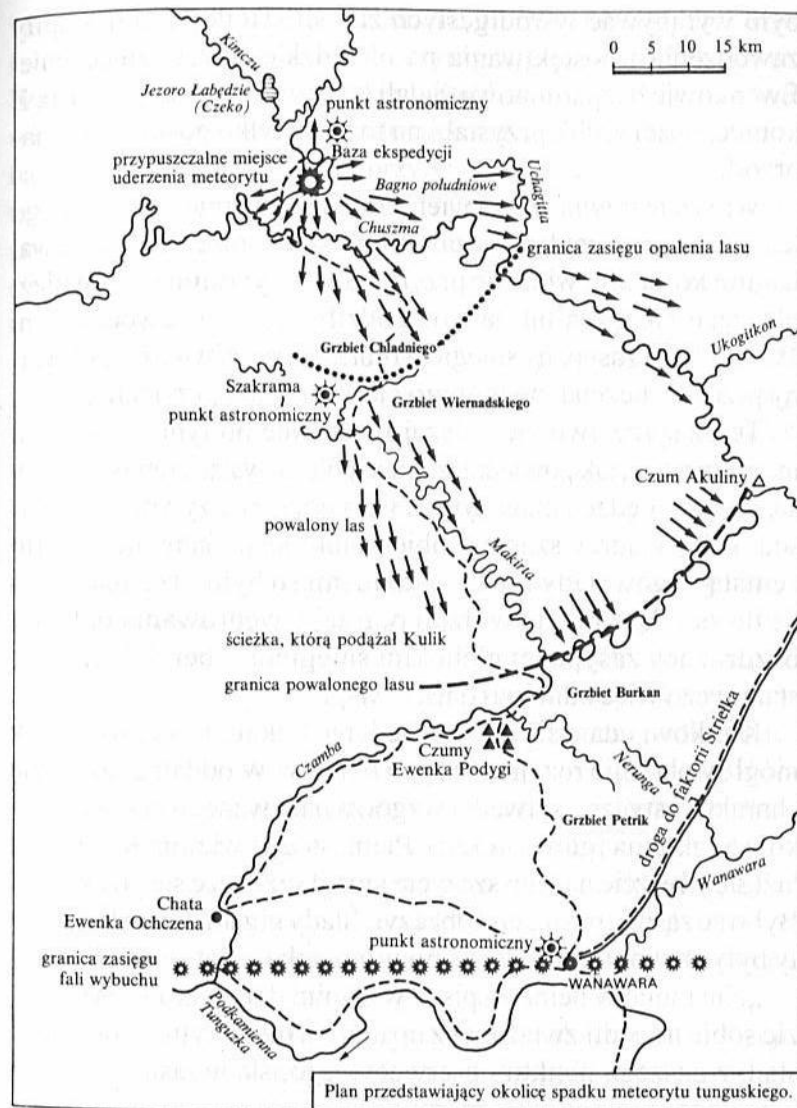
I tak w lutym 1927 roku Kulik wraz z Giulichem wyruszyli pociągiem z Leningradu. Po wielu dniach dojechali do miejscowości Tajset. Tutaj czternastego marca przesiedli się na konie, by w ten sposób czterysta kilometrów wędrować po śniegu do małej miejscowości Kieżma. Należy pamiętać, że podróż w tych

bezludnych okolicach nie należała do łatwych. Wielokrotnie musieli przeprowiać się przez rzeki, bo przerzucone przez nie mostki nie nadawały się do użytku. Mimo tych uciążliwości do Kieżmy dotarli już dziewiętnastego marca. Uzupelnili zapasy i trzema podwodami wyjechali do odległej około dwustu kilometrów na północ małej faktorii Wanawara. Jechali na saniach ciągniętych przez konie. Wkrótce droga przez tajgę przeszła w wąski, trudny do przebrnięcia trakt. Do Wanawary dotarli dwudziestego piątego marca. Faktoria, położona na prawym wysokim brzegu rzeki Podkamiennej Tunguzkiej, była małą osadą złożoną z kilku zamieszkanymi domostw i zabudowań gospodarczych. Miejscowość stanowiła wysunięty na północ punkt cywilizacji, gdzie koczowniczo żyjący tubylcy, Ewenkowie, mogli wymieniać skóry upolowanych zwierząt na artykuły przemysłowe, broń myśliwską, siekiery, noże itd. W Wanawarze znajdowały się dwa punkty skupu futer prowadzone przez różne firmy, z których jedną stanowiła spółka akcyjna „Syrie”. Miejscowość zamieszkiwały dwie rodziny prowadzące te punkty oraz rodzina robotnika, na wpółosiadłego Ewenka, nazywanego Luczetkan. Przewzisko to zdobył wśród Ewenków jako kolaborant współpracujący z Rosjanami, dosłownie oznaczało ono „mały ruski”.

Po przyjeździe i zakwaterowaniu w Wanawarze Kulik dowiedział się, że „zakłete” miejsce znajduje się około osiemdziesięciu kilometrów na północ, a wiedzie tam szlak reniferowy, po którym można przejechać konno. Chciał niezwłocznie wyruszyć w dalszą drogę. Tymczasem Ewenkowie przebywający czasowo w faktorii z niedowierzaniem i obawą przyglądali się poczynaniom uczonego. Zastanawiali się, w jakim celu chce jechać do tak strasznego miejsca, czy przy okazji nie ściągnie na nich jakiegoś nieszczęścia ze strony rozgniewanego boga Agdy. Bali się iść do rejonu, który był dla nich tabu. Kulikowi udało się namówić Luczetkana, by poprowadził go do granicy zakłetej stre-

fy. Następnego dnia Kulik z Luczetkanem i jeszcze jednym pracownikiem leśnym opuścili konno faktorię. Niestety, osiągnięcie zakłętej strefy z marszu nie udało się. Konie, zmęczone i nadmiernie obciążone, nie były w stanie przedrzeć się przez zasypaną głębokim śniegiem tajgę. Musieli zawrócić i przez kilka dni Kulik przygotowywał następną wyprawę. W tym czasie od przybywających z futrami Ewenków zebrał już sporo danych o obszarze objętym katastrofą. Udało mu się umówić z Ewenkiem Ochczenem, mieszkającym wraz z rodziną w pobliżu ujścia rzeki Czamba do Podkamiennej Tunguzkiej. Na jego dziesięciu reniferach miała ruszyć wyprawa aż do granicy zakłętej strefy. To Ochczen miał doprowadzić ich na miejsce, zostawić Kulika z Giulichem i wrócić po wyprawę w maju, by wspólnie dojechać do Wanawary. Kulika dziwiła nieco łatwość, z jaką udało mu się przekonać Ochczena do udziału w ekspedycji. Ewenkowie zazwyczaj milkli, kiedy w ich obecności Rosjanin poruszał ten temat.

Ohczen zaczął przygotowywać się do drogi niezmiernie drobiazgowo. Wziął ze sobą żonę, starszą córkę, krewniaka z dzieckiem. Nie zapomniał o całym dobytku, łącznie z przenośną chatą. W ten sposób większość renów obciążona była dobytkiem i rodziną Ochczena, Kulik zaś wraz z towarzyszem zmuszeni byli podążać za nimi piechotą. Marsz rozpoczął się ósmego kwietnia. Przebiegał w iście żółwim tempie, w ciągu dnia pokonywali do siedmiu kilometrów. Rozkład dnia bulwersował Kulika. Wstawali około dziesiątej, bez pośpiechu posilali się i pili herbatę, po czym zbierali rozproszone po lesie reny, by wyruszyć tuż po południu, a już około szesnastej rozkładali się na nocleg. Tłumaczyli to zmęczeniem renów. Kulik, zaciskając zęby, musiał przystać na taki rozkład dnia, do którego nie nawykł ten pracowity i zmierzający jak najszybciej do wyznaczonego celu naukowiec. Po trzech dniach trakt skończył się i dalszą drogę trzeba



Plan przedstawiający okolicę spadku meteorytu tunguskiego.

było wyrąbywać wśród gęstych zarośli. Tu dopiero nastąpiły zawrozenia i postępowanie na nieludzkie wprost zmęczenie. Ewenkowie bezpardonowo żądali lekarstwa, to jest spirytusu. Z konieczności Kulik przystał i na to, byle tylko posuwać się naprzód.

Wreszcie trzynastego kwietnia stanęli u granicy powalonego lasu. Gęstymi rzędami leżały obok siebie olbrzymie drzewa, nagimi koronami witające przybyszów. Wyjaśniło się również, dlaczego Ochczen tak łatwo zgodził się być przewodnikiem. Opodal leżał zasypany śniegiem olbrzymi niedźwiedź, upolowany przez Ochczena, po którego i tak musiałby przyjechać.

Teraz sprzeciwił się dalszej wędrówce po tym przeklętym miejscu, gdzie, jak powiadał, zginęło półtora tysiąca renów, spaliły się szałaszy będące magazynem jego odzieży i żywności, miejscu, które mądrzy szamani objęli tabu; jego złamanie groziło zemstą bogów. Gdy niedźwiedzie mięso było już zapakowane do sań, Ewenk nie widział potrzeby wędrowania dalej po bezdrożach zasypanej głębokim śniegiem syberyjskiej tajgi, stanowczo więc odmówił dalszej współpracy.

Kulikowi udało się uzyskać jedynie kilkudniową zwłokę, by mógł swobodnie rozejrzeć się po okolicy. W oddali ukazała się charakterystyczna sylwetka wzgórza nazywanego przez Ewenków Szakrama (głowa cukru). Piętnastego kwietnia Kulik znalazł się wreszcie na jego szczycie i mógł rozejrzeć się po okolicy. Był wstrząśnięty tym, co zobaczył. Ślady gigantycznej katastrofy były doskonale widoczne pomimo upływu lat.

„Nie mogę w pełni — pisze w swoim dzienniku — wyobrazić sobie tragedii związanej z upadkiem meteorytu... Nie widać stąd, z naszego punktu obserwacyjnego, śladu lasu; wszystko powalone i spalone, na tę martwą przestrzeń naciera młoda dwudziestoletnia roślinność”. Podobnych zniszczeń nigdy Kulik nie widział i nie mógł sobie nawet wyobrazić. Jak okiem sięgnąć,

wszędzie leżały powalone, złamane niczym zapalki bądź wyrwane z korzeniami wielkie olbrzymy tajgi, syberyjskie limby. Widniały ślady wielkiego pożaru. Kulik jeszcze wtedy nie mógł widzieć większej części powalonych drzew, przysypanych grubą warstwą śniegu. Być może przypuszczał, że spłonęły doszczętnie. Sam pożar, jak to sobie wyobrażał, został wywołany przez gorącą falę sprężonego powietrza, gnaną przed czołem pędzącego z kosmiczną prędkością meteorytu. Nie brał jeszcze pod uwagę termicznego wpływu błysku eksplozji.

Ze szczytu wzgórza Szakrama Kulik przeszedł na grzbiet Chładniego, skąd mógł ogarnąć większą część okolicy. Chłonał wzrokiem szczegóły morfologiczne terenu, robił notatki, szkice i zdjęcia. Powierzchnia terenu była tu mocno pofałdowana, wlnista. Jak zauważył Kulik, przed nim w kierunku północy nie było widać śladu tajgi. Północne zbocza wzgórz były dokładnie ogołoczone z drzew, na południowych zaś, w miejscach osłoniętych od groźnego podmuchu, zachowały się szczątki lasu. Patrząc z kolei na zachód w kierunku grzbietu Lakura widział plamy powalonego lasu, bielejące na szarym tle tajgi. Rozejrzawszy się po okolicy, doszedł do wniosku, że miejsce spadku meteorytu znajduje się za widocznymi na północ od grzbietu Chładniego białymi, pozbawionymi drzew wzgórzami. Pomiędzy tymi wzgórzami płynęła rzeka Chuszma. Fakt ten zapamiętał, mając zapewne już gotowy plan dotarcia do rejonu spadku. Ze względu na stanowczy sprzeciw Ewenków Kulik musiał wyruszyć w drogę powrotną. Tym razem marsz był szybki i dwudziestego drugiego kwietnia przybyli wszyscy do Wanawary.

Tu Kulik opracował nowy plan dotarcia do celu ekspedycji. Rozpoczął intensywne przygotowania. Zakupił dostatecznie silnego i wytrzymałego konia, wynajął dwóch flisaków, mieszkańców jednej z nadangarskich wiosek, którzy zgodzili się być jego przewodnikami. Uzupełniwszy zapasy żywności i doczekawszy

roztopów i ruszenia lodów na rzece, Kulik opuścił trzydziestego kwietnia Wanawarę. Droga prowadzącą do faktorii Strielka dotarł do środkowego biegu Czamby. Stąd wyruszył dziewiątego maja na tratwie, spłynął do ujścia prawego jej dopływu Chuszmy. W górze jej biegu, jak przypuszczał, powinien znajdować się cel podróży. Spływ po Czambie zapewniały dwie tratwy, ale i tu nie obeszło się bez przygód. Pierwsze cztery kilometry drogi minęły spokojnie, dalej napotkali zator lodowy, który z wielkim trudem udało im się pokonać. Innym razem nocą zerwały się cumy mocujące tratwę z zapasami i sprzętem. Uniósł ją wartki prąd. Ale i ta przygoda skończyła się szczęśliwie. W miarę nasilania się roztopów wody w rzece wzbierały, zalewając okoliczne brzegi. Załogi obydwu tratw walczyły więc z przybierającą wodą i z niebezpieczną krą.

Chuszma, jak się okazało, była już wolna od lodów. Tu Kulik zdecydował się zostawić jedną z tratw, dobrze umocowaną na brzegu, dla ułatwienia powrotnej drogi. Wykonano nową tratwę i ruszono dalej. Tratwy trzeba było ciągnąć brzegiem pod prąd. Wykorzystali do tego zakupione konie. Dwudziestego maja po raz pierwszy zauważyli fragment powalonego lasu na szczycie wzgórza. Drzewa leżały przewrócone w kierunku południowo-wschodnim. Na następnym wzgórzu sytuacja była podobna. Nieskończenie wiele powalonych, wyrwanych z korzeniami drzew, z widocznymi śladami spalenizny, wywierało przygnębiające wrażenie na wędrowcach, którzy zdawali wysiłki, by dotrzeć do celu. Kulik wraz z przywykłymi do ciężkiej fizycznej pracy flisakami wytrwale ciągnął tratwy. W środku syberyjskiej tajgi, u progu wiosny był to iście tytaniczny trud. Po dwóch dniach dotarli do obszaru, gdzie wywał lasu był pełny. Pośród cmentarzyska drzew zieleńiała dwudziestoletnia roślinność. Bywało i tak, że powalone drzewa przegradzały rzekę, trzeba było torować sobie drogę wśród pni. Trzydziestego maja ekspedycja do-

tarła do ujścia strumienia Czugima, lewego dopływu Chuszmy. Tu przystąpiono do budowy obozu. Pozostawiono w nim część wyposażenia i zapasów żywności. Idąc śladem powalonych drzew, Kulik poruszał się głęboką doliną w górę strumienia. Po kilku kilometrach dotarł do jego źródła, którym okazało się rozległe bagnisko otoczone amfiteatrem wzgórz. Kotlina mogła mieć od pięciu do dziesięciu kilometrów średnicy i, jak można zobaczyć na mapce, nieregularną formę. U jej wylotu Kulik rozbił drugi obóz, skąd rozpoczął wędrówki po okolicznych wzgórzach.

Teraz odkrył rzecz zdumiewającą. Na wszystkich wzgórzach otaczających kotlinę powalone drzewa kikutami wyrwanych korzeni wskazywały jej centrum; drzewa układały się jak wskazówki zegarka dookoła osi. Wywał lasu był zatem radialny. Tego Kulik nie przewidział.

Teraz postanowił dokładnie zbadać wnętrze bagnistej kotliny. Ze zdziwieniem stwierdził, że na jej dnie las nie został tak doszczętnie powalony jak na wzgórzach ją okalających. Wiele drzew stało pionowo, były jednak martwe. Pozbawione gałęzi, odarte z kory i opalone od wierzchołka do korzeni.

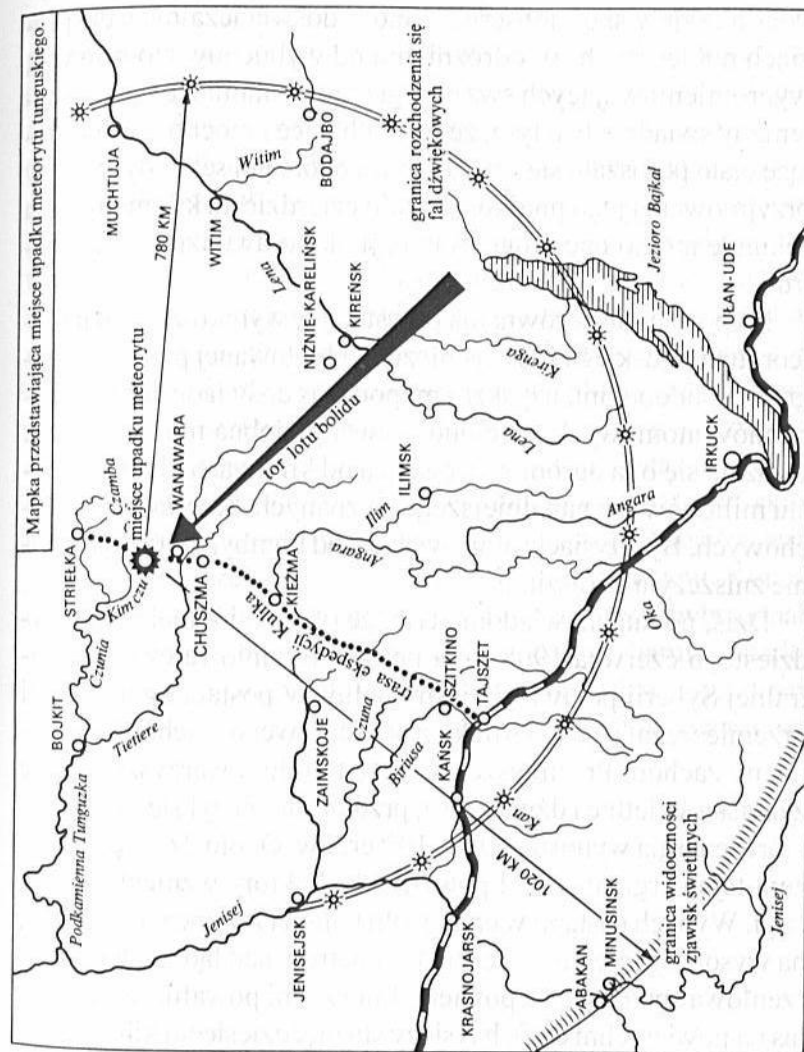
Takie opalenie drzew wykluczało zwykły pożar lasu, przechodzący zazwyczaj po leśnym poszyciu i opalający jedynie dolne partie pni. Tu najwidoczniej czynnik termiczny zadziałał błyskawicznie na całą powierzchnię drzewa. Ten pozbawiony gałęzi, martwy las nazwano „lasem słupów telegraficznych”. Zdarzały się również przewrócone drzewa, lecz ich kierunek zalegania był bezładny. Trudno było wytłumaczyć, dlaczego część lasu zachowała się w postaci „słupów telegraficznych”, a pojedyncze drzewa nawet przeżyły katastrofę, i to właśnie tu, w centrum upadku. Kulik stwierdził jedynie, że stało się tak najprawdopodobniej w wyniku interferencji fali uderzeniowej. Gdzie upadł ten kosmiczny gigant? Nigdzie nie było widać wielkiego krateru uderzeniowego. Kulik dostrzegł jednak na powierzchni

blot, na dnie kotliny, liczne wolne od roślinności okrągłe oczka wodne o średnicach od dziesięciu do pięćdziesięciu metrów. Teraz już był przekonany, że meteoryt spadł w postaci deszczu różnych odłamków, pozostawiając wielką liczbę kraterów zalanych teraz wodą. Należało jedynie spuścić wodę z kraterów i dobyć meteoryt. Nie miał już na to czasu ani potrzebnych narzędzi, kończyła się również żywność. Należało się udać w drogę powrotną.

Po tej wyprawie nastąpiło wiele innych, a wszystkie z olbrzymim zaangażowaniem starały się wyświecić liczne tajemnice związane z dziwnym przybyszem z kosmosu. Po naukowych ekspedycjach uczonych moskiewskich inicjatywę podjęły inne ośrodki naukowe, głównie syberyjskie. Istotną rolę odegrał tu uniwersytet w Tomsku, Wszeczwiązkowe Towarzystwo Astronomiczno-Geodezyjne oraz jego wołżańsko-uralska filia. W rejonie spadku meteorytu rokrocznie pracowały grupy młodzieży i pracowników naukowych. Prace koncentrowały się między innymi na dokładnym badaniu i pomiarach terenu wywału lasu oraz ocenie opalenia liści i kory drzew przez energię świetlną wypromieniowaną w momencie wybuchu. Były to niezwykle interesujące prace, pozwalające ocenić energię eksplozji.

Jednocześnie prowadzono prace eksperymentalne i modelowe, polegające na detonowaniu niewielkich ładunków wybuchowych ponad makieta lasu. Ustalono, że obraz powalonych drzew na makiecie był najbardziej zbliżony do rzeczywistości tylko wtedy, kiedy detonowano podłużny, ustawiony skośnie do makiety ładunek wybuchowy. Świadczyć to mogło, że eksplozja nie nastąpiła momentalnie, lecz wybuchający bolid leciał jakiś czas ponad syberyjską tajgą.

Podobne wnioski można było wyciągnąć z obserwacji opalenia drzew w epicentrum. Ustalono mianowicie, że wypromie-



niowana w błysku część energii eksplodującej masy bolidu stanowiła około dziesięciu procent całkowitej energii eksplozji. Podobne zjawisko zaobserwowano w doświadczalnych eksplozjach nuklearnych. W odróżnieniu od wybuchów atomowych, wypromieniowujących swą energię momentalnie, tu ślady spaleniowy świadczyły o tym, że wybuchające i mocno promieniujące ciało poruszało się w przestrzeni około pół sekundy, co przy przyjmowanej jego prędkości około czterdziestu kilometrów na sekundę mogło dać drogę eksplozji około dwudziestu kilometrów.

Na podstawie porównania powstałej w wyniku eksplozji meteorytu tunguskiego fali sejsmicznej odnotowanej przez seismografy z podobnymi, uzyskanymi podczas doświadczalnych wybuchów atomowych, ustalono prawdopodobną moc wybuchu. Okazała się ona ogromna, sięgająca od kilkunastu do dwudziestu milionów ton najsilniejszego ze znanych materiałów wybuchowych. Była tysiąckrotnie większa od bomby, która doszczętnie zniszczyła Hiroszimę.

Dziś, po latach, wiadomo tyle, że około siódmej rano trzydziestego czerwca 1908 roku ponad południową częścią centralnej Syberii pojawił się jasny bolid. W postaci ognistej kuli przemieszczał się w kierunku z południowego wschodu na północny zachód. Przemieszczaniu się bolidu towarzyszyły silne zjawiska świetlne i dźwiękowe, przelot zakończył się eksplozją, której energia wynosiła 10^{23} — 10^{24} ergów. Około dziesięciu procent tej energii stanowił potężny błysk, który wznicił pożary tajgi. Wybuch nastąpił w czasie lotu bolidu i zakończył się gdzieś na wysokości pięciu—sześciu kilometrów nad lądem. Fala uderzeniowa spadająca na powierzchnię ziemi powaliła syberyjski las na powierzchni dwóch tysięcy stu pięćdziesięciu kilometrów kwadratowych. Ponadto fala ta obiegła dwukrotnie kulę ziemską i jako skok ciśnienia została zarejestrowana w stacjach mete-

orologicznych wielu miast. Stała się też prawdopodobnie przyczyną burzy magnetycznej zarejestrowanej w Irkucku. Eksplozja i uderzenie fali zgęszczonego powietrza o powierzchnię ziemi wywołały trzęsienie ziemi, zarejestrowane w Irkucku i relacjonowane przez wielu świadków wydarzenia. Po eksplozji podniosła się chmura pyłu, która osiągnąwszy wysokość powyżej dwudziestu kilometrów, porwana wiatrami wiejącymi na różnych wysokościach w różnych kierunkach, spowodowała wzbogacenie gruntu w rejonach nawet bardzo odległych od epicentrum eksplozji w materię pyłu kosmicznego. Skład chemiczny tej materii jest typowy dla wielu naturalnych małych ciał kosmicznych zderzających się z atmosferą Ziemi i nie odbiega od składu ciał będących składnikami Układu Słonecznego. Masa ciała przy wejściu w atmosferę Ziemi, jak się przypuszcza, wynosiła około miliona ton, było to ciało kruche i uległo rozbiciu o gęste warstwy troposfery. Najprawdopodobniej mógł to być skalny fragment planetoidy typu chondrytu węglistego. Niejasny jest, jak dotąd, związek meteorytu tunguskiego z kometami. Komety, które podejrzewano o spowodowanie katastrofy, były jednak (po dokładnym obliczeniu ich orbit) daleko od Ziemi. Ponadto jeszcze dziś brakuje nam wystarczających danych o mineralnym materiale komet i ich ewentualnym związku z chondrytami węglistymi.



METEORYTY SPADAJĄ

Był cichy i mroźny, prawie bezchmurny ranek dwunastego lutego 1947 roku; o godzinie dziesiątej trzydzieści osiem czasu miejscowego, przy jasnym świetle słonecznym pojawił się na niebie bolid. Początkowo przypominał jasną gwiazdę, wkrótce przekształcił się w oślepiająco jasną kulę ognistą, przybierającą w miarę upływu czasu kształt nieco wydłużony. Bolid przeciął nieboskłon kierując się z północy na południe i pozostawił za sobą kłębiastą smugę pyłu, będącego produktem niszczenia ciała meteorytu. Bolid zniknął za wulkanicznymi stożkami zachodnich pasm Sichote Aliń (góry nad brzegami Morza Japońskiego). W czasie lotu rozpadł się, w rezultacie w końcowej jego trajektorii zaobserwowano rój oddzielnych fragmentów. Po kilku minutach od zaniku efektów świetlnych rozległy się silne uderzenia, podobne do wybuchów lub wystrzałów ciężkich dział. Ślad, jaki bolid pozostawił po sobie na niebie, to gigantyczna smuga dymu, widoczna przez cały dzień. Stopniowo smugę tą deformowały wiatry. W wyniku różnic prędkości i kierunków strug powietrza na różnych wysokościach w atmosferze Ziemi po pewnym czasie ślad przybrał kształt zygzakowaty. Porozrywany przeciwnymi wiatrami, pod wieczór zniknął całkowicie. Prawie wszyscy świadkowie są zgodni, że przelot bolidu przez atmosferę trwał nie dłużej niż cztery do pięciu se-

kund. Przelot tego kosmicznego gościa obserwowano na obszarze o promieniu około trzystu kilometrów, a efekty dźwiękowe dały się słyszeć jeszcze dalej.

Wyjątkowo intensywne zjawiska zachodziły bezpośrednio na linii projekcji trajektorii bolidu na powierzchni ziemi. Świadkowie z okolicznych osiedli opowiadali, że w czasie spadku meteorytu drzwi otwierały się na oścież, szyby wylatywały z okien, osypywał się tynk z sufitów, wylatywały kafle z pieców i węgle z palenisk.

Wywołało to paniczny strach u zwierząt. Konie rżały, krowy ryczały, rwały się z uwięzi i przestraszone biegly w różne strony. Psy z wyciem i szczekaniem kryły się bądź uciekały z osiedli w las.

O spadku gigantycznego meteorytu pierwsza doniosła gazeta „Wieczerniaja Moskwa” siedemnastego lutego 1947 roku. Ówczesny przewodniczący Komitetu Meteorytowego Akademii Nauk ZSRR W. G. Fiesenkow wyjechał jednak w planowaną podróż służbową, sądząc, że doniesienia są znacznie przesadzone. Dopiero telegram, który nadszedł dwudziestego siódmego lutego do prezydium Akademii Nauk, zelektryzował środowisko naukowe Moskwy, świadczył bowiem, że to, co wydarzyło się w górach Sichote Aliń, było unikatowym w skali światowej spadkiem ogromnej bryły materii kosmicznej. W telegramie donoszono, że w miejscu spadku utworzyły się trzydzieści dwa krateru, a meteoryt zbudowany jest z żelaza i niklu.

Członkowie Komitetu Meteorytowego wyjechali do Władystoku, gdzie spotkali się z miejscowym geologiem Szypulinem, który jako pierwszy dotarł do miejsca spadku meteorytu. Ten odważny badacz sam wyjechał z Władystoku i wysiadł z pociągu na stacji Burlit. Tu wziął ze sobą dwóch miejscowych myśliwych w charakterze przewodników i wyruszył na poszukiwanie miejsca katastrofy. Szli przez gęstą tajgę zasypaną śniegiem. Przedzierali się przez zarośla, niebezpieczne parowy i za-

marznięte strumienie. Szypulin wypytywał o kierunek w napotkanych osiedlach, by móc zdecydować o wyborze dalszej drogi. Dotarł wreszcie wraz z przewodnikami do Charkowki — osiedla odległego od miejsca spadku zaledwie o dwanaście kilometrów. Tu dowiedział się, że w pobliżu wsi wylądowały dwa samoloty z chabarowskimi geologami, którzy są już w drodze. Udał się więc w ślad za nimi i prawie równocześnie cała grupa znalazła się w miejscu kosmicznej katastrofy.

Na obszarze około kilometra kwadratowego, opowiadał Szypulin, tajga uległa straszliwemu spustoszeniu. Wiele drzew było zupełnie roztrzaskanych, wysokie pnie opierały się o korony ocalałych drzew. Wiele nie miało gałęzi, a drzewa stały nagie, przypominając las słupów telegraficznych. Śnieg w okolicy miejsca katastrofy — na tyle gęsty, że mógł utrzymać dorosłego człowieka — był wymieszany ze skalnym gruzem, piaskiem, gliną, drzazgami drzewnymi pochodzącymi ze zdruzgotanych limb i jodeł. Wśród tego chaosu widoczne były liczne czeluście kraterów i jam. Największy z nich miał średnicę dwudziestu pięciu metrów i głębokość sześciu. Ogromne limby powyrywane z korzeniami leżały radialnie powalone wokół kraterów w promieniu dwudziestu—trzydziestu metrów od wału każdego z nich. Wszystko to wyglądało niesamowicie i wskazywało na istne kosmiczne bombardowanie. Na tajgę spadł „żelazny deszcz”.

Pierwsza ekspedycja naukowa pod kierunkiem Fiesenkowa wyruszyła z Władywostoku dwudziestego drugiego kwietnia 1947 roku. Nie można było wyruszyć wcześniej z powodu surowej zimy z intensywnymi opadami śniegu.

Ekspedycja korzystając z różnych środków lokomocji dotarła wreszcie do miejsca spadku dwudziestego szóstego kwietnia. Nie bacząc na zmęczenie, uczestnicy ekspedycji przystąpili do lustracji terenu. Oczom ich ukazał się największy z kraterów. Jego wewnętrzne skłony były usiane masą pokruszonych skał i

gliną. Między kraterami spotykało się jamy o średnicach poniżej metra. Już pierwszego dnia ekspedycja odnalazła fragment meteorytu. Pokryty otoczką opalenizny koloru sinoszarego, o wadze ponad jedenastu kilogramów, leżał bezpośrednio na powierzchni gruntu bez śladu zagłębienia pod spodem. Na całej jego powierzchni wyraźnie widoczne były jamki regmagliptów (podobne do odcisków palców).

Przystąpiono do zbioru fragmentów meteorytu. Prace prowadzono zarówno na terenie spadku głównej masy, będącym istnym cmentarzem meteorytu, jak w innych miejscach. Poniżej rejonu pokraterowanego w drzewostanie nie stwierdzono dużych szkód. Większość odłamków o masie od jednego do dwóch kilogramów leżała na ściółce leśnej. Nieliczne drzewa miały obcięte wierzchołki lub gałęzie. Plonem tej pierwszej ekspedycji, zakończonej przybyciem do Władywostoku dwudziestego drugiego maja, było około czterech ton różnej wielkości odłamków meteorytu, a także dane pomiarowe dotyczące kraterów utworzonych prawie na oczach człowieka.

Po pierwszej ruszyły w syberyjską tajgę dalsze ekspedycje. Było ich do tej pory piętnaście. Uzbierano dwadzieścia siedem ton odłamków meteorytu. Największy ważył tysiąc siedemset czterdzieści pięć kilogramów, a najmniejszy osiemnaście setnych grama. Były to oddzielne meteoryty, fragmenty wielkiego, siedemdziesięcotonowego ciała, które wpadło w atmosferę Ziemi. Poszczególne odłamki udało się w wielu wypadkach poskładać w większe całości i prześledzić drogę rozpadu tej masywnej bryły żelaznej. Niektóre z odłamków wykazywały ślady mocnych deformacji, spowodowane zapewne zderzeniem ze skałami czy z drzewami. Oprócz pojedynczych egzemplarzy meteorytów z próbek gruntu udało się wydzielić interesującą kolekcję mikro-meteorytów oraz pyłu meteorytowego i meteorowego, niekiedy mikroskopijnych rozmiarów. Z wyglądu drobinki te przypomi-

nały fragmenty meteorytu w miniaturze. W czasie ekspedycji poczyniono też wiele obserwacji geologicznych, geofizycznych, meteorologicznych, biologicznych i innych. Nauka wzbogaciła się o liczne dane doświadczalne. Uczni do dziś pracują nad bogatym materiałem ekspedycji, a dzięki nowoczesnym metodom badawczym mają możliwość prowadzenia coraz wnikliwszych badań, by coraz pełniej odsłaniać tajemnice dziwnego żelaznego „kamienia z nieba”, który spadł na syberyjską tajgę.

Pierwszą wzmianką na temat spadku meteorytu na ziemi polskie, jak podaje Pokrzywnicki, była wiadomość o upadku wczesnym rankiem szóstego marca 1636 roku kamienia o niezwykłym kształcie we wsi Dąbrowa Łużycka. Meteoryt spadł na pole kolonisty Mateusza Schebacka i był, jak podają kronikarze, nadzwyczaj wielki. Kształtem przypominał czarę lub misę. Wagę jego ocenić można na blisko sto kilogramów. Materia jego, jak podają źródła, była krucha, usiana gruzelkami czy wrostkami jakichś metali. Na zewnątrz okaz pokryty był mocną, jak gdyby przez ogień opaloną powłoką. Nie wiadomo, co stało się z cennym znaleziskiem. Mógł zostać rozbity i rozebrany na pamiątkę przez okoliczną ludność jako talizman.

Niespełna sto lat później, jedenastego kwietnia 1715 roku o godzinie szesnastej w miejscowości Skalin na Pomorzu Zachodnim, w pobliżu Stargardu, pasterze pasący na polu bydło zauważyli coś, co spadło z olbrzymią prędkością i zaryło się w piach, wyrzucając wysoko w górę słup ziemi. Dał się również słyszeć dziwny, wyjątkowo doniosły, słyszany w promieniu wielu mil odgłos. Początkowo usłyszano jakby trzy armatnie wystrzały, następnie turkot przypominający jazdę po bruku ciężko naładowanego wozu. Pasterze wydobyli wbitą w piach bryłę meteorytu. Była wielkości głowy ludzkiej i swym kształtem przypominała czaszkę. Później znaleziono jeszcze dwa fragmenty tego meteorytu. Były mniejsze, wielkości gęsiego jaja. Do dziś meteoryt

ten jest wielką rzadkością i znajduje się jedynie w kilku muzealnych zbiorach.

Piątek, piątego października 1827 roku, nie różniłby się dla mieszkańców okolic Knyszyna od innych pracowicie spędzonych dni na roli, gdyby nie fakt, że około godziny dziewiętej przy pogodnym niebie z gęstej chmury stojącej w zenicie zaczęły się sypać liczne kamyki, niektóre wielkości kurzego jaja. Zjawisku temu towarzyszyły efekty dźwiękowe przypominające karabinowy ogień. Hałas trwał trzy czy cztery minuty. Jak się wydaje, niewielkimi meteorytami obsypana została powierzchnia w kształcie elipsy od Knyszyna do wsi Fasty, a wielka oś tej elipsy wynosiła około dwudziestu kilometrów. Bardzo wiele okazji spadło, jak podają źródła, w nurt rzeki Supraśli i na okoliczne błota. Niewiele odłamków zostało zebranych i do dziś w zbiorach muzealnych ogólna masa tego meteorytu nie przekracza sześciuset dwudziestu trzech gramów. Nie od razu bowiem przystapiono do poszukiwań, a po pewnym czasie, kiedy ciemna otoczka opalenizny zwietrzała, niewielkie i kruche odłamki jasnoszarego koloru trudno było odróżnić od materiału skalnego podłoża.

W 1856 roku około godziny siedemnastej w okolicach majątku Świdnica Górna, obecnie Siedlnica, pojawił się bolid w postaci kuli ognistej, z którego spadł meteoryt. W wyniku poszukiwań znaleziono, i to dopiero w następnym roku, jeden zaledwie jego odłamek. Sądząc po zachowanym szczątkowym opisie, zaliczyć by go można do trudno rozpoznawalnych achondrytów. Okaz ten jeszcze przed pierwszą wojną światową został zagubiony bądź skradziony z kolekcji.

Najbardziej sensacyjne wydarzenie XIX wieku, jedno z kilku do dnia dzisiejszego, miało miejsce na ziemiach polskich trzydziestego stycznia 1868 roku. Był to spadek meteorytu pułtuskiego. A oto co czytamy na ten temat w broszurze wydanej

przez Szkołę Główną dwunastego maja 1868 roku, drukowanej w języku francuskim i rozesłanej wraz z okazami meteorytu do wszystkich uniwersytetów i wyższych zakładów naukowych Rosji, jak również do uniwersytetów wielu liczących się ośrodków i towarzystw naukowych w Europie i do niektórych profesorów. Broszurę tę zacytuje w tłumaczeniu J. Pokrzywnickiego:

„30 stycznia o godz. 7⁰⁰ wieczorem przy temperaturze powietrza -6⁰R i ciśnieniu barometrycznym 753.52 mm, przy niebie czystym od południa i tylko paru przesuwających się z zachodu na wschód chmurach, ukazała się na horyzoncie Warszawy jasna kula ognista i w tym samym dniu w odległości 77 km od Warszawy w kierunku północno-wschodnim spadły z tej kuli, rozsiewając się po powierzchni ziemi, bardzo liczne meteoryty.

Zebrane w różnych miejscowościach Królestwa Polskiego dane, w szczególności pochodzące od świadków zdarzenia, pozwoliły na opis jego przebiegu: W Warszawie bolid zauważony został po raz pierwszy w kierunku południowo-zachodnim, obok głowy gwiazdozbioru Andromedy. Wydawał się gwiazdą pierwszej wielkości, lecz wielkość jego bardzo prędko wzrastała i przy przekraczaniu południka warszawskiego obserwowana średnica kuli wynosiła 15⁰ do 20⁰. Po przelocie kilku stopni zaczął on zostawiać za sobą ślad bladego światła, którego największa długość podczas trwania zjawiska wynosiła 9⁰, a szerokość 2⁰.

Światło tej kuli początkowo podobne było do światła gwiazd spadających, lecz w miarę wzrostu wymiarów kuli kolor jej zmienił się, stając się naprzód zielononiebieskawy, a następnie koloru ciemnokrwistej czerwieni.

Intensywność tego światła przekraczała w chwilę po jego ukazaniu się blask Księżyca w pierwszej kwadrze, osiągając swe maksimum na południku Warszawy. Światło to trwało 3 do 4 min. W momencie maksimum jasność bolidu o zielononiebieskim kolorze była tak jaskrawa, że ludzie wybiegali z domów i

zatrzymywali się na ulicach, biorąc tę jasność za łunę olbrzymiego pożaru. Światło to odznaczało się szczególnym falowaniem (oscylacją), które można było przypisać przyskającym z bolidu iskrom.

Powyższe zjawisko widziane było na bardzo dużej przestrzeni, w Gdańsku, w Poznaniu, w Krakowie, w Pradze, w Wiedniu, w Kownie, w Grodnie i oczywiście na całym obszarze Królestwa Polskiego.

Trudno byłoby z braku dostatecznych danych określić dokładnie wysokość bolidu podczas jego lotu w atmosferze. Zestawiając jednak całość obserwacji poczynając od pierwszego jego ukazania się, w odniesieniu do różnych lokalnych południków na terenie Królestwa Polskiego, można przyjąć, że meteoryt wszedł do atmosfery w zenicie miasta Strykowa, na linii łączącej Łowicz i Zgierz”.

Tyle można przeczytać w oficjalnej naukowej ulotce, a oto co przekazali od naocznych świadków specjaliści wysłannicy:

Świadkowie zjawiska w okolicach Pułtuska zaobserwowali ukazanie się ognistej kuli o godzinie dziewiętnastej. Zauważono od strony południowo-zachodniej podobną do racy, kierującą się na północny wschód, jak gdyby jasną gwiazdę, wlokącą za sobą ogon składający się z małych iskierek. Ognista kula zdawała się zniżać i zwiększać, rozsiewając równocześnie niebieskawe światło. Blask zjawiska w końcowym jego stadium był tak intensywny, że trudny do zniesienia dla oczu. Po zniknięciu kuli widziano spadanie na ziemię wielu gwiazd, gasnących, zanim osiągnęły horyzont. W miejscu, gdzie kula zgasła, wznosiła się biaława zygzakowatego kształtu chmura, którą powoli rozproszył zachodni wiatr.

Mieszkańcy okolic Pułtuska dwadzieścia sekund po zgaśnięciu światła usłyszeli silną, przewlekłą, idącą od wspomnianej chmury detonację; w czasie jej trwania odróżnili jeszcze dwa

silniejsze jak gdyby wystrzały. Detonacja skończyła się serią odgłosów przypominających gęsty ogień karabinowy lub długotrwały werbel. Hałasy te z różnym natężeniem trwały około pół minuty.

W tym czasie mieszkańcy wsi Rowy i Rozdziały, położonych nad brzegami Narwi, usłyszeli gwizd lecących w atmosferze kamieni, plusk wody płynącej po powierzchni lodów i dźwięk kamieni uderzających o lód na rzece. Ostry gwizd i wyraźny odgłos uderzeń twardych ciał o dużej masie słyszany był również we wsiach Nowy Sielec i Gostkowo. Bardzo wielu mieszkańców tej ostatniej wsi słyszało odgłos kamieni spadających z dużą siłą na dachy domostw, płoty, drzewa itp. Nazajutrz znaleziono w tych właśnie miejscach kilka okazów meteorytów. Właściciel wsi Nowy Sielec, powiadomiony o spadku kilku kamieni, przedsięwziął natychmiast poszukiwania w okolicy. Ich wynikiem było znalezienie czterokilogramowego meteorytu, zagrzebanego w śniegu niedaleko dużego wgłębienia mającego kierunek na południowy wschód. Okaz ten podjęty po dziesięciu minutach od spadku był zupełnie zimny.

Siedemnastego maja 1879 roku o godzinie szesnastej w miejscowości Piława Górna, koło Dzierżoniowa, dał się słyszeć silny grzmot podobny do wystrzału armatniego. Po nim usłyszano gwizd i coś, na oczach świadków, spadło na ziemię, wyrzucając w górę pióropusz pyłu. Odłam o wadze kilograma zarył się w miękkim gruncie na głębokość trzydziestu centymetrów. Znaleziono jeszcze drugą część tego meteorytu o wadze siedemdziesięciu pięciu dekagramów. Poszukiwania dalszych odłamków nie dały żadnych rezultatów. Poszczególne fragmenty tego meteorytu znajdują się w wielu światowych kolekcjach.

Dwudziestego czwartego sierpnia 1880 roku między czternastą a piętnastą we wsi Ratyń spadł meteoryt o wadze około kilograma. Zarył się w ziemię, a spadkowi towarzyszył huk i szum.

Meteoryt upadł pomiędzy koszących w tym czasie łąkę. Kosiarzy owiał gorący jak żar wiatr, tamując im na moment oddech.

Pewien gospodarz we wsi Grzempy, niejaki Bydołek, w czasie pracy w swojej zagrodzie ujrzał nagle spadającą na ziemię „kulę ognistą”. Kula obcięła kilka gałęzi z pobliskiego drzewa i ugrzęzła w ziemi. Miało to miejsce trzeciego września 1910 roku około godziny piętnastej. Jednocześnie ze spadkiem meteorytu dał się słyszeć gwałtowny, podobny do grzmotu łoskot. Kopiając niezwłocznie w miejscu spadku, Bydołek wydobył meteoryt wielkości pięści, o kształcie okrągławym, ważący około sześciuset dziewięćdziesięciu gramów. Meteoryt po odkopaniu okazał się tak gorący, że nie można było utrzymać go w ręku. Pokryty był otoczką opalenizny i wykazywał dwie powierzchnie rozłamu: jedną powstałą świeżo przy uderzeniu meteorytu o drzewo, i drugą wskutek odpadnięcia części masy jeszcze w atmosferze. Odłamków tych nie udało się jednak odnaleźć, a okaz tego meteorytu znajduje się w zbiorach Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Do redakcji „Ilustrowanego Kuriera Codziennego” nadszedł w marcu 1935 roku z posterunku Policji Państwowej w Olkuszu list informujący, że około godziny zero pięćdziesiąt pięć dwunastego marca tegoż roku policjanci patrolujący miasto dostrzegli spadający wolno wielkiej jasności meteor. Meteor ten tuż nad ziemią, według świadków, miał rozpaść się i upaść w pobliżu. Niebawem zaczęły dochodzić sygnały z różnych stron kraju, co mogło wskazywać na dużą wysokość, na której nastąpił rozpad meteorytu. Sprawa wyjaśniła się, kiedy profesor Wilczyński, dyrektor Seminarium Nauczycielskiego w Łowiczu, poinformował telefonicznie obserwatorium astronomiczne w Warszawie o odnalezieniu odłamków meteorytu. Dowiedział się o tym od nauczyciela szkoły we wsi Krępa. Niektórzy mieszkańcy wsi znaleźli odłamki dziwnego kamienia, który spadł z nieba. Wie-

śniacy utrzymywali informację o zjawisku w tajemnicy, przypisując okazom właściwości nadprzyrodzone bądź spodziewając się znaleźć wewnątrz nich złoto czy inną drogocenną materię.

Wkrótce po pierwszych informacjach pracownicy obserwatorium astronomicznego wyjechali w teren, aby przesłuchać świadków zdarzenia i odszukać meteoryty.

Jak wynika z relacji świadków, oślepiające światło rozlewało się przez kilka sekund po okolicy w samym środku nocy i niejednego z nich przeraziło. W chwili spadku niebo pokryte było chmurami, toteż obserwatorzy nie mogli widzieć pędzącego bolidu. Huk posłyszano prawie zaraz po zapadnięciu ciemności. Przypominał strzały najcięższych armat lub, jak twierdzili niektórzy, odgłos przetaczania dużych kamieni po podpiwnicznej podłodze. Grzmot, podobnie zresztą jak błysk, nie był jednostajny. Gospodarze, którzy przebywali w tym czasie na dworze, wyraźnie słyszeli świst i odgłosy uderzeń o ziemię poszczególnych meteorytów, następujące w bardzo krótkich odstępach czasu. Niektóre z meteorytów, jak twierdzą świadkowie, dawały czerwone smugi świetlne, znaczące dość stromy tor rozgrzanych do czerwoności ciał. Większe okazy, jak zbadano, spoczywały na powierzchni ziemi w płytkich miseczkowatych zagłębieniach. Teren rozsiania meteorytów miał około dziewięciu kilometrów. Największe okazy znaleziono w okolicy wsi Krępa. Jeden z gospodarzy nazajutrz po tym niesamowitym zjawisku zauważył przy drodze jakiś duży, wrośnięty w ziemię kamień, którego uprzednio w tym miejscu nie widział. Meteoryt ważący dziesięć kilogramów stał się przedmiotem badań grona miejscowych chłopów. W ich wyniku rozdrobniono największy z okazów i rozebrano na pamiętkę. Zebrano kilkadziesiąt okazów o łącznej wadze około stu dziesięciu kilogramów. Okazy tego meteorytu znajdują się w muzeach jako tzw. meteoryt łowicki, a klasyfikowane są jako meteoryt żelazno-kamienny (mezosyderyt).

W początkach czerwca 1928 roku około godziny dziesiątej czy jedenastej nastąpiło niecodzienne zjawisko w położonej niedaleko Warszawy wsi Gaj. Miejscowość ta znajduje się tuż obok szosy Warszawa—Białystok, jakieś dziesięć kilometrów przed Wyszkowem.

Grupa osób pracujących na polu usłyszała szum jakby „dużego wiatru”, który wiał, jak im się zdawało, z zachodu. Zauważono również, jak „coś” czarnego leciało ponad wierzchołkami drzew pobliskiej olszyny. To „coś” prędko przeleciało i spadło z pluskiem do znajdującego się na polu płytkiego bagienka.

Bronisława Paż, która pasła krowy w pobliżu wspomnianego miejsca, tak opisuje sam spadek meteorytu doktorowi Pokrzywnickiemu w roku 1954: „Stałam obrócona na południe, gdy wtem podrzucił mnie jakiś podmuch i usłyszałam gwizd. Zaraz obejrzałam się i widziałam, jak drzewa nad olszyną od strony szosy w kierunku północno-wschodnim pochyliły się w kierunku wschodnim pod wpływem czegoś, co leciało, a było podobne do kłębu dymu. To coś wpadło do pobliskiego bajorka, przy czym słychać było silne uderzenie. Byłam bardzo blisko miejsca spadku, na jakieś pięćdziesiąt metrów, tak że mnie podmuch aż pochylił. Przerazona uciekłam do pielących i razem z nimi wróciłam zaraz na miejsce spadku. Słup wody wytrysnął wysoko, może na dwanaście metrów lub wyżej, a woda i błoto oraz trawa jeszcze parę minut «chodziły jak na sprężynach». Mówiono, że to leciał diabeł”.

Próby znalezienia i wydobycia meteorytu podejmowano wielokrotnie, lecz bez powodzenia, tkwi on zapewne głęboko na dnie owego bagienka.

Co się jednak może stać, kiedy masa spadającego meteoroidu jest zbyt wielka, aby mógł on w ochronnej warstwie atmosfery wytracić energię kinetyczną swego ruchu? Nastąpi wtedy przebicie atmosfery pociskiem meteoroidu i zderzenie się mknącego

z kosmiczną prędkością ciała z ziemskimi skałami. Następstwem tego będzie katastrofa, którą trudno sobie wyobrazić, a na powierzchni planety pozostanie ślad „astroblema”, co oznacza kosmiczną ranę.

Jak się współcześnie przypuszcza, cały proces kształtowania się kraterów podzielić można na trzy zasadnicze etapy.

Na pierwszym następuje zetknięcie się ciała meteorytu z twardą powierzchnią planety. W punkcie zderzenia wytworzone zostaje ogromne ciśnienie, rzędu kilkudziesięciu megapaskali. Wywołuje ono falę uderzeniową, rozchodzącą się sferycznie zarówno w ciełe uderzającego pocisku, jak i pod powierzchnią planety. W tym momencie wyzwala się ogromna energia — przez zmianę energii kinetycznej pocisku na ciepło — i w wyniku raptownego zahamowania ruchu meteorytu powoduje natychmiastowe odparowanie, topnienie i kruszenie materiału w miejscu zetknięcia się ciał. Materiał ten w warunkach skrajnie wysokich ciśnień i temperatury zostaje wyrzucony „strumieniami” we wszystkie strony pod bardzo małym kątem. Są to pokruszone i stopione odłamki zderzających się ciał oraz duże ilości zjonizowanego gorącego gazu, plazmy. Materia wyrzucanych strumieni, jak oceniają specjaliści, opuszcza miejsce zderzenia z prędkością wielokrotnie wyższą od pierwotnej prędkości meteoroidu. Ten pierwszy, niezmiernie krótki etap ściskania kończy się w momencie powrotu fali uderzeniowej odbitej od tylnej strony meteorytu. W tym czasie na skutek przejścia fali uderzeniowej następuje silna deformacja ciała meteorytu, jak również powierzchni skał w miejscu kolizji. Wszystko to trwa moment, potem rozpoczyna się następny etap, zwany etapem ekskawacji.

Na tym etapie obserwuje się wyrzucanie największych ilości materiału z miejsca tworzenia się krateru. Zachodzi ono już w warunkach niższych ciśnień, co wpływa na uzyskiwanie przez

wyrzucane fragmenty średnich i małych prędkości. Następuje radialne rozprzestrzenianie się fali uderzeniowej i ciskanie materiału we wszystkie strony od punktu uderzenia. Prowadzi to do rozproszenia się energii kinetycznej meteoroidu w prędko powiększającej się objętości i masie powstającej misy uderzeniowej. Obserwuje się szybkie opadanie maksymalnego ciśnienia we wszystkich kierunkach od miejsca uderzenia. Fala uderzeniowa porusza masy skruszonej skały, początkowo równoległe do frontu fali uderzeniowej, a z czasem równoległe do ścian tworzącego się krateru. Powoduje to boczne rozsuwanie się skał, ich wyrzut i gromadzenie się w strefie wału krateru.

Odłamki wyrzucane z wnętrza krateru opuszczają miejsce eksplozji pod coraz to większym kątem w stosunku do powierzchni planety. Część z nich, wyrzucona w końcowej fazie powstawania krateru, spada na dno misy uderzeniowej. Materiał z centralnej części dna krateru nie przejawia tendencji do bocznego rozsuwania się i najczęściej pozostaje na miejscu, będąc jednym z czynników prowadzących do utworzenia się górki centralnej. Luźny materiał składający się z fragmentów pokruszonych skał, zastygłego w rozmaite formy szklawa i produktów powstałych w wyniku termicznej kondensacji par i gazów, tworzących się szczególnie obficie w pierwszym okresie formowania się krateru, tworzy charakterystyczne w swoim składzie i strukturze „pokrywy wyrzutowe”. Pokrywy te są zasadniczym typem genetycznym luźnych gruntów występujących na powierzchni większości ciał kosmicznych pozbawionych atmosfery.

Procesy uderzeniowe kształtują morfologię powierzchni i strukturę gruntów Księżyca, Merkurego, większości planetoid; ich występowanie należy również przewidywać na Marsie. Można przypuszczać także, że inne ze względu na skład, lecz podobne genetycznie będą pokrywy wyrzutowe na dalej położonych

planetach i ich księżycach. Grubość pokryw wyrzutowych jest największa w obrębie wału krateru, najmniejsza zaś w obrębie misy uderzeniowej i na zewnątrz pierścienia wału. Zazwyczaj jednak w trwającej miliardy lat historii budowy i przebudowy krajobrazu powierzchni planet, przy wielokrotnym nakładaniu się procesów uderzeniowych, powstaje bardzo skomplikowany obraz struktur geologicznych powierzchni. Większość wcześniej powstałych pokryw wyrzutowych ulega zeskalnieniu i metamorfizmowi. Tworzą się twarde skały o charakterystycznej brekcjonowanej budowie. Zawierają one słabo niekiedy rozpoznawalne w wyniku silnego metamorfizmu uderzeniowego składniki charakterystyczne dla materiału wyjściowego.

Trzeci etap formowania się krateru jest znacznie dłuższy. Na tym etapie pod wpływem procesów geologicznych, na przykład powstawania osuwisk, izostazji (czyli wypiętrzania się masywów pod wpływem odciążenia skorupy planety), wulkanizmu czy erozji, forma morfologiczna krateru nabiera dojrzałych rysów, starzeje się i zanika. Nigdy jednak nie odbywa się to bez pozostawienia śladów.

Zaraz po uformowaniu się misy uderzeniowej krateru na jej stromych ścianach zaczynają się tworzyć osuwiska. Luźny czy rozkruszony materiał skalny osuwa się w kierunku dna krateru, tworząc charakterystyczne tarasy osuwiskowe. Proces ten jest doskonale widoczny wewnątrz dużych kraterów, o średnicach przekraczających dziesięć kilometrów.

Podczas katastroficznego uderzenia skorupa planety pęka w niezliczoną ilość szczelin. Szczeliny te powodują obniżenie ciśnienia wewnątrz gorących mas skalnych, ukrytych głęboko pod powierzchnią. Prowadzi to do częściowego upłynnienia się skał i powstania ognisk magmy. Magma wędrując szczelinami w kierunku powierzchni wydostaje się na zewnątrz i zapełnia dno misy uderzeniowej. Poprzez systemy szczelin wylewać się może na

zewnątrz wałów i tworzyć kręte doliny lawowe, znane z obrazów powierzchni Księżyca, Merkurego i Marsa. Wulkanizm wywołany przez kraterotwórcze procesy uderzeniowe występuje w zasadzie zawsze w miejscach większych kolizji kosmicznych.

Część skał występujących w miejscu uderzenia ulega stopieniu. W momencie wybuchu bryzgi stopionego materiału wyrzucane są razem z ostrokrawędzistymi odłamkami rozkruszonych skał. W zależności od siły wybuchu i siły grawitacji wyrzucany materiał stopionych skał stosunkowo szybko zastyga, tworząc szkliste, kuliste formy znane z próbek gruntu księżycowego. Roztopione krople upłynnionej udarem skały lecąc przez atmosferę nabierają aerodynamicznych kształtów i zastygają w powietrzu, przemierzając niekiedy dziesiątki i setki kilometrów. Na Ziemi formy te, pokrewne genetycznie chondrom księżycowym, noszą nazwę tektytów. Długo trwała dyskusja naukowców dotycząca pochodzenia tych dziwnych tworów. Znajdowano je na pewnych obszarach w różnych częściach Ziemi: australity w Australii, mołdawity w południowej Czechosłowacji, tektyty u Wybrzeża Kości Słoniowej czy tektyty Ameryki Północnej.

Powiązanie tektytów jako wysokotemperaturowych szkieł impaktowych z odległymi od nich, mocno zerodowanymi kraterami było z pewnością trudnym zadaniem, nawet dla geologii początków naszego wieku. Po pierwsze, nieznane były struktury i procesy uderzeniowe, a w okolicach znalezisk tektytów trudno było doszukać się ich źródła. Wyglądały, jakby spadły z przestworzy. Ponieważ znane były wówczas meteoryty jako kamienie spadające z nieba, w niczym jednak niepodobne do tektytów, wysunięto przypuszczenie o ich księżycowym pochodzeniu. Miałyby one, zgodnie zresztą z rzeczywistością, powstawać w procesach uderzeniowych na Księżycu, po czym spadać na

Ziemię. W poważnych pracach naukowych wiązano różne rodzaje tektytów z poszczególnymi strukturami uderzeniowymi Księżyca.

Szczegółowe analizy składu tektytów wykazały ich bezsprzecznie ziemskie pochodzenie. Ostatecznym i bardzo przekonującym dowodem na to jest, jak się wydaje, znalezienie tektytów irgizytów w jednym miejscu z kraterem meteorytowym. Niewielki krater o średnicy pięciu kilometrów, odkryty w Kazachstanie, jest stosunkowo młody, jego wiek nie przekracza bowiem ośmiuset tysięcy lat. Wśród skał w obrębie wału krateru i poza nim znaleziono duże ilości tektytów. Szkliska ich mają często kropłopodobną formę, innym razem podobne są do gałązek. Na powierzchni tektytów widoczne są szkliste kopuły i drobne kulki świadczące o tym, że krople te narastały w krzemianowej chmurze produktów odparowania skał w miejscu eksplozji uderzeniowej.

Ślady metamorfizmu uderzeniowego są dla specjalisty stosunkowo łatwe do identyfikacji. Czyni się to za pomocą analizy rentgenostrukturalnej, w prostszych zaś przypadkach wystarcza obserwacja pod mikroskopem polaryzacyjnym cienkiego szlif skały, przepuszczającego światło. Minerale w takim szlifie (w odróżnieniu od innych, nie zmienionych w wyniku uderzenia) mogą wyróżniać się tak zwanym welnistym wygaszaniem światła, występowaniem linii przełamów i uderzeniowych płaszczyzn przecinających gęstą siateczką mikroskopowy obraz. Można również zaobserwować — w wyniku amorfizacji minerałów — tak zwane szkliska diaplektowe. Wysokie ciśnienie zamienia pierwotne struktury minerałów, prowadząc do ich przemian w szklisko z pominięciem etapu topnienia. Minerale mogą też przemienić się w inne wysokociśnieniowe odmiany. Powstają minerale diagnostyczne, charakterystyczne dla silnych procesów uderzeniowych, jak: koesyt, styszowit, badeleit czy leszaterieryt.

Budowa geologiczna kraterów meteorytowych jest zatem bardzo skomplikowana. Sytuacja staje się jeszcze trudniejsza, gdy procesy uderzeniowe kształtujące powierzchnię planety nakładają się na siebie wielokrotnie. Taki obraz budowy geologicznej jest typowy dla powierzchni Merkurego, Księżyca czy Marsa, na których w wyniku braku bądź bardzo słabej ochrony atmosferą procesy uderzeniowe są zasadniczym czynnikiem kształtującym ich morfologię.

Wielokrotne nakładanie się procesów uderzeniowych, osuwanie się gruntu i zapęzanie kraterów w wyniku działania różnych czynników erozji powodują, że tylko młode kratery uderzeniowe są wyraźnie zarysowane w krajobrazie planety nie osłoniętej atmosferą. Z upływem czasu formy te powoli zanikają, ustępując miejsca młodszym. Na planetach posiadających atmosferę do niszczenia form morfologicznych przyczynia się działanie wody, wiatru, lodu i wiele skomplikowanych procesów chemicznych oraz biologicznych.

Jeszcze jednym z procesów powodujących spłykanie dużych kraterów i zmniejszanie się w nich stosunku średnicy do głębokości jest izostazja. Wyrzucony z misy krateru w wyniku eksplozji materiał skalny odciąża pewien fragment skorupy planety. Siły wnętrza nie mogą oczywiście tolerować takiego stanu; dążąc do wyrównania ciśnień powodują powolne unoszenie się dna krateru. Powstają przy tym spękania, przez które na powierzchnię przedostaje się magma, uruchamiając nawet po bardzo długim okresie od chwili spadku procesy wulkaniczne. Izostazja wspomagana procesami wulkanicznymi kształtuje współczesny wygląd wielkich kraterów księżycowych, tych o średnicach kilkudziesięciu i więcej kilometrów. Wewnątrz kraterów otoczonych bardzo zerodowanymi wałami występuje już nie nisza, lecz właściwie kopuła, dno bowiem unosząc się przez miliony lat doprowadziło do uformowania się kształtu zbliżonego do krzywizny powierzchni planety.

Z obserwacji teleskopowych Księżyca czy z fotografii wykonanych przez automatyczne sondy kosmiczne wiadomo, że kratery uderzeniowe występują bardzo licznie na naszym naturalnym satelicie. Badania wielu skał przywiezionych przez automatyczne i pilotowane statki kosmiczne z powierzchni Księżyca wyjaśniły, że zryte kraterami jasne powierzchnie „kontynentów” księżycowych są niezwykle stare i pamiętają czasy powstania tego globu cztery i pół miliarda lat temu. Procesy uderzeniowe zachodziły wtedy bardzo często. Spadanie wielokilometrowych brył na powierzchnię Księżyca było w tym okresie codziennością. Nie tylko zresztą na Księżycu, ale i na wszystkich formujących się planetach Układu Słonecznego.

„Morza” księżycowe, uformowane znacznie później, bo zaledwie trzy miliardy lat temu, są już tylko w nieznacznym stopniu pokraterowane. To świadczy o tym, że zaraz po uformowaniu się planet i po straszliwym piekle kosmicznych katastrof nastąpiła cisza. W ciszy tej, jedynie z rzadka, raz na wiele milionów lat, przerywanej nagłą eksplozją przypominającą o ciągłym istnieniu zagrożenia, zaczęło rozwijać się życie. Ono zaś może rozwijać się i trwać tylko w bardzo specyficznych warunkach, w spokoju, a nie w ogniu eksplozji.

Na powierzchni Marsa widoczne są ślady głębokiego niegdyś kraterowania na starej, wyżynnej, południowej półkuli planety. Młodsza półkula nie jest tak głęboko pokraterowana. Brak próbek z Marsa nie pozwala nam na razie na oszacowanie wieku powierzchni czerwonej planety. Wiele kraterów jest również na powierzchni Merkurego. Ta mała stosunkowo planeta wydaje się równomiernie pokraterowana i pamięta zapewne zamierzchnie czasy końca planetogenezy.

Kratery uderzeniowe występują również na planetoidach. Doskonale jest to widoczne na fotografiach dwóch małych naturalnych satelitów Marsa: na Phobosie i Deimosie, które uważa się

za przechwycone przez Marsa planetoidy. Dużą liczbę kraterów meteorytowych obserwować można również na satelitach Jowisza i Saturna. Ciekawy przypadek stanowi tu jeden z satelitów Saturna Mimas. Ten niewielki, bo zaledwie trzystupięćdziesięciokilometrowy glob ma gigantyczny, bo ponadstukilometrowej średnicy krater. Widać, że księżyc ten był o krok od rozbicia podczas zderzenia się prawdopodobnie ze średniej wielkości planetoidą.

Nie zawsze jednak uznawano uderzeniową genezę kraterów księżycowych. Początkowo w badaniach naukowych w ogóle nie brano pod uwagę występowania form o podobnej genezie na Ziemi. Spotykane na powierzchni koliste struktury geologiczne starano się wyjaśnić karkołomnie skomplikowanymi hipotezami kryptowulkanizmu czy jeszcze dziwniejszymi kryptowybuchami. Jeszcze do 1953 roku pojawiały się prace uczonych, którzy nie mogli pogodzić się z prostą i oczywistą uderzeniową genezą tych form. W ciągu ostatnich dwudziestu pięciu lat dobrze udokumentowanych struktur uderzeniowych na powierzchni naszej planety szybko zaczęło przybywać, stało się nawet jasne, że tak jak w odległej przeszłości, tak i w czasach współczesnych kolizje Ziemi z olbrzymimi bryłami materii kosmicznej są obiektywnym faktem.

Jedynie bardzo młode kratery powstałe w czasach współczesnych, jak kratery meteorytu Sichote Aliń, prawie na oczach świadków, są wyraźne i łatwo rozpoznawalne. Niezwykle szybkie tempo erozji na naszej planecie, wynikające z występowania gęstej atmosfery, hydrosfery i biosfery — powoduje zacieranie starych struktur geologicznych nie tylko niewielkich kraterów meteorytowych, ale i całych pasm górskich. Obecnie znanych jest ponad sto kraterów uderzeniowych na powierzchni Ziemi. Każdego roku nauka dowiadyuje się o coraz to nowszych odkryciach. Dzieje się tak dzięki wprowadzeniu do geologii nowocze-

snej techniki obliczeniowej oraz fotointerpretacji fotografii lotniczych i satelitarnych. Struktury uderzeniowe odnajdywane są wśród bezludnych obszarów pustynnych i odszyfrowywane z licznych śladów w gęsto zaludnionych okolicach, o częstokroć bardzo skomplikowanej budowie geologicznej. Niejednokrotnie bez zastosowania interpretacji zdjęć satelitarnych stara struktura uderzeniowa trudna jest do stwierdzenia nawet dla wytrawnego geologa.

Jednym z najlepiej poznanych kraterów meteorytowych na Ziemi jest krater arizoński, znany również pod nazwami Canion Diablo czy Berringer. Potężna kaldera o średnicy tysiąca dwustu dwudziestu metrów i głębokości stu osiemdziesięciu znajduje się w północnej części stanu Arizona w USA, na płaskowyżu Kolorado, trzydzieści pięć kilometrów na zachód od miasta Winslow. Wygodny dojazd oraz doskonale zorganizowana reklama przyciągają w to miejsce niezliczone rzesze turystów. Firma Berringer Krater Company opiekuje się tym rzadkim zjawiskiem przyrody. Krater chroniony jest przed zniszczeniem, ale szeroko udostępniany za niewielką opłatą turystom oraz osobom prowadzącym badania naukowe. Specjalnie wytyczonymi ścieżkami można obejść krater dookoła po koronie wału lub zejść na jego dno. Arizoński krater powstał, jak się dziś ocenia, dwadzieścia do czterdziestu tysięcy lat temu, jest zatem bardzo młody. Stał się doskonałym poligonem naukowo-badawczym.

Po raz pierwszy na dziwny krater zwrócili uwagę C. K. Gilbert i M. Barker w 1891 roku, wiążąc jego powstanie z licznymi odłankami meteorytu żelaznego, znajdowanymi w pobliżu krateru. Następnie w latach 1891 i 1892 badania prowadził znany filadelfijski mineralog A. Foote. Bezowocnie poszukiwał śladów wulkanizmu, i w rezultacie nie potrafił wyjaśnić genezy oglądanej formy morfologicznej, nazywając ją mianem „zadziwiającego fenomenu geologicznego”. Upłynęło wiele lat, zanim

uderzeniowa geneza krateru w Arizonie została udowodniona. Podczas badań zwrócono uwagę na niezwykle charakterystyczne skały i metamorfizm w próbkach skał piaskowcowych z tego krateru. Po raz pierwszy odkryto tu występowanie w warunkach naturalnych wysokociśnieniowych odmian kwarcu, takich jak koesyt i styszowit. Krater ten nie ma idealnej kolistej formy, lecz przypomina kwadrat, co jest wynikiem specyficznej predyspozycji tektonicznej środowiska geologicznego. Podobnie księżycowy krater Ptolemaeus swoim sześciobocznym kształtem podkreśla ukierunkowanie predyspozycji tektonicznych tego fragmentu skorupy. Wał krateru arizońskiego wznosi się około trzydziestu do sześćdziesięciu metrów ponad otaczającą równinę i złożony jest z pozornie bezładnie przemieszanych produktów pokryw wyrzutowych. Dają się tu jednak wydzielić produkty wyrzutów pierwszej fazy — materiały wyrzucone na najdalszą odległość; produkty zasadniczej drugiej fazy tworzenia krateru (wyrzuty balistyczne) zalegają w formie gruzu głównie w obrębie wału. Widoczne są także produkty powrotnych spadków ostatniej fazy eksplozji. Jakkolwiek w przeważającej większości materiał pokryw wyrzutowych nie zawiera śladów metamorfizmu uderzeniowego, to jednak wielokrotnie spotyka się fragmenty roztopionych częściowo lub całkowicie skał. Co ciekawe, pomimo usilnych poszukiwań nie znaleziono w obrębie krateru typowych dla struktur uderzeniowych „stożków zniszczenia”. Na podstawie dociekań naukowych ocenia się, że ciało olbrzymiego meteorytu żelaznego, pędzące z kosmiczną prędkością, w momencie zetknięcia się z Ziemią miało masę od trzydziestu do dwustu tysięcy ton, a wyzwolona energia była olbrzymia i porównywalna ze średniej wielkości bombą wodową.

W 1922 roku odkryto niewielkie kratery meteorytowe w pobliżu miasta Odessa w stanie Teksas (USA). Największy z pię-

ciu kraterów miał średnicę stu siedemdziesięciu metrów, drugi co do wielkości dwadzieścia jeden, pozostałe były znacznie mniejsze. Podczas prac polowych wydobyto około tony odłamków meteorytu żelaznego. Jak się ocenia, potężny meteoroid rozpadł się w czasie przelotu przez atmosferę, na skutek czego prędkość poszczególnych brył znacznie się zmniejszyła. Główna masa meteorytu — ocenia się ją na trzysta piętnaście ton — utworzyła największy z kraterów, o średniej wysokości wału dwa metry ponad otaczającą równiną i pierwotnej głębokości dwadzieścia pięć metrów.

W 1925 roku Nininger zwrócił uwagę na dziwne zagłębienia bezodpływowe na farmie w stanie Kansas. W latach 1885—1900 zebrano tu wiele fragmentów meteorytu kamiennie-żelaznego, pallazytu. Szczegółowe badania struktury odkrytego krateru uderzeniowego o stosunkowo niewielkich rozmiarach siedemnaście na jedenaście metrów (owal) wykazały, że nie jest to krater wybuchowy, lecz podobnie jak w wypadku kraterów meteorytowych w górach Sichote Aliń powstały w wyniku zahamowania siły uderzenia bryły meteorytu o grunt. Prędkość poszczególnych odłamków była już zbyt mała, by mogła nastąpić typowa eksplozja uderzeniowa, z pełnym odparowaniem meteorytu i części skał.

Bardzo ciekawą strukturą uderzeniową jest owalny krater Sudbury. Odkryto go w 1966 roku na terytorium Ontario w Kanadzie. Struktura ta, jak się przypuszcza, powstała ponad półtora miliarda lat temu w wyniku uderzenia o powierzchnię Ziemi niewielkiej planetoidy. Wybuch o niewyobrażalnie wielkiej energii $3 \cdot 10^{29}$ ergów spowodował powstanie krateru o średnicy stu kilometrów i głębokości około trzech. Pomimo bardzo podeszłego wieku struktury Sudbury udało się odnaleźć dowody na jej uderzeniową genezę. Znalaziono „stożki zniszczenia”, szkliska uderzeniowe i wiele oznak metamorfizmu uderzeniowego.

Badanie tak starych form geologicznych nie jest łatwe, gdyż intensywne wietrzenie, działalność lodowców i regionalnego metamorfizmu zacierają skutecznie dawne ślady. Trzeba dużej znajomości przedmiotu badań, wytrwałości w pracy oraz szczęścia, by rozszyfrować tak skomplikowane koleje losu, jakim poddawane były skały na tym obszarze przez następne półtora miliarda lat po kosmicznej katastrofie. Struktura Sudbury jest jakby kuzynem innej struktury uderzeniowej — krateru Kopernik na Księżycu. Odpowiadałaby mniej więcej wiekiem i wielkością ciała uderzającego. To, że krater Kopernik jest większy od Sudbury, przypisać można mniejszej sile grawitacji na Księżycu, przez co wybuch mógł tam poczynić większe spustoszenia. Świeży, jak się wydaje, wygląd formy morfologicznej krateru Kopernik wynika z braku intensywnej, w porównaniu z warunkami ziemskimi, erozji, oraz zamrożenia wewnętrznych przemian geologicznych skorupy Księżyca. Od 1883 roku w obrębie Sudbury wydobyto wiele bogatych rud żelaza, niklu, miedzi i innych ciężkich metali. Po stwierdzeniu uderzeniowego charakteru tej struktury wielu uczonych wiązało występowanie rud bezpośrednio z ciałem meteoroidu. Szczegółowe analizy składu izotopowego rud wykazały jednak ich ziemskie pochodzenie. Należy zatem sądzić, że strzaskanie skał na skutek uderzenia oraz procesy wtórnego wulkanizmu czy hydrotermalne doprowadziły do wtórnego utworzenia się złóż.

Wiele starych kraterów uderzeniowych odkryto na powierzchni bardzo starej płyty kanadyjskiej. Znajdują się one na stosunkowo łatwych do fotointerpretacji równinnych terenach Kanady otaczających Zatokę Hudsona, która prawdopodobnie również jest pochodzenia meteorytowego. Jest to oczywiście tylko fragment prawdy wydarty naturze, gdyż stwierdzono obecność starych form uderzeniowych również w górskich rejonach Kanady.

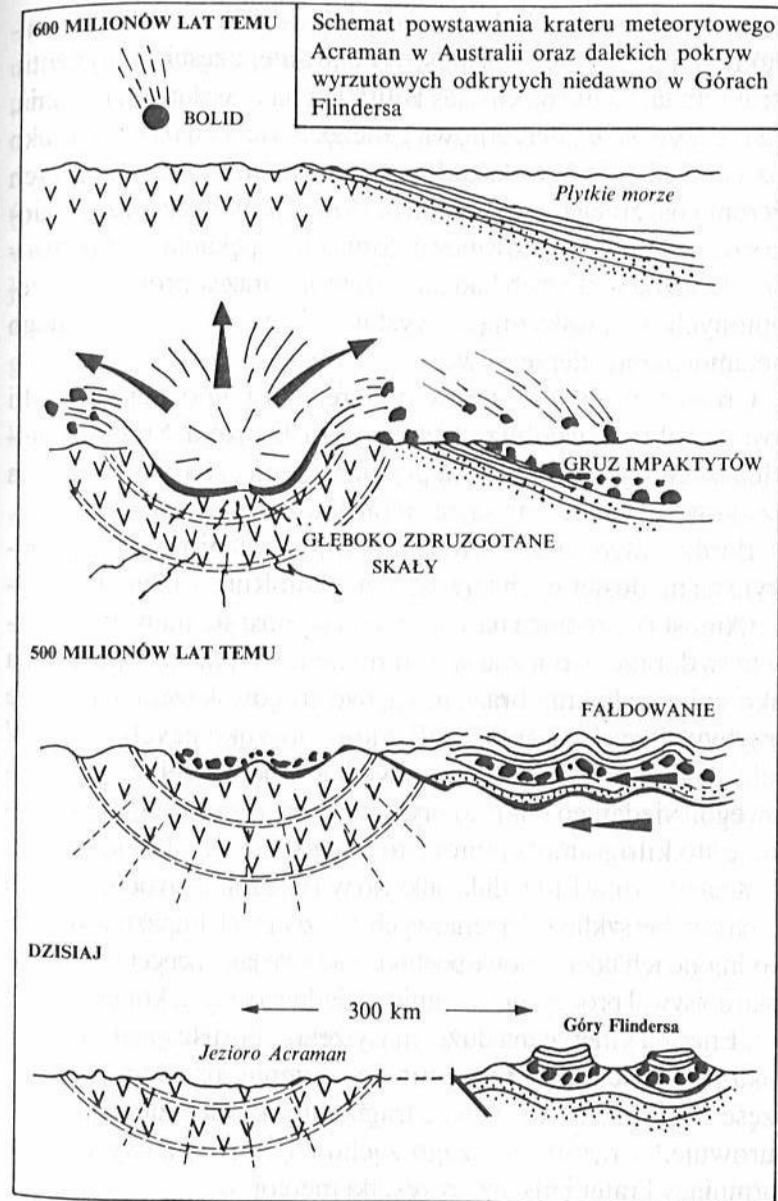
Bardzo ciekawym przykładem struktur uderzeniowych są krateru Australii. Oto w 1937 roku zauważono z pokładu samolotu krater Wolf Creek, położony na niedostępnych terenach zachodniej Australii, sto siedemnaście kilometrów na południe od miasta Hall's Creek. Dopiero jednak w 1948 roku dotarła tam ekspedycja naukowa, której plonem był duży zbiór (około sześciuset trzydziestu kilogramów) silnie utlenionych fragmentów meteorytu żelaznego.

Krater Wolf Creek ma formę owalną, wydłużoną, o wymiarach dziewięćset czterdzieści pięć na osiemset trzydzieści osiem metrów. Wał wznosi się ponad otaczającą równinę na dwadzieścia pięć do trzydziestu trzech metrów, a ponad powierzchnię dna na pięćdziesiąt pięć metrów. Wiek krateru trudno było cenić, być może pochodzi on z przełomu plejstocenu i holocenu.

W 1937 roku w centralnej Australii odkryto krater Boxhole. W samym kraterze o średnicy stu sześćdziesięciu sześciu metrów i na zewnątrz znaleziono wiele żelaznych meteorytów, z których jeden ważył osiemdziesiąt dwa kilogramy, jak również wiele meteorytów utlenionych w wyniku wietrzenia chemicznego.

W zachodniej Australii znajduje się niewielki, bo o średnicy zaledwie dwudziestu jeden metrów, krater, w pobliżu którego zebrano pewną liczbę meteorytów. Krater, jak się okazało, budową zbliżony jest do małych kraterków uderzeniowych Odessy. Uformowany został około dwudziestu pięciu tysięcy lat temu.

Na fotografiach Australii, wykonanych z pokładu pilotowanego statku kosmicznego „Gemini V”, udało się zlokalizować pierścieniową strukturę geologiczną, która przy bliższym badaniu okazała się resztkami dawnego krateru meteorytowego. Krater ów o średnicy około dwudziestu dwóch kilometrów powstał na początku okresu kredowego ery mezozoicznej, to jest sto trzydzieści milionów lat temu. Resztki struktury uderzeniowej tego



krateru znajdują się około stu sześćdziesięciu kilometrów na zachód od miasta Alice Springs, w centralnej części kontynentu. Struktura ta, nazwana Gosses Bluff, jak na to wskazują badania, ma rzeczywiście uderzeniową genezę. Świadczą o tym szeroko rozwinięte i dobrze wykształcone „stożki zniszczenia”, których kierunki osi zbiegają się w centrum krateru. W skałach znaleziono szkliwa i brekcje. Również deformacje i spękania ziaren kwarcu, widoczne w skałach badanej struktury oraz w próbkach przetopionych skał, wskazują na wystąpienie na tym terenie silnego metamorfizmu uderzeniowego.

Grupa trzynastu kraterów na terenach północnej Australii została odkryta w pobliżu Henbury w 1931 roku. Średnica największego wynosi około stu pięćdziesięciu czterech metrów, a trzy kraterki oddzielone są od siebie jedynie koronami wałów.

Bardzo interesujące są dwa lub trzy uderzeniowe kraterki odkryte na niedostępnych terenach pustyni Rub al-Chali (Półwysp Arabski). Średnica największego wynosi sto metrów. Kraterki te są dobrze widoczne wśród ruchomych piasków pustyni, a jako stały punkt krajobrazu mogą być drogowskazem dla licznie przybywających tu ekip geofizyków poszukujących ropy. W pobliżu kraterów znaleziono niewielkie odłamki żelaza meteorytowego. Niedawno odkryto bryłę meteorytu żelaznego (dwa tysiące sto kilogramów); może to być meteoryt El-Hadida.

Kraterki grupy El-Hadida odkryto w 1932 roku; po odnalezieniu w ich obrębie szklów uderzeniowych, tak zwanych impaktytów, udowodniono ich uderzeniowe pochodzenie. Oto jak Spencer już w 1937 roku opisywał proces formowania się jednego z tych kraterów:

„Energia kinetyczna dużej masy żelaza poruszająca się z wysoką prędkością ulega przemianie w ciepło, przy tym znaczna część ciała meteorytu, a także fragmentu skorupy ziemskiej wyparowuje, w rezultacie czego zachodzi silny gazowy wybuch formujący krater i niszczący resztki meteorytu.

Taki krater wybuchowy będzie miał okrągłą formę niezależnie od kąta padania uderzającej masy. Materiały uzyskane z kraterów El-Hadida dostarczają jasnych dowodów występowania tu skrajnie wysokiej temperatury. Piasek pustyni nie tylko utworzył szkliwa kwarcowe, ale został doprowadzony do wrzenia (punkt wrzenia około 3500°C) i parowania. Żelazo meteorytowe również w większości wyparowało, a następnie zachodziła jego kondensacja w formie kropelek. W porowatym szkliwie zachowały się maleńkie kuleczki z żelazo-niklu o składzie analogicznym do substancji meteorytu. Nieraz takich kuleczek jest ok. dwóch milionów w centymetrze sześciennym szkliwa. Dla kulek charakterystyczna jest zupełnie gładka (jakby polerowana) powierzchnia, co pozwala sądzić o wysokim rozrzedzeniu ziemskiej atmosfery w strefie zaistnienia wybuchu gazowego”.

Podkreślić należy wysoką trwałość form kraterów uderzeniowych El-Hadida, uformowanych przecież wśród ruchomych piasków pustyni. Przypisać ją można, jak się przypuszcza, uderzeniowej lityfikacji (zeskaldzenie) luźnych pustynnych piasków. Podobnego charakteru lityfikacji luźnych utworów regolitu oczekiwać można przy powstawaniu kraterów na powierzchni Księżyca, planetoid i innych ciał kosmicznych.

Procesy zbliżone do stwierdzonej tu uderzeniowej lityfikacji piasków zachodzić będą na pustynnej powierzchni Marsa. Wiele kraterów marsjańskich, jak wynika z licznych fotografii przekazanych przez automatyczne stacje międzyplanetarne, zostało uformowanych w środowisku lądząco podobnym do środowiska pustyni Rub al-Chali.

Wiele innych cech uderzeniowych znanych jest z kontynentu Afryki. Istnienie krateru uderzeniowego stwierdza się również pod lodową pokrywą Antarktydy.

Powróćmy jednak na nasz stary kontynent, do Europy. W literaturze naukowej w 1904 roku E. Werner opisał pierścienio-

wą strukturę geologiczną Ries, znajdująca się w centralnej Europie, na terenie obecnych Niemiec. W obrębie tej struktury położone jest malownicze i zabytkowe miasteczko Nördlingen. Dyskusje naukowe nad genezą tej struktury toczyły się bez mała siedemdziesiąt lat i poświęcono jej ponad sto publikacji. Początkowo jej pochodzenie przypisywano zjawiskom wulkanicznym i kryptowulkanicznym. Z czasem, po zbadaniu wielkiego krateru uderzeniowego w Arizonie, szala hipotez zaczęła przechylać się na korzyść meteorytowego pochodzenia struktury. Po szczegółowych badaniach mineralogicznych i petrograficznych znaleziono w skałach wiele minerałów tworzących się w warunkach skrajnie wysokiej temperatury i ciśnienia. Znaleziono tym samym niezaprzeczalne ślady metamorfizmu uderzeniowego. Wydzielono wiele pokryw wyrzutowych i brekcji. Brekcje te (ze scementowanych okruszków minerałów i skał) petrografowie nazwali zuwitem. Okazało się między innymi, że z zuwitu zbudowany jest kościół w miasteczku Nördlingen. Brekcje były uprzednio mylnie interpretowane jako tufy (porowata skała) wulkaniczne. Obok obtopionych i ostrokrawędzistych odłamków skalnych różnych rozmiarów zawierają one istne bomby uderzeniowe, szkliste pociski wyrzucone siłą wybuchu i zastygłe w powietrzu. Stygnąc i wirując nabrały charakterystycznego gruszkowatego kształtu. Zebrano doskonałą dokumentację naukową, nie pozostawiającą cienia wątpliwości co do meteorytowego pochodzenia omawianej struktury. Krater Ries należy do dużych form uderzeniowych, jego średnica wynosi około dwudziestu czterech kilometrów. Wiek, jak ustalono w badaniach, sięga piętnastu milionów lat i odpowiada wiekowi szklistych grudek tektytów z południowych Czech. Mołdawity wiąże się zatem obecnie genetycznie z meteorytowym kraterem Ries.

Sprawa jest o tyle ciekawa, że na południowy zachód od krateru Ries, w odległości około trzydziestu kilometrów, znaleziono równowiekową kilkukilometrowej średnicy strukturę uderze-

niową — basen Steinheim. Również około dwudziestu kilometrów na północny wschód od krateru Ries znajduje się blisko-dziewięciokilometrowa struktura uderzeniowa. Część naukowców wiąże te trzy struktury w jedną genetyczną całość. Czyżbyśmy mieli tu do czynienia ze spadkiem łańcuszkowym? Przypuszcza się, że bryła niewielkiej planetoidy o nieprawidłowym kształcie rozpadła się w pobliżu Ziemi na kilka fragmentów pod wpływem sił pływowych ziemskiego pola grawitacyjnego, i w tak rozczłonkowanej postaci wtargnęła w atmosferę.

Jest wreszcie w tej tematyce i element polski. Otóż na mapach geofizycznych północno-wschodniej Polski, między Szczytnem i Grajewem, wyraźnie rysuje się głęboko zagrzebana pod młodszymi utworami struktura kolista (prawdopodobnie krater meteorytowy) o średnicy około dwudziestu pięciu kilometrów. Krater ten obramowany jest strefą silnie wzbogaconą rudami metali. Odkryto również podobnej wielkości strukturę uderzeniową u podnóża Sudetów, na jej obrzeżach znajdują się trzy miasta: Złotoryja, Świerzawa i Jawor. Jak się wstępnie przypuszcza, struktura mogła powstać w permie, czyli około dwustu milionów lat temu, i obecnie jest zerodowana, przez co trudno czytelna. Kształt tej struktury podkreślają przepływające na tym terenie rzeki, kształtujące swój bieg zgodnie z tektonicznym charakterem podłoża. Na zachód od tej geologicznej struktury widoczna jest jeszcze jedna o podobnych rozmiarach. Czyżby i w tym wypadku miał miejsce spadek łańcuszkowy? O tym, miejmy nadzieję, dowiemy się ze szczegółowych badań naukowych wymienionych struktur. W chwili obecnej niczego do tej informacji nie można dodać. Uczni rozpoczęli długą i żmudną pracę nad rozszyfrowaniem genezy zagadkowych rodzimych uderzeniowych struktur geologicznych i powiązań dalekich i bliskich dziejów naszych ziem z bezkresnym kosmosem.



TAJEMNICA ŚMIERCI DINOZAUROW

O życiu na naszej planecie w odległych epokach geologicznych dowiadujemy się z odcisków, jakie pozostawiły po sobie rośliny i zwierzęta w skałach. Ślady te są bardzo rozmaite. Można spotkać ślady stóp odcisnięte na grząskim piasku, ślady przesuwania się zwierzęcia po mule dennym, odcisk skorupy, muszli, pancerzyka czy też skamieniałe kości lub nawet całe szkielety.

Przed miliardami lat, kiedy tworzyło się życie, organizmy były bardzo drobne i pozbawione twardych części. Ślady przez nie pozostawione należą więc do rzadkości. Musiały bowiem powstać odpowiednio korzystne warunki, by organizm taki pozostawił ślad, a do tego jeszcze zbieg okoliczności, by w tak starych skałach na skutek procesów geologicznych te nietrwałe odciski miękkich części ciała doczekały naszych czasów. W związku z tym najstarszy okres w historii Ziemi, tej niepisanej historii, jest bardzo słabo poznany. Życie zaczęło pisać historię naszej planety dopiero od czasu, kiedy masowo pojawiły się zwierzęta posiadające pancerze. Było to około sześciuset milionów lat temu i od tego okresu liczy się początek ery paleozoicznej. Życie początkowo panowało jedynie w środowisku wod-

nym. Dno morskie porastały różnego rodzaju wodorosty, pomiędzy nimi zaś sterczały smukłe monumentalne konstrukcje gąbek. Przyczepione grubą mięsistą nogą do skał podłoża, z otwartymi na oścież ramionami, stały całe kolonie ramienionogów, naganających drobnymi ramionami wodę z zawieszonym w niej pokarmem. Kolonie takie musiały wyglądać dosyć niesamowicie, niczym przywieszzone do stropu jaskini leniwie poruszające skrzydłami nietoperze.

Po dnie maszerowały całe gromady opancerzonych człononogów, ciężkich czołgów tej epoki. Były to trylobity. Ich chitynowy pancerz — rewelacyjny wynalazek natury — był dość trwałym mieszkaniem i nie obawiały się one ostrych krawędzi skał i raf. Zwierzęta te żerowały wśród kamieni, w mule dna morskiego, zjadając resztki gnijących organizmów. W wodzie unosił się plankton, zarówno ten czerpiący pokarm z energii słonecznej, zwany fitoplanktonem, jak i odżywiający się materią organiczną, zooplankton. W pobliżu powierzchni, tak jak w poprzednich okresach geologicznych, unosiły się majestatycznie falując kolorowymi falbankami mniejsze i większe meduzy.

Cały obraz kambryjskiego morza odczytać można obecnie z kart historii Ziemi, jakimi są warstwy skał osadowych. Doskonale jest to widoczne w Górach Świętokrzyskich, gdzie na stosunkowo niewielkim obszarze odsłaniają się skały począwszy od ery paleozoicznej aż do niedawnej naszej jaskiniowej przeszłości.

Tak minęło sześćdziesiąt milionów lat. Powierzchnie lądów w dalszym ciągu pozostawały pustynnymi obszarami pozbawionymi życia. W morzach natomiast pojawiło się wiele nowych organizmów. Obok brachiopodów występują mszywioly, obok trylobitów — różne rodzaje stawonogów, jak kraby, raki, skorpioń. Żyją też w wodzie różne rodzaje ślimaków oraz przemierzają tonń morską za pomocą napędzanych siłą własnych mięśni silniczków odrzutowych istne potwory — głowonogi, przodko-

wie współczesnych ośmiornic i kalmarów. Skały dna morskiego oblepione były szkarłupniami, takimi jak dobrze znane rozgwiazdy i jeżowce. Są to już dobrze zorganizowane organizmy bezkręgowce.

Różnokolorowe rozgwiazdy i jeżowce mają wapienny wewnętrzny szkielecik. Ten drobny na pozór szczegół stał się olbrzymim krokiem w ewolucji życia. Pozornie niezgrabne, powolne, majestatycznie poruszające się rozgwiazdy są bardzo niebezpiecznym wrogiem dla małż i ślimaków. Jeżowce i rozgwiazdy to nie jedyni wysoko zorganizowani mieszkańcy morskiego dna. Bo oto około czterystu dwudziestu milionów lat temu pojawiają się inni przedstawiciele szkarłupni, kołyszące się na długiej i cienkiej łodyżce zakończonej pąkiem — liliowce. W takiej scenarii płytkiego dna morskiego prowadziły swe polowania wyrastające nawet do dwu metrów długości skorpiony morskie. Głównym pożywieniem tych potworów były poza bezkręgowcami prymitywne ryby, pierwsze kręgowce. Za przodka kręgowców uważa się organizm spokrewniony ze szkarłupniami. Pomimo oczywistej różnicy w wyglądzie tych grup zwierząt początkowe stadia ich zarodków są niemal identyczne. Pierwotne ryby, obdarzone struną grzbietową i zróżnicowanym aparatem gębowym, odżywiały się materią organiczną zawartą w mule dennym, znoszonym z bogatych w roślinność zbiorników śródlądowych. Tędy też morskie zwierzęta zaczęły opanowywać wnętrza kontynentów.

Porośnięte roślinnością brzegi zbiorników wodnych zachęcały organizmy wodne do wyjścia na ląd. Wyjście z wody pierwszych zwierząt mogło być podyktowane poszukiwaniem nowych źródeł pokarmu lub ucieczką przed wodnym drapieżnikiem. Wilgotne plaże i porośnięte roślinnością brzegi zaroily się szybko od drobnych zwierząt. Były to przede wszystkim stawonogi i ślimaki. Były tam również pierwsze owady. One z czasem posiadały umiejętność latania, co nie było bez znaczenia dla dalszego roz-

woju świata roślinnego. Zamieszkujące wnętrza kontynentów ryby słodkowodne, szczególnie te, które żyły w niewielkich zbiornikach wodnych czasowo wysychających, miały najtrudniejsze warunki bytowania. Niejednokrotnie zdarzało się, że całe ławice ryb ginęły w wysychającym błocie lub dusiły się w nagrzanym promieniami słońca płytkich wodach pozbawionych tlenu. Instynktownie wysuwały się ponad lustro wody, łapały powietrze, jakby wiedząc, że jest ono przesycone tlenem, którego im brakuje. Pojawił się nowy wynalazek ewolucji — ryby dwudyszne. W wodzie oddychały skrzelami, w czasie zaś suszy zagrzebywały się w grząskim mule, czerpiąc powietrze przez specjalnie w tym celu uformowany kanalik. Nie wszystkie jednak z licznie występujących ryb dwudysznych miały równe szanse przystosować się do lądowych warunków życia. Podstawowym problemem stał się sposób sprawnego poruszania się w warunkach silnej grawitacji; na lądzie nie było bowiem wyporu, który tak bardzo ułatwiał poruszanie się pod wodą. Najszybciej i najłatwiej opanowały naukę chodzenia ryby, których płetwy osadzone były na kostnym rusztowaniu, sterowanym precyzyjnie mięśniami. Nazwano je trzonopłetwymi. Były one kolejnym krokiem ewolucji w porównaniu z większością ryb promieniopłetwych.

Stworzenia o charakterystycznych cechach budowy szkieletu zarówno dla ryb, jak i nie w pełni jeszcze lądowych kręgowców, jakimi są płazy, zamieszkiwały tereny tropikalnej i wilgotnej strefy lądów. Ich szkielety odkryto w skałach Grenlandii, dziś wyspy skutej lodem, niegdyś pływającej się w tropikalnym upale.

Wczesne płazy, zwane labiryntodontami, dały w drodze ewolucji bardziej wyspecjalizowane formy, które dotrwały do dziś; są to dobrze znane każdemu salamandry i ropuchy.

Płazy nigdy nie były typowymi zwierzętami lądowymi, stanowiły, jak się wydaje, zaledwie ogniwo łączące świat zwierząt typowo wodnych z lądowymi. Aby definitywnie oderwać życie

od środowiska wodnego, w ewolucji musiało nastąpić kolejne rewelacyjne odkrycie. Było nim jajko. Organizm wykluwający się z niego jest już w pełni przystosowany do samodzielnego życia na lądzie. Organizmami, które rodziły się i umierały na lądzie, stały się gady. Pojawiły się na lądowych obszarach planety w wyniku ewolucji labiryntodontów, około trzystu pięćdziesięciu milionów lat od początku ery paleozoicznej. Dzięki doskonałemu przystosowaniu się do lądowych warunków życia, lądowemu sposobowi rozmnażania gady zaczęły podbijać olbrzymie przestrzenie kontynentów.

Wtedy właśnie, jakieś dwieście dwadzieścia milionów lat temu, nastąpiła tajemnicza katastrofa. W jej wyniku została zachwiana równowaga ekologiczna; wiele grup roślin i zwierząt wymarło. Powoli wyłaniać się zaczął świat nowej ery, którą nazwano mezozoiczną. Klimat stał się nieco chłodniejszy i bardziej suchy niż dotychczas. Wraz z regresem wymagających wilgotnych terenów roślin zarodnikowych (widłaki i skrzypy) na lądzie zaczęły dominować rośliny nasienne. Ich pyłki o bardzo skomplikowanej strukturze wewnętrznej doskonale zabezpieczają męską komórkę płciową przed wyschnięciem. Ponadto ziarno pyłku, łatwe do przenoszenia na inne rośliny, pozwala na krzyżowe zapylanie i szeroką wymianę materiału genetycznego między poszczególnymi osobnikami, co wpływa pośrednio na różnicowanie się form tych roślin.

Pierwszymi gadami, jakie pojawiły się jeszcze pod koniec ery paleozoicznej, były kotylozaury, zwane też „gadami podstawowymi”. Dały one początek wszystkim znanym później grupom gadów. Na początku ery mezozoicznej bardzo popularnym typem gadów na Ziemi były tak zwane gady ssakokształtne. To nie one jednak zdominowały na z górą sto milionów lat środowisko planety. Prawdziwymi władcami Ziemi stały się dinozaury.

Za przodków dinozaurów powszechnie uważa się tekodonty, drobne zwierzęta podobne do współczesnej jaszczurki, z nieco dłuższymi i silniejszymi tylnymi odnóżami. Dzięki takiej budowie zwierzęta te mogły przyjmować unikatową, nie znaną dotąd postawę wyprostowaną. Wielki rozwój drobnych tekodontów doprowadził do powstania już po sześćdziesięciu milionach lat dynastii gadów, trzech dużych grup zwierząt: latających pterozaurów, żyjących współcześnie krokodyli oraz budzących lęk największych stworzeń, jakie kiedykolwiek stapały po suchym lądzie — dinozaurów. Środowisko oceaniczne zaroilo się również od pływających gadów, z których najbardziej znanymi są ichtiozaury. Spośród bezkręgowców dużego znaczenia nabrała grupa głowonogów nazwana amonitami. Ogromne i piękne muszle amonitów spotyka się stosunkowo często w warstwach skał osadowych ery mezozoicznej. Wiele okazów muszli tych zwierząt możemy obejrzeć w muzeach. Duża muszla amonita, o średnicy półtora metra, wystawiona jest w Muzeum Ziemi w Warszawie.

W erze mezozoicznej następowała powolna zmiana klimatu na cieplejszy. Postępująca erozja wysokich gór dawała materiał do rozbudowy łądów. Na bagnach i w innych zbiornikach wód stojących zadomowiły się wyjątkowo wielkie okazy dinozaurów. Pomimo silnego powiązania ze środowiskiem wodnym były one zwierzętami ziemnowodnymi. Ich wielkie rozmiary, bo wysokość ciała dochodziła do dwudziestu pięciu metrów, a ich ciężar szacuje się na pięćdziesiąt ton, pozwalały im żyć jedynie z ciałem zanurzonym w wodzie, gdzie siła wyporu łagodziła ten potężny ciężar. Zwierzęta charakteryzowały się mocno wydłużoną szyją i stosunkowo długim ogonem, pośrodku ciała znajdował się krótki, korpulentny tułów. Przy tak olbrzymich rozmiarach miały bardzo mały mózg. Istniał natomiast niezmiernie ciekawy organ, który, jak się przypuszcza, był niejako drugim mózgiem,

służącym jedynie do koordynacji ruchowej tego ogromnego ciała. Był to niezwykle szeroki rdzeń pacierzowy w okolicy krzyżowej. Kości kończyn były pełne, natomiast potężnie zbudowane trzony kręgowy długiej szyi miały strukturę jamistą, zmniejszającą ciężar ciała. Budowa świadczy o tym, że głównie roślinożerne bądź wszystkożerne zwierzęta mogły przez większą część życia przebywać zanurzone po grzbiet w wodzie. Ponad powierzchnię wystawiały jedynie swe gibkie, długie szyje, by zaczerpnąć powietrza, obserwować okolicę lub sięgnąć po kęs pożywienia.

Grupa dinozaurów mimo zasadniczego podobieństwa wykształciła wiele form różniących się od siebie, przede wszystkim z powodu odmiennych cech środowiska i sposobu odżywiania. Obok gadów praktycznie pozostających większość czasu w środowisku wodnym, były też nieco mniejsze zwierzęta, sięgające do trzydziestu metrów długości — diplodokusy. Ich pożywieniem były drobne organizmy żyjące na dnie morza. Potrafiły one przybierać pozycję pionową i stojąc nawet w głębokiej wodzie swobodnie czerpać powietrze.

Za największe z najbardziej okrutnych drapieżników wszystkich czasów uważa się wielkie dwunożne teropody, żyjące od środka do końca ery mezozoicznej. Początkowo większość teropodów nie przedstawiała się tak imponująco, czemu trudno się dziwić, zważywszy, iż pochodzą one od tego samego pnia co dinozaury. Gady te poruszały się w pozycji wyprostowanej, na dwu silnych tylnych nogach. Zaopatrzone były w wielki i mocny ogon, który służył im dodatkowo do podpierania się w czasie postoju. Uderzenie tego potężnego ogona mogło zabić niejedną ofiarę. Kończyny przednie były stosunkowo niewielkie, zakończone u większości szponiastymi pazurami. Masywna dwumetrowej długości głowa, osadzona na stosunkowo krótkiej szyi, uwieńczona była przerażającą paszczą, w

której tkwiły duże, ostre, zakrzywione zęby przypominające kły.

Najpotężniejsze z teropodów żyjące pod koniec ery mezozoicznej to zwierzęta z rodzaju tyranozaurus. Gady te w pozycji stojącej osiągały od sześciu do dziewięciu metrów wysokości. Długość ich ciała dochodziła do piętnastu metrów, a ciężar do siedmiu, ośmiu ton. Atakowały bezwzględnie inne zwierzęta, druzgocząc je czeluścią swej olbrzymiej paszczy. Wielkie szpony, jak można przypuszczać, służyły im do rozrywania ciała ofiary.

Większość dinozaurów roślinożernych, potencjalnych ofiar drapieżców, wyposażona była przez naturę w przemyślny oręż. I tak roślinożerne pięciometrowej wysokości ornitopody mogły w chwilach zagrożenia salwować się bardzo prędką ucieczką, a ich krótkie kończyny przednie zakończone były wyjątkowej długości pazurami. Innym rodzajem przystosowania obronnego dinozaurów roślinożernych było wykształcenie specjalnie przystosowanych płyt kostnych. U pewnych dziwacznych gadów o wyjątkowo małych głowach, zwanych stegozaurami, występowały duże, płytowe, ostre narośle kostne biegnące wzdłuż grzbietu. Jeszcze inny rodzaj dinozaurów wykształcił bardziej kompletny kostny pancerz, na którym niejednen z teropodów mógł połamać wielkie zęby. Oprócz pancerza obie te grupy rozwinęły na końcu ogona szczególnie groźny oręż — długie ostre kolce lub ciężką kostną maczugę.

Najlepiej jednak rozwiniętą broń defensywną posiadał niewielki dinozaur, przypominający na pierwszy rzut oka współczesnego nosorożca. Potężnej budowy i zapewne wielkiej mocy kończyny przednie dźwigały wielką i ciężką czaszkę, zaopatrzoną w kostny kołnierz oraz w trzy potężne i ostre rogi, które musiały być wyjątkowo efektywnym orężem w walce z teropodami.

Należy dodać, że sześć głównych szczepów dinozaurów nie pojawiło się jednocześnie, przechodziło więc swoją ewolucję w różnym czasie. Uderza jednak, że prawie wszystkie nagle wymarły w nie wyjaśnionych, jak dotąd, okolicznościach w końcu ery mezozoicznej. Wyjątkiem były jedynie stegozaury, które wyginęły wcześniej, bo już w dolnej kredzie. Tym razem znowu natrafiamy na wyraźną granicę śmierci dla wielu gatunków istot żywych na Ziemi.

Takie okresy w historii Ziemi nazwano okresami masowego wymierania. Jak dotąd nie ma ich precyzyjnej definicji. Generalnie pod tym pojęciem rozumie się kilka milionów lat albo okres krótszy, w którym wymierają niektóre większe grupy roślin czy zwierząt i kiedy dzieje się to na przeważającym obszarze planety. Zgodnie z tą definicją ustalono, że w ciągu ostatnich sześciuset milionów lat masowe wymieranie zdarzyło się wielokrotnie. W środowisku naukowym nie ma pełnej zgodności co do liczby tych okresów, ale można znaleźć nawet kilkanaście granic odpowiadających definicji masowego wymierania. Ponieważ problem jest stosunkowo nowy, prowadzi się prace badawcze nad wytyczonymi okresami masowego wymierania, jak również dalsze studia nad poszukiwaniem innych. Nie jest wykluczone, że wkrótce zostanie znalezionych jeszcze kilka. Spośród już znanych można wydzielić pięć okresów masowego wymierania, z których trzy pretendują do tego, aby ich zasięg można było nazwać globalnym. Pozostałe dotyczą wymierania mniejszej liczby gatunków bądź ograniczone są do pewnych obszarów geograficznych. O jednej z bardziej dramatycznych granic wymierania już wspominałem. Odnosi się ona do wydarzenia zaistniałego pod koniec okresu permskiego, to jest dwieście czterdzieści milionów lat temu. W tym czasie wymarła więcej niż połowa rodzin zwierząt zamieszkujących oceany, włączając w to tak doskonale rozwijające się trylobity. Trzy inne okresy masowego wymierania na-

stały kolejno: czterysta pięćdziesiąt, dwieście i sześćdziesiąt pięć milionów lat temu.

Fakty naukowe związane z masowym wymieraniem znane były geologom już od dawna. Za ojca katastrofizmu jako teorii o okresach raptownego wymierania organizmów, po których następowało odradzanie się życia już w nowej, doskonalszej postaci, można uznać Georga Cuviera, który urodził się w 1769 roku. W swoich obserwacjach zwrócił uwagę na nagłą redukcję skamieniałości na granicy kredy i trzeciorzędu. Nie potrafił tego wytłumaczyć, lecz wskazał uczonym na występowanie zagadkowego zjawiska, które do dziś czeka na swoje pełne wyjaśnienie. Obecnie, po dwustu z górą latach od czasów Cuviera, problemy te są różnie tłumaczone przez badaczy, a szczególnego rozgłosu nabrały w odniesieniu do tajemnic związanych z okresem masowego wymierania na granicy kredy i trzeciorzędu, to jest sześćdziesiąt pięć milionów lat temu. Rozgłos spowodowany jest, jak można przypuszczać tym, że zjawisko dotyczy wymarcia dinozaurów.

Dokładnie nie wiemy, jak długi był wspomniany proces wymierania. Mógł zapewne trwać od kilku do kilkuset tysięcy lat. Niezależnie jednak od tego, która z cyfr jest bardziej zbliżona do prawdy, w geologicznej skali czasu jest to bardzo krótki okres, w którym wydarzenia następowały po sobie bardzo szybko. W wypadku dinozaurów świadczyć mogą o tym dwa rodzaje faktów, mających potwierdzenie w skamieniałościach. Po pierwsze, nie odnotowano stopniowego zmniejszania się liczby tych zwierząt, co mogłoby świadczyć o ich odchodzeniu ze sceny życia na Ziemi w wyniku naturalnych zmian ewolucyjnych. Przeciwnie, wszystkie grupy tych zwierząt rozwijały się bujnie aż do pewnego momentu, w którym przestały po prostu istnieć. Po drugie, brak również dowodów na to, że w ciągu okresu kredowego kurczył się geograficzny zasięg występowania

nia dinozaurów, raczej powiększały one ciągle zasięg swojej ekspansji.

Wymieranie organizmów tak w oceanach, jak i na lądzie wiąże się zazwyczaj z przerwaniem łańcucha pokarmowego. W morzach i oceanach podstawowym pokarmem jest plankton. Wyginiecie planktonu pociąga za sobą automatycznie śmierć wszystkich organizmów nim się żywiących, a także tych, które żerowały na tych organizmach. Nic więc dziwnego, że poszukując przyczyn katastroficznego wymierania naukowcy zajęli się przede wszystkim tym, co mogło spowodować wymieranie planktonu. W wodach słodkich na śródlądziu wymieranie nie musiało być tak gwałtowne, gdyż żyjące tu organizmy nie są w takim stopniu uzależnione od planktonu.

Przyczyn wymarcia planktonu zaczęto upatrywać w rozmaitych zjawiskach. Ponieważ plankton żyje w oceanach, pierwszą narzucającą się myślą jest możliwość raptownego obniżenia się poziomu morza, a tym samym istotnego zmniejszenia się ilości wód oceanicznych na planecie. Takie wytłumaczenie wywołało jednak silny sprzeciw wśród paleontologów, którzy niejednokrotnie spotkali się ze znacznymi wahaniami poziomu morza w geologicznej historii Ziemi, ale to zjawisko nie miało większego wpływu na żywe organizmy. Ponadto zmiany poziomu morza nigdy nie następowały aż tak raptownie, by doprowadzić do nagłego masowego wymierania; odbywały się powoli, nawet w geologicznej skali czasu.

Innej z przyczyn upatrywać można w zmniejszeniu się zasolenia oceanu światowego. Nagłe zmniejszenie się zasolenia mogłoby nastąpić przy szybkim topieniu się lodów w okolicach podbiegunowych i doprowadziłoby do wymarcia słonowodnego planktonu morskiego. Wiadome jest, że współcześnie słodka woda wypływająca z Amazonki redukuje zasolenie Oceanu Atlantyckiego aż do dwóch tysięcy kilometrów od brzegów Brazylii, a

jak wynika z kalkulacji, nagle stopienie się lodów Arktyki dostarczyłoby dwa i pół tysiąca razy więcej wód słodkich, co mogłoby mieć wpływ na życie organizmów morskich.

Jeszcze jedną z możliwości stanowią zmiany temperatury. Wiele osobników świata roślin i zwierząt jest bardzo czułych na zmianę temperatury, nawet o kilka stopni odbiegającą od średniej. Wielkie gady, jakimi były dinozaury, musiały być, jak się przypuszcza, bardzo wrażliwe na silne wahania temperatury. Napotkano wiele dowodów świadczących, że w okresie kredowym takie wahania następowały wielokrotnie. Nie znaleziono jednak dowodów zbieżności tego zjawiska z wymieraniem dinozaurów.

Ostatnią z możliwych ziemskich przyczyn nagłych zmian środowiskowych było rozbudzenie się bardzo silnej aktywności wulkanicznej w skali całej planety. Wulkanizm taki mógł mieć zgubny wpływ na życie na Ziemi w wyniku oddziaływania dwu czynników. Jednym z nich mogło być silne zapylenie atmosfery pyłem wulkanicznym i odcięcie dopływu światła słonecznego do powierzchni planety, a innym — wydzielenie się dużej ilości gazów trujących. Podstawową jednak trudność w przyjęciu tej hipotezy stanowi brak dowodów geologicznych na tak masowe występowanie wulkanizmu w pewnych okresach historii Ziemi, a także trudności w korelowaniu okresów aktywności wulkanicznej z okresami masowego wymierania.

Trudności w znalezieniu satysfakcjonującej teorii ziemskiego czynnika odpowiedzialnego za okresy wymierania sprawiły, że poszukiwania skierowano poza Ziemię. Jedną z pierwszych możliwości, jakie wzięto pod uwagę, było zwiększenie promieniowania słonecznego w zakresie ultrafioletu, a w konsekwencji zniszczenie warstwy ozonowej wokół Ziemi. Teraz promieniowanie docierające do powierzchni planety mogło spowodować śmierć wielu organizmów. Mogłaby to być istotna przy-

czyna, ale efekt wpływu takiej zwiększonej radiacji na ekologię planety jest nieznan i wymaga jeszcze wielu badań naukowych. Brakuje również astrofizycznych dowodów na to, że aktywność Słońca różniła się od obecnej w ciągu ostatniego miliarda lat.

Inna, stosunkowo popularna hipoteza dotyczyła wybuchu w sąsiedztwie Słońca jakiejś innej gwiazdy. Często we wszechświecie zdarza się, że wewnątrz gwiazdy w wyniku zaburzeń przemian jądrowych następuje zachwianie równowagi między siłami grawitacji ściskającymi jej masę a siłami ciśnienia światła ją rozdmajającego. W rezultacie takiej niestabilności następuje eksplozja, w której odrzucone zostają wierzchnie warstwy budujące gwiazdę, i na krótko, zazwyczaj na kilka dni, ukazuje się ściśnięte i mocno rozgrzane jej wnętrze. Ponieważ temperatura widocznej powierzchni wynosi zazwyczaj kilka tysięcy stopni, podczas gdy temperatura wnętrza dochodzi do ich kilkudziesięciu milionów, taka wybuchająca gwiazda jest niezwykle jasna i doskonale widoczna nawet w odległych galaktykach. Jej energia świecenia porównywalna jest wówczas z energią świecenia całej galaktyki, czyli setek miliardów gwiazd razem wziętych. Nic też dziwnego, że taką ewentualność wzięto również pod uwagę rozpatrując, które z katastrof mogły mieć wpływ na okresowe zamieranie życia na Ziemi.

Jak wynika z danych astronomicznych, w naszej Galaktyce złożonej z około dwustu miliardów gwiazd wybuch supernowej zachodzi co pięćdziesiąt lat. Ostatnio zaobserwowany na Ziemi wybuch supernowej miał miejsce trzysta pięćdziesiąt lat temu. Nietrudno zatem sobie wyobrazić, że wybuch taki, związany z wydzieleniem się ogromnych energii, zaistniały gdzieś w pobliżu Słońca, mógłby mieć poważne konsekwencje dla życia na naszej planecie. Pierwszym jego efektem w bliskim sąsiedztwie Ziemi byłoby nadejście potężnego impulsu elektromagnetycz-

nego, trwającego wiele godzin. Taki wybuch energii mógłby rozbić ochronną warstwę ozonową wokół naszej planety, co zwiększyłoby znacznie strumień promieniowania ultrafioletowego docierającego do powierzchni. W zależności od tego, jak długo trwałaby odbudowa warstwy ozonowej, taka dawka promieniowania doprowadziłaby do wymarcia określonej masy planktonu, co pociągnęłoby za sobą wymarcie innych stworzeń w tym łańcuchu pokarmowym. Po wielu latach (zależnie od odległości od wybuchającej gwiazdy) dotarłaby do Ziemi fala korpuskularnego promieniowania kosmicznego. Promieniowanie to, złożone z jąder atomowych poruszających się z prędkościami zbliżonymi do prędkości światła, mogłoby doprowadzić do destrukcji kodu genetycznego w jądrach komórek organizmów żywych i ich popromiennej śmierci. Strumień promieniowania korpuskularnego mógłby trwać kilka lat, co nie pozostałoby bez wpływu na życie roślin i zwierząt na Ziemi. Najbardziej ucierpiałyby większe zwierzęta, najmniejszego uszczerbku doznałby natomiast świat roślinny. Po dalszych kilkuset latach od wybuchu supernowej Ziemia znalazłaby się wewnątrz obłoku pyłowo-gazowego, złożonego z materii powierzchniowych warstw gwiazdy wyrzucanych w trakcie eksplozji. W efekcie na Ziemi podniósłby się poziom promieniowania tła. Promieniowanie to, wprawdzie znacznie słabsze od korpuskularnego, byłoby o tyle niebezpieczne dla życia, że trwając znacznie dłużej powodowałoby efekty kumulacyjne u wielu generacji organizmów.

Mogłoby się wydawać, że hipoteza z supernową stwarza spore szanse na wytłumaczenie masowego wymierania na granicy kredy i trzeciorzędu, sześćdziesiąt pięć milionów lat temu, gdyby nie jedno ale. Brakuje astronomicznych dowodów na to, że w ciągu ostatnich stu milionów lat w bliskim sąsiedztwie Słońca wybuchła supernowa. Jeśli tak by się zdarzyło, powinien pozostać ślad w postaci pulsara, czarnej dziury czy gwiazdy neutro-

nowej. Takiego obiektu w pobliżu Słońca nie zaobserwowano. Po upadku hipotezy o wybuchu supernowej, a także z powodu braku innych możliwych czynników natury astronomicznej pozostała tylko jedna możliwość. Jest nią zderzenie się Ziemi z innym ciałem kosmicznym.

Hipoteza o zderzeniu się Ziemi z kometą czy planetoidą dała wielu badaczom nowe możliwości twórczych poszukiwań. I oto w 1980 roku profesor Uniwersytetu Kalifornijskiego Luis Alvarez wraz ze współpracownikami doniósł o odkryciu przekonujących dowodów na to, iż rzeczywiście na granicy kredy i trzeciorzędu Ziemia zderzyła się z ciałem kosmicznym.

Hipoteza grupy Alvaraza bazuje na podstawowym fakcie — bardzo małej zawartości w skałach skorupy ziemskiej pewnych metali. Są to metale z grupy platynowców (platyna, rod, iryd i osm), których koncentracja w skałach powierzchni Ziemi jest niezwykle niska, ponieważ w początkowym stadium powstawania Ziemi w wyniku działania siły grawitacyjnej spłynęły one do środka ku jądru planety. Obecna w skałach osadowych skorupy ziemskiej niewielka domieszka tych pierwiastków może mieć pochodzenie pozaziemskie. Zawartość platynowców w meteorytach jest bowiem znacznie większa. Meteoryty spadając na powierzchnię ulegają w atmosferze ablacji, to jest procesowi rozproszenia na mikroskopijne ziarenka. Te po pewnym czasie spadają na powierzchnię planety, gdzie prędzej czy później dostaną się na dno morskie i wejdą w skład skał osadowych. Te pozaziemskie drobinki zazwyczaj stanowią jedynie mały dodatek do gromadzących się na dnie mas materiału okruchowego, pochodzącego z niszczonego przez erozję łądów. Czasem jednak z dala od łądów materiał okruchowy dopływa bardzo powoli, a przez miliony lat przybywa materii pozaziemskiej. Wtedy koncentracja substancji kosmicznej będzie więk-

sza, co przejawia się wzrostem zawartości platynowców — głównie irydu — w skałach, w których osadziła się ta warstwa. Zwiększona ponad przeciętną zawartość irydu w skałach osadowych, tak zwana anomalia irydowa, może być spowodowana albo większym niż przeciętny dopływem materii kosmicznej, albo zwolnieniem tempa osadzania się materiału ziemskiego. Wykorzystując tę wiedzę grupa Alvaraza przystąpiła do poszukiwań. W tym celu naukowcy wybrali miejsce w Apeninach we Włoszech, gdzie odsłaniają się warstwy skalne, których wiek szacować można w granicach między stu osiemdziesięcioma pięcioma a trzydziestoma milionami lat. Granica między kredą i trzeciorzędem występuje tu w postaci drobnej warstwy ilastej o miąższości około jednego centymetra; leży między masywnymi warstwami skał wapiennych. Alvarez pobrał wiele próbek skał zarówno z samej granicy, jak i ponad i pod nią. Badano zawartość w skałach dwudziestu ośmiu pierwiastków, głównie metali. Dwadzieścia siedem z nich nie przejawiało żadnej anomalii, podczas gdy w warstewce pobranej z granicy dwóch er odkryto trzydziestokrotnie więcej irydu niż zazwyczaj. Eksperyment powtarzano wielokrotnie, by upewnić się, czy nie zaszła tu jakaś pomyłka. Odkryto przy tym, że koncentracja irydu pojawia się nagle, po czym dość szybko, ale stopniowo opada do wartości normalnej. Dodatkowo przeprowadzono badania innych podobnych przewarstwień ilastych, by sprawdzić, czy przypadkiem nie istnieje jakiś mechanizm naturalny koncentrujący iryd, jak wspomniana wyżej przerwa w sedymentacji materiału okruchowego. Badania jednak potwierdziły, że jedynie na granicy kredy i trzeciorzędu mamy do czynienia z anomalnym nagromadzeniem się irydu.

Innym testem przeprowadzonym przez grupę Alvaraza było sprawdzenie, czy odkryta koncentracja irydowa ma jedynie zasięg lokalny i odnosi się tylko do badanego przekroju geologicz-

nego we Włoszech, czy też jej zasięg jest większy. W tym celu przeprowadzono podobne pomiary w innym miejscu Europy. Wybrano je w pobliżu duńskiej stolicy Kopenhagi. Tutaj również interesująca nas granica występuje w postaci ilastej warstewki o miąższości do kilku centymetrów, zależnie od położenia. W odróżnieniu od występujących we Włoszech utworów głębokomorskich, skamieniałości znajdujące w Danii wskazują na to, że powstały w płytkim morzu. Pobrano z nich siedem próbek i zmierzono w nich występowanie czterdziestu siedmiu pierwiastków. Wyniki okazały się podobne do tych, jakie uzyskano dla skał apenińskich. Na ich podstawie Alvarez dowodził, że jego hipoteza o zderzeniu się Ziemi z bryłą materii pozaziemskiej znalazła fizyczne potwierdzenie, a anomalia irydowa ma charakter globalny. Koncentracja irydu w duńskich skałach sześćdziesięciokrotnie przewyższała normalną jego koncentrację. W konkluzji Alvarez stwierdził, że obie warstwy, ta w Danii i ta we Włoszech, powstawały jednocześnie, a materia będąca nośnikiem pozaziemskiego irydu pojawiła się w sposób nagły.

Alvarez przeanalizował wiele możliwych przyczyn tak nagłego pojawienia się masy irydu na powierzchni Ziemi. Jedną z nich jest wybuch w pobliżu Słońca supernowej. Jak wynika z kalkulacji, do dostarczenia na Ziemię takiej masy irydu, jaka globalnie zawarta jest w odkrytej przez Alvareza warstewce z granicy kredy i trzeciorzędu, potrzebny byłby wybuch supernowej bardzo blisko Słońca, bo w odległości zaledwie roku świetlnego. Tak blisko nie ma wokół Słońca żadnej gwiazdy, a prawdopodobieństwo wybuchu supernowej blisko Słońca w ostatnich stu milionach lat jest jak jeden do biliarda, czyli praktycznie żadne. Aby jednak w sposób bezsporny wyeliminować taką możliwość, przeprowadzono badania składu izotopowego znalezionej irydu. Izotopy tego samego pierwiastka powstają zazwyczaj w jednym procesie jądrowym i różnią się od siebie jedynie masą ato-

nową, czyli liczbą neutronów w jądrze. Ich własności chemiczne są identyczne, a skład izotopowy charakterystyczny jak odciśnięcie linii papilarnych; wskazuje więc na pochodzenie danej substancji. Nawet po dowolnie długim okresie i wielu przemianach chemicznych nie ulega on zmianie. Różne substancje mające wspólne źródło pochodzenia będą więc miały zbliżony skład izotopowy pierwiastków.

Jeżeli znaleziony iryd miałby pochodzić z wybuchu supernowej, a następnie zostałby dostarczony na powierzchnię Ziemi, to jego skład izotopowy powinien się różnić od składu irydu ziemskiego; stosunki między poszczególnymi izotopami także powinny się różnić. Porównanie składu izotopowego znalezionej irydu z irydem ziemskiego pochodzenia udowodniło, że znaleziony na granicy kredy i trzeciorzędu pierwiastek nie różni się niczym od tego, jaki buduje znane nam ciała Układu Słonecznego.

Z analiz składu izotopowego wynika zatem, że znaleziona substancja nie pochodzi spoza Układu Słonecznego, a wysoka koncentracja irydu w ilastych warstwach świadczyć może o jej pozaziemskim pochodzeniu. Teraz wniosek nasuwa się sam: znaleziony materiał dostarczony był na Ziemię przez kometę lub planetoidę. Alvarez przeprowadził następnie kalkulację dotyczącą możliwej wielkości zderzającego się z Ziemią obiektu. Zakładając, że w wyniku eksplozji uderzającego o Ziemię ciała kosmicznego do stratosfery dotrze podobna część materiału, jaka dotarła w czasie potężnego wybuchu wulkanu Krakatau w 1883 roku, oraz porównując ogólną masę irydu zawartą w łożach na granicy er z zawartością irydu w meteorytach kamiennych, masa domniemanej asteroidy powinna wynosić trzysta tysięcy milionów ton. Przyjmując dalej średnią gęstość właściwą dla meteorytu kamiennego dwa i dwie dziesiąte grama na centymetr sześcienny, otrzymamy bryłę o średnicy sześć i pół kilometra. Wiel-

kość taka nie jest czymś niezwykłym wśród asteroid krążących między orbitami Marsa i Jowisza. Występuje ich tu wiele, o średnicach kilkudziesięciu i kilkuset kilometrów, a największa spośród nich, Ceres, osiąga średnicę około tysiąca kilometrów i podobna jest bardziej do planety niż nieregularnej kosmicznej bryły.

Alvarez przeprowadził również inne kalkulacje. Uznał mianowicie, że cała masa osadzona w badanej ilastej warstewce na granicy dwóch er jest mieszaniną materiału kosmicznego z ziemskim, wyrzuconym w górne warstwy atmosfery i rozprzestrzenionym po powierzchni całej planety. Zakładając stosunek masy uderzającej asteroidy do masy skał wyrzuconych energią eksplozji jako jeden do sześćdziesięciu (co wynika z eksperymentów), przy średniej gęstości właściwej meteorytom kamiennym, uzyskano wielkość średnicy ciała uderzającego około siedmiu i pół kilometra. Analizując z kolei orbity asteroid, które mogłyby znaleźć się w kolizji z Ziemią, Alvarez uznał za najbardziej prawdopodobne zderzenie się Ziemi z jedną z asteroid grupy Apolla. Następnie przeanalizował możliwe efekty takiej kolizji. Energia kinetyczna wyzwolona w chwili spadku na naszą planetę tak gigantycznego ciała kosmicznego, jak podaje J. Davies, jest niewyobrażalnie wielka i wynosi sto milionów megaton, jest więc kilka tysięcy razy większa od energii wybuchu wulkanu Krakatau z 1883 roku. Tak potężna eksplozja wyrzuciła w górne warstwy atmosfery ogromne masy pyłu, które musiały spowodować ciemności nie mniejsze niż podczas księżycowych nocy. Ciemności doprowadziły do obumarcia roślin odżywiających się dzięki fotosyntezie, a w oceanach planktonu. To z kolei było przyczyną śmierci organizmów roślinożernych i dalej, po kolei, wszystkich osobników w tym łańcuchu pokarmowym. Destrukcja życia na Ziemi nie mogła być jednak totalna. Małe stworzenia, odżywiające się owadami czy martwymi zwierzętami lub korze-

niami roślin, mogły przetrwać ten najtrudniejszy okres. To samo dotyczy organizmów zamieszkujących jeziora i rzeki. Pewna część materii organicznej spływającej rzekami do morza mogła być źródłem pożywienia dla płytkowodnych, przybrzeżnych organizmów morskich. Ostatecznie po opadnięciu pyłów z atmosfery i ponowym oświetleniu powierzchni światłem słonecznym życie przebudziło się. Z korzeni zaczęły wyrastać nowe rośliny, a ocalałe zwierzęta lądowe, w większości drobne ssaki dotychczas rozwijające się w cieniu potężnych dinozaurów, gwałtownie opanowywały pozostałe po wielkich gadach nisze ekologiczne. Wkrótce zaczęły dominować na lądach i bilans w przyrodzie został wyrównany. Nie pojawiły się już wielkie dinozaury i związane z nimi świat zwierząt. Odeszły na zawsze ze sceny ewolucji.

Z wielu względów hipoteza przedstawiona przez Alvareza jest bardzo atrakcyjna. Przedstawia wydarzenia, jakie rozegrały się na granicy dwóch er, wyjaśnia, dlaczego wymarły wielkie gady, jak pozostały przy życiu niewielkie zwierzęta, jak ocalała fauna morska. Ponadto sugerowane przez niego rozmiary pocisku kosmicznego są w zasadzie zbieżne z rozmiarami większych asteroid grupy Apolla czy z rozmiarami przeciętnego jądra komety. Alvarez stwierdził też istnienie korelacji między okresami wymierania gatunków na Ziemi a prawdopodobieństwem spadku wielkich asteroid. To pozwoliło mu przypuszczać, że wszystkie okresy wymierania na Ziemi związane są ze spadkiem na powierzchnię pocisków kosmicznych. W hipotezie tej przed ogólnym zaakceptowaniem należy wyjaśnić jeszcze wiele wątpliwości, choćby to, czy wszystkie okresy wymierania wydarzyły się w czasie ciemności na planecie, określanych przez Alvareza na kilka lat. Wielu paleontologów uważa, że wydarzenia te nie rozgrywały się tak raptownie. Obumarcie planktonu nie musiało być równoczesne z wymieraniem zwierząt lądowych, a cała masa

planktonu nie uległa zagładzie jednocześnie i pewna grupa dinozaurów mogła „przedostać” się do trzeciorzędu. Są to jednak bardzo kontrowersyjne spekulacje i brakuje na to przekonujących dowodów.

Słabym punktem hipotezy Alvareza jest brak na naszej planecie odpowiedniej wielkości krateru meteorytowego, odpowiadającego wiekiem przełomowi interesujących nas er. Nie deprecjonuje to jednak hipotezy, niełatwo bowiem taki krater znaleźć po sześćdziesięciu pięciu milionach lat na powierzchni wciąż aktywnej skorupy ziemskiej, w przeważającej swej części pokrytej przecież oceanami. Z ostatnich doniesień wynika, że odkryto wielki krater meteorytowy o średnicy ponad stu kilometrów na dnie oceanicznym w pobliżu Antarktydy. Jego wiek mógłby odpowiadać przełomowi er. Rosyjscy uczeni donoszą również o odkryciu krateru na dalekiej północy Syberii, w rejonie Karelii. Prace w tym zakresie posuwają się zatem do przodu, a hipoteza Alvareza jest tu stymulatorem wysiłku wielu grup badawczych.

Przeprowadzając wielokrotnie różne kalkulacje, posługiwano się porównaniem eksplozji spowodowanej upadkiem asteroidy do wybuchu wulkanicznego. Należy jednak pamiętać, że te dwa zjawiska przyrodnicze dość znacznie różnią się od siebie. I tak, pierwsza różnica wynika z czasu trwania zjawiska. Erupcja wulkaniczna trwa wiele dni i tygodni. Przez ten czas do górnych warstw atmosfery dostają się ziarenka pyłu i gazów, szczególnie tlenków siarki, które po połączeniu się z wodą rozproszoną w atmosferze tworzą mikroskopijnej wielkości kropelki kwasu siarkowego. Taka aerozolowa zawiesina może utrzymywać się w powietrzu latami. Pyły wyrzucone przez eksplozję uderzającego meteoroidu są w głównej swej masie drobno pokruszonym materiałem skalnym (rumoszem). Ogromna ilość pyłu unosi się w jednym momencie w stratosferę i ponad nią. Energia wybu-

chu powoduje destrukcję w stratosferycznych prądach powietrza, pył stosunkowo łatwo i szybko rozprzestrzenia się po całej planecie. Inaczej dzieje się przy erupcji wulkanicznej; wtedy pył unoszony wiatrami stratosferycznymi roznoszony jest w równoleżnikowych pasach przez wiele miesięcy i ma raczej niewielkie szanse na przekroczenie równika i rozprzestrzenienie się na drugą półkulę. Składnikowo różny pył wulkaniczny unosi się więc w powietrzu bardzo długo, podczas kiedy pył krzemianowy z rozkruszonych upadkiem asteroidy skał już po kilku miesiącach powinien opaść na powierzchnię. Okres ten jest zbyt krótki, aby uwiarygodnić kalkulacje Alvareza. Uczony wielokrotnie powoływał się w swych hipotezach na doświadczenia wulkanologów. Porównań tych nie można jednak przyjmować bezkrytycznie. Bardziej pożyteczne okazały się symulacje komputerowe. Wynika z nich, że przez kilka tygodni po uderzeniu planetoidy wyrzucone w stratosferę masy pyłu tak przesłonią światło słoneczne, że zapanują nieprzeniknione ciemności. Dopiero po tym czasie w ciągu następnych trzech miesięcy przejaśni się na tyle, że widoczność zbliżona będzie do widoczności w księżycową noc.

Komputerowe symulacje mogą również dostarczyć wiele informacji o konsekwencjach ciemności dla świata roślin. Na przykład, zgodnie z jedną z przeprowadzonych kalkulacji, masa kilkudziesięciu milionów ton pyłu wyrzucona do atmosfery spowodować może zmniejszenie się dopływu energii potrzebnej do fotosyntezy do poziomu dziesiątej części procenta. Taka ilość pyłu jest możliwa do wyrzucenia w stratosferę przez stosunkowo niewielki impakt asteroidy o średnicy równej zaledwie połowie tej, jaką przewiduje Alvarez. Utrzymywanie się ciemności na Ziemi przez wiele miesięcy miało prawdopodobnie katastrofalny wpływ na różne typy roślinności, przede wszystkim organizmów zielonych zawieszonych w wodach oceanicznych i wspól-

nie nazywanych fitoplanktonem. Zachwianie się równowagi biologicznej w obrębie fitoplanktonu powodować może niebezpieczne wymieranie zooplanktonu, który nawet po ustąpieniu ciemności przez długi jeszcze czas nie będzie mógł się odrodzić. Zooplankton z kolei jest podstawowym składnikiem pokarmowym wielu większych zwierząt morskich. Nagłe obniżenie się produkcji masy żywnościowej, jaką jest plankton, zależy od wielu czynników. Jednym z nich — na przykład w rejonie podbiegunowym — jest uzależnienie życia planktonu od sezonu, w jakim nastąpią ciemności. Współczesny plankton okolic podbiegunowych przystosowany jest do długich okresów, w których światła słonecznego jest bardzo niewiele. Pomocna jest tu niska temperatura wody podbiegunowej, pozwalająca spowolnić procesy życiowe w czasie nocy polarnej. Jeśli jednak po nocy polarnej nie nadejdzie dzień, konsekwencje mogą okazać się poważne. Ponieważ sezony wegetacji na obu półkulach przesunięte są o sześć miesięcy, potrzeba minimum roku ciemności, by spowodować prowadzące do masowego wymierania zachwianie równowagi ekologicznej. Na lądzie, jak wiemy, wiele drobnych zwierząt, w większości stałocieplnych ssaków, przetrwało ten trudny okres. Wydaje się, że na lądach oprócz braku światła słonecznego do wymarcia ciepłolubnych gadów olbrzymów w bardzo istotnym stopniu przyczynił się mróz. Długo utrzymujące się bardzo mroźne i suche warunki mogły spowodować śmierć ogromnych dinozaurów, a zagrzebane pod ziemią w norach stałocieplne ssaki doskonale przetrzymały mrozy.

Aby hipoteza Alvareza mogła być ogólnie uznana, powinna oprócz bezspornych materialnych dowodów impaktu, jakim byłby niewątpliwie krater meteorytowy, rozwiązać wiele wątpliwości. Pierwszą z nich jest zasięg zjawiska. Badania Alvareza ograniczały się początkowo do dwóch miejsc w Europie. Nie wiadomo było, czy w innych odległych miejscach naszego globu anomalie

irydowe na granicy kredy i trzeciorzędu również występują. Innego typu wątpliwością jest pochodzenie samego irydu.

Pierwszą z nich można rozwiązać stosunkowo łatwo, sprawdzając w innych znanych profilach geologicznych na świecie, czy występuje tam anomalia irydowa. Po pierwszych doniesieniach Alvareza wiele grup uczonych na świecie rozpoczęło poszukiwania. Przebadane zostały próbki skał w Związku Radzieckim, w Stanach Zjednoczonych, Nowej Zelandii, z dna Oceanu Spokojnego i Atlantyku. We wszystkich występowała anomalia irydowa, a w próbkach pobranych w Montanie (USA) wykryto nawet ziarna kwarcu, zmienione w wyniku oddziaływania bardzo wysokiego ciśnienia, jakie występuje w momencie uderzenia meteorytu o skały skorupy ziemskiej. W ten sposób wydaje się prawdopodobne, że anomalia irydowa jest zjawiskiem globalnym; są również dowody na to, że towarzyszy jej zmieniony od uderzenia materiał mineralny. Stanowi to potwierdzenie hipotezy Alvareza.

Udowodnienie jednak kosmicznej natury irydu zawartego w skałach pobieranych z granicy er jest zadaniem, jak dotychczas, nie rozwiązaniem. Ponieważ cały iryd ziemski oraz meteorytowy i kometarny pochodzą z tego samego źródła, jakim był obłok pyłowo-gazowy, w którym formował się cały nasz Układ Słoneczny, stosunki zawartości poszczególnych izotopów tego metalu będą dla wszystkich ciał Układu Słonecznego takie same. Stwierdzenie występowania domieszki minerałów pochodzenia kosmicznego nie jest również proste, gdyż inne znane nam ciała kosmiczne zbudowane są z tych samych minerałów co skały ziemskie, nie mówiąc już o sześćdziesięciu pięciu milionach lat, w czasie których takie minerały uległyby zwietrzeniu i przemianom geochemicznym.

Optymizmu Alvareza co do ostatecznego powodzenia ogłoszonej przez niego hipotezy nie podziela wielu innych uczonych.

Ich zdaniem iryd może być zarówno ziemskiego, jak i pozaziemskiego pochodzenia. Szczegółowe analizy stosunku zawartości irydu do antymonu i arszeniku w warstwach ilastych z pogranicza er wykazały, iż jest on tysiące razy mniejszy od mierzonego dla meteorytów kamiennych. Ponadto szczegółowe analizy mineralogiczne badanych warstewek nie wykazały występowania w nich żadnych innych domieszek mineralnych; są one takie same jak podobne przewarstwienia występujące powyżej czy poniżej przekroju geologicznym. W świetle wyników badań wszelkie podejrzenia o występowanie w tych warstwach domieszki materiału meteorytowego czy kometarnego można śmiało odrzucić.

Po raz kolejny rozpoczęto poszukiwania, tym razem ziemskiego źródła pochodzenia irydu, którego istnienie w warstwach na granicy interesujących nas er stwierdzono bezspornie we wcześniejszych badaniach. Niespodziewanie pomocne w tych poszukiwaniach okazały się prace hawajskich wulkanologów. Odkryli oni, że bardzo drobnoziarnista frakcja pyłu wydobywanego się z tamtejszych wulkanów zawiera dziesięć tysięcy razy więcej irydu, niż występuje go w zwyczajnych lawach wulkanicznych. Jeżeli okaże się, że zjawisko to jest wspólne dla aktywności wulkanicznej na naszej planecie, to nie trzeba będzie szukać kosmicznego źródła anomalii irydowych. Wulkaniczną naturę irydu z pogranicza dwóch er potwierdza również występowanie montmorillonitu w ilach pobranych na terenie Danii. Mineral ten spotyka się często jako efekt podmorskiego wietrzenia popiołów wulkanicznych. Stosunki zawartości w pyłach hawajskich wulkanów antymonu i arszeniku do irydu także są bardzo zbliżone do tych, jakie występują w skałach ilastych na granicy kredy i trzeciorzędu.

Innym problemem było odkrycie w omawianych warstwach ilastych mikronowej wielkości szklistych kuleczek (sferul). Ta-

kie same sferule spotyka się w skałach, których wiek nie przekracza dwudziestu milionów lat. Nie mogą one pochodzić od tego samego impaktu. Nie ma również wątpliwości co do tego, że podobne sferule powstają w procesach wulkanicznych. Może to sugerować, że pod koniec okresu kredowego ery mezozoicznej rozwinęła się nagle bardzo silna, o globalnym zasięgu, działalność wulkaniczna. Występowanie ziarenek kwarcu ze śladami uderzeniowego metamorfizmu również daje się wytłumaczyć hipotezą wulkaniczną. Podobne ziarenka kwarcu znaleziono w pobliżu jednego z wulkanów Toba na Sumatrze, którego erupcja przed siedemdziesięcioma pięcioma tysiącami lat była znacznie potężniejsza od przytaczanego przykładu erupcji wulkanu Krakatau. Tak jak trudno dziś z całą pewnością wskazać na krater meteorytowy jako widomy ślad katastrofy sprzed sześćdziesięciu pięciu milionów lat, tak stosunkowo łatwo wyodrębnić teren rozległych erupcji wulkanicznych z tego okresu. Takim obszarem jest półwysep Dekan, gdzie pięćset tysięcy kilometrów kwadratowych lądu pokryte jest milionem kilometrów sześciennych lawy, która wydobyła się na powierzchnię spod skorupy ziemskiej. Jak widać, wiele jest argumentów przemawiających zarówno za, jak i przeciw hipotezie Alvareza. Jedną z istotnych okoliczności byłby czas trwania zjawiska. Działalność wulkaniczna rozwinęta na ogromną skalę mogłaby trwać około miliona lat, podczas gdy zderzenie z asteroidą jest zjawiskiem krótkotrwałym. Pewnym umocnieniem hipotezy Alvareza były pomiary prędkości narastania skał w rejonie Hiszpanii. Stwierdzono tu przyrost jednego milimetra skały w ciągu dwudziestu sześciu lat, podczas kiedy iryd skoncentrowany jest w tych skałach w warstewce o miąższości nie przekraczającej milimetra. Warstwa ta nie mogła prawdopodobnie osadzać się dłużej niż pięćdziesiąt lat. W kalkulacjach tych nie przewiduje się możliwości naturalnej, chemicznej koncentracji irydu. Odkładanie się na dnie warstw

skał wapiennych wynika z przesylenia wody morskiej węglanem wapnia. Mineral ten wytrąca się z wody w pewnych warunkach, przy określonej temperaturze i kwasowości. Kiedy kwasowość rośnie, węglan wapnia przestaje się wytrącać, i rozpuszczeniu ulegają wcześniej odłożone na dnie warstewki. W wyniku takiego procesu wzrośnie koncentracja na dnie morskim innych minerałów, jak krzemiany, będące nośnikami irydu. Te wątpliwości grupa Alvareza rozwiała, znajdując w Montanie (USA) warstwy osadzone na śródlądziu, gdzie także wyraźnie występowała anomalia irydowa. Prowadzone później przez inne laboratoria w tym samym miejscu pomiary nie potwierdziły występowania tej anomalii.

Nie można również wykluczyć innego scenariusza wypadków. Uderzenie asteroidy wymierzone jest w ocean. Następuje przy tym odparowanie olbrzymich mas wody morskiej. Potężny krater meteorytowy powstaje na dnie oceanicznym. Wielkie masy skalne zostają odparowane i roztopione w wyniku zmiany energii kinetycznej asteroidy na energię cieplną. Ogromne masy pokruszonej skały skorupy oceanicznej wyrzucone zostają do stratosfery. Cienka skorupa ziemską na dnie oceanicznym nie wytrzyma impetu uderzenia, rozrywa się na przestrzeni dziesiątków kilometrów, okazując rozgrzane do białości skały płaszcza naszej planety. Teraz ocean, wyrzucony w atmosferę na przestrzeni setek kilometrów, wysoką na dwa—trzy kilometry ścianą zalewa rozpaloną kosmiczną ranę. Z drugiej strony nagle zmniejszenie się ciśnienia w otwartej strefie płaszcza Ziemi powoduje upłynnienie się ogromnych mas ściśniętej dotychczas i przegrzanej skały. Na zalewane wodą oceaniczną dno wylewają się miliardy ton lawy. Silna erupcja wulkaniczna wstrząsa skorupą planety. Trwa odwieczna walka żywiołów, której językiem spustowym stało się uderzenie asteroidy. Dalsze miliardy ton pary wodnej, pyłów wulkanicznych i gazów

wędrują do — i tak ciemnej i pełnej pyłu — atmosfery. Erupcja nie ustaje tak nagle, jak nagle uderza i znika asteroida. Katastrofa spowodowana uderzeniem planetoidy trwać będzie dziesiątki lat.

Dziura wybita w podścielającej skorupę ziemską astenosferze nie pozostaje na zawsze. Ta plastyczna warstwa odpowiada reakcją. W miejscu uderzenia po pewnym czasie wyrastają góry lawy. Z oceanu wynurza się wyspa. Panują opinie, że takim miejscem, śladem uderzenia sprzed sześćdziesięciu pięciu milionów lat, jest Islandia, utworzona z law wulkanicznych, których wiek odpowiada wiekowi katastrofy z przełomu er. Wróćmy jednak do wydarzeń, jakie rozgrywają się na Ziemi w chwili katastrofy. W miejscu uderzenia asteroidy w ocean powstaje olbrzymia, kilometrowej wysokości fala. Rozchodzi się ona z ogromną prędkością we wszystkich kierunkach. To swoiste tsunami niszczy i zabija po drodze wszystkie stworzenia, którym nie udało się znaleźć schronienia. Przepełniona parą wodną i pyłem atmosfera zalewa lądy i morza strumieniami błota. To, co przeżyło trzęsienia ziemi, sztormy i tsunami, teraz topi się w wielkich błotnych powodziach. Panują kompletne ciemności, rozświetlane ogniem licznych błyskawic. Po pewnym czasie rozszalały ocean cichnie, po wielu latach deszcz ustaje, lecz utrzymujące się w stratosferze chmury pyłów nie przepuszczają dalej światła słonecznego. Noc przedłuża się, temperatura gwałtownie spada. Teraz lądy skuwane są mrozem, zamarzają rzeki i jeziora. Mróz dobiega resztki ciepłolubnej i wrażliwej na zmianę temperatury fauny i flory. Tak mijają dziesiątki lat. Powoli pył opada. Słońce znowu ogrzewa powierzchnię planety. Z ocalałych nasion i korzonków wyrastają wątłe roślinki. Z norki wystawia ostrożnie pyszczek porośnięty gęstym futerkiem gryzoń, odżywiający się dotychczas padliną, korzonkami czy owadami. Teraz, z biegiem lat,

łądy wypełniają się roślinnością i zwierzętami, niepodobnymi już do tych sprzed potopu. Nadchodzi nowa era kenozoiczna, która przyniesie jakościowy skok w ewolucji życia na Ziemi, da podstawy rozwojowi człowieka i być może za jego pośrednictwem pozwoli życiu opuścić planetę i rozsiać się po olbrzymich i pełnych energii pustkach w przestrzeni kosmicznej.



O KOSMICZNYCH KATASTROFACH WIĘCEJ

Po sensacyjnych doniesieniach o odkryciu przyczyny wyginięcia dinozaurów grupa Alvareza rozpoczęła badania możliwości podobnego upadku ogromnego bolidu przy okazji innych wyraźnych granic wymierania. Postanowiono przebadć warstwy skał osadowych odpowiadające dwóm granicom: jednej między erą paleozoiczną i mezozoiczną, to jest dwieście czterdzieści milionów lat temu, a drugiej z przełomu eocenu i oligocenu w trzeciorzędzie, sprzed trzydziestu czterech milionów lat.

Jak już wspominałem, masowe wymieranie na pograniczu ery paleozoicznej i mezozoicznej było bardzo rozległe i dotknęło połowy gatunków żyjących na naszej planecie. Trudno jednak ustalić, czy wymieranie miało charakter raptowny, czy też trwało wiele milionów lat. Współczesne metody datowania nie pozwalają jeszcze na tak dokładne ustalenie czasu w bardzo odległych epokach geologicznych. Na podstawie analizy skał osadowych odpowiadających temu okresowi nie można było wykazać anomalii irydowej. Co zatem mogło nastąpić? Jediną możliwością, jaka przyszła na myśl zdeterminowanej grupie uczonych, była możliwość zderzenia się Ziemi z kometa. Kometa jest małym ciałem kosmicznym o średnicy jądra kilka kilome-

trów, przy czym zbudowana jest w przeważającej części z lodu. Nie zawiera więc takiej ilości irydu jak kamienne czy żelazne asteroidy. Ponadto kometa porusza się po bardzo wydłużonej orbicie; w chwili zderzenia się z Ziemią może mieć prędkość względną przekraczającą pięćdziesiąt kilometrów na sekundę, co jest wartością wielokrotnie przekraczającą prędkość zderzenia z asteroidą. Przy takiej prędkości wyzwala się olbrzymia energia, wywołana nagłym zatrzymaniem rozpędzonej olbrzymiej masy. Efekty eksplozji będą podobne do opisanych w poprzednim rozdziale przy katastrofie na granicy kredy i trzeciorzędu, z tą jednak różnicą, że brakować będzie istotnej anomalii irydowej.

Poszukiwania anomalii irydowej przez grupę Alvareza na innej granicy, eocen—oligocen, przyniosły pozytywne rezultaty. W tym czasie zanotowano wymarcie pewnej, nielicznej zresztą, grupy zwierząt i po raz pierwszy bezpośrednio w badanej warstwie stwierdzono występowanie tektytów i mikrotektytów. Tektyty to kropliste w formie fragmenty szkliska, niejako zastygłe w czasie lotu w atmosferze. Powstanie ich wiąże się z uderzeniami o skały naszej planety wielkich bolidów. Energia cieplna wyzwolona w wyniku takiego uderzenia powoduje parowanie i topienie się skał, a wielkie ciśnienie w miejscu eksplozji wyrzuca strugi stopionej skały z prędkością do kilku kilometrów na sekundę. Rozlatując się z tak wielką prędkością, stygnące krople szkliska osiągać mogą nawet wysokość przestrzeni kosmicznej i dotrzeć w ten sposób do bardzo odległych zakątków globu ziemskiego. Niektóre fragmenty mogą zapewne dostać się na orbitę okołoziemską bądź opuścić naszą planetę. Podobnie przy upadku brył materii kosmicznej dzieje się na innych planetach. Odłamki takie, po wielu latach krążenia w pustce międzyplanetarnej, w sprzyjających okolicznościach trafić mogą na Ziemię. Znalezione fragmenty wyrzucone z powierzchni

Księżyca, a także kilka odłamków, których pochodzenie jest, być może, marsjańskie.

Istnienie tektytów czy mikrotektytów w warstwach skalnych jest zatem przekonywającym dowodem na to, że rzeczywiście mamy do czynienia ze spadkiem na Ziemię bryły kosmicznej. Ocenia się, że na połowie globu ziemskiego przed trzydziestoma sześcioma milionami lat rozsypało się blisko dziesięć miliardów ton tektytów. Świadczy to o dużej skali zjawiska. Brak krateru na lądach odpowiadających temu wiekowi może sugerować, że katastrofa wydarzyła się na dnie oceanicznym. Koincydencja występowania anomalii irydowej, mikrotektytów i pewnych cech wymierania ograniczonej liczby zwierząt wskazuje na uderzeniową przyczynę katastrofy. W matematycznych obliczeniach rozmiarów domniemanej asteroidy określono w efekcie średnicę uderzającej bryły na blisko trzy kilometry. Jest to o wiele mniej, niż mierzyła asteroida będąca przyczyną śmierci dinozaurów. Intensywność i zasięg tej trzeciorzędowej katastrofy były więc nieporównywalnie mniejsze.

Po tych doniesieniach wzrosło zainteresowanie związkiem i wpływem przestrzeni kosmicznej na życie na Ziemi. Dotychczas bowiem ich nie dostrzegano, a życie na Ziemi traktowano jako wyizolowany rajski ogród, któremu kosmos potrzebny jest jedynie do tego, by romantyczni marzyciele mogli patrzeć na roziskrzone nocą sklepienie. Coraz więcej grup uczonych donosiło o występowaniu anomalii irydowych w warstwach skalnych odpowiadającym innym okresom geologicznym. Przełomową jednak pracą był artykuł D. M. Raupa i J. J. Sepkoskiego, który ukazał się na początku 1984 roku. Uczeni przeprowadzili obliczenia statystyczne na trzech i pół tysiącach rodzin zwierząt morskich i stwierdzili, że w ciągu od dwustu pięćdziesięciu do pięciu milionów lat temu nastąpiło kilkanaście tajemniczych okresów masowego wymierania zwierząt. Stwierdzili ponadto, że

okresy te, z różną intensywnością, powtarzają się regularnie co dwadzieścia sześć milionów lat.

Zaczęto szukać mechanizmu astronomicznego, który mógłby być odpowiedzialny za taką regularność zegara katastrof. Pojawiły się najprzeróżniejsze spekulacje, dotyczące głównie komet i asteroid. Komety bardzo rzadko pojawiają się na wysokości orbity Ziemi. Większość czasu spędzają daleko od Słońca, w chłodnych obszarach przestrzeni kosmicznej. Są to nieregularne bryły, zbudowane głównie z lodu, o średnicy około kilku kilometrów. Poruszają się po bardzo wydłużonych orbitach, potrafią oddalać się od Słońca na odległość nawet roku świetlnego. Astronomowie oceniają, że w tych pustkach międzygwiazdnych znajduje się ogromna liczba komet, tworząc tak zwany Obłok Oorta. Stamtąd powracają one na krótko w pobliże Słońca, docierają do wysokości orbity Saturna, by z powrotem poszybować w przestrzeń międzygwiazdną. Czasami może się zdarzyć, że kometa — na skutek zakłócenia grawitacyjnego orbity — zbliża się bardziej do Słońca i jej orbita przecina się z orbitą Ziemi. Wędrując w ciepłe rejony Układu Słonecznego, kometa wydziela olbrzymie ilości pyłu i gazu, który po zjonizowaniu przez cząsteczki wiatru słonecznego świeci, tworząc dookoła jądra komety świetlistą otoczkę i imponujących niekiedy rozmiarów warkocze. Tutaj jej lata są już policzone. Jeżeli nie rozbije się o którąś z planet, to po kilkudziesięciu tysiącach lat roztopi się jak bałwan śnieżny na wiosnę, a pozostały po niej, rozsypany po całej orbicie pył długo jeszcze będzie znaczył ślad jej istnienia. Planeta przelatując przez taki ślad doświadczać będzie zjawiska deszczu meteorów, jaki widoczny jest w pogodne noce około dwunastego sierpnia na Ziemi.

Kometa może zderzyć się z planetą i, jak już pisaliśmy, zderzenie takie z powodu wielkiej względnej prędkości komety może

być bardzo brzemienne w skutki. Jaki mechanizm może tak regularnie napędzać komety z dalekiego Obłoku Oorta w bliskie sąsiedztwo Ziemi? Bardzo słabe oddziaływania grawitacyjne sąsiednich gwiazd są przypadkowe i nie mogą być brane pod uwagę. Odkurzono więc dawno temu wysuniętą hipotezę o istnieniu niewidzialnego towarzysza Słońca, planety X. Planeta ta, okrążając Słońce po bardzo wydłużonej orbicie raz na dwadzieścia sześć milionów lat, w pobliżu obłoku komet może powodować grawitacyjne perturbacje ich orbit i ściągać w rejony orbity Ziemi wiele nowych komet, z których jedna czy kilka może zderzyć się z naszą planetą.

Istnieje również inna hipoteza, w której przyjmuje się, że Słońce jest gwiazdą podwójną, a niewidzialny towarzysz naszej gwiazdy dziennej — mała „czarna gwiazda” o dźwięcznym imieniu Nemezis, świecąca jedynie w zakresie podczerwonym — raz na dwadzieścia sześć milionów lat trafia w Obłok Oorta, w wyniku czego powstaje deszcz komet kierowanych w rejon orbity ziemskiej. Wszelkie rozważania mają tu jedynie teoretyczne znaczenie. Nikt bowiem nigdy nie stwierdził występowania niewidzialnego towarzysza Słońca.

Jest jednak i inna grupa hipotez; zgodnie z nimi sądzi się, że w czasie kiedy Układ Słoneczny okrąża centrum Galaktyki, wielokrotnie przechodzi przez płaszczyznę jej równika. W płaszczyźnie równika Galaktyki gromadzą się ogromne obłoki gazo-pyłowe, mogące oddziaływaniem grawitacyjnym — bez udziału planety X czy Nemezis — spowodować perturbacje w orbitach komet Obłoku Oorta. Nie wykryto jednak związków między okresami masowego wymierania a przecinaniem równika Galaktyki. Wszystkie one nastąpiły w czasie, kiedy Układ Słoneczny znajdował się daleko od płaszczyzny równika Galaktyki. Podobną hipotezę o periodycznym napotykanium masywnego obłoku pyłowo-gazowego przez Układ Słoneczny w jego dro-

dze wokół centrum Galaktyki wysunęli Club i Napier. Obłok taki miałby wymiatać istniejące wokół Układu Słonecznego komety i zastępować je nowymi, powstającymi wewnątrz tego obłoku. W czasie takiego wymiatania Ziemia byłaby narażona na swoisty grad kosmicznego bombardowania, a Układ Słoneczny po wyjściu z obłoku — wyposażony w nowy arsenał komet. Nie wydaje się jednak, żeby hipoteza ta mogła być prawdziwa, wciąż zbyt mało wiemy o materii komet. Jednak badania składu izotopowego materii komety Halleja, jakie przeprowadzono z pokładu sond kosmicznych w trakcie projektu „Vega”, potwierdzają jedność materii komet z materią innych ciał Układu Słonecznego. Dla pełniejszego obrazu potrzebne są jednak wyniki badań składu izotopowego wielu innych komet. Dopóki nie będą one znane, dopóty trudno będzie z całą pewnością zaakceptować którąś z hipotez.

W swojej pracy Raup i Sepkoski, wykazując cykliczność, jaką daje się zauważyć w masowym wymieraniu zwierząt, wskazują również na pewne tajemnicze granice masowego wymierania, o których dotychczas nie wiadano. Wygląda na to, że zgodnie z tą hipotezą przewiduje się znalezienie w skałach odpowiadających wiekowo granicom wymierania jakichś śladów świadczących o kosmicznej katastrofie. Dobrym probierzem hipotezy jest sprawdzenie jej przewidywań. Pierwsza odezwała się grupa Brochwicza-Lewińskiego z Polski. Jak zasygnalizowano na początku książki, grupa ta odkryła w skałach osadowych w rejonie Częstochowy cienką warstwę ilastą, odpowiadającą przepowiedzianej przez Raupa i Sepkoskiego granicy między jurą środkową i jurą górną. Stwierdzono występowanie anomalii irydowej, mikrotektytów, uderzeniowo zmienionego kwarcu i drobnych, magnetycznie czynnych, czarnych sferul. Sferule takie spotyka się często jako produkt ablacji meteorytów. Podobnych odkryć grupa dokonała w przekrojach geologicznych pod Krakowem i

w Hiszpanii. Obecność magnetycznych sferul o rozmiarach kilkunastu i kilkudziesięciu mikronów świadczyć może o tym, że ciało kosmiczne zbudowane było z żelaza lub bardzo bogate w żelazo. Nie mogła to być jednak kometa, jej materia jest bowiem uboga w metale.

Pozostaje zatem możliwość zderzenia z planetoidą. Jak pisałem w poprzednim rozdziale, planetoidy — nazywane również asteroidami — powstawały w okresie formowania się planet, to jest jakieś cztery i pół miliarda lat temu, w strefie pomiędzy obecną orbitą Marsa i Jowisza. Formowały się z bardzo drobnego pyłu mineralnego i ziaren żelaza przemieszanego z drobnymi kuleczkami kamiennymi o tym samym składzie co pył. Rosnące wciąż ciała zagęszczały stopniowo swą materię i na skutek rozgrzewania wnętrza spiekały się; wytopione żelazo przemieszczało się w kierunku centrum, gdzie bardzo powoli stygło. Uważa się obecnie, że rozgrzewanie wnętrza protoplanetoidy następowało w wyniku promieniotwórczego rozpadu jednego z radioaktywnych izotopów aluminium. Długi okres stygnięcia spowodowany był nie przewodzącą ciepła izolacją, jaką stanowiły na powierzchni warstwy bardzo luźnego pyłu. Ciała te rosły nieustannie w rezultacie opadania na ich powierzchnię coraz to nowych mas pyłu, a także w wyniku wzajemnych zderzeń między rosnącymi obiektami. Zderzenia pozwalały na wzrost obiektów dzięki temu, że ich wzajemne prędkości nie były duże. Dopiero po wyrośnięciu w sąsiedztwie pasa planetoid olbrzymiej bryły Jowisza, i może w mniejszym stopniu Marsa, na skutek oddziaływań grawitacyjnych różnice w prędkościach między planetoidami zaczynały się zwiększać. Wiele z tych ciał na zawsze zostało wyrzuconych w przestrzeń międzygwiazdną, inne zderzały się ze sobą, rozbijały i zmieniały orbity na krzyżujące się z orbitą Ziemi. Na powierzchnię Ziemi i Księżyca spadł istny deszcz mniejszych i większych odłamków

asteroid, znacząc ślady olbrzymią liczbą kraterów. Kratery doskonale widoczne są na Księżycu, gdzie atmosfera nie zatarała ich konturów. Na Ziemi po tym „wielkim bombardowaniu” z górą cztery miliardy lat temu ślady kraterów zostały zatarte pod wpływem procesów geologicznych.

W ciągu ostatniego pół miliarda lat Układ Słoneczny, można powiedzieć, jest stabilny, to znaczy nie zachodzą w nim istotne zmiany. Jest on jednak wciąż dynamicznym, będącym w ustawicznym ruchu obiektem. Zachodzą w nim długofalowe, drobne zmiany. Na krążące w pasie planetoid małe ciała kosmiczne w dalszym ciągu istotny wpływ ma siła grawitacyjnego przyciągania Jowisza. Jej następstwem jest rezonansowe przyspieszenie niektórych obiektów. To z kolei prowadzi do zderzeń, zmiany orbity i wyrzucenia poza obręb pasa planetoid. Wiele planetoid i ich odłamków krąży w pobliżu Słońca, przecinając orbity planet wewnętrznych: Merkurego, Wenus czy Ziemi. Jeżeli zestawić ich orbity w ten sposób, by wszystkie najbliższe położone ich punkty leżały na jednej linii, to okaże się, że orbity gromadzą się w grupy, między którymi występują przerwy. W przerwach tych krążą planety. To nie przypadek ustawił w ten sposób orbity planetoid, by nie znajdowały się wewnątrz orbit planet, lecz planety na swej drodze wyczyściły z planetoid przestrzeń kosmiczną. Na skutek jednak ciągłego rezonansu grawitacyjnego orbity planetoid powoli ewoluują i czasami któraś z nich wchodzi wewnątrz orbity planety. Wtedy jej los jest przesądzony. W ciągu stosunkowo krótkiego okresu (kilkudziesięciu tysięcy lat) musi nastąpić zderzenie tej planetoidy z planetą lub zaznaczyć się wpływ na kształt jej orbity, co czasowo może odwlec moment zderzenia; po pewnym okresie jednak wiekowe zmiany orbit znowu doprowadzić mogą do zbliżenia i katastroficznego zderzenia. Jest to zatem normalne zjawisko przyrodnicze rządzące się przypadkiem. Je-

żeli okres jest wystarczająco długi, przypadkowość stanie się regularnością. Z taką właśnie regularnością zetknęli się po raz pierwszy Raup i Sepkoski.

Tym samym rachunkiem prawdopodobieństwa posługują się współcześni planetolodzy w określaniu wieku powierzchni planety. Metoda ta polega na określaniu gęstości kraterów na jednostce powierzchni. Im dany fragment powierzchni jest starszy, tym większa jest na nim gęstość kraterów. Z obserwacji tych widać, że najczęściej zdarzają się kratery małe, rzadko występują duże. Im większego krateru poszukuje się na powierzchni, tym powierzchnia ta powinna być starsza.

Ziemia również jest pod stałym ostrzałem planetoid i ich odłamków, od niewielkich pocisków chroni nas gęsta atmosfera. Rozpadają się one i odparowują na skutek tarcia w czasie lotu przez atmosferę. Bardziej masywne, powyżej stu ton, ciała kosmiczne nie wyhamowują prędkości i uderzają w powierzchnię tworząc krater. Mamy na Ziemi wiele dowodów na to, że zasypywani jesteśmy przez materię planetoid. Tymi materialnymi dowodami są spadające meteoryty. Na Ziemi znajdujemy również większe kratery meteorytowe, jak ten z Arizony o średnicy tysiąca trzystu metrów, utworzony w wyniku upadku meteorytu żelaznego przed dwudziestoma tysiącami lat, czy pięciokilometrowej średnicy krater z Kazachstanu sprzed ośmiu tysięcy lat. Nie budzi zatem zdziwienia, że przez pewien czas spada na Ziemię masa drobnej materii i nieco mniej większych brył, aż wreszcie zwiększa się prawdopodobieństwo uderzenia tak dużej bryły materii kosmicznej, która spowodować może katastroficzne spustoszenia na powierzchni naszej planety. Podobnie jest wśród katastrof. Jak wynika z analizy diagramu Raupa i Sepkoskiego, wśród wielu pomniejszych w ciągu ostatnich dwustu pięćdziesięciu milionów lat wydarzyły się dwie katastrofy przewyższające swoimi skutkami wszystkie pozostałe.

Być może, gdyby analizowano jeszcze większe odcinki czasu, odkryto by ślady potężniejszych kataklizmów. Brama pod uwagę planetoida, odpowiedzialna za zagładę dinozaurów, miała średnicę nie przekraczającą dziesięciu kilometrów. Niewyobrażalne są natomiast skutki zderzenia się Ziemi z planetoidą o średnicy kilkudziesięciu i kilkuset kilometrów. Istnieje nawet hipoteza, iż Księżyc powstał z oderwanego od Ziemi olbrzymiego fragmentu skorupy, na skutek zderzenia się Ziemi z globem o średnicy zbliżonej do średnicy Marsa. W miejscu, z którego ten fragment skorupy został wyrwany, powstał Ocean Spokojny.

Badania mające na celu poznanie liczby asteroid w strefie między Marsem a Jowiszem prowadzone są już od dawna. Prowadzi się je przeszukując klisze fotograficzne nieba w okolicy linii zodiakalnej, czyli pozornej linii powstającej w miejscu przecięcia się płaszczyzny ekliptyki ze sferą niebieską. Ujmując to prościej, asteroidy znajdujące się jedynie w pasie gwiazdozbioru Zodiaku, podobnie jak planety. Położenie orbit planetoid właśnie w tym pasie znacznie ułatwia poszukiwania; w miarę postępu technologicznego odnajduje się coraz mniejsze obiekty. Ogólnie stwierdzono: im asteroidy są mniejsze, tym większa jest ich liczba. Pomimo występowania właściwie nieskończonej liczby asteroid, gdyż szybko ona wzrasta, kiedy zaczynamy mierzyć coraz to mniejsze asteroidy, ich masa jest niewielka i równa w przybliżeniu dziesiątej części masy Księżyca.

Z obserwacją asteroid przecinających orbitę ziemską nie jest już tak łatwo. Nie są one obserwowane w wąskim pasie, lecz mogą pojawić się przypadkowo, w każdym punkcie nieboskłonu. Obserwacje nastręczają wielu kłopotów, a odkryciem nowych rzadzi przypadek. Na początku lat osiemdziesiątych znano już osiemdziesiąt asteroid głęboko przenikających poniżej orbi-

ty Marsa. Formalnie podzielono je na trzy grupy: asteroidy grupy Amora, Apolla i Atona. Ciekawe jest zestawienie ich rozmiarów. Otóż większa z asteroid grupy Atona — 2100 Ra-Szalom, ma średnicę trzy i pół kilometra, czyli jej bliźniak mógłby być odpowiedzialny za katastrofę w trzeciorzędzie. Największe ze znanych asteroid grupy Apolla: 1866 Syzyf i 2212 Hefest, mierzą odpowiednio jedenaście i dziesięć kilometrów średnicy. Największe ze znanych asteroid grupy Amora: 1036 Ganimed i 433 Eros mają średnice czterdzieści i dwadzieścia kilometrów. Najmniejsza z odkrytych asteroid zbliżających się do Ziemi to dwustumetrowej średnicy 2340 Hathor. Opierając się na badaniach statystycznych, można stwierdzić, że znamy jedynie piątą część asteroid o średnicy powyżej dziesięciu kilometrów i zaledwie jeden do dwóch procent asteroid o średnicy około kilometra.

Kalkulacje matematyczne na podstawie obserwacji gęstości kraterów na powierzchni Księżyca pozwoliły ustalić, że raz na sto sześćdziesiąt tysięcy lat na powierzchnię Ziemi może spadać stosunkowo duża asteroida o średnicy powyżej kilometra. Mniejsze bryły materii kosmicznej będą spadać oczywiście z dużo większą częstotliwością. I tak zderzenie z asteroidą o średnicy stu metrów (meteoryt tunguski) może nastąpić raz na każde dziesięć tysięcy lat.

Bardzo bliską asteroidę, która w ciągu najbliższych kilku milionów lat mogłaby zderzyć się z Ziemią, odkryli w lutym 1982 roku Glo Helin i Eugene Shomar. Prowadzili w nocy z dwudziestego siódmego na dwudziesty ósmy lutego obserwacje jednej z komet i przypadkowo na kliszy dostrzegli ślad nowej asteroidy. Przeprowadzono kalkulacje matematyczne, by określić, gdzie mogłaby się ona znajdować następnej nocy; po kilku dniach poszukiwań badacze natrafili na nią znowu. Odkryta asteroida otrzymała nazwę 1982DB i, jak się okazało, minęła Ziemię cztery tygodnie wcześniej w odległości ponad

czterech milionów kilometrów. Następne wielkie zbliżenia Ziemi z tą asteroidą wypadają na lata 2002 i 2020. Można przypuszczać, że na to spotkanie poszybują w jej kierunku ziemskie sondy kosmiczne, przeprowadzą badania i pobiorą próbki skał, które będzie można badać w ziemskich laboratoriach.

Jak zatem widać, dostrzeżenie nowych asteroid nie jest proste. Ich powierzchnia jest stosunkowo ciemna, nierówna, bryła w większości nieregularna, jasność nieduża. Jeżeli nawet będą sprzyjające warunki do prowadzenia obserwacji, a teleskop przypadkowo wycelowany w obszar nieba, w którym asteroida się pojawi, to czy powtórzą się warunki jej powtórnej obserwacji i dokładnego ustalenia parametrów orbity? Jeśli nastąpi tak korzystny zbieg okoliczności, to co się stanie, gdy kurs tej asteroidy wycelowany będzie dokładnie w powierzchnię naszej planety? Dostrzeżona asteroida w ciągu kilku dni spadnie na Ziemię, a katastrofa tym wywołana pociągnie morze ofiar. Jeżeli nawet nie trafi w zamieszkane tereny, lecz spadnie do oceanu, to fala tsunami może zalać połowę obszarów lądowych. Wieczne ciemności, gęste chmury pyłu oraz powodujące powodzie deszcze doprowadzą do dezorganizacji transportu, wydobywania kopaliny, produkcji elektryczności. Zniknie cała współczesna technika, wymrą bezradni wobec takiego kataklizmu ludzie. Po wielu latach, kiedy pył opadnie, pojawią się nowe zwierzęta, a prymitywne szczepy ludzkie na Nowej Gwinei bardzo szybko, bo już po dziesięciu tysiącach lat, stworzą wysoko rozwiniętą cywilizację techniczną.

Co mogą jednak przedsięwziąć ludzie, jeśli dowiedzą się, że zderzenie Ziemi z planetoidą jest pewne? Zawisły nad światem wyrok zdaje się nieunikniony, a bryły materii kosmicznej mogące zagrozić Ziemi J. Davies w swojej popularnej książce nazwał „kamieniami Damoklesa”. Jeżeli w sprzyjających okolicznościach planetoida zostanie przypadkowo dostrzeżona i rzeczywiście nie

będzie wątpliwości co do mającej nastąpić kolizji, czasu może już być bardzo mało. Te kilka dni, przy doskonałej organizacji samoobrony i dyscyplinie działań, przy założeniu, że miejsce, w które uderzy kosmiczny pocisk, będzie dokładnie znane, można przeznaczyć na ewakuację dziesiątków milionów ludzi z miejsc zagrożonych bezpośrednim spadkiem czy zalaniem tsunami. Jest to jednak możliwość tylko teoretyczna, nikt bowiem jeszcze nie dowodził tak olbrzymią akcją o zasięgu międzynarodowym. Niewyobrażalne będą trudności komunikacyjne przy przesiedlaniu takiej masy ludzi. Trzeba gdzieś ich zakwaterować, zapewnić wyżywienie itp. Są to problemy przerastające możliwości mobilizacji ludzi we współczesnym świecie. Co innego, jeżeli data katastrofy byłaby znana na kilka lat wcześniej. Kto jednak uwierzyłby przepowiedniom astronomów? Przecież co jakiś czas publikatory informują nas nachalnie o mającym już wkrótce nastąpić końcu świata.

Co jednak można by uczynić, aby powstrzymać nadciągający kataklizm? Chyba jedynie dwie rzeczy.

Po pierwsze, można by spróbować rozbić nadciągającą planetoidę, a po drugie — zmienić jej orbitę na bezpieczną dla Ziemi.

W jaki jednak sposób rozbić tak ogromne ciało o średnicę blisko dziesięciu kilometrów? Ilość konwencjonalnego materiału wybuchowego użytego do rozbicia tej szybującej góry musiałaby być astronomiczna. Aby go dostarczyć, należałoby zastosować olbrzymią flotyllę rakiet. Musiałby one bez przerwy startować z kilku przynajmniej kosmodromów na Ziemi, a na planetoidzie działałby cały sztab specjalistów koordynujących prace minerskie. Ta gigantyczna praca wymagałaby długiego czasu i olbrzymich środków. Czas potrzebny do jej wykonania mógłby wynosić, według ocen specjalistów, przy uwzględnieniu obecnie posiadanej technologii, kilkadziesiąt lat. Szybciej przeprowadzono

by prace wykorzystujące ładunki nuklearne. Nie są jednak znane skutki wybuchów jądrowych w próżni kosmicznej, a wyniesienie poza Ziemię ładunków atomowych wymagałoby zmiany prawa międzynarodowego. Efekt całej operacji byłby niepewny, a rozbicie asteroidy na kilka fragmentów nie zażegnałoby katastrofy. W Ziemię uderzyłoby zamiast jednej większej kilka mniejszych planetoid. Skutek byłby jednak zbliżony. Ponadto do atmosfery dostałyby się wraz z pyłem i drobnymi fragmentami planetoidy promieniotwórcze produkty eksplozji nuklearnej. Jeszcze inne niebezpieczeństwo stanowiłyby ewentualne niewypały, które długo mogłyby krążyć po okołosłonecznej orbicie.

Wybuchy nuklearne można również wykorzystać do zmiany orbity planetoidy, aby ta nie zderzyła się z Ziemią. Zmiana orbity ciała kosmicznego wymaga zmiany jego prędkości. Aby w istotny sposób zmienić orbitę planety, tak by nigdy więcej nie groziła zderzeniem, należałoby zmienić jej prędkość około kilometra na sekundę (zmiana prędkości o sto metrów na sekundę spowoduje jedynie opóźnienie katastrofy).

Jakiej siły wymagać będzie zmiana prędkości o jeden metr asteroidy o średnicy dziesięciu kilometrów? Aby wykonać to zadanie, główne silniki rakiety Saturn 5, tej, która wyniosła pierwszych ludzi na Księżyc, musiałyby pracować bezustannie na powierzchni planetoidy przez trzynaście lat. W celu zwiększenia mocy takiego silnika można zastosować energię pocisków nuklearnych. Wybuchający bowiem jak najbliżej powierzchni ładunek jądrowy może powodować wyrzucenie w przestrzeń strumienia gazów i skał, co w efekcie zmieni orbitę planetoidy. Czego jak czego, ale zbędnych głowic nuklearnych, wydaje się, jest pod dostatkiem. Są one jednak jak na kosmiczne potrzeby zbyt małej mocy. Jako najmocniejszych używa się głowic o mocy kilkunastu megaton. Do naszych celów potrzebna byłaby głowi-

ca przynajmniej o mocy stu megaton. Eksplodując w pobliżu powierzchni, jak wskazują obliczenia, utworzyłaby ona krater o średnicy pięciuset metrów i spowodowałaby wyrzucenie w przestrzeń około siedmiuset milionów ton skał ze średnią prędkością od trzech do czterech kilometrów na sekundę. Odrzut nadany planetoidzie przez taką eksplozję zmieniłby jej prędkość zaledwie o jedną piętnastą metra na sekundę. Można przypuścić, że tą metodą udałoby się zmienić prędkość asteroidy (przy współczesnych możliwościach technicznych) około półtora metra na sekundę. Jest to zbyt mało, by zmieniła ona w sposób zasadniczy swoją orbitę. Poza tym nie ma jeszcze technologii przygotowywania ładunków nuklearnych o tak wielkiej mocy. Nieznany jest również wpływ promieniowania gigantycznych eksplozji na funkcjonowanie elektroniki zbliżających się do powierzchni planetoidy następnych głowic. Byłyby one sterowane automatycznie, a wybuch poprzedniej mógłby sparaliżować system sterowania następnych. Wybuch, aby był efektywny, musi nastąpić w bezpośrednim sąsiedztwie powierzchni planetoidy, automat musi zatem spowodować eksplozję, zanim jeszcze sterowana bomba rozbije się o nią.

Tyle o tym, co grozi ludzkości ze strony „kamieni Damoklesa”. Groźba taka, chociaż mało prawdopodobna, jest jednak realna. Pewniejsza wydaje się hipoteza, że to właśnie ludzie zagrożą asteroidom, i to w niedalekiej przyszłości.

Już dziś NASA prowadzi intensywne prace badawcze nad wykorzystaniem minerałów gruntu księżycowego do pozyskiwania wodoru, tlenu, helu, tytanu i innych pierwiastków potrzebnych do produkcji wody, powietrza i materiałów pędnych. Będą one potrzebne do funkcjonowania stałych baz na Księżycu, których budowę przewiduje się w pierwszej dekadzie przyszłego stulecia. Po przyswojeniu i rozwinięciu tych technologii nie będzie przeszkód do wykorzystania mineralnych zasobów pla-

netoid. Pamiętać należy, że najmniejsza z dających się zaobserwować planetoid, o średnicy zaledwie dwustu metrów, zawiera około dziesięciu milionów ton materiału, którego przeróbka na długo dałaby zatrudnienie wielkiej orbitalnej fabryce.

Rozwój cywilizacji na Ziemi zbliża się do pewnego kulminacyjnego momentu. Przeludnienie planety, brak czystych i bezpiecznych źródeł energii, potrzeba coraz większych ilości taniej żywności i dóbr konsumpcyjnych w połączeniu z wysokim tempem rozwoju techniki kosmicznej spowodują, że ludzie założą kolonie w przestrzeni międzyplanetarnej. Powstaną one w przyszłym tysiącleciu i zapewnią bezpośredni dostęp do najbardziej czystej i łatwej do korzystania energii słonecznej. Olbrzymie przestrzenie na orbicie wokółsłonecznej mogą być zasiedlone przez niezliczone rzesze ludzi, którym wyżywienie zapewni specjalnie w tym celu rozwijana hydroponiczna hodowla roślin. Budowa tych kolonii pochłonie wiele surowców, których, rzecz jasna, nie będzie można w takiej skali sprowadzać z Ziemi. Nasza planeta pozostanie prawdopodobnie swoistym rezerwatem, w którym można będzie czasami spędzić niezapomniany urlop lub odbyć wycieczkę szkolną. Ze względu na ochronę środowiska naturalnego na Ziemi nie będzie w ogóle przemysłu ciężkiego. Nie będą również startowały i lądowały rakiety.

Podróż z powierzchni na orbitę może odbywać się szybkimi windami, które napędzane energią słoneczną unosić będą pasażerów i ładunki do wysokości orbity stacjonarnej, to jest trzydziestu sześciu tysięcy kilometrów. Energia niezbędna do nadania windzie pierwszej prędkości kosmicznej byłaby w małych porcjach przekazywana przez ścianki wieży, wewnątrz której winda ta wznosiłaby się, a pochodziłaby z naturalnej energii zawartej w ruchu obrotowym Ziemi. Korzyść z takiego rozwiązania jest oczywista. Wyobraźmy sobie, że kosmonautą mógłby być każdy z nas. Wystarczy jedynie wsiąść do windy, by znaleźć

się w przestrzeni kosmicznej i udać w dowolnym kierunku bez obawy, że spadnie się z powrotem. Wieże-windy spełniałyby niejako funkcję mola wielkiego portu oceanicznego. Do stacji zbudowanych w pobliżu wieży mogłyby przybijać nawet najpotężniejsze statki kosmiczne. Tu odbywałby się rozładunek i załadunek, a także wymiana załóg. Ziemia zostałaby uwolniona od ciągle startujących i lądujących pojazdów.

Można przypuszczać, że epoka, w którą wkraczamy, wyniesie życie w przestrzeń kosmiczną. Pozwoli wykorzystać czystą energię słoneczną do produkcji żywności, ogrzewania i funkcjonowania kolonii. Pozwoli wykorzystać naturalną energię ruchu obrotowego Ziemi w podróżach z powierzchni na orbitę, pozwoli wreszcie na szerokie wykorzystanie zasobów mineralnych planetoid. Można przypuszczać, że w związku z bardzo szybko rozwijającą się inżynierią kosmiczną i wykorzystaniem materiału planetoid jako naturalnego i taniego źródła surowców do produkcji wody, tlenu, metali, krzemu i innych substancji w nadchodzących pięciu czy dziesięciu tysiącach lat w przestrzeni międzyplanetarnej nie pozostanie ani jedna asteroida. Chyba tylko jako obiekt chroniony, w postaci pomnika przyrody. Tak więc ekspansja ludzkości w przestrzeń kosmiczną sprawi, że w ciągu dziesięciu tysięcy lat znikną asteroidy, a groźba ich spadku na Ziemię i zagrożenie tym samym ludzkości w ciągu najbliższego miliona lat są prawie żadne. Niemniej, jakkolwiek los spotka w przyszłości asteroidy, należy pamiętać o wielkiej roli, jaką odegrały w kształtowaniu dzisiejszego obrazu naszej planety.



A JEDNAK KOMETY ZDERZAJĄ SIĘ Z PLANETAMI

Całkiem zwyczajnie zapowiadał się dzień pracy amerykańskiej pary obserwatorów nieba i słynnych już na świecie łowców komet Carolyn S. Shoemaker i Davida H. Levy'ego. Postanowili wykorzystać część lekko prześwietlonych przez nieuwagę klisz do obserwacji okolic Jowisza. Ku ich zdziwieniu na fotografiach odkryli coś, co przypominało „rozgniecioną komety”. Po potwierdzeniu przez jeszcze jednego niezależnego obserwatora odkrycie tej dziwnej komety zgłoszono naukowej społeczności i nadano jej nazwę Shoemaker-Levy 9, jako że była to już dziewiąta kometa odkryta przez ten zespół astronomów.

Wielkie zaskoczenie wywołała orbita komety. Już bowiem z przybliżonych obliczeń wynikało, że jej „rozgniecenie” jest wynikiem rozpadu na drobne fragmenty w czasie poprzedniego, bardzo bliskiego przejścia tego ciała w stosunku do powierzchni Jowisza. W rezultacie oddziaływania sił grawitacyjnych jądro komety, złożone z materiałów o niskiej spójności, rozsypało się po prostu na drobniejsze fragmenty. Te z kolei zostały rozciągnięte wzdłuż orbity komety na skutek różnic w prędkości poruszania się ich względem siebie. Największą jednak niespodzian-

kę stanowiły wyniki obliczeń przyszłego toru komety. Jak się bowiem okazało, przy następnym zbliżeniu do Jowisza musi nastąpić zderzenie się roju obiektów pozostałych po rozpadzie komety z planetą olbrzymem.

Rewelacje te zelektryzowały środowisko astronomów w stopniu jeszcze większym, niż uczyniła to w 1986 roku kometa Halleya. Obserwatorzy mieli teraz ponad rok, by przygotować się do śledzenia zjawiska, jakie zdarza się niezwykle rzadko w świecie planet: do obserwacji katastrofy kosmicznej podobnej do tej, która stała się przyczyną wyginięcia na Ziemi dinozaurów około sześćdziesięciu pięciu milionów lat temu.

W trakcie badań nad kometa Shoemaker-Levy 9 sprawdzilo się również przysłowie, że „im dalej w las, tym więcej drzew”. Przy obserwacji jasności poszczególnych dwudziestu jeden fragmentów powstały spory co do szacunków ich mas i średnic. Podano nawet w wątpliwość kometarną genezę ciała, ponieważ jego orbita leżała w płaszczyźnie ekliptyki, podobnie jak orbity większości planet i planetoid, bliskie tej, w której porusza się, poza tym nie zaobserwowano tego ciała w przeszłości. Aktywność tworzenia obłoku pyłowego uznano natomiast po prostu za wynik rozpadu ciała; stwierdzono, że może to być również przechwycona przez potężne pole grawitacyjne Jowisza planetoida.

Pierwsze uderzenie nastąpiło szesnastego lipca 1994 roku i było początkiem trwającego cały dzień bombardowania. Miejsca uderzenia rozlokowane były na niewidocznej z Ziemi półkuli planety na wysokości około trzydziestu pięciu stopni szerokości południowej. Ziemia oddalona była wówczas od Jowisza o osiemset milionów kilometrów. Chociaż uderzenia miały nastąpić z odwrotnej strony Jowisza, uczeni mieli nadzieję dojrzeć błysk eksplozji, odbity od lodowych powierzchni księżyców tej planety. Dzięki szybkiemu obracaniu się Jowisza wkrótce po

wybuchu obszary te miały wchodzić w pole widzenia ziemskich teleskopów.

Innym, o wiele korzystniejszym miejscem obserwacji była sonda kosmiczna Galileo, która zdążyła właśnie w kierunku Jowisza, by znaleźć się w bezpośredniej jego bliskości dopiero pod koniec 1995 roku. Sonda, oddalona obecnie blisko dwa miliardy kilometrów od celu, znalazła się w tak szczęśliwym położeniu (w przeciwieństwie do obserwatorów ziemskich), że mogła rejestrować błyski wybuchających bolidów. Inna sprawa, że pierwsze fotografie przez nią wykonane nadeszły długo po tym, jak katastrofa obserwowana była z Ziemi.

Fotografie przedstawiają poszczególne fazy wybuchających kolejno i zderzających się z Jowiszem fragmentów komety Shoemaker-Levy 9. Ich analiza naukowa z czasem przyniesie niezmiernie cenne informacje o tym bardzo rzadkim, a na pewno największym w obecnym stuleciu wydarzeniu kosmicznym na skalę naszego Układu Słonecznego. Z pobieżnych analiz wynika, że błyski eksplozji nie były aż tak dramatyczne, jak oczekiwano część uczonych. Nie jest jednak pewne, czy pochodziły od samego wybuchu, czy też były wywołane świeceniem przelatującego w atmosferze Jowisza bolidu.

W kilka bądź kilkanaście minut po eksplozji wywołanej zderzeniem się poszczególnych fragmentów komety z planetą obszary, na których nastąpiła katastrofa, widoczne już były z Ziemi. Obserwacje prowadzono różnymi technikami. Aby wyeliminować silne świecenie tarczy Jowisza, do wielu obserwacji użyto specjalnych filtrów pochłaniających część widma, na przykład w paśmie absorbowanym przez metan będący podstawowym składnikiem atmosfery planety giganta. Wykonane w ten sposób fotografie eliminują świecenie tarczy planety; widoczne są jedynie czasy pochodzące od potężnych wybuchów. Niektóre z nich rozrosły się do tak gigantycznych rozmiarów jak

cała nasza Ziemia i bardzo długo trwały na tle chmur atmosfery planety. Mimo że energia wybuchów, jak się ocenia, przekracza setki milionów megaton, to ciała bolidów nie przeniknęły zbyt głęboko w atmosferę Jowisza.

Przypuszcza się, że pod metanową powłoką mogą znajdować się chmury zawierające lód i parę wodną. Uczeni sądzili, że bolidy dotrą do tych warstw, a następujący po tym wybuch wyniesie fragmenty tej warstwy wystarczająco wysoko, by można było ją zmierzyć przez spektrometry ziemskich obserwatorów. Tak jednak się nie stało, poszczególne fragmenty komety Shoemaker-Levy 9 nie wniknęły zbyt głęboko w atmosferę planety i eksplodowały wysoko ponad powierzchnią chmur atmosfery Jowisza. Świadczy to w pewnym sensie o małej gęstości poszczególnych fragmentów komety i niewielkiej spójności budującej jej materii. Mimo to ocenia się, że tak duże fragmenty, jeśli wtargnęłyby do atmosfery ziemskiej, rozbiłyby się dopiero o twardą skorupę planety. Spadając zaś fragment po fragmencie, jak na Jowiszu, wybiłyby cały łańcuszek mniejszych i większych kraterów meteorytowych dokładnie wokół naszej planety. Katastrofa taka trwałaby od tygodnia do paru miesięcy i musiałaby swoim zasięgiem objąć cały glob.

Katastrofa, spokojnie obserwowana przez astronomów (i nie tylko) z bezpiecznej odległości, uświadomiła również politykom i ekonomistom realną groźbę bombardowania kosmicznego, jego skutki dla naszej cywilizacji. Aczkolwiek szansa takiej katastrofy na Ziemi jest nikła, to jednak istnieje i powiększa się z każdym dniem. Proponuje się prowadzenie badań nad możliwością wykrywania i śledzenia potencjalnego kosmicznego zagrożenia, co z kolei może dać wystarczająco dużo czasu na przygotowanie metod pozwalających na wyeliminowanie grożącej katastrofy. Do takich projektów

należy przygotowywany do realizacji przez NASA „Space-guard” (kosmiczny strażnik), który wykorzystując teleskop o średnicy dwóch i pół metra (ma kosztować około pięćdziesięciu milionów dolarów) w ciągu najbliższych dwudziestu lat ma prowadzić obserwacje małych ciał kosmicznych. Policzone nawet, że roczny budżet tego obserwatorium nie będzie przekraczał dziesięciu milionów dolarów amerykańskich.



SPIS TREŚCI

Wstęp	5
Katastrofa w tajdze	9
Meteoryty spadają	38
Tajemnica śmierci dinozaurów	68
O kosmicznych katastrofach więcej	97
A jednak komety zderzają się z planetami	114