BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 4 (28) Grudzień 1998

W numerze:

- Nördlinger Ries
- Imilac cz. II
- chondryty LL3
- JAM (session) II

Imilac

Ważący 22,6 kg okaz pallasytu Imilac z kolekcji Muzeum Geologicznego PAN przywieziony w ubiegłym stuleciu do Krakowa przez Ignacego Domeykę.

Meteoryt – biuletyn dla miłośników meteorytów wydawany przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku i Pallasite Press – wydawcę kwartalnika Meteorite! z którego pochodzi większa część publikowanych materiałów.

Redaguje *Andrzej S. Pilski*

Skład: *Jacek Drążkowski*
Druk: *Jan*, Lidzbark Warm.

Adres redakcji:
skr. poczt. 6,
14-530 Frombork,
tel. 0-55-243-7392.

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 1999 roku 14 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr:

15401072-3724-36001-00-01

w BOŚ SA O/Olsztyn,
zaznaczając cel wpłaty.

Wcześniejsze roczniki powielane są na zamówienie za opłatą równą wysokości aktualnej prenumeraty.

Subscribe to *Meteorite!*

Pallasite Press
P.O. Box 33-1218
Takapuna, Auckland
NEW ZEALAND

4 issues per year $US27
(2nd class airmail)
VISA & MasterCard accepted

www.meteor.co.nz

Od redaktora:

Z przyjemnością zauważam, że kolekcjonerzy i miłośnicy meteorytów coraz częściej dostarczają materiały do naszego kwartalnika. Mamy w numerze informację o nowym marsjańskim meteorycie Jarosława Bandurowskiego i wrażenia z giełdy w Sosnowcu Łukasza Obrośląka, informacje od geologa (i kolekcjonera) Tadeusza Przylibskiego, a także poniższy rysunek. Nie można też pominąć znakomitych tłumaczeń Marka Mućka (1–4/98). Grzegorz Pacer także obiecał, że coś napisze. Trzymam za słowo.

Z innych tegorocznych numerów chciałbym przypomnieć znakomity artykuł Tadeusza Przylibskiego i Pawła Zagożdżona (1/98), ciekawe relacje Marka Mućka (1/98), Kazimierza Mazurka i Michała Ostrowskiego (2/98) interesujące materiały Janusza W. Kosinskiego (3/98) i tłumaczenia Katarzyny Niemiec (2/98) i Michała Kosmulskiego (1, 3/98). Ponieważ honorariów nie płacimy, chciałbym przynajmniej serdecznie podziękować.

Mijający rok okazał się udany dla kolekcjonerów meteorytów dzięki Grzegorzowi Pacerowi, który przywożąc okazy na niektóre giełdy minerałów pozwolił napatrzeć się na meteoryty, na które nas nie stać (i wziąć do ręki — nie do pomyślenia w żadnym muzeum!) oraz zaopatrzyć się w okazy, na które możemy sobie pozwolić. Kolejne wizyty będą zapowiadane w „Meteorycie", więc zachęcam do zaplanowania wizyty na jednej z giełd. Kupić, nie kupić — obejrzeć można.

W nadchodzącym roku przypada kolejne Seminarium Meteorowo-Meteorytowe. Nie wiadomo jeszcze gdzie i kiedy się odbędzie. Rozważane jest na przykład zorganizowanie „meteorytowej majówki" z udziałem Grzegorza Pacera z meteorytami. Inne pomysły (i pomoc w organizowaniu) mile widziane.

„Meteorite!" zapowiada obchody 30 rocznicy deszczu chondrytu węglistego Allende. Prawdopodobnie następny „Meteoryt" także będzie temu poświęcony. Jeśli ktoś nie ma jeszcze tej niezwykłej materii, może warto rozważyć zakup fragmentu Allende, póki jeszcze można to zrobić stosunkowo tanio.

Przygotowywane jest drugie, zaktualizowane wydanie „Meteorytów w zbiorach polskich". Kolekcjonerzy otrzymają wkrótce ankiety z prośbą o podanie aktualnego stanu posiadania. Będę także wdzięczny za wiadomości o zbiorach, które nie znalazły się w pierwszym wydaniu.

Namawiam wszystkich Czytelników do pozostania z nami w przyszłym roku, czego wyrazem będzie wpłacenie 14 zł na podane obok konto. Wraz z Jackiem Drążkowskim życzymy wszystkim, aby w nowym roku mieli więcej szczęścia do meteorytów, niż bohater zamieszczonego obok żartu autorstwa Roberta Borzęckiego (też kolekcjonera).

Andrzej S. Pilski

Rys. R. Borzêcki

Pozostałości dawnych katastrof

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4. Copyright © 1998 Pallasite Press)

W meteorytowych kolekcjach całego świata znajdują się fragmenty skał niezbyt chętnie oddane przez najstarsze z ciał macierzystych. Są to chondryty. Opowiadają nam one historię, którą dopiero teraz zaczynamy rozumieć. Jest to opowieść o trudnych narodzinach, o gwałtownych kataklizmach, które równie dobrze mogły zniszczyć tworzące się globy jak i powołać je do istnienia. To co pozostało, to okruchy tej pradawnej historii, połamane ciała, które uleczył czas. Zobaczmy, co mogą nam powiedzieć.

Jednym z procesów, które zmieniły pierwotne cechy charakterystyczne chondrytów, był metamorfizm dynamiczny lub szokowy, spowodowany przez zderzenia podczas akrecji ich ciał macierzystych i po jej zakończeniu. W jego wyniku meteoryty ulegały lokalnemu przetopieniu i brekcjacji. Właściwości takie wykorzystywano w pierwszych schematach klasyfikacyjnych (Brezina), ale później nie brano ich pod uwagę, ponieważ uważano, że były to „wtórne" zmiany, które jedynie maskowały bardziej podstawowe właściwości. Jednak w 1991 roku D. Stöffler, K. Keil i E.R.D. Scott pokazali, że metamorfizm szokowy, występujący bardzo wcześnie w procesie formowania się ciała macierzystego, był w istocie częścią procesów mających wpływ na wytworzenie się podstawowych cech charakterystycznych tego ciała i dlatego powinien być uważany za ważny czynnik w klasyfikacji chondrytów. Dzisiejsza klasyfikacja chondrytów obejmuje, wraz typami chemicznymi i petrologicznymi, także stopień szokowy (S1-S6), który bezpośrednio informuje o zderzeniowej historii meteorytu.

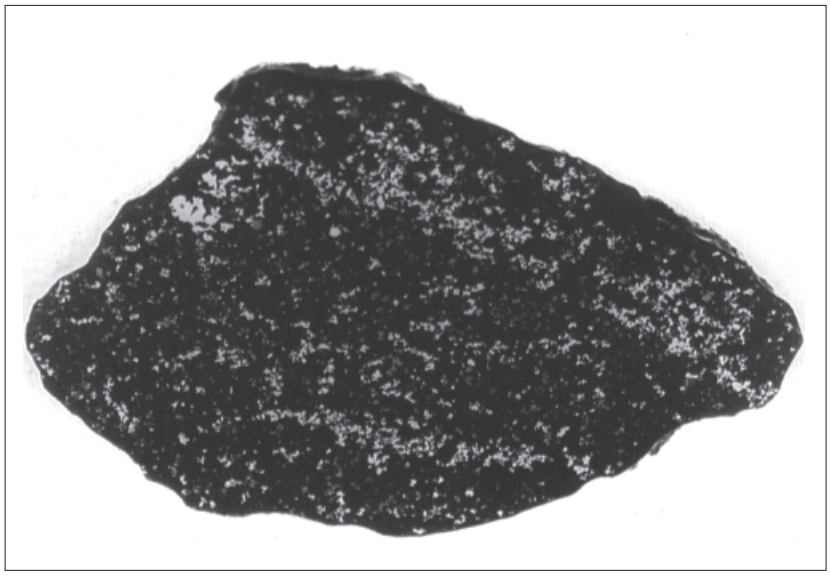
Niezbrekcjowane chondryty zwyczajne

Pewien stopień przeobrażeń szokowych widoczny jest niemal w każdym chondrycie. Chyba najbardziej widoczne oznaki tej historii zderzeniowej występują w teksturach makroskopowych. W płytkach cienkich niezbrekcjowanych chondrytów o niskim stopniu szokowym widoczne jest faliste wygaszanie i czasem planarne spękania w oliwinie. Żyłki szokowe mogą występować już przy stopniu S3, ale znacznie częściej obserwujemy je przy stopniu S5, kiedy ciśnienia wywołane zderzeniem osiągają 45—55 Gpa (gigapaskali). Widoczne są wtedy ciemne, szkliste żyłki o chondrytowym składzie chemicznym biegnące przez wnętrze chondrytu. Żyłki te wyglądają jak nitki rozgałęziające się od większych żył. Powstają one podczas lokalnego stopienia skały wywołanego zderzeniem, gdy stopiona materia wdziera się w istniejące wcześniej spękania.

Żyłki najłatwiej zauważyć, gdy są metalowe. W chondrytach często znajdujemy żyłki szokowe metalicznego żelaza niklonośnego i troilitu, zwłaszcza w tych, które zawierają dużo metalu. Często te metalowe żyłki biegną przez cały meteoryt rozgałęziając się i czasem kończąc w „kałużach" metalu. Innymi oznakami szokowego topnienia metalu są duże nieregularne bąble metalu zwane kieszeniami topnienia. W żyłkowanym chondrycie H5 El Hammami, który spadł niedawno w Mauretanii, widoczne są piękne przykłady metalowych żyłek, z których wiele wystaje nad kamienną masę licznych rozbitych fragmentów.

Zbrekcjowane chondryty zwyczajne

Chondryty poddane przy zderzeniach działaniu takich ciśnień niemal zawsze są zbrekcjowane, to znaczy nie są jednorodnymi ciałami stałymi, lecz składają się z kanciastych fragmentów, czyli ksenolitów, scementowanych w zwartą skałę przez drobnoziarnistą materię wypełniającą luki między nimi. Proces lityfikacji występuje po brekcjacji poprzez szokowe stopienie ziaren krzemianów w cieście skalnym meteorytu. Jeśli wszystkie ksenolity mają ten sam skład i teksturę i taki sam skład ma łączące je ciasto skalne, to mówimy, że meteoryt jest brekcją *monomiktyczną*. Te meteoryty zostały podczas zderzenia zgruchotane, ale ich materia na ogół nie została przemieszczona i kawałki pasują do siebie jak elementy puzzli, tylko są oddzielone ciemną materią stopioną w wyniku zderzenia. Bardziej interesujące są brekcje złożone z dwóch i więcej ro-



Polerowana płytka żyłkowanego chondrytu H5 El Hammami ukazuje dwie niemal równoległe żyłki metalu. Nie są one ciągłe, lecz składają się z nieregularnych płytek ułożonych wzdłuż pęknięć. Okaz ma 33 mm długości.

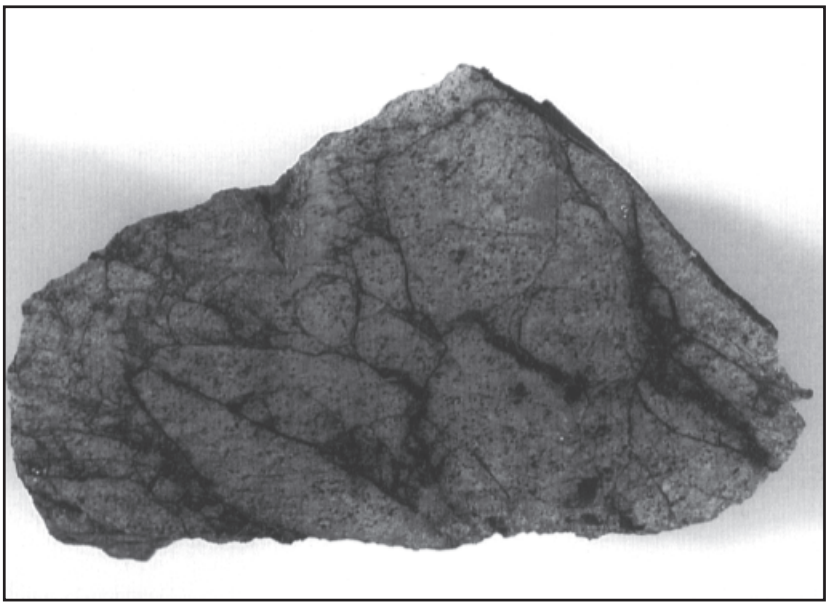
dzajów ksenolitów różniących się teksturą i składem chemicznym od siebie i od materii wypełniającej luki między nimi. Są to brekcje *polimiktyczne* i często składają się z jasnych i ciemnych okruchów. Klasycznym przykładem jest aubryt Cumberland Falls składający się z jasnych okruchów pierwotnej materii enstatytowej i ciemnych fragmentów o składzie chondrytowym. W tym przypadku materia obu uczestniczących w zderzeniu ciał została wymieszana tworząc jedną skałę.

Czasem spotykamy chondrytowe brekcje zawierające okruchy o podobnym składzie, ale różniące się stopniem zmetamorfizowania (typem petrologicznym). John Wasson z UCLA nazywa je brekcjami *genomiktycznymi*. Jeśli te meteoryty pochodzą z tego samego chondrytowego ciała macierzystego, to wskazują one, że ciało to składało się ze skał o różnym stopniu zmetamorfizowania ułożonych przypuszczalnie tak, że skały bardziej zmetamorfizowane zakopane były głębiej. Potężne zderzenia wykopały te skały i wymieszały z mniej zmetamorfizowanymi skałami znajdującymi się bliżej powierzchni, a kolejne zderzenia zcementowały tę mieszaninę w brekcję genomiktyczną.

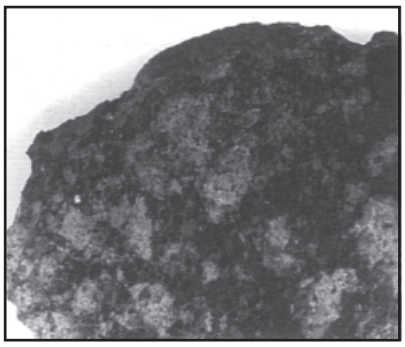
Brekcje regolitowe

Wszystkie wymienione wyżej brekcje wciąż zachowują charakterystyczne tekstury chondrytów zwyczajnych i prawdopodobnie są fragmentami najdawniejszych, pierwotnych ciał macierzystych chondrytów odłupanymi podczas formowania ciała macierzystego, lub wkrótce po jego uformowaniu. Istnieją inne chondryty, których budowa wskazuje, że przez długi czas po uformowaniu się ciała macierzystego znajdowały się one na jego powierzchni, lub blisko niej,. Ta płytka warstwa ulegała zderzeniom przez większą część istnienia. Spowodowało to powstanie nieskonsolidowanej warstwy okruchów i pyłu umiejscowionej na jednolitej skale podłoża, podobnej do tej, jaką znaleziono na powierzchni Księżyca. Taka warstwa nosi nazwę *regolitu*. W niej powierzchniowa materia była mieszana i „przekopywana" przez zderzenia przez większą część swej historii. Okruchy i pył w końcu łączyły się (w wyniku lityfikacji zderzeniowej) tworząc brekcję regolitową. Najnowsze zdjęcia chondrytowych planetoid ukazały charakterystyczną powierzchnię wypełnioną starymi kraterami uderzeniowymi pokrytymi pyłem i gruzem skalnym oraz świeżo wyglądające kratery uderzeniowe i pokrywy wyrzutowe typowe dla formacji regolitowych.

Około 10% chondrytów zwyczajnych jest brekcjami regolitowymi. Łatwo je rozpoznać dzięki jasnym okruchom w ciemnym, sproszkowanym cieście skalnym. Najbardziej jednak odróżnia je zawartość gazów szlachetnych. Materia na powierzchni



Chondryt St. Michel z Mikkeli w Finlandii. Jest to przykład brekcji momomiktycznej, w której poszczególne fragmenty są scementowane szkliwem stopionym w wyniku zderzenia. Okaz ma 43 mm długości.



małych ciał jest narażona na nieustanne bombardowanie przez wiatr słoneczny. Wśród cząstek wiatru słonecznego są izotopy helu, argonu i neonu. Ponieważ ciało macierzyste nie posiada atmosfery, która mogłaby je zatrzymywać i pochłaniać, izotopy te wnikają w minerały znajdujące się na powierzchni. Głębokość wnikania sięga 5—10 cm od powierzchni. Prowadzi to do powstania w brekcjach nadwyżki tych gazów szlachetnych wykrywalnej spektrometrem masowym. Jest pewną osobliwością, że nadwyżka ta jest znajdowana niemal wyłącznie w ciemnym cieście skalnym, a w jaśniejszych okruchach osiąga znacznie niższy poziom. Można to wyjaśnić biorąc pod uwagę akrecyjny wzrost ciała macierzystego. Podczas trwania akrecji powierzchnia jest szybko przykrywana pokruszoną skałą, która jest szybko rozbijana na warstwę drobnego pyłu. Ta warstwa jest wystawiona na działanie wiatru słonecznego przez miliony lat. Od czasu do czasu większe zderzenia wydobywają głębiej położone warstwy nieskonsolidowanego materiału wyrzucając je na powierzchnię jako pokrywy wyrzutowe. Te głębiej zakopane skały były chronione przez wiatrem słonecznym i cząsteczkami z rozbłysków słonecznych. Lityfikacja powierzchniowej warstwy ciemnego pyłu i okruchów skalnych wytworzyła brekcję regolitową o różnej zawartości gazów szlachetnych.

Gdy następnym razem będziemy zastanawiać się, czy kupić jeszcze jeden „zwyczajny" chondryt, przyjrzyjmy się mu uważnie. Czy ma on żyłki szokowe? Czy składa się z jasnych i ciemnych fragmentów? Czy jest zbrekcjowany? Jeśli tak, to mamy w rękach rozbite pozostałości prawdziwego Armageddonu.

Elektrofoniczne odgłosy dużych bolidów

Colin Keay

t³um. Marek Muciek

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 3. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Niegdyś podzielałem opinię wielu specjalistów od meteorów, że dziwne dźwięki, według niektórych relacji towarzyszące czasem przelotom jasnych bolidów, to efekt czysto psychologiczny. Słyszano je jednocześnie z efektem świetlnym, co fizycznie nie jest możliwe. Czy na pewno nie jest?

Edmund Halley był prawdopodobnie pierwszym, który dowiódł, że bolidy rozbłyskują w atmosferze na wysokościach rzędu 100 km. Był to znaczny postęp w rozumieniu zjawiska meteorów. Jednocześnie jednak zasugerował, że występujące wraz z błyskiem dźwięki są tylko efektem psychologicznym, nie był bowiem w stanie tego zrozumieć. Powstrzymał w ten sposób znalezienie fizycznego wyjaśnienia tego zjawiska na dwa i pół stulecia. W ciągu tego długiego okresu dziwne hałasy intrygowały mnóstwo badaczy, a niektórzy z nich byli nawet bliscy znalezienia rozwiązania zagadki. Jednak brak ich sukcesu skłaniał większość ekspertów do wyznawania hipotezy psychologicznej. Po obu stronach niegdysiejszej Żelaznej Kurtyny była garstka takich, którzy mimo braku dowodów wierzyli w istnienie fizycznego wyjaśnienia. Wojskowi sądzili, że ten efekt może wskazywać na istnienie jakiegoś nieznanego sposobu przesyłania informacji, a to byłaby nie lada gratka. Nie chcąc przegapić okazji, amerykański Departament Obrony zlecił firmie RAND przebadanie zjawiska. Rezultatem był raport Mary Romig i Douglasa Lamara, który ukazał się w roku 1963. Nie zawierał on jednak stanowczego rozstrzygnięcia, więc większość specjalistów od meteorów postanowiła pozostawić sprawę psychologom. A ci nie byli nią wcale zainteresowani.

Tak rzecz się miała aż do 7 kwietnia 1978 roku, kiedy to bolid o jasności -16^m zamienił noc w dzień nad Sydney i Newcastle, w Australii. Moi przyjaciele z Muzeum Australijskiego bardzo pragnęli zdobyć meteoryt, który mógł był spaść w następstwie tego wydarzenia. Naciskany przez nich przepytałem dziesiątki naocznych świadków i wkrótce doszedłem do wniosku, że punkt końcowy toru był daleko nad oceanem. Usłyszałem jednak wiele intrygujących relacji o odgłosach słyszanych równocześnie z przelotem bolidu. Dwie osoby słyszały odgłosy zanim cokolwiek było widać. Według mnie oznaczało to definitywny koniec wyjaśnienia psychologicznego. Skoncentrowałem się więc na relacjach, w których wzmiankowano efekty akustyczne. Były one całkowicie sprzeczne, ale jedna rzecz była oczywista — miało miejsce przenoszenie energii z prędkością światła. Ale jak? Na jakich częstotliwościach?

W moich radarowych badaniach meteorów nie spotkałem ani jednego przypadku meteoru, dowolnych rozmiarów, który wysyłałby co innego niż tylko światło i ciepło. Promieniowanie radiowe meteorów było poszukiwane przez Geralda Hawkinsa. Wynik był negatywny. Doprowadziło go to do wniosku, że meteory wykazują zdumiewająco niską skuteczność zamiany energii kinetycznej w radiową.

Przez następne 16 miesięcy przeczytałem wszystkie artykuły na ten temat jakie udało mi się znaleźć, i przebadałem pod każdym możliwym kątem dane obserwacyjne. Byłem tak przekonany o tym, że to zjawisko musi mieć jakieś fizyczne wytłumaczenie, że oznajmiłem to moim kolegom, badaczom meteorów, w krótkim komunikacie na kongresie Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Montrealu, w sierpniu 1979 roku. Delikatnie zachęcono mnie, abym trzymał się moich badań radarowych, a w biuletynie kongresowym zasugerowano, że odgłosy bolidów są lepszym tematem dla psychologów niż dla fizyków!

Podczas następnych kilku miesięcy w Instytucie Astrofizycznym Herzburga w Ottawie, gdzie miałem zajmować się radarowym badaniem meteorów, zrobiłem właściwy użytek z ich cudownej biblioteki i wykorzystałem zasoby umysłowe wszelkich uczonych, którzy mogli mi w czymkolwiek pomóc. Opracowałem również cały materiał obserwacyjny dotyczący samych bolidów, który został później opublikowany w „Nature".

Oto przeszkody, które musiałem pokonać aby zrozumieć bolidy elektrofoniczne (termin użyty po raz pierwszy przez Petera Draverta w roku 1940):

— są one bardzo rzadkie, co utrudnia bezpośrednie badania

— dźwięki są kapryśne, zdarza się, że nie wszyscy świadkowie w tej samej grupie je słyszą

— propagacja jest natychmiastowa

— nigdy nie zarejestrowano żadnego promieniowania radiowego bolidów

— nie znano żadnego mechanizmu generowania promieniowania radiowego przez meteory

— nie była jasna metoda przetwarzania energii elektromagnetycznej w dźwięk.

Wyczerpujące przeszukanie całego widma elektromagnetycznego na falach dłuższych niż podczerwone wykazało całkowity brak badań możliwych sygnałów w zakresie od 10 Hz do 100 kHz. A w tym właśnie obszarze mieszczą się częstości akustyczne. To sugerowało, że przekształcenie energii odbywa się w drodze przetworzenia fal elektromagnetycznych w drgania dźwiękowe. Wyjaśniałoby to również kapryśność zjawiska — nie ma „przetwornika", nie ma dźwięków.

Potem zająłem się poszukiwaniem jakiegoś fizycznego mechanizmu, dzięki któremu bolid mógłby generować promieniowanie radiowe na niskich i skrajnie niskich częstotliwościach. Badania eksplozji jądrowych wykazały istnienie w ich widmach elektromagnetycznych lokalnego szczytu natężenia około 12 kHz, wynikającego z niestabilności ekspandującej kuli

ognia. To wyjaśniało, jak wybuchający meteor może wytwarzać krótkie rozbłyski niskoczęstotliwościowego promieniowania. Jednak pozostawał problem generacji sygnałów trwających kilka sekund .

Nieżyjący już rosyjski ekspert od meteorów, I.S. Astapowicz, spędził znaczną część swego życia próbując rozwiązać zagadkę odgłosów bolidów. Nie udało mu się, ale olbrzymi materiał obserwacyjny jaki zgromadził, pozwolił mu dokonać paru wartościowych spostrzeżeń. Zauważył, że tylko bolidy jaśniejsze od -9^m wytwarzały dźwięki trwające dłuższy czas. I zazwyczaj miały one płaskie trajektorie. Te i inne fakty wskazywały, że w grę wchodziły turbulencje atmosfery, powodowane przez przelatujący bolid. To z kolei doprowadziło mnie do badań sposobów przepływu powietrza, w wyniku których odkryłem, że turbulencje pojawiają się tylko poniżej pewnej granicznej wysokości, zależnej od prędkości bolidu i innych czynników.

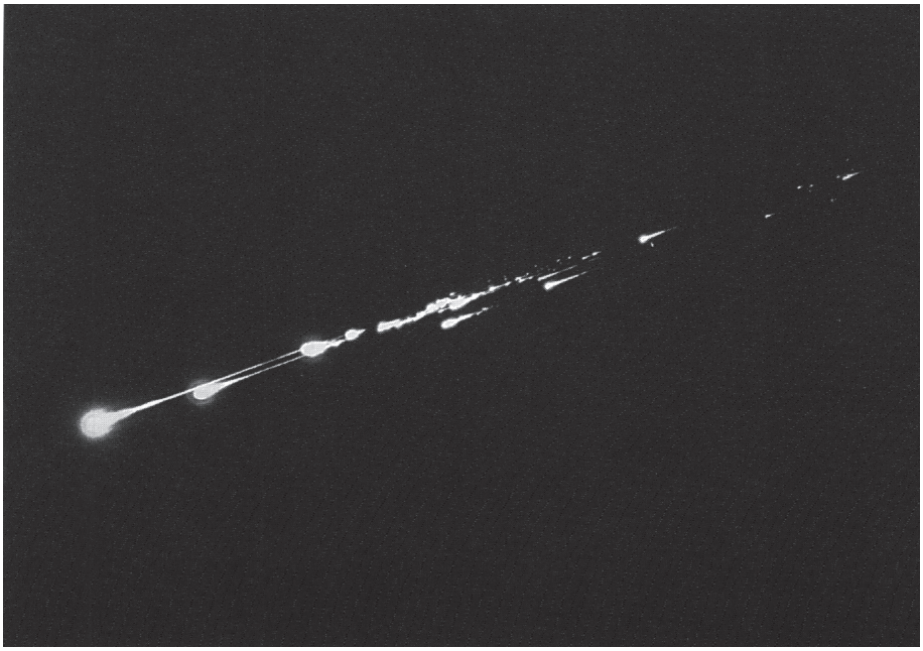
Klocki puzzla zaczęły układać się na swoich miejscach, ale wciąż tajemnicą pozostawał mechanizm wytwarzania promieniowania. Aerodynamicy, specjaliści od plazmy i inni eksperci chowali głowy w piasek na samo wspomnienie przepływów turbulentnych. Nie pozostało mi nic innego jak wymyślić coś samemu. Zainspirowała mnie teoria plam słonecznych Freda Hoyle'a, którą interesowałem się wiele lat wcześniej. Rachunki wskazywały, że energia mechaniczna, której w turbulentnym śladzie bolidu jest dostatek, mogłaby być przenoszona do pola geomagnetycznego, o ile byłoby ono uwięzione w plazmie śladu. Uwięzienie jest możliwe poprzez dyfuzję pola do płynącego laminarnie powietrza tuż za bolidem, zanim pojawi się turbulencja. Gdy plazma w śladzie ochładza się i rekombinuje, energia pola uwalnia się i wzbudza drgania jonosfery na niskich i bardzo niskich częstotliwościach, czego właśnie potrzeba do wytworzenia dźwięków elektrofonicznych.

Ta praca została opublikowana w „Science" w roku 1980. Wstrzymałem dech oczekując na reakcję speców od meteorów. Wkrótce autor podstawowego dzieła „Physics of Meteoric Phenomena", Witalij Bronszten, poparł i uzupełnił moja teorię. Pozostało czekać na obserwacyjne potwierdzenie generacji niskoczęstotliwościowego promieniowania przez duże meteory.

Tymczasem rozpocząłem eksperymentalne badania przetwarzania drgań elektromagnetycznych w dźwięk. Podczas mojego pobytu na Uniwersytecie Zachodniego Ontario w Kanadzie uzyskałem dostęp do komory bezechowej i oprzyrządowania, które pozwoliło mi prowadzić testy na ochotnikach. Spośród 44 przebadanych osób, dwie kobiety i jeden mężczyzna wykazali podwyższoną wrażliwość na dźwięk pola elektrycznego drgającego na częstotliwościach akustycznych. Owe dwie kobiety miały modną fryzurę afro, zaś mężczyzna miał miękką grzywę. Słyszeli oni wibrację własnych włosów, drgających w rytm zmiennego pola elektrycznego.

Dalsze doświadczenia w komorze bezechowej, które przeprowadziłem po powrocie do Australii wykazały, że wiele zwyczajnych przedmiotów może stanowić potrzebny „przetwornik", przemieniający zmienne pole elektryczne w dźwięk. Gdy wahadłowce rozpoczęły lądowania na Florydzie, ludzie w Teksasie i Oklahomie meldowali, że słyszeli ich przelot gdy wchodziły w atmosferę. Próbowano zarejestrować te dźwięki, co się jednak nigdy nie udało ze względu na bezustanne zmiany planu lotów, dokonywane w ostatniej chwili. Potem te relacje ustały. Coś musiało się zmienić — albo w kształcie wahadłowca, albo w parametrach lotu. Do dziś pozostaje to zagadką.

Dziesięć lat po publikacji artykułu w „Science" dowiedziałem się, że Japończycy zarejestrowali niskoczęstotliwościowe promieniowanie eksplodującego bolidu. Ten pierwszy dowód istnienia takiego promieniowania uwiarygodnił moją teorię. Później również Kanadyjczycy potwierdzili odkrycie Japończyków. Miałem więc teoretyczne i obserwacyjne potwierdzenie obu mechanizmów — wytwarzania fal elektromagnetycznych o częstościach akustycznych, jak i ich detekcji. W tym momencie poczułem, że moja teoria stoi już na twardym gruncie. Luminarze tej dziedziny wiedzy zaczęli ją akceptować.



Przelot elektrofonicznego bolidu Peekskill, 9 października 1992 roku. (dzięki uprzejmości **Altoona Mirror***)*

Jednym z pierwszych był dr Zdenek Ceplecha, który zdobył sławę określając orbitę meteorytu Příbram. Zebrał on cały materiał obserwacyjny dotyczący tego wydarzenia. Gdy przejrzał liczne relacje o słyszanych wówczas elektrofonicznych dźwiękach, przekonał się, że moje wyjaśnienie było poprawne. Potem pracowaliśmy razem i opublikowaliśmy artykuł o częstości pojawień bolidów elektrofonicznych.

Przedtem, jeszcze pracując w Kanadzie, miałem okazję rozmawiania z ludźmi, którzy słyszeli odgłosy wyjątkowo jasnych zórz polarnych.

Już wcześniej rejestrowano bardzo szybkie fluktuacje pola geoelektrycznego, wytwarzane przez takie zorze. Jest właściwie pewne, że wydają one dźwięki w sposób analogiczny do bolidów.

Jest wiele relacji ludzi, którzy słyszeli trzask albo pstryknięcie w momencie pojawienia się błyskawicy. Piorun wytwarza potężny impuls promieniowania elektromagnetycznego o bardzo szerokim widmie, jak najbardziej zdolny do wzbudzenia słyszalnych dźwięków, o ile znajdzie się jakiś odpowiedni „przetwornik".

Od dawna również wiadomo, że zwierzęta wykazują niepokój bezpośrednio przed silnymi trzęsieniami ziemi. Podobne zachowanie zwierząt obserwowano także przy przelocie elektrofonicznych bolidów. Wyjaśnienia tych zjawisk są zapewne podobne.

Wydaje się, że warto nadać ogólną nazwę zjawisku, którego tyle rozmaitych przykładów już mamy. „Elektrofonika geofizyczna" — to właściwe określenie nowej dziedziny wiedzy, która otwiera ogromną przestrzeń dla oryginalnych badań, zarówno teoretycznych jak i doświadczalnych. Ogromną satysfakcję dało mi rozwiązanie odwiecznej zagadki i udowodnienie, że ludzie słyszący dziwne odgłosy nie są ofiarami psychologicznego złudzenia.

Ważniejsza literatura

„The 1978 New South Wales Fireball", *Nature*, **285**, 464-466, 1980

„Anomalous Sounds from the Entry of Meteor Fireballs", *Science*, **210**, 11-15, 1980

„Electrophonic Sounds from Large Meteor Fireballs", *Meteoritics*, **27**, 144-148, 1992

„Progress in Explaining the Mysterious Sounds Produced by Very Large Meteor Fireballs", *Journal of Scientific Exploration*, **7**, 337-354, 1993

„Continued Progress in Electrophonic Fireball Investigations", *Earth, Moon and Planets*, **68**, 361-369, 1995

Dalsze informacje i pełną bibliografię moich prac na ten temat można znaleźć na mojej stronie internetowej: www2.hunterlink.net.au/~ddcsk

Colin Keay jest emerytowanym fizykiem i astronomem. Dla uczczenia jego wkładu w badania meteorów ma niebie południowym, oraz stworzenie podstaw elektrofoniki geofizycznej, jego nazwiskiem nazwano planetoidę 5007 Keay. Szczyci się członkostwem elitarnego Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego Nowej Zelandii i jest członkiem założycielem Australijskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Chondryty LL3

Steven Excell & Martin Horejsi

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Jednym z najbardziej charakterystycznie wyglądających przekrojów meteorytów jest przekrój chondrytu LL3. Te rzadko spotykane meteoryty kamienne są piękne nie tylko ze względu na prezentowanie najbardziej pierwotnych chondr, ale i ze względu na oszałamiającą gęstość tych chondr, o czym świadczy zdjęcie chondrytu Ragland. Serce i naukowca i kolekcjonera bije nieco szybciej, gdy ma on szansę pracować z takim meteorytem. Być może to podniecenie bierze się ze świadomości, że ten szczególny typ meteorytu kryje wiele kluczy do samego momentu narodzin naszego Układu Słonecznego.

Użyteczną miarą przy badaniach mgławicy słonecznej jest stosunek metalicznego żelaza do żelaza utlenionego. Zawierające mało żelaza i mało metalu chondryty LL3 są nie tylko najrzadsze spośród trzech typów chondrytów zwyczajnych (H, L i LL), ale wśród tych chondrytów typ LL ma najmniejszą całkowitą zawartość żelaza, około 20%, i tylko 2% metalu wagowo.

Zawartość tlenu w meteorycie może wskazywać, w jakiej części Układu Słonecznego uformował się on. Tlen obficiej występuje w chondrytach L i LL, a chondryty H i E zawierają go mniej. W modelu kondensacji mgławicy słonecznej Harolda Ureya najmniej tlenu było blisko Słońca, a w miarę oddalania się jego ilość stopniowo rosła. Pozwala to wnioskować, że chondryty H i E tworzyły się bliżej Słońca, a chondryty L i LL dalej od niego.

Naukowcy określają chondryty typu 3 jako nieprzeobrażone, mając na myśli to, że uniknęły one przeobrażeń pod wpływem procesów tworzących planety, które spowodowały przeobrażenia innych meteorytów. Chondryty LL3 są tymi, które przetrwały nietknięte wszystkie katastrofalne zdarzenia, które tworzyły obecny Układ Słoneczny ale także geologicznie wymazywały ślady sposobu jego formowania się. Największe wrażenie robi Semarkona, jedyny znany chondryt LL3.0.

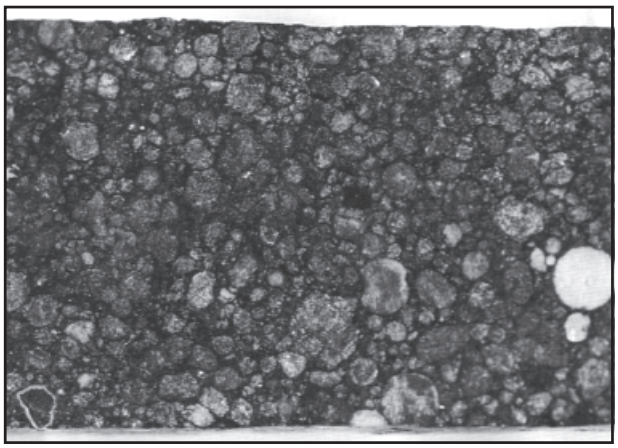
Wiele chondrytów zwyczajnych, to brekcje, co oznacza, że zawierają one fragmenty innych grup chondrytów. Ta mieszanina fragmentów chondrytów wskazuje, że przynajmniej w pewnym stopniu zachodziły procesy akrecji i zderzeń. Chondryty LL3 zdają się być wyjątkiem z tego mieszania, ponieważ rzadko zawierają fragmenty chondrytów innych grup. Jednak chondryt LL3.6 Parnallee jest zbrekcjowany, a Richfield LL3.7 jest brekcją genomiktyczną. Zdjęcie Dar al Gani 313 pokazuje wyraźny okruch, ale trzeba dokładniejszych badań by powiedzieć, czy jest to rzeczywista brekcjacja czy tylko rozbita chondra.

Okazy LL3 zawierają mniej śladów powtórnego ogrzewania metamorficznego niż inne chondryty zwyczajne, a nawet inne LL petrologicznych typów 4, 5 i 6. Dzięki temu LL3 są przydatne do datowa-

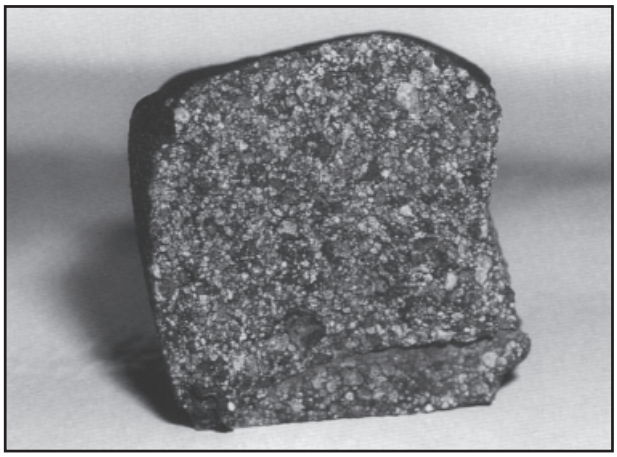
nia radiometrycznego, ponieważ ich wewnętrzny „zegar geologiczny" nie był zerowany przez późniejsze ogrzewanie. Dla kontrastu w chondrytach typu L widać ślady przynajmniej jednego zderzenia, które wywołało powtórne ogrzanie. Istnieją jednak chondryty LL3, takie jak LL3.1 Bishunpur, zawierające liczne chondry z postrzępionymi brzegami, które nie są okrągłe.

Chondry w LL3 mają mniej więcej taką samą wielkość, jak te znajdowane w chondrytach enstatytowych. Płytka cienka LL3 z reguły zawiera pierwotne porfirowe chondry oliwinowo — piroksenowe, promieniste chondry piroksenowe i pasiaste chondry oliwinowe. Nawet na zdjęciach powierzchni przekroju chondrytów Parnallee, Bishunpur i Sahara 97210 są widoczne charakterystyczne struktury chondr.

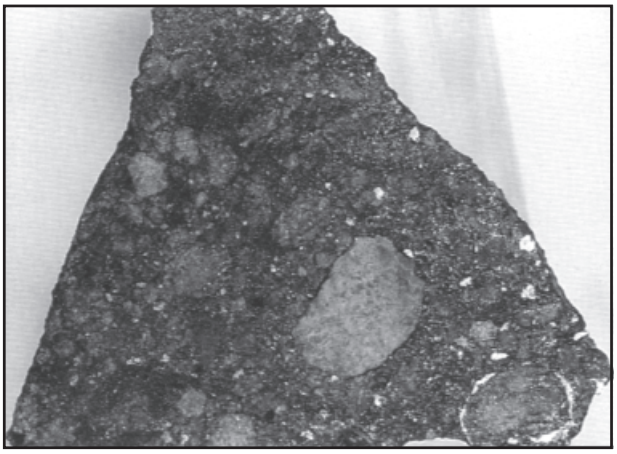
Chondryty LL3 są ważnymi fragmentami dowodów, które pozwalają nam dokładnie określić moment kondensacji mgławicy słonecznej i wnioskować, jakie materiały kondensowały, gdy tlen najprawdopodobniej występował obficie. Przyczynia się to znacznie do zrozumienia procesów zachodzących na samym początku Układu Słonecznego.



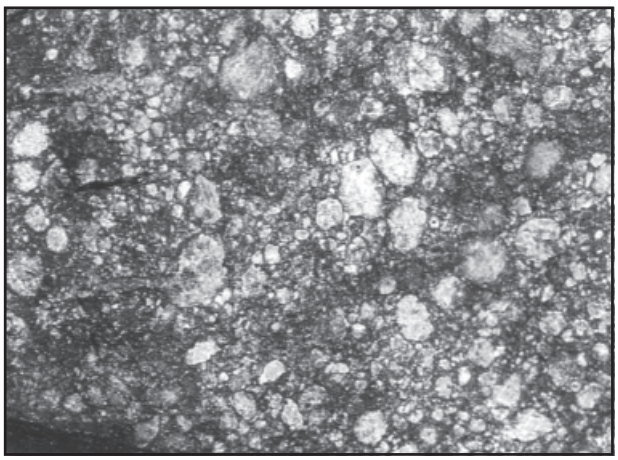
Ragland, Nowy Meksyk



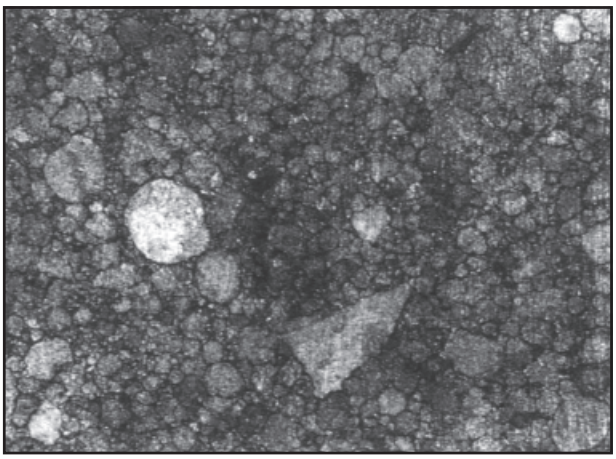
Semarkona, Indie



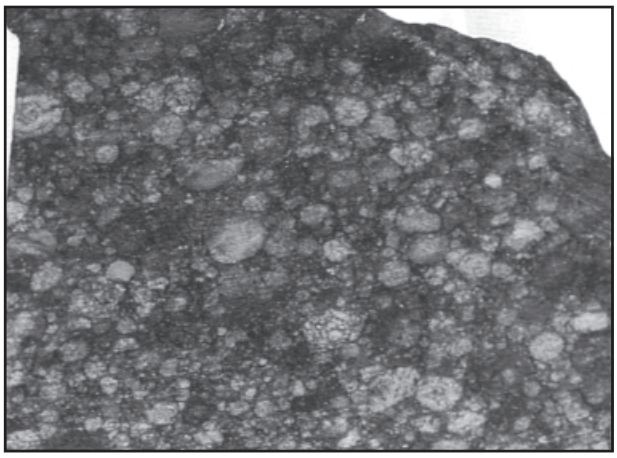
Parnallee, Indie



Bishunpur, Indie



DAG 313



Sahara 97210

Nordlinger Ries

Guy Heinen

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Od niepamiętnych czasów w Ries, krainie pokrytej żyznymi lessami, uzyskiwano wspaniałe plony. Licznych dostojników świeckich i duchownych ściągały wieści o żyzności tych ziem lub ich dogodne położenie geograficzne (10° 37' E, 48° 53' N), dzięki czemu Ries było centrum handlowym dla wymiany między północą a południem oraz między wschodem i zachodem. Wszyscy oni chcieli, aby dobrobyt stał się także ich udziałem. Nazwa Ries wywodzi się z indogermańskiego plemienia Räterów i została później przejęta przez Alemannów. W czasach Karolingów Nördlingen było królewskim folwarkiem, który w 898 roku znalazł się w posiadaniu biskupa Regensburga jako „curtis quae dicitur Nordilinga". Król Fryderyk II odzyskał dla Cesarstwa Niemieckiego „civitatem Noerdelingen" drogą handlu wymiennego w roku 1212. Następnie Nördlingen stało się stolicą cesarstwa. Liczne domy o konstrukcji ryglowej i mury z blankami otaczające centrum miasta pochodzą z owych czasów. Nad starym miastem góruje „Daniel", wieża kościoła św. Jerzego. Z wysokości jej 90 metrów rozpościera się zdumiewający widok na równinę otoczoną pierścieniem ciemnozielonych lasów. Równina ta jest podzielona na ponad 50 wiosek, żyzne pola i pasma nagich skał z rzadkimi plamami wrzosowisk. Patrząc na Ries z południowowschodniego brzegu krateru koło wsi Wemding czujemy się, jak mucha na brzegu talerza. Z tego punktu widokowego nie można nie zauważyć tego, że Ries jest rzeczywiście kraterem.

Książęcy browar, który wciąż wytwarza wyborne piwo, szczęśliwie przetrwał do dziś.

Oprócz kościoła św. Jerzego jeszcze kilka budynków w Nördlingen zbudowano z dziwnego kamienia. W szarozielonym cieście skalnym „pływają" czarne okruchy przypominające szkło. Okruchy te nazywa się „Flädle"; jest to szwabskie słowo oznaczające krowie placki. Sama skała nazywana jest dziś suevitem, co oznacza szwabski kamień, ale wcześniej nazywano ją „Feuerduftstein" lub „Bayerischer Trass"* (bawarski tuf). Jej istnienie było ważkim argumentem dla zwolenników wulkanicznego pochodzenia krateru Ries.

Gdy ludzie zaczęli obserwować otaczające środowisko badawczym okiem i zainteresowało ich jak kształtował się krajobraz, Ries okazał się problemem. „Problem Ries" lub „zjawisko Ries" trafiły do literatury naukowej.

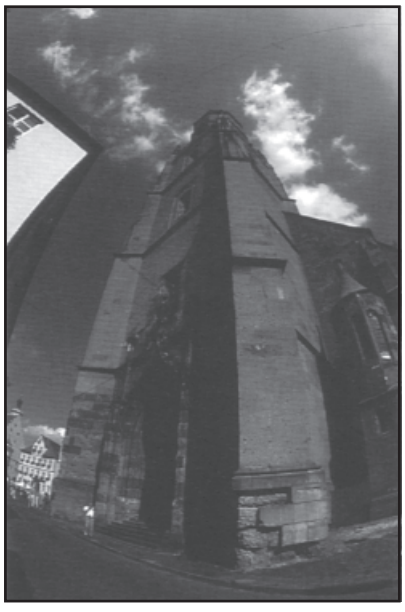
Chociaż Ernst Werner już w 1904 roku mówił o Ries jako kraterze meteorytowym, jego teoria nie wprowadziła go do szanowanych kręgów naukowych z wyjątkiem pism Otto Stutzera (1936). Ważniejszymi zwolennikami teorii wulkanicznej byli Gümbel, Oskar i Eberhard Fraas, Branco, Süss, Löffer, Schuster i Krantz. Branco i Eberhard Fraas postulowani wtargnięcie lakkolitu w położone wyżej warstwy i wydźwignięcie ich. Powinny więc powstać „Góry Ries". Bloki, z których były zrobione, przypuszczalnie ześlizgiwały się od środka ku brzegom dając początek „Trümmermassen" (masy gruzu). Krantz (1914) uważał Ries za krater wybuchowy. Późniejsze wiercenia wykazały, że domniemane skały wulkaniczne nie mają korzeni, to znaczy nie było połączenia między komorą magmową, a produktami wulkanicznymi. Suevit wyraźnie nie był pochodzenia wulkanicznego.

Dopiero znacznie później Chao i Shoemaker udowodnili uderzeniowe pochodzenie suevitu wykrywając coesyt i stiszowit. Oba minerały są wysokociśnieniowymi odmianami kwarcu i powstają przy ciśnieniach 30 000 i 90 000 atmosfer. Znaleźli oni wcześniej te minerały w Kraterze Barringera. Ich odkrycia zostały generalnie potwierdzone przez wyniki Graupa i Stöfflera w 1972 roku. Stöffler wymyślił określenie „progresywna metamorfoza przez falę uderzeniową".

Meteoroidy o znacznej masie nie zostają wyhamowane przez atmosferę i zderzają się z powierzchnią Ziemi z prędkościami kosmicznymi (kilkadziesiąt kilometrów na sekundę). Powoduje to powstanie wysokoenergetycznej fali uderzeniowej zarówno w meteoroidzie jak i skałach tarczy. Uderzające ciało wyparowuje, a fala uderzeniowa rozchodzi się promieniście w skałach tarczy. Wykorzystując Ries jako przykład Stöffler rozróżnia 6 stref metamorficznych:

Strefa 5: do odległości 1,3 km od miejsca uderzenia: Przy ciśnieniu przekraczającym 1 000 000 atmosfer skała całkowicie wyparowuje.

Strefa 4: do odległości 1,5 km: Wszelkie skały zostają stopione i tworzą niejednorodne szkliwo zawierające liczne szliry przy ciśnieniach od 600 000 do 1 000 000 atmosfer.



„Daniel", podobnie jak cały kościół

Strefa 3: do odległości 1,7 km: stopione zostają skalenie przy ciśnieniach od 500 000 do 600 000 atmosfer.

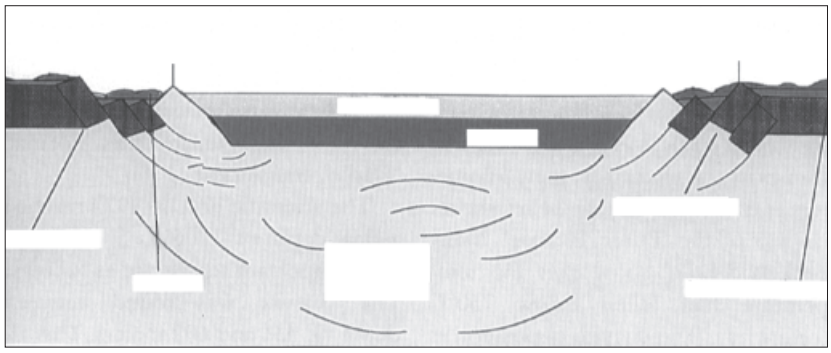
Strefa 2: do odległości 2,1 km: skaleń i kwarc tworzą szkliwa diaplektyczne przy ciśnieniach od 350 000 do 500 000 atmosfer. Szkliwa diaplektyczne nie powstają wskutek topnienia, ale w wyniku zniszczenia sieci krystalicznej przy zachowaniu zewnętrznego kształtu.

Strefa 1: do odległości 3,8 km: Kwarc i skaleń zostają zdeformowane plastycznie przy ciśnieniach od 100 000 do 350 000 atmosfer. Prowadzi to do powstania równoległych, mikroskopowych lamelek mających określoną krystalograficzną orientację, tak zwanych planarnych rys.

Strefa 0: w odległości przekraczającej 3,8 km: w mikach, na przykład w biotycie tworzą się powyginane pasma w wyniku elastycznych deformacji, a ich orientacja odzwierciedla kierunek fali uderzeniowej.

Coesyt i stiszowit stanowią tylko maleńką część skały. Aby wydobyć je trzeba było rozpuścić skałę w kwasach. Obie wysokociśnieniowe odmiany nie są rozpuszczalne w kwasach i można je wykryć przez dyfraktometrię rentgenowską.

Dwadzieścia do trzydziestu sekund po uderzeniu krater Ries był depresją w kształcie misy o średnicy 15 km i głębokości około 4 km, czyli tym, co nazywane jest „chwilowym kraterem"*. 150 km^3 skał wyparowało, zostało stopione lub wyrzucone. Dno krateru podniosło się do głębokości 1 km uwolnione od tego ogromnego ciśnienia. Na brzegu krateru ogromne bloki zsunęły się do wnętrza powiększając jego średnicę do 25 km. W sumie przemieszczone zostało 1000 km^3. Dziś wnętrze krateru jest częściowo wypełnione osadami jeziornymi, a jego krawędź pozostaje widoczna jako częściowo zerodowany pierścień. Ściśle mówiąc widoczny brzeg krateru to obszar uskoków pozostałych po zsunięciu się do wnętrza krateru bloków kilometrowej wielkości. Tworzą one „strefę megabloków" między pierścieniem a brzegiem krateru. Nad tą strefą leżą „Bunte Trümmermassen" (wielobarwne masy gruzu) składające się z allochtonicznych* bloków (>25 m.) i „Bunte Brekzie" (wielobarwna brekcja) (< 25 m.). Fragmenty skał formacji geologicznych są bezładnie wymieszane.



Przekrój krateru Ries. Według Pösges & Schieber 1994.

Ciągła pokrywa wyrzutowa składająca się z „Bunte Trümmermassen" rozciąga się w promieniu 40 km. Na brzegach krateru ta brekcja jest przykryta wyrzuconym suevitem, który tworzy soczewki do 1 km^3. Dziś ta pokrywa wyrzutowa pozostaje ciągła tylko w południowej i południowowschodniej części, natomiast w północnej i północnozachodniej części w wyniku erozji pozostały tylko resztki. Nazwę „suevit" wymyślił Sauer (1920) biorąc ją od „suevia", rzymskiego określenia szwabskiej prowincji.

Obserwacja 1: Suevit jest brekcją, rodzajem skały zawierającej spore okruchy skalne w drobnoziarnistym cieście. Te okruchy skalne pochodzą z granitów, gnejsów, amfibolitów z krystalicznych skał podłoża i występują we wszystkich stopniach zmetamorfizowania od delikatnych przeobrażeń szokowych do całkowitego stopienia. Ciasto skalne składa się głównie z montmorillonitu, ilastego produktu wietrzenia krzemianów, który ma wygląd raczej amorficzny.

Obserwacja 2: „Bunte Brekzie" zawsze znajduje się pod suevitem i została wyrzucona lub tylko wyniesiona z krateru. Obniżone i prążkowane warstwy wieku malm (górna Jura) są świadkami tego procesu. Suevit z drugiej strony ściśle wypełnia wszystkie szczeliny i pęknięcia „Bunte Brekzie" bez wygładzania ich. To i fakt, że osady suevitu zupełnie nie są wysortowane wskazuje na szczególną genezę. Skała, która wyparowała przy uderzeniu, utworzyła ogromną chmurę o temperaturze około 2000°C. Dowodem tego są inkluzje minerałów armalcolitu, baddeleyitu i chaoitu tworzących się tylko w bardzo wysokich temperaturach. Bardziej przeobrażone szokowo, stopione lub stałe fragmenty krystalicznych skał podłoża zostały wyrzucone do chmury szybko stygnącego gazu gdy przemieszczała się ona od tworzącego się krateru pod mniej lub bardziej płaskim kątem. Wciąż plastyczne strzępki szkliwa zostały aerodynamicznie ukształtowane jako „Flädle". Turbulencja w tej chmurze była dostatecznie silna, by przenieść wyrzuconą materię o wiele kilometrów i osadzić ją w końcu bezładnie na wierzchu „Bunte Brekzia". Wiele połamanych „Flädle" wskazuje, że temperatura spadła w tym czasie poniżej 750°C. Osiadanie suevitu bardzo przypomina przyboje gruntowe* tak charakterystyczne dla wulkanów eksplozywnych*. Jedyną różnicą jest silniejsza turbulencja i wyższa temperatura przy tworzeniu się suevitu.

Suevit odkryto na głębokości od 314 do 602 m. podczas wierceń w ramach programu badań krateru Ries w 1973 roku. Ten suevit z dna krateru różni się od suevitu wyrzuconego na obrzeża pod kilkoma względami. Powstał on głębiej w tymczasowym kraterze. Podlegał znacznie łagodniejszym przeobrażeniom pod działaniem fali uderzeniowej, został wyrzucony pod stromym kątem z tworzącego się krateru i opadł do niego spowrotem. Wyjaśnia to dlaczego pokrywa on krystaliczne podłoże bez żadnej „Bunte Brekzie" pomiędzy.

W przeciwieństwie do wyrzuconego suevitu nie zawiera on „Flädle" lecz okruchy szkliwa od 0,1 do 1 mm średnicy rozrzucone w cieście skalnym. Większe kawałki szkliwa na ogół przeobraziły się w minerały ilaste lub zeolity. Zawartość szkliwa maleje z głębokością. To i mniejsze przeobrażenia termiczne powodują różnicę między bogatym w szkliwo wysokotemperaturowym suevitem (331,5 — 525 m) i ubogim w szkliwo niskotemperaturowym suevitem (525 — 602 m). Wysokotemperaturowy suevit

jest pokryty warstwą wysortowanego, ponownie osadzonego suevitu o grubości ok. 17 m.

Czarne inkluzje szkliwa „Flädle" są doskonale widoczne w wyrzuconym suevicie. Są one, czy raczej były, zrobione ze szkliwa zakrzepniętych stopionych fragmentów krystalicznego podłoża. Ponieważ główna część wyrzuconego suevitu stygła powoli, szkliwo było w stanie ulec dewitryfikacji i wytworzyć jądra krystalizacji. Tylko górne warstwy stygły tak szybko, że szkliwo zachowało się w niezmienionym stanie do dziś. Inkluzje szkliwa mają jaśniejszą barwę i w przeciwieństwie do normalnych „Flädle" są przezroczyste.

Wiercenia badawcze w 1973 r. sięgnęły do głębokości 1206 m. Oto niektóre z najważniejszych wyników:

1. Suevit znaleziono na głębokości od 331 do 602 m. Pozwala to ocenić, że całkowita ilość wytworzonego suevitu wynosi ok. 15—16 km^3, a promień obszaru, w którym fala uderzeniowa przekształciła krystaliczne podłoże w suevit powinien wynosić ok. 2,3 km.

2. Dno krateru znajduje się na głębokości wiercenia 602 m. z czego wynika głębokość krateru 750 m.

3. Zderzenie nastąpiło około 15 milionów lat temu.

Słowniczek*

allochtoniczny: (z greckiego) z innego miejsca.

przybój gruntowy: szybko pędzący (kilkaset kilometrów na godzinę) trzymający się ziemi strumień gorących gazów i kawałków lawy często towarzyszący erupcji wulkanu eksplozywnego.

wulkan eksplozywny: wulkan zawierający kwaśną (wysoka zawartość SiO_2) magmę o dużej lepkości, który ulega wybuchowemu odgazowaniu. Prowadzi to do erupcji piroklastycznych, przybojów gruntowych i tworzenia się pumeksu i/albo obsydianu.

chwilowy krater: pierwotny krater wytworzony przez uderzenie, a następnie zmodyfikowany przez odprężenie dna krateru i obsunięcie się jego brzegów (utworzenie „megabloków").

trass: drobnoziarnisty tuf, (por. holenderski: tiras, tras ~ kit lub włoski: terrazzo).

Wycieczki do Ries

Liczne wychodnie i kamieniołomy można znaleźć tak wewnątrz jak i na zewnątrz obszaru ograniczonego brzegiem krateru. Niestety niektóre z najważniejszych nie są udostępniane do zwiedzania. Załączona mapa pokazuje dzisiejszy kształt Ries, a także krystaliczny pierścień. Zawiera ponadto niektóre odsłonięcia, które warto zobaczyć.

Kamieniołom Aumühle blisko Hainsfarth/Oettingen. Można zobaczyć tam dobrze widoczną granicę między „Bunte Brekzie" (głównie skały kajpru = górny trias) i suevitem. Między „Bunte Brekzie" (na dole) a suevitem jest widoczna szklista powierzchnia stygnięcia.

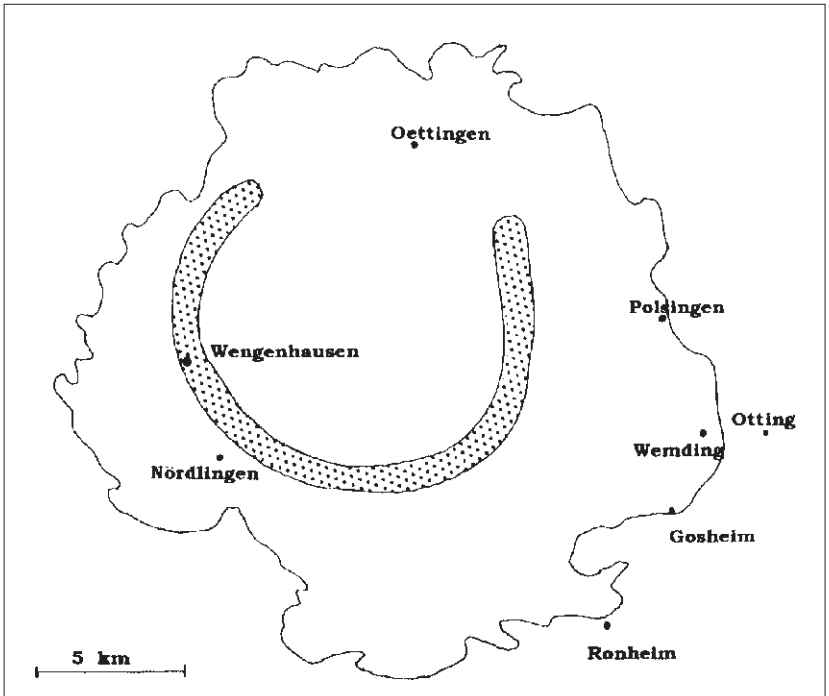
Nieczynny kamieniołom blisko Polsingen. Ścieżka odgałęzia się w prawo przy wjeździe do wsi Polsingen (jeśli przybywamy z Laub). Po przejściu wznoszącą się ścieżką około stu metrów docieramy do małego, długiego, nieczynnego kamieniołomu. Osobliwością tego miejsca jest suevit, zabarwiony na czerwono hematytem. Pęcherzyki zawierają chalcedon i zeolity.

Kamieniołom w Otting. Ten ogromny kamieniołom jest najważniejszym odsłonięciem suevitu. Warstwa suevitu ponad „Bunte Brekzie" ma 24 metry grubości. Materiał w którym Chao i Shoemaker wykazali występowanie coesytu i stiszowitu, pochodził z tego miejsca. W ścianie kamieniołomu dość częste są pionowe kanały. Uważa się, że są to kanały odgazowania.

Wracając z Otting do Wemding warto zatrzymać się w najwyższym punkcie na wschodnim brzegu krateru. Z tego punktu widokowego widać większość Ries.

Gosheim. Ten mały kamieniołom jest od dawna nieczynny. Przybywając z Wemding wchodzimy do wsi Gosheim i idziemy ulicą w lewo przez nowo budowany obszar. Wznosi się ona przez około 300 metrów w kierunku skraju drzew. Przewrócony blok malmu świadczy o ogromnej energii wyzwolonej podczas zderzenia. Starsze warstwy leżą na młodszych, wapień jest zgruchotany a skamieniałości (amonity i belemnity) spękane.

Ronheim. Ten ogromny kamieniołom znajduje się przy drodze z Wemding do Harburg. Po minięciu Ronheim wybieramy drogę gruntową w lewo. Jest to najlepsze odsłonięcie, aby zobaczyć, że „Bunte Brekzie" słusznie nosi taką nazwę i iest wyraźnie wielobarwna. Wydobywany jest tu nieznacznie tylko zgruchotany górnojurajski wapień z malmu. Ostre rozgraniczenie między „Bunte Brekzie" i malmem zawiera wyraźne przesunięcie powierzchni. Wyżłobienia wskazują środek Ries. Niestety nie można



Mapa okolic krateru Ries.

wejść do tego kamieniołomu. Pisemna prośba skierowana do właściciela Bschora pozostała bez odpowiedzi.

Wengenhausen. Na drodze z Nördlingen do Fremdingen: Przybywając z Wallerstein wybieramy drogę gruntową po minięciu Wengenhausen. Po około 200 m. z lewej strony mamy stodołę, a po dalszych stu metrach stajemy przed ścianą od dawna nieczynnego kamieniołomu. Cienka warswa wapienia z jeziora Ries leży na silnie porozbijanych skałach krystalicznego podłoża. Najlepiej zachowane twardsze skały to kersantyt (ciemna, magmowa skała żyłowa). Warto pamiętać o młotku i dłucie, ponieważ jest to dobre miejsce do szukania małych stożków uderzeniowych.

Ta lista zawiera oczywiście tylko małą część odsłonięć. Oto dobre przewodniki geologiczne (w języku niemieckim):

Meteoritenkrater Ries. Julius Kavasch, Verlag Auer. ISBN 3-403-00663-8.

Aufschlüsse im Ries-Meteoritenkrater. Chao E.C.T., Hüttner R, Schmidt-Kaler H. Bayerisches Geologisches Landesamt, 1987.

Warto także przeczytać (przeważnie w języku niemieckim):

Ries und Steinheimer Becken. Mattmüller C.R. Verlag Enke, 1994, ISBN 3-432-25991-3.

Das Rieskrater-Museum Nördlingen. Pösges G., Schieber M. Verlag Pfeil, 1994, ISBN 3-923871-85-6.

Ergebnisse der Ries-Forschungsbohrung 1973. *Geologica Bavarica*, **75**, Bayer. Geolog. Landesamt, 1977.

Suevite breccia from the Ries crater, Germany: Origin, cooling history and devitrification of impact glasses. Engelhardt W., *Meteoritics* **30**, 279-293 (1995).

Kratery uderzeniowe w Internecie:

http://www.meteorite.com/impact_craters.htm

http://www.stud.unit.no/~lthen/meteor/nordiccandidates.htm

http://128.165.1.1/solarsys/crater.htm

http://bang.lanl.gov/solarsys/tercrate.htm

http://woodshole.er.usgs.gov/epubs/bolide/

Koniecznie trzeba odwiedzić „Rieskrater Museum Nördlingen". Jest ono poświęcone wyłącznie kraterowi Ries, innym kraterom uderzeniowym i skałom z takich kraterów. Na wystawie jest także spory kamień z Księżyca, różne meteoryty i tektyty. Jest to bardzo nowoczesne muzeum znajdujące się w gustownie odnowionym starym budynku.

Godziny otwarcia: 10 – 12 i 13:3– –16:30. W poniedziałki nieczynne. Można zamówić przewodnika (przynajmniej 6 tygodni przed planowaną wizytą). Na życzenie mogą być organizowane wycieczki od maja do lipca.

Rieskrater-Museum Nördlingen
Hintere Gerbergasse 3
D-86720 Nördlingen
tel. 0-049-9081-84143
fax: 0-049-9081-84144

Giełda w Sosnowcu

Jak co roku, w drugi weekend listopada na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu odbyła się Międzynarodowa Giełda Minerałów, Skał i Skamieniałości. Od dwóch lat przyjeżdżają na nią handlarze meteorytów. Tak też było w tym roku. Na giełdzie prezentowano małe, nietrawione płytki meteorytu Morasko w cenie od 20 zł za sztukę, do kilkuset złotych za większe kilkusetgramowe płytki. Można było obejrzeć i kupić cały okaz tego meteorytu. Ponadto swoje okazy prezentował niemiecki handlarz meteorytów (Gregor Pacer — przyp. red.). Każdy mógł się u niego zaopatrzyć w całą kolekcję meteorytów od chondrytów poprzez achondryty, meteoryty żelazno-kamienne, na żelaznych kończąc. Oko przyciągały piękne, polerowane płytki pallasytu Esquel z zielonożółtymi oliwinami. W jednej z gablot obok Tajlandytów (można je było nabyć także na innym stoisku) leżał przybysz z Marsa: niewielki fragment shergottytu Zagami o szarozielonej barwie. Obok trawionych płytek Gibeona, które można było nabyć za bagatelną kwotę 6 zł (nie oparłem się pokusie i właśnie tyle zapłaciłem za 5,9 g. trawioną płytkę tego „gwiezdnego przybysza"), leżały okazy Canyon Diablo. Oba te meteoryty, bardzo popularne i łatwo dostępne, można było kupić w postaci płytek i kompletnych okazów, czy też nieco zardzewiałych fragmentów. Jeśli kogoś one nie interesowały, mógł nabyć zegarek z tarczą z trawionej płytki Gibeona (650 zł). W gablotach były także okazy Imilaca po ok. 30 zł za sztukę (ok. 3 g). To stoisko było zdecydowanie najlepiej zaopatrzone i to nie tylko w meteoryty, ale i w sprzęt do ich poszukiwania. Za bagatelną sumę 1800 zł można było kupić wykrywacz metali, według zapewnień sprzedającego „wypróbowany i szczęśliwy". Na pozostałych stoiskach dominowały minerały i wyroby jubilerskie. Czy warto odwiedzić Sosnowiec podczas giełdy minerałów? Na pewno, chociażby po to, aby zwiedzić Muzeum Ziemi Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, w którego kolekcji bez trudu odnajdziemy „kosmicznych przybyszy". Do zobaczenia w Sosnowcu w kwietniu na wiosennej giełdzie.

Łukasz Obroślak

Od redaktora:

Autor relacji jest studentem Wydziału Nauk o Ziemi U.Ś., ale ostatnio nie czytał „Meteorytu" i nie wiedział o spotkaniu kolekcjonerów przy stoisku Gregora (Grzegorza) Pacera, który ukończył tenże Wydział i przez sympatię przyjeżdża na giełdy. Za relację dziękuję i zachęcam innych.

Meteoryty w Sieci!

Zapraszam do obejrzenia polskich witryn o kamieniach z nieba. Ceny promocyjne. Dla stałych klientów zniżki.
Adres:
http://www.uni.torun.pl/~scibior
Uprasza się szanownych P.T. internautów o nadsyłanie uzupełnień literatury o meteorytach, uwag, pomysłów co warto wrzucić, a co usunąć. Mile widziane bieżące komunikaty o giełdach, oszustach, zaobserwowanych spadkach [cen] meteorytów.

Marek Ścibior

W drodze do Imilac

część II

Geoffrey Notkin

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 3. Copyright © 1998 Pallasite Press)

W poprzedniej części: Podróżując przez Chile Jackie Ho, Steve Arnold i autor przeżyli zabójczą autostradę panamerykańską, awarię w pustynnym pustkowiu La Pampa i po sześciu dniach podróży przybyli na obszar rozrzutu Imilac. Gdy Słońce zaczęło zachodzić, znaleźli garstkę malutkich pallasytów, po czym nagle zerwała się wichura.

W naszym podróżnym kufrze był wodoszczelny plastykowy słoik. Grzebałem wśród puszek z żywnością i narzędzi do kopania, aż znalazłem pojemnik i wrzuciłem do niego znalezione Imilaki, podczas gdy wichura gnała otaczające nas nagie zaokrąglone wzgórza. Wbiliśmy jedenaście solidnych kołków w pustynny grunt, aby nasz namiot nie uleciał z wiatrem. Podjechałem samochodem od nawietrznej tak blisko, że lusterko zaczepiło o tkaninę. Przywiązaliśmy linki namiotu do samochodu, po czym wciągnęliśmy podróżny kufer — wyładowany puszkami z żywnością wystarczającą dla trójki głodnych ludzi na dziesięć dni — do środka. W ciągu kilku minut ciemność skryła wierzchołki wzgórz i z latarką pod pachą przeszukiwałem targane wichrem zbocza, by znaleźć dwudziesto- i trzydziestofuntowe kamienie, które przytaszczyłem i położyłem na każdy kołek namiotu. Nawet wtedy wydawało się, że nasze schronienie może zerwać pęta i pognać krętą doliną pod nami pokonując błyskawicznie jakąś milę dzielącą nas od Salar de Imilac — okrągłej pustyni kryształów soli wciąż delikatnie skrzących się mimo nocy. Jackie i ja leżeliśmy skuleni w ciemności, nasz namiot trzepotał targany burzą, jakby jakiś tytan siedział na zewnątrz waląc weń niezmordowanie. Przez tkaninę widzieliśmy słabe światło latarki z jednoosobowego namiotu Steve'a umocowanego w niewielkim zagłębieniu i wyobrażaliśmy go sobie studiującego „Handbook of Iron Meteorites" Buchwalda. Nie byliśmy pewni, czy rankiem w ogóle tu jeszcze będziemy, a Steve spokojnie planował strategię następnego dnia.

Zmęczeni zasnęliśmy wśród wycia i świstu, ale przez całą noc budziłem się, drżałem, zamykałem szczelnie śpiwór i ciężko oddychałem zimnym rozrzedzonym powietrzem.

Rankiem była idealna cisza.

Słońce wzeszło dokładnie dwanaście godzin po zachodzie zabarwiając pokryte kamieniami wzgórza jakimś obcym pięknem wywołującym we mnie uczucie zdumienia i wyobcowania. Żaden ptak ani owad, samochód, samolot, tchnienie wiatru, ani żaden dźwięk nie zakłócał spokoju tego miejsca — póki jakiś łoskot nie dobiegł zza naszego namiotu.

„Good morning compadre. Buenas dios seniore", zagrzmiało w całej dolinie i Steve, w swych luźnych dzinsach, powlókł się mijając nas, jeszcze nie całkiem obudzonych, w paszczę pustyni.

Wraz z Jackie wstawaliśmy powoli. Nasz kocher syczał starając się zrobić kawę. Wykopałem pięć dołków w twardym gruncie i rozstawiłem markizę chroniącą przed Słońcem. Wbiłem głęboko paliki, na każdym umieściłem stertę kamieni i umocowałem osiem solidnych linek.

Schowaliśmy przed słońcem kanistry z paliwem, rozstawiliśmy campingowe krzesełka i przy śniadaniu obejrzeliśmy znaleziska z poprzedniego wieczoru. Imilaki były cudownie powykręcanymi kawałkami kosmicznego gruzu: pomarańczowymi, brązowymi, żółtymi i białymi, jak wzgórza na których leżały. Gdy siedzieliśmy w cieniu mając rozległy widok na Atacamę, pustynia nagle wydała się mniej wroga. Gdy Słońce rozjaśniło wzgórza na wschodzie, rzucały one w naszym kierunku postrzępione cienie długie na wiele mil. Widzieliśmy jak skracają się one i znikają w czasie krótszym niż potrzebowaliśmy na wypicie kubka kawy. Namacalnie, jak wzburzona fala nad równinami pasku, żar dnia wyrósł z doliny i spadł na nas. Potem zerwał się nagły wicher, momentalnie wyrwał naszą markizę z ziemi i rzucił ją dwieście metrów dalej na zbocze pozostawiając nas w oślepiającym blasku Słońca.

Codziennie wstawaliśmy wcześniej, tak że mogliśmy korzystać z łagodnych godzin poranka i wieczoru. Był to najlepszy czas na poszukiwania. W miarę jak zapoznawaliśmy się z okolicą, rozdzielaliśmy się, tak że każdy przeszukiwał inne miejsce. Rankiem mogłem odczytywać stare ślady pozostawione przez poszukiwaczy, którzy byli tu wcześniej. Ponieważ deszcz tu nie pada, ślady odwiedzin sprzed wielu lat były wciąż jeszcze dostrzegalne gdy Słońce było nisko. Obserwowałem te ślady szukając wysp niezdeptanego terenu i na tych wyspach — czasami — mój Goldmaster zaczynał piszczeć i jasno zabarwiona bryłka poskręcanego metalu przylepiała się szczęśliwie do magnesu.

Mijały godziny podczas których byłem uwięziony w czymś w rodzaju przepływającej ciszy. Śpiewałem wymyślone piosenki, recytowałem nonsensowne wiersze, zgadywałem gdzie mój detektor coś znowu znajdzie, piłem wodę, kopałem i smażyłem się na Słońcu. Nosiliśmy okulary, chusty, kapelusze i wysokie buty nawet gdy upał był przytłaczający. Później przez tydzień miałem wąski czerwony pasek opalenizny na nadgarstku wskazujący, gdzie rękawiczka nie stykała się z rękawem.

Zawsze też, ledwie słyszalne, dolatywało osobliwe brzęczenie: cichy śmiech wykrywaczy metalu daleko stąd, za wzgórzami i dolinami; w nieruchomym powietrzu ich dźwięk niósł się na absurdalne odległości.

Pewnego ranka entuzjazm Steve'a wziął górę i Steve zniknął w głębi pustyni zanim zdążyłem wstać. Mijały godziny. W końcu wyplątałem naszą sfatygowaną Toyotę z namiotu i wyruszyłem na piasek, aby go poszukać. Z każdym obrotem koła obawiałem się, że znów ugrzęznę. Z wierzchołka wzgórza, z którego wiatr usunął najdrobniejsze ziarnko piasku, zobaczyłem Steve'a daleko w dole — małą plamkę w pustynnym pejzażu. Wziąłem wykrywacz i zapasową menażkę i zacząłem długą wędrówkę w dół.

Gdy dotarłem do niego, jego skóra miała barwę świeżych rzodkiewek. Dałem mu menażkę i namawiałem, by schował się w cieniu. „Nie, zobacz, co znalazłem", powiedział.

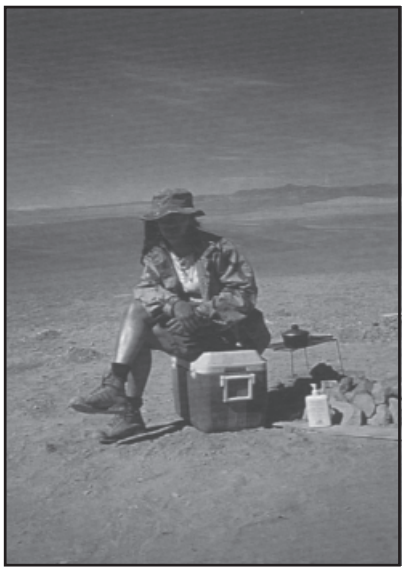
Poprowadził mnie przez koryto wyschniętej rzeki do małego, idealnego krateru o wielkości miednicy. „Ktoś nas ubiegł", powiedział. Przeczesaliśmy okolicę detektorami znajdując kilka wyrzuconych fragmentów wokół pustego dołka. Steve spenetrował ogromną powierzchnię znajdując co pięć godzin jeden ładny okaz ponad 100 gramów: jeden w wyschniętym strumieniu, jeden pod starymi śladami jakiegoś samochodu terenowego.

Każdy dzień pozostawił w pamięci jakiś obraz. Pewnego dnia Steve znalazł okaz 260 gramów zagrzebany na równinie pod nami; innego dnia odwiedził nas samotny ptak skacząc lekko po gorących kamieniach; był dzień, gdy widzieliśmy jasną plamkę jakiegoś pojazdu przemieszczającego się szybko na horyzoncie; dzień, gdy jechaliśmy do źródeł, gdzie woda o temperaturze sześciu stopni wylewa się z zardzewiałej pozostawionej rury. Wraz z Jackie podnieśliśmy rurę na samochód i podstawiłem pod nią głowę. Momentalnie wróciłem do dzieciństwa przypominając sobie ostry ból głowy spowodowany zbyt szybkim jedzeniem lodów w upalny dzień. Przy źródłach ból spowodowany nagłą zmianą temperatury czułem w całym ciele.

Każdego wieczoru przyrządzaliśmy obiad, myliśmy się, raczyliśmy się szybkim coctailem podczas krótkiej ciszy zachodu Słońca, pędziliśmy do namiotu zanim nadejdzie wiatr, aby siedzieć i patrzeć się na siebie stwierdzając, że jest dopiero 19:15. Byliśmy uwięzieni na następne dwanaście godzin. Magnetofon zepsuł się z powodu piasku z La Pampa. Zahipnotyzowani nudą wymyśliliśmy grę zwaną Meteorytowy test na inteligencję. Kolejno każdy trzymał Imilaki przed świecą, a pozostali zgadywali, co przedstawia ich sylwetka.

Każda noc wydawała się zimniejsza od poprzedniej. Do wieczornego rytuału należało zakładanie ciepłej bielizny, dresu, dżinsów, koszuli z kapturem, wełnianej czapki i zapinanie się po sam nos w grubym śpiworze. Wciąż jednak miałem dreszcze i ciężko mi było oddychać.

Nasze obozowisko gdzieś na Pustyni Atacama. Wygląda to znacznie bardziej romantycznie niż w rzeczywistości było.



Towarzyszka podróży Jackie Ho zastanawia się, czy kiedykolwiek wróci jeszcze do cywilizacji.

Każdego wieczoru jednak umieszczaliśmy także więcej meteorytów w naszym pojemniku, już do połowy wypełnionym, za moim łóżkiem polowym.

Podczas czwartej nocy w Imilac spałem tak mało, że obawiałem się, iż cierpię na chorobę wysokościową. Zajrzałem do naszego poradnika pierwszej pomocy: „Wysiłek lub długie przebywanie na dużej wysokości mogą spowodować chorobę wysokościową. Objawy: zawroty głowy, zmęczenie, duszność, utrata apetytu, drażliwość, trudności z zaśnięciem i wykonywaniem prostych czynności." Zaniepokojony przeczytałem to głośno Jackie i Steve'owi przy śniadaniu. „Myślę, że masz wszystkie te objawy", zaśmiał się Steve. Roześmiałem się także i wszyscy poczuliśmy się lepiej.

Owszem, znajdowaliśmy meteoryty, ale na każdy jeden porządny przypadały setki małych okruszków („okazy wielkości dwóch groszków" jak nazywała je Jackie), które równie głośno dawały o sobie znać z głośnika Goldmastera. Odjechaliśmy z niczym z Vaca Muerta, zakopaliśmy się w piasku na La Pampa i mieliśmy skromne znaleziska w Imilac. Byliśmy pewni, że Monturaqui — rzadko odwiedzany krater na odludziu za słoną pustynią — będzie naszym największym sukcesem.

Podczas ostatniej nocy w Imilac obudziłem się, usiadłem na łóżku polowym i potrząsnąłem Jackie. „Co, co się stało?" spytała.

„Posłuchaj", powiedziałem. „Posłuchaj. Nie ma wiatru."

Była chyba druga w nocy, ale wygramoliliśmy się ze śpiworów i wyszliśmy pod rozgwieżdżone niebo. Rozpaliliśmy ognisko z resztek drewna, które przywieźliśmy ze sobą z realnego świata i sączyliśmy brandy z małych kubeczków. Niebo było idealnie czyste i czarne, Droga Mleczna — jarząca się szarfa namalowana sprayem nad głową. Jakby drwiąc sobie z nas jaskrawy niebieskobiały bolid przemknął łukiem nad głowami rozsiewając iskry i spalające się fragmenty. Rozum mi podpowiadał, że prawdopodobnie spadł setki mil stąd. Wydawało się jednak — jak zwykle — że wylądował tuż za najbliższym pagórkiem. Rankiem, wiedząc że nie ma to sensu, wziąłem lornetkę i wspiąłem się na górę, by rozejrzeć się po okolicy szukając nieistniejącego krateru.

Być może miałem łagodne objawy udaru słonecznego. A może był to wpływ wysokości. Czułem się jednak dziwnie i niedobrze. Czułem i ulgę i żal opuszczając Imilac: ulgę, że znajdziemy się niżej i będzie można odetchnąć pełną piersią, ale czułem się też, jakbyśmy porzucali nasz dom nie ukończywszy dzieła. Byłem pewien, że pod twardym, wyschniętym gruntem czekały jeszcze na nas okazy, duże okazy. Przebyliśmy taką drogę do tego legendarnego i przerażającego miejsca biorąc, co chcieliśmy i nie zostawiając niczego w zamian. Próbowałem wyjaśnić to zdumionym towarzyszom podróży, gdy jechaliśmy na północ niemal niewidoczną drogą.

Księżycowy krajobraz Pustyni Atacama

„Zatrzymamy się wracając na południe" powiedział Steve. „Może na jeden dzień."

„Tak" powiedziała Jackie. „Powinniśmy uprzątnąć miejsce obozowania. Zostawimy trochę drewna na opał i notatkę dla następnych." Sądziłem, że to pozwoli mi poczuć się nieco lepiej. Rozczarowanie brakiem wielkiego znaleziska po wszystkich kosztach i trudach przytłaczało mnie i byłem pewien, że także pozostałych.

W bajkowym krajobrazie głazów i wydm mijaliśmy rośliny tak dziwaczne, że musieliśmy zatrzymać się, by się im przyjrzeć, nawet gdy zdradliwy miękki piasek próbował nas pochłonąć, gdy się zatrzymywaliśmy. Darwin wędrował tu ponad sto lat wcześniej. „Aż żal patrzeć, że Słońce świeci nieprzerwanie nad tak bezużyteczną krainą", pisał. Musiał widzieć te same poduszkowe kaktusy — samotne wyspy życia wielkości Volkswagena garbusa, tkwiące obok drogi jak posępne, wypełnione wodą wielbłądy.

Steve wiedział, gdzie szukać Monturaqui, mniej więcej. „Tylko kilka godzin jazdy", oceniał. Mieliśmy zdjęcie krateru z „Handbook..." Buchwalda. Za nim widniały, łatwe do rozpoznania, dwa wzgórza. Mieliśmy także długość i szerokość geograficzną, ale po trzech dniach poszukiwań wciąż nie mogliśmy znaleźć krateru. Nasze mapy były irytująco sprzeczne. Na niektórych tuż obok krateru biegła droga, ale żadnej drogi nie było. Znajdowaliśmy inne drogi, których nie było na mapach, a które prowadziły na skraj przepaści lub do zagadkowych oaz, gdzie lamy i alpaki leżały leniwie w niespodziewanym cieniu. Przejechaliśmy setki mil przez rozległą Salar de Atacama z jej urwistymi, diabelskimi turniami z soli i dokoła wyżyny z tymi dwoma wulkanicznymi szczytami, które doskonale było widać z drogi. Zawsze jednak nasz GPS wskazywał na kaniony o stromych ścianach, nie do przebycia.

Skierowaliśmy się na północ i zatrzymaliśmy się na noc w starym miasteczku San Pedro de Atacama z domami z suszonych cegieł, gdzie nieuczciwy restaurator zawyżył rachunek, po czym wezwał miejscową, uzbrojoną po zęby policję, gdy próbowałem z nim dyskutować. Wobec otaczających nas ponurych typów w wysokich butach, z rękami na pistoletach stało się oczywiste, że zapłacenie zawyżonego rachunku jest lepsze niż spędzenie reszty 1997 roku w chilijskim więzieniu.

Po wszystkich trudach przynajmniej nie wróciliśmy z pustymi rękami. Jednak większość okazów była dość mała.

Byliśmy już ponad dwa tygodnie na pustyni i ponieważ zbliżała się data wyjazdu, wybraliśmy inną drogę powrotną do Imilac. Jednak coś, co na mapie wyglądało na główną drogę, okazało się ruiną pełną kamieni i rowów, dziełem błyskawicznej powodzi, o której nic nie wiedzieliśmy. Niektóre kałuże były tak głębokie, że musieliśmy wysiadać i przechodzić przez nie, aby upewnić się, że samochód zdoła przejechać. Znów byliśmy spóźnieni. Dodatkowy dzień upłynął na patrzeniu na mapy i powolnym pokonywaniu jednej przeszkody za drugą.

Nigdy nie wróciliśmy do Imilac. Steve wrócił tam później sam i udało mu się znaleźć Monturaqui. Przywiózł mi kawałek impaktytu i mały kawałek metalu, jeden z nielicznych, jakie kiedykolwiek tam znaleziono.

Często śni mi się Imilac. Zrobiłem dużą odbitkę z najlepszego zdjęcia. Codziennie na nią patrzę. Znam każdą kreskę na zboczu każdego wzgórza. Pamiętam kolor kamieni i woń rozrzedzonego powietrza. Było to straszne i przerażające miejsce. Wielkość i pustka krajobrazu sprawiały, że czułem, iż moja obecność jest chwilowa i bez znaczenia. Byłem przechodniem wobec wieczności. Nie, przesadzam. Z pewnością było to piękne i magiczne miejsce.

Oszołomiony, zmęczony, opalony, podrapany, zakurzony, w podartym ubraniu i z połamanymi paznokciami obiecałem sobie, gdy odjeżdżaliśmy, że już nigdy, jak długo będę żył, nie wrócę do Imilac.

„Gdybym tylko pomyślał, aby popatrzeć na tamto zbocze wzgórza", myślę sobie ciągle nocą zasypiając. A jakaś nierozważna część mnie wciąż chce tam wrócić.

Nowiny

Nowy meteoryt z Marsa

Dar al Gani 476 to nowy meteoryt pochodzący z Marsa. Odnaleziony został 1 maja bieżącego roku w libijskiej części pustyni Sahara. Waży 2,015 kg i jest to pierwszy od 1994 roku odnaleziony okaz meteorytu z Marsa, a 13 w ogóle. Ponadto pierwszy odnaleziony na pustyni. Wstępne badania wykazują, że Dar al Gani 476 jest podobny do shergottytów i prawdopodobnie zostanie tak sklasyfikowany. Ocenia się, że został „wystrzelony" z powierzchni Marsa w wyniku uderzenia dużego meteorytu około 1 mln lat temu, następnie spadł na Ziemię i przeleżał w piaskach pustyni 20 – 40 tys.lat, zanim został znaleziony.

W związku z tym, że w słynnym meteorycie marsjańskim ALH 84001 odkryto domniemane ślady dawnego życia w postaci mikroskamielin, planuje się przebadanie Dar al Gani 476 pod kątem obecności podobnych form. Należy jednak pamiętać o tym, że opisywany okaz został odnaleziony na pustyni, czyli w gorącym i nie tak „sterylnym" miejscu jak Antarktyda, skąd pochodzi ALH 84001 i w związku z tym może być zanieczyszczony ziemskimi śladami życia.

Szacuje się, że rynkowa cena 1 grama meteorytu Dar al Gani 476 wyniesie około 1 tys.USD.

Jarosław Bandurowski

Meteoryty z Marsa. Stan na listopad 1998 r.

L.p.	Nazwa	Rok i miejsce odnalezienia lub spadku	Masa	Typ
1.	ALH 77005	1977 ALLAN HILLS ANTARKTYDA	483 g	SHERGOTTYT
2.	EET 79001	1979 ELEPHANT MORAINE ANTARKTYDA	7942 g	SHERGOTTYT
3.	Y 793605	1979 YAMATO ANTARKTYDA	18 g	SHERGOTTYT
4.	ALH 84001	1984 ALLAN HILLS ANTARKTYDA	1930 g	SHERGOTTYT
5.	LEW 88516	1988 LEWIS CLIFF ICE TONG ANTARKTYDA	13 g	SHERGOTTYT
6.	QUE 94201	1994 QUEEN ALEXANDRA RANGE, ANTARKTYDA	12 g	SHERGOTTYT
7.	CHASSIGNY	1815 FRANCJA	4000 g	CHASSIGNIT
8.	SHERGOTTY	1865 INDIE	5000 g	SHERGOTTYT
9.	NAKHLA	1911 EGIPT	40000 g	NAKHLIT
10.	LAFAYETTE	1931 USA ?	800 g	NAKHLIT
11.	GOVERNADOR VALADARES	1958 BRAZYLIA	158 g	NAKHLIT
12.	ZAGAMI	1962 NIGERIA	18000 g	SHERGOTTYT
13.	DAR AL GANI 476	1998 LIBIA, SAHARA	2015 g	SHERGOTTYT ?

Uwagi do tabeli :

1. opracowanie własne na podstawie artykułu „Meteoryty marsjańskie", „Urania"11/96,

2. meteoryt Nakhla spadł w postaci deszczu około 40 kamieni, pozostałe wymienione meteoryty spadły jako pojedyncze okazy,

3. shergottyty – skały magmowe podobne do ziemskich bazaltów, ale składają się z nieco większych kryształów, zastygły niezbyt głęboko pod powierzchnią Marsa,

4. nakhlity – skały magmowe, bardziej gruboziarniste więc pochodzące z większych głębokości,

5. chassignity – skały magmowe, gruboziarniste złożone z oliwinów, pochodzą z warstw bardzo głębokich,

6. cechą charakterystyczną wymienionych meteorytów jest młody wiek – od 0,18 do 1,3 mld lat, wyjątek stanowi ALH 84001, którego wiek ocenia się na 4,5 mld lat.

Pas Kuipera

Pas Kuipera jest zbiorowiskiem planetozymali krążących poza orbitą Neptuna. Początkowo uważano, że jest to obszar pierwotnej materii, która skondensowała w zewnętrznych obszarach mgławicy słonecznej. Według A. Morbidelii'ego („Science", czerwiec 1998 r.) nowe badania zaczynają pokazywać, że pas ten uległ znacznym zakłóceniom wskutek procesów dynamicznych podobnie jak jego bardziej znany krewny, pas planetoid.

Pas Kuipera ma pewną strukturę. Orbity planetoid jego wewnętrznej części mają wielkie półosie mniejsze niż 40 j.a. Wszystkie obiekty tej części mają duże mimośrody (to znaczy o wartościach do 0,2 lub 0,3, co sprawia, że ich peryhelia są wewnątrz orbity Neptuna, ale nie wewnątrz orbit bliższych planet) i wszystkie z wyjątkiem jednego obiektu znajdują się w rezonansie 3:2 z Neptunem. Nazywa się więc te obiekty plutonidami, ponieważ Pluton także znajduje się w takim samym rezonansie z Neptunem. Według Paolo Farinelli „w odległej przyszłości niektóre z tych orbit mogą ulec destabilizacji; obiekty te mogą przejść blisko Neptuna i zostać skierowane do wewnętrznej części Układu Słonecznego (jest to dynamiczna ścieżka przekształcenia obiektów transneptunowych w komety krótkookresowe)."

„Klasyczny" pas znajduje się poza 42 j.a. i jego obiekty nie mają orbit związanych z rezonansami średniego ruchu. Znów jednak orbity te musiały ulegać zakłóceniom, ponieważ niektóre obiekty krążą po orbitach o wysokim nachyleniu. Może nawet istnieć trzeci pas obiektów rozproszonych w wyniku bliskich spotkań z Neptunem.

Na podstawie dotychczasowych odkryć ocenia się, że w odległości do 48 j.a. krąży około 70000 obiektów większych niż 100 km, z których 10% — 20% należy do wewnętrznego pasa.

Jak wyjaśnia Morbidelli „wiedza o Pasie Kuipera jest ciągle młoda i szybko rozwijająca się..." i jej rozwój powinien pozwolić na lepsze poznanie początków Układu Słonecznego.

Na koniec uwaga Farinelli: „Większość Europejczyków zajmujących się tą dziedziną stara się nazywać transneptunowe planetoidy 'Pasem Edgewortha-Kuipera' a nie tylko 'Pasem Kuipera'. Jest to mniej wygodne, ale zgodne z rzeczywistością. Edgeworth opublikował pracę na temat możliwego istnienia takiego pasa dwa lata przed Kuiperem (który o tej pracy nie wspomina)."

Meteoryt z granicy K/T

W osadach z granicy K/T wydobytych spod dna północnego Pacyfiku znaleziono meteorytową skamieniałość o wielkości 2,5 mm, o czym informuje Frank T. Kyte w „Nature" z 19 listopada 1998 r. Z geochemicznych i petrograficznych analiz tego meteorytu wynika, że jest to raczej fragment typowego chondrytu węglistego, a nie porowaty agregat pyłu międzyplanetarnego pochodzący z komety. Fakt istnienia meteorytu wskazuje na zderzenie z mniejszą prędkością, typową dla planetoid, co także potwierdza spadek fragmentu planetoidy, a nie komety.

Znaleziony okruch ma teksturę brekcjową z drobnoziarnistym ciastem skalnym, w którym występują okrągłe i kanciaste inkluzje. Okruch jest całkowicie zwietrzały, ale minerały, z których się składa, mogą być rezultatem wietrzenia oliwinu i metalicznego żelaza niklonośnego. Skład chemiczny wskazuje, że okruch może być pozostałością chondrytu węglistego typu CV, CO lub CR.

Numeryczne symulacje pokazują, że podczas pionowego spadku bryły o średnicy 10 km około 10% bryły doznaje ciśnienia szokowego nie przekraczającego punktu topnienia. Podczas częściej występujących uderzeń pod kątem 45° może przetrwać jeszcze większy procent spadającego ciała. Tak więc możliwe jest odnalezienie dalszych fragmentów obiektu, którego spadek utworzył krater Chicxulub.

Z The Meteoritical Bulletin, No. 83 lipiec 1999 r.*

***Dar al Gani 476** (Libia), zn. 1 maja 1998 r., marsjański bazalt (shergottyt).*

Znaleziono brunatny kamień ważący 2015 g. Brak skorupy, tekstura porfirowa; składa się z kryształów oliwinu w drobnoziarnistej masie listewek piroksenu (pigeonit i podrzędnie augit) i szkliwa o składzie plagioklazu między nimi; skład mineralny podobny do EET 79001. Obecny siarczek żelaza, ilmenit i chromit; Widoczne przeobrażenia szokowe: zbliźniaczenia i spękania klinopiroksenu, mozaikowość niektórych oliwinów, przekształcenie plagioklazu w szkliwo; liczne kieszenie stopu pouderzeniowego. Skutkiem ziemskiego wietrzenia są żyłki węglanów w pęknięciach i na granicach ziaren. Ogólny skład chemiczny pośredni między shergottytami bazaltowymi a lherzolitowymi. Wiek ekspozycji 1,1 mln lat. Stosunki izotopów gazów szlachetnych typowe dla marsjańskich meteorytów. Główna masa u anonimowego znalazcy.

***Gao-Guenie**, nowa nazwa.*

Komitet d/s Nazewnictwa Meteorytów postanowił, że meteorytom występującym dotąd pod nazwą *Gao (Upper Volta)* (często skracanej do *Gao*) lub *Guenie*, nadana zostaje nowa, wspólna nazwa *Gao-Guenie*. Istnieją doniesienia, że państwie, znanym dziś pod nazwą Burkina Faso, wystąpiły w 1960 roku dwa deszcze meteorytów w odstępie miesiąca. Nowe badania potwierdziły przypuszczenia, że meteoryty z obu deszczów są identyczne i najprawdopodobniej pochodzą z jednego spadku (5 marca 1960 r.). Zamieszanie z nazwami obu meteorytów jest potęgowane przez fakt, że wciąż znajdowane są nowe okazy i nadaje się im dowolnie jedną lub drugą nazwę. Dlatego oficjalną nazwą dla wszystkich meteorytów z tego deszczu będzie *Gao-Guenie*, a dotychczasowe nazwy stają się synonimami.

***Portales Valley** (Nowy Meksyk, USA). Spadł 13 czerwca 1998 r. Chondryt zwyczajny H6.*

Po detonacjach i pozostawieniu dymnego śladu na niebie, w pobliżu Portales w Nowym Meksyku spadł deszcz meteorytów. Odnaleziono 45 okazów o łącznej masie 67 kg. Największe ważyły 16,5 kg (świadkami spadku byli Nelda Wallace i Fred Stafford) i 17,0 kg (znaleziony przez Eltona Browna). Przynajmniej jeszcze 9 ważyło ponad 1 kg. Okaz 530 g. przebił dach stodoły Gayle Newberry'ego i wbił się w jej ścianę wskazując kierunek lotu z zachodu na wschód. Wymiary elipsy rozrzutu: 7,7 x 2 km. Ze składu chemicznego wynika, że jest to chondryt H. Niektóre okazy są przecięte wyjątkowo licznymi żyłami metalu, a w niektórych metal przeważa. Te bogate w metal okazy są grubymi żyłami lub kieszeniami metalu na przecięciu żył. Po wytrawieniu centymetrowej wielkości inkluzji metalu ukazały się figury Widmanstättena oktaedrytu drobnoziarnistego. Skład chemiczny kamacytu w obszarach bogatych w metal jest taki sam, jak w obszarach chondrytowych. •ródłem metalu w żyłach jest wyraźnie materia chondrytu H, gdyż fragmenty o budowie chondrytowej są zubożone w metal. Dwa największe okazy są u znalazców; większość pozostałej materii jest sprzedawana przez handlarzy meteorytów.

** To nie pomyłka: biuletyn ten zostanie dopiero opublikowany, ale materiały do niego są składane na stronach internetowych i można je tam przeczytać. Podane tu nazwy meteorytów są zatwierdzone przez Komisję d/s Nazewnictwa.*

Tres Castillos

Martin Horejsi & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4.
Copyright © 1998 Pallasite Press)

TC i MC

Ostatniego dnia Targów Skamieniałości i Minerałów w Tucson wjechała do miasta stara półciężarówka i zaparkowała za jednym z moteli, w których wystawiane były okazy. W samochodzie leżał duży meteoryt żelazny. Skromnie wyglądający właściciel przywiózł meteoryt na targi w Tucson, aby go tam sprzedać. Cena była wysoka, ale nawet przelotne spojrzenie na okaz pozwoliło zauważyć skorupę i ślady przelotu porównywalne ze skorupą widoczną na świeżych okazach Sikhote-Alin.

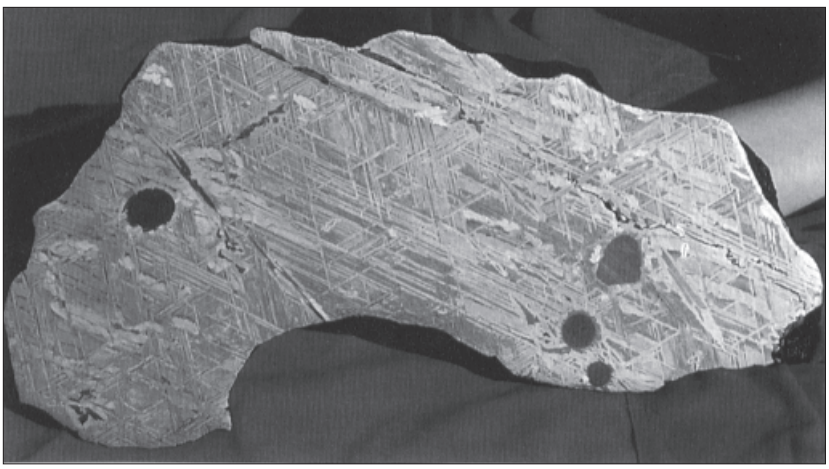
Najpierw przypuszczano, że nowy meteoryt jest jeszcze jednym okazem dobrze znanego meteorytu żelaznego z Meksyku. W jednym z narożników meteorytu wycięte było małe okienko tak że był widoczny metal wewnątrz. Świeży metal był wyszlifowany papierem ściernym i wytrawiony. W kilka sekund stało się oczywiste, że ten meteoryt żelazny jest rewelacyjny i zaczął się wyścig o zdobycie ogromnej ilości gotówki niezbędnej do kupienia meteorytu. Nie było to łatwe, zwłaszcza w sobotnie popołudnie w Tucson.

Po czterech nerwowych godzinach spędzonych na zdobywaniu gotówki przy pomocy czeków i kart kredytowych wykorzystanych do granic ich możliwości, zgromadzono dość pieniędzy, aby nabyć meteoryt. Gdy gotówka zmieniła właściciela i została przeliczona, ważący 150 kg meteoryt żelazny załadowano na ciężarówkę i wyruszył on w długą drogę aż po północne krańce Montany; dosłownie przez całe kontynentalne Stany Zjednoczone z południa na północ.

Meteoryt żelazny Tres Castillos został znaleziony w marcu 1992 roku na ranczu Tres Castillos w prowincji Chihuahua w Meksyku. Zaliczono go do typu IIIAB, ale w niektórych artykułach podaje się, że jest on typu IIIA.

Po dotarciu do Montany nowi właściciele zrobili coś całkiem zwyczajnego, co jednak dało niezwykły rezultat: odwrócili ogromny meteoryt. Ich oczom ukazała się przepięknie rzeźbiona tarcza, zorientowana przez siły wytworzone tylko podczas przelotu z ogromną szybkością, ale bez koziołkowania, przez naszą atmosferę.

Nadeszła pora na trudną decyzję, co zrobić z tym nieprawdopodobnym kawałem żelaza, który leżał przed nimi. Finansowa presja narastających odsetek od wszystkich szybko pożyczonych pieniędzy ostatecznie wepchnęła meteoryt pod piłę. Trzeba było sześciu mężczyzn, aby podnieść 150 kg solidnego żelaza niklonośnego i umieścić na drodze tnącego ostrza. Gdyby meteoryt był tylko siedem milimetrów szerszy, nie zmieściłby się na pile i trzeba by było myśleć o innych, znacznie bardziej kosztownych sposobach cięcia.



Piękna wytrawiona powierzchnia przekroju meteorytu żelaznego IIIAB Tres Castillos.

Chociaż Tres Castillos był przepięknym okazem, zawsze istnieją obawy, że wydatki na zakup, cięcie, polerowanie i trawienie płytek sprawią, że cena będzie zbyt wysoka, aby łatwo go było sprzedać lub wymienić. Pierwsze cięcie zajęło prawie pięć godzin. Po półtorej godziny szlifowania i polerowania i trzydziestu minutach trawienia usadowił się na stole do suszenia jeden z najpiękniej wytrawionych meteorytów żelaznych. Ostatecznie bryła Tres Castillos została pocięta na 10 płyt stanowiących pełne przekroje oraz na dwie piętki.

Wydaje się dziś dziwne, że rynek nie jest zalany fragmentami Tres Castillos. Gdzież więc one są? Dobre pytanie. Być może uroda tego meteorytu skłoniła pierwszych właścicieli do zachowania kupionych płyt w całości. Muzeów, które mają okazy tego meteorytu, jest niewiele i najprawdopodobniej nie mają ochoty ciąć i wymieniać swych okazów. Jest trochę mniejszych kawałków pierwotnie odciętych od bryły, a jeden z europejskich handlarzy oferuje małe płytki, ale przeważająca część 150 kg meteorytu Tres Castillos pozostaje nieuchwytna. Czytelnik może zadawać sobie pytanie, czy ten meteoryt jest rzeczywiście tak dobry. Cóż, jeśli czytający to ma dużą piętkę Tres Castillos, prosimy o telefon; chętnie ją odkupimy!

Autorzy pragną podziękować Berndowi Pauliemu z Niemiec za dostarczenie informacji w niezwykle skuteczny i szybki sposób nawet jak na nasze elektroniczne czasy.

Donga inaczej zwany...

Darryl Pitt

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4.
Copyright © 1998 Pallasite Press)

Waldo, Yambo, Prairie Dog Creek, Lick Creek, Fuzzy Creek, Squaw Creek, Jenny's Creek i *Johnny's Donga.* To wszystko są meteoryty — skarby z nieba, które nie tylko dostarczają naukowcom informacji o formowaniu się Układu Słonecznego, ale być może posłużyły do przywiezienia samego życia na Ziemię.

Dość niezwykła materia. Dość głupie nazwy — szczególnie dla materii będącej surowcem do Stworzenia.

Jakby nie miało to znaczenia, ludzie nazywają meteoryty od miejsc, gdzie one spadły. Chociaż zrobiono to głównie po to, by uniknąć zamieszania, to nie zawsze to działa. Ponieważ niektóre meteoryty miały takiego pecha, że wylądowały w Teksasie (zgadza się — to miejsce odpowiada za wszystkie „Creek'i"), to zostały obarczone wprowadzającymi w błąd nazwami *Venus, Miami* i *Nazareth.* (Można dodać liczne inne przykłady: kto zgadnie, gdzie znaleziono meteoryty Odessa i Hebron? — przyp. tłum.). Ale pewien geograficzny bałagan nie jest jedynym problemem.

Dziś naukowcy poszukują meteorytu *Johny's Donga* znalezionego w 1965 roku w Australii Zachodniej, który potem gdzieś się zapodział, a kolekcjonerzy wymieniają meteoryty o nazwach takich jak *Vaca Muerta*; powiedzmy 40 gramów *Vaca Muerta* za 10 gramów *Squaw Creek*. Vaca Muerta oznacza po hiszpańsku „zdechła krowa". Meteoryt ten, znaleziony w połowie XIX wieku na Pustyni Atacama w północnym Chile, nie wygląda jak zdechła krowa i o ile mi wiadomo, żadnej krowy nie zabił. Dlaczego więc nazywamy najważniejszą materię, która umożliwiła samo nasze istnienie... zdechłą krową?

Jest jeszcze gorzej.

Jeśli chodzi o *Squaw Creek*, Indianie wnieśli petycję do Komisji Nazewnictwa Geograficznego USA, aby zmienić nazwy miejscowości zawierające słowo „squaw". W wielu indiańskich dialektach „squaw" jest brzydkim określeniem żeńskich genitaliów.

Cztery i pół miliarda lat meteoryt żyje sobie anonimowo i spokojnie w Kosmosie, po czym przybywa na Ziemię i oto co mu się przytrafia.

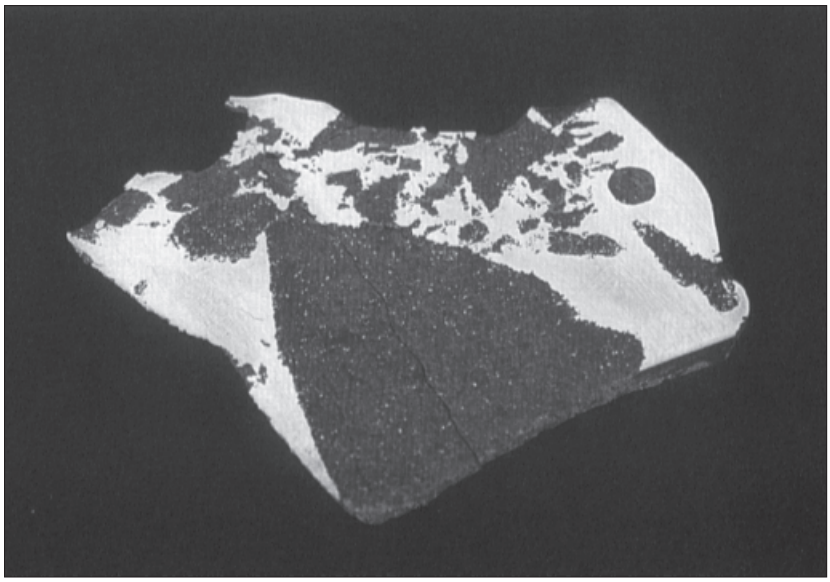
W lipcu ludzie, którzy nadają nazwy meteorytom — the Nomenclature Committee of the Meteoritical Society — zebrali się w Dublinie. Czy nie obawiali się kosmicznego odwetu? Wydaje się że nie. W czerwcu deszcz meteorytów spadł w Portales w Nowym Meksyku i potrzebował nazwy. Nikt z członków Komitetu nie proponował, aby meteoryt nazwać „Przepraszamy, nie chcieliśmy nikogo urazić" albo „Leć dalej — trafisz do Teksasu". Zauważono tylko, że istnieją już meteoryty *Portales a, b* i *c* (znalezione wcześniej w pobliżu Portales), i że ten meteoryt należałoby nazwać inaczej. Dr. Jeff Grossman z US Geological Survey zaproponował *Portales Valley*. Ktoś zwrócił uwagę, że w Portales nie ma żadnej doliny (valley = dolina — przyp. tłum.). (Na szczęście nikt nie zauważył creek'a). Dr. Grossman wskazał, że na wszystkich mapach USGS obszar ten jest nazywany doliną. Ale doliny tam nie ma! W wyniku głosowania meteoryt otrzymał nazwę *Portales Valley*.

Pora zmienić sposób nazywania meteorytów. W gruncie rzeczy moglibyśmy powiększyć rozpaczliwie niewystarczające fundusze na poszukiwanie i śledzenie planetoid bliskich Ziemi — obiektów zagrażających naszemu istnieniu — modyfikując sposób nazywania meteorytów. Jak? Od nazw sponsorujących korporacji.

W zamian za jakieś 2000000 dolarów meteoryt mógłby otrzymać nazwę korporacji. Wystarczy sprzedać prawa do 50 meteorytów i the Meteoritical Society zyskuje 100000000 dolarów. Nie jest to suma bez znaczenia. Meteoryt *South African Railways* już istnieje jako precedens. Badacze dostaną pieniądze, których rozpaczliwie potrzebują; sponsorujące korporacje zyskają publiczną reklamę, której pragną, a handel meteorytowy będzie brzmiał mniej idiotycznie: „Dam 300 gramów *The Friendly Skies* za 4 gramy *Coke*". (Okej.. nienajlepszy przykład — ale przynajmniej nie byłoby więcej Creek'ów).

Musimy działać szybko. 15 lutego 1997 roku duży deszcz meteorytów spadł na Chiny. Wielu Chińczyków wierzyło, że to zdarzenie zapowiadało śmierć przewodniczącego komunistycznej partii Deng Xiao Penga. Mówiono, że przewodniczący Deng musi zaraz pójść do nieba, by chronić Chińczyków przed dalszym bombardowaniem. Przewodniczący Deng zastosował się do tej interpretacji i umarł cztery dni później.

No a kto właściwie będzie nas chronił, jeśli nadal nazywamy uświęconą pierwotną materię *Waldo*?



Portales Valley. Zdjęcie udostępnił Odasan Macovich.

Spotkanie astrodynamików i meteorytyków JAM II

Observatoire de la Cote d'Azur, Nicea, 16 — 17 kwietnia 1998 r.

William Bottke

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Uczestnicy: W. Bottke, J. Burns, P. Farinella, Ch. Froeschle, Cl. Froeschle, B. Gladman, P. Michel, A. Morbidelli, D. Nesvorny, J.-M. Petit, D. Vokrouhlicky, G. Valsecchi.

Nasza wiedza o tym, jak meteoryty są dostarczane na Ziemię, uległa w ostatnich latach radykalnej zmianie, głównie z powodu dwóch czynników: dostępności niedrogich stacji badawczych i rozwojowi nowych programów numerycznych, które mogą dokładnie i skutecznie modelować skomplikowane układy dynamiczne. Interpretacja wyników uzyskiwanych dzięki tym programom jest niełatwa ale i pasjonująca, co wielu z nas stwierdziło podczas JAM II, drugich dorocznych warsztatów astrodynamików i meteorytyków, które odbyły się w Obserwatorium Lazurowego Wybrzeża w Nicei 16 i 17 kwietnia 1998 r. To dwudniowe spotkanie nie było tak bardzo „konstruktywne" jak „dekonstruktywne" w tym sensie, że „klasyczny" scenariusz dostarczania meteorytów został zniszczony szybciej, niż mogliśmy zbudować nowy. Mimo to pod koniec spotkania nabrały kształtu przynajmniej dwa nowe scenariusze dostarczania meteorytów, chociaż jak zobaczymy za chwilę, każdy miał spory bagaż nierozwiązanych problemów.

Na początek trochę tła. Powodem, dla którego tak trudno prześledzić dynamiczne trajektorie meteoroidów, jest fakt, że orbity w wewnętrznej części Układu Słonecznego są bardzo chaotyczne, częściowo dlatego, że ciała przelatują od czasu do czasu blisko różnych planet grupy ziemskiej, ale także dlatego, że wewnętrzna część Układu Słonecznego jest przecięta obszarami rezonansów (zarówno rezonasów współmierności średnich ruchów z Jowiszem i planetami wewnętrznymi jak i tak zwanych „rezonansów wiekowych", gdzie częstotliwości orbit są współmierne z naturalnymi częstotliwościami Układu Słonecznego). Gdy ciała trafiają do obszaru rezonansów, ich orbity podlegają silnym perturbacjom i mogą uzyskiwać duże wartości mimośrodu i nachylenia. Łączny efekt powoduje, że niemożliwe jest prześledzenie toru meteoroidu czy planetoidy przelatującej blisko Ziemi wstecz dalej niż przez kilkaset lat, gdy tymczasem meteoryty potrzebują milionów lat, by dotrzeć do Ziemi.

Aby przezwyciężyć ten problem, efekty rezonansowe w modelach ewolucji meteoroidów traktowano często statystycznie. Takie przybliżenie pozwoliło na opracowanie „klasycznego" modelu dostarczania meteorytów, który tu przedstawię. Zderzenia planetoid w głównym pasie od czasu do czasu wrzucały małe fragmenty bezpośrednio do strefy rezonansu średniego ruchu 3:1 z Jowiszem lub rezonansu wiekowego ν_6, gdzie ich niemal kołowe orbity w ciągu około 1 mln lat były przeobrażane na orbity eliptyczne przecinające ziemską. Jeśli następnie te meteoroidy były usuwane z rezonansu przez bliskie spotkanie z jedną z ziemskich planet, to zwykle krążyły w wewnętrznej części Układu Słonecznego przez 10 – 100 milionów lat póki nie trafiły w planetę (na przykład w Ziemię), nie zostały wyrzucone z wewnętrznego obszaru Układu Słonecznego przez bliskie spotkanie z Jowiszem lub nie zostały porozbijane przez małe zderzenia. Ten model zyskał powszechną akceptację, w dużym stopniu dlatego, że dynamiczne czasy istnienia meteoroidów zgadzały się z grubsza z wartościami wieku ekspozycji na promieniowanie kosmiczne (CRE) meteorytów kamiennych (dziesiątki milionów lat) i żelaznych (setki milionów lat).

W ostatnich latach statystyczne podejście do zjawisk rezonansowych zastąpiły dokładniejsze programy obliczania ruchu N ciał, umożliwiające bezpośrednie całkowanie ruchu orbitalnego meteoroidów przez dziesiątki milionów lat. Ostatnie wyniki tych obliczeń pokazują, że ciała startujące z rezonansów 3:1 lub ν_6 mają dynamiczny czas istnienia tylko 2 – 3 miliony lat a nie 10 – 100 milionów, czyli o wiele za krótki, by wytłumaczyć wiek CRE większości meteorytów. W rezultacie, ponieważ niewiele meteoroidów może być bezpośrednio wrzucanych do obszarów rezonansowych głównego pasa (gdyż inaczej obserwowalibyśmy mnóstwo meteorytów o wieku CRE mniejszym niż kilka milionów lat), klasyczny model trzeba poddać rewizji.

Aby uzyskać poprawny wiek CRE meteorytów wykorzystując szerokie ramy modelu klasycznego, musimy założyć, że (a) jakiś mechanizm spowalnia transportowanie meteorytów do rezonansów 3:1 lub ν_6 (to znaczy muszą one „parkować" w głównym pasie dostatecznie długo, aby otrzymać odpowiednią ilość uderzeń promieni kosmicznych) oraz/albo (b) meteoroidy wybierają inną drogę dotarcia do Ziemi, znacznie powolniejszą niż tradycyjne trasy opisane wyżej. Podczas JAM II wyłaniały się me-

chanizmy i dla (a) i dla (b) mogące rozwiązać zagadkę CRE. Opisano je poniżej.

Mechanizmem „parkowania" dla przypadku (a) może być efekt Yarkovsky'ego, siła unoszenia pod wpływem promieniowania, która może powodować powolną zmianę wielkiej półosi orbit ciał o średnicy od 0,1 do 100 metrów w zależności od ich wirowania, orbity i własności materii. Aby zrozumieć ten efekt wyobraźmy sobie, że małe ciało krążące po orbicie wokół Słońca pochłania widzialne światło słoneczne i wypromieniowywuje pochłoniętą energię w podczerwieni. Gdy te podczerwone fotony opuszczają meteoroid, unoszą ze sobą pewien pęd powodując nieznaczny odrzut ciała. Ponieważ bezwładność cieplna opóźnia to kopnięcie (z tego samego powodu najgorętsza część dnia przypada po południu, a nie w południe) skrzywiając nieco jego kierunek względem linii łączącej to ciało ze Słońcem, powstaje niewielka siła, która może powodować wędrówkę obiektu po spirali do wewnątrz lub na zewnątrz.

Oceniono, że tempo unoszenia Yarkovsky'ego w przypadku ciał o wielkości meteoroidów może wynosić nawet 0,01 – 0,001 j.a. na milion lat, co pozwoliłoby im na odbieranie promieniowania kosmicznego średnio przez kilkadziesiąt milionów lat, zanim dotarłyby one po spirali w obszar rezonansu 3:1 lub ν_6. Szczególnie atrakcyjną cechą tego modelu jest to, że ze względu na ich budowę, żelazne meteoroidy ewoluują o blisko rząd wielkości wolniej niż meteoroidy kamienne. Ponieważ są one także mocniejsze, mogą przetrwać wystarczająco długo, aby dotrzeć do rezonansów powodując, że ich wiek CRE jest o rząd wielkości dłuższy. Trzeba jednak zauważyć, że szybsze tempo dryfowania zależy od (nieznanej) obecności izolującej warstwy porowatej materii w rodzaju regolitu na powierzchni tych ciał.

Na JAM II dyskutowano na temat wniosków wynikających z efektu Yarkovsky'ego. Duże tempa dryfowania pozwoliłyby niemal każdemu ciału w wewnętrznej części pasa planetoid (a < 2,8) na wytwarzanie meteorytów. Jeśli tak byłoby istotnie, to nie będzie już jasne, czy w strumieniu meteoroidów docierających do rezonansów dominują duże planetoidy z dużymi przekrojami czynnymi na zderzenia, czy małe planetoidy, które przy zderzeniu tracą niemal całą wyrzuconą materię. Tak więc meteoryty HED mogą pochodzić albo z samej Westy, albo z „westoidów", populacji małych planetoid o podobnych własnościach powierzchni jak Westa. Inną ciekawą możliwością jest to, że usuwanie małych ciał z głównego pasa w jakiś sposób, na zasadzie sprzężenia zwrotnego, wpływa na ewolucję zderzeniową większych ciał.

Z drugiej strony możliwe jest odkrycie innej dynamicznej ścieżki dla przypadku (b), która może dostarczać meteoroidy o odpowiednim wieku CRE z głównego pasa do Ziemi. Obiekty głównego pasa mające orbity o dużych mimośrodach z definicji krążą po orbitach niemal przecinających marsjańską (MC). Wyniki całkowania numerycznego pokazują, że mieszane rezonanse (połączenia wysokiego rzędu rezonansów średniego ruchu z Jowiszem i Saturnem; rezonansów średniego ruchu z Marsem) często powodują, że mimośrody tych orbit powoli rosną. Przy dostatecznej ilości czasu (rzędu 20 milionów lat) obiekty te osiągną orbity przecinające marsjańską a w końcu i ziemską. Ciekawe, że średni czas transportu jest z grubsza zgodny z wiekiem CRE meteorytów kamiennych.

Nie było dla nas bezpośrednio oczywiste, który mechanizm jest ważniejszy. Czuliśmy jednak, że przed zagmatwaniem problemu jeszcze bardziej, powinniśmy najpierw zdefiniować pewne określenia, które są czasem błędnie używane. Ciałem macierzystym (PB) jest planetoida, na której meteoryt uzyskał aktualne własności chemiczne. Bezpośrednim poprzednikiem (IPB) jest planetoida, na której meteoroid uzyskał swą przedostatnią geometrię CRE (jeśli w ogóle). Czasem te dwie definicje dotyczą tego samego ciała. Jest możliwe jednak, że niektóre meteoryty docierają do Ziemi podróżując kolejno na kilku coraz mniejszych obiektach. Na przykład z Westy (PB) może wystartować 10-km westoid (IPB) blisko rezonansu 3:1, gdzie kolejne zderzenie może wrzucić metrowej wielkości meteoroid do rezonansu 3:1 i dostarczyć go do Ziemi. IPB blisko rezonansów 3:1 lub ν_6, lub w obszarze orbit przecinających marsjańską, mogą dostarczyć do Ziemi więcej meteorytów niż bezpośrednie wstrzyknięcia z samego PB. Tak więc wiek CRE mówi nam tylko, kiedy meteoroid został uwolniony z IPB, lub kiedy IPB było dostatecznie małe, aby jednorodnie rejestrować uderzenia promieni kosmicznych, a nie kiedy meteoroid został uwolniony z samego PB.

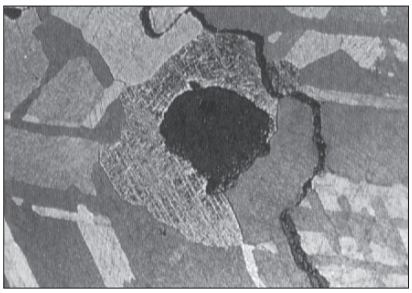
Następnie uczestnicy spróbowali zestawić wady i zalety każdego dyskutowanego wcześniej scenariusza dostarczania meteorytów. Zgodzono się, że „scenariusz Yarkovsky'ego" może wyjaśnić różnice wieku CRE między meteorytami żelaznymi i kamiennymi i wydaje się, że może łatwiej wyjaśnić istnienie meteorytów HED, gdyż Westa i westoidy na ogół znajdują się daleko od orbit przecinających marsjańską. Nie jest jednak jasne, czy scenariusz Yarkovsky'ego może wyjaśnić, dlaczego ciał bezpośrednio wrzucanych do rezonansów jest mniej niż tych, które nie są wrzucane bezpośrednio, oraz czy transport małych ciał wielkości bolidów ewoluuje w ten sam sposób jak meteoroidów.

Model „IPB o orbitach przecinających marsjańską" także ma problemy, ponieważ niektóre IPB pochodzą od PB znajdujących się daleko od obszaru MC. Powolne tempo ewolucji tych ciał z głównego pasa na orbity MC (~20 mln lat) wydaje się niezgodna z krótkim czasem rozpadu ciał wielkości bolidów (< 3 mln lat). Nie jest także jasne, czy ten mechanizm może dostarczyć meteoryty o krótkim wieku CRE.

Po inspirującym pod względem naukowym spotkaniu postanowiliśmy odłożyć dalszą dyskusję do JAM III, które będzie jednodniowym spotkaniem w październiku 1998 roku w Madison, w stanie Wisconsin przy okazji trzydziestej dorocznej konferencji sekcji nauk o planetach Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego. Nie jesteśmy pewni, czy będziemy w stanie rozwiązać do tego czasu te problemy, ale wiemy, że podejście krytyczne i z otwartym umysłem jest wstępnym warunkiem znalezienia prawidłowych rozwiązań.

Center for Radiophysics & Space Research
306 Space Sciences, Cornell University
Ithaca, NY 14853-6801

Meteoryt żelazny Laguna Manantiales: Pół wieku tajemnicy

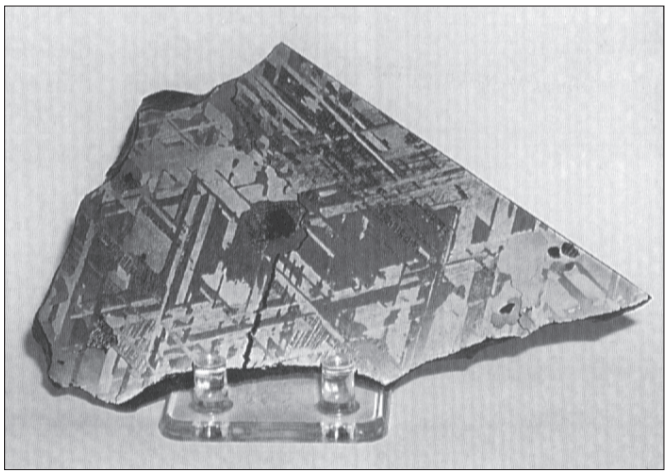


Martin G. Horejsi & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 3.
Copyright © 1998 Pallasite Press)

Autorzy mają dług wdzięczności wobec Gianfranco Martinisa, ucznia szkoły średniej w Salta, w Argentynie. Gdyby nie jego starania, niezwykła historia meteorytu Laguna Manantiales pozostałaby ukryta niemal całkowicie wewnątrz murów kilku budynków w Argentynie. Dziękujemy Ci, Gianfranco.

Wyobraź sobie, że po długim dniu prowadzenia jucznych mułów przez góry Santa Cruz w Argentynie siedzisz na ziemi wdychając chłodne, suche powietrze Patagonii. Zjadłszy posiłek złożony z pieczonego mięsa wbijasz nóż w ziemię, aby oczyścić ostrze, jak to było we zwyczaju. Stalowe ostrze, zamiast przeciąć miękki, piaszczysty grunt, uderza niespodziewanie w coś znacznie twardszego od siebie. Właśnie coś takiego zdarzyło się w 1938 roku. Gdy zaskoczony poganiacz zaczął wygrzebywać winowajcę, stwierdził, że jest to duży kawał żelaza.



Okaz został zabrany i w 1945 roku został podarowany A. Navesowi, który mieszkał w pobliżu miejsca zwanego Narodowy Pomnik Skamieniałych Drzew w Argentynie. Dr. Eduardo A. Quevedo zrobił w Buenos Aires wstępną analizę chemiczną, która umocniła status Laguny jako meteorytu. Okaz pozostawał u pana Navesa aż do jego śmierci. Później jego krewni postanowili meteoryt sprzedać.

Chociaż było wiadomo, że Laguna jest meteorytem żelaznym ważącym około 92 kg (jak później dokładnie zważono: 91,37 kg), to ewentualni nabywcy nie mogli dowiedzieć się niczego więcej o obiekcie, który mieli zamiar kupić. O Laguna Manantiales napisano bardzo niewiele i „Handbook of Iron Meteorites" Buchwalda zawiera na jego temat tylko jedno zdanie. Według „Catalogue of Meteorites" (1985) poza okazem pana Navesa tylko British Museum posiadało 2,5 grama tego meteorytu.

Stowarzyszenie Hatum Pampa, grupa prywatnych osób zainteresowanych meteorytami, zorganizowało w latach 1988, 1990 i 1995 trzy ekspedycje poszukiwawcze do miejsca, gdzie znaleziono meteoryt,. Chociaż korzystano z nowoczesnych wykrywaczy metalu, nie znaleziono ani jednego dodatkowego okazu.

Trzech kolekcjonerów w Stanach Zjednoczonych połączyło wysiłki, aby zakupić główną masę Laguny i na początku tego roku bryła żelaza przybyła do USA. Jak Indiana Jones zaglądający do ukrytej jaskini nabywcy mieli nadzieję, że pierwsze cięcie Laguny ujawni tajemnice meteorytu. Rzeczywistość wygląda jednak często inaczej niż na filmie. Mijały godziny cięcia, a ostrze piły ledwie zaczynało nadgryzać żelazo. Trzeba było użyć grubszego, dwumilimetrowego ostrza, ponieważ cięcie cieńszymi ostrzami trwałoby nieskończenie długo. Ta drobna zmiana grubości ostrza z jednego milimetra do dwóch zwiększyła straty przy cięciu do około 30%.

Po odcięciu kilku płytek okazało się, że równie trudno jest meteoryt wytrawić. Jeśli roztwór kwasu był za słaby, nic się nie działo; jeśli za mocny, trawiona powierzchnia czerniała. Nawet jeśli roztwór był idealny, to jeśli trawienie trwało zbyt długo, figury Widmanstättena znikały.

Po wytrawieniu znów okazało się, że okaz nie ma zamiaru ujawniania od razu wszystkich sekretów. Ci którzy widzieli trawioną powierzchnię, wyrażali opinię, że Lagunę można zaliczyć do oktaedrytów gruboziarnistych, czy nawet bardzo gruboziarnistych, zależnie od tego, którą płytkę się ogląda. Meteoryt miał struktury wyglądające jak linie Neumanna spotykane w heksaedrytach.* Okazało się, że John Wasson z UCLA przebadał ten meteoryt i zaliczył go do anomalnych oktaedrytów drobnoziarnistych o niskiej zawartości niklu (ok. 7%).

Jak to się często zdarza w przypadku kupowania meteorytów w terenie, nikt nie może powiedzieć, jaki będzie ostateczny rezultat włożonego wysiłku i pieniędzy. Od skromnego początku historii Laguny przy zderzeniu z ostrzem noża poganiacza mułów, wewnętrzna budowa tego meteorytu była tajemnicą. Dziś, pół wieku później, meteoryt żelazny Laguna Manantiales jest otwarty dla wszystkich, którzy chcą go badać i radować się nim.

Od redaktora: Prześlicznie wytrawioną płytę meteorytu Laguna Manantiales zakupiło ostatnio do swych zbiorów Muzeum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

* Autorzy nieco zagalopowali się w podkreślaniu wyjątkowości meteorytu: Linie Neumanna spotyka się w każdym meteorycie zawierającym kamacyt, niekoniecznie w heksaedrytach. — przyp. tłum.

Tatahouine i życie na Marsie

Dominique Padirac

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 3. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Czy meteoryt Tatahouine może pomóc rozwiązać zagadkę słynnego marsjańskiego meteorytu ALH 84001? Pamiętamy sensacyjny komunikat podany w sierpniu 1996 roku przez Daniela Goldina, dyrektora NASA: meteoryt znaleziony w 1984 roku na Antarktydzie w rejonie Allan Hills może zawierać pozostałości prymitywnego marsjańskiego życia w postaci śladów nanobakterii.

Ówczesny entuzjazm zmniejszył się znacznie od owego czasu i został zastąpiony przez naukową krytykę i wątpliwości. Ostatnie odkrycie dokonane przez francuskich naukowców i opublikowane w czasopiśmie „Science" (17 kwietnia 1998 r.) otwiera nowe możliwości w tej trwającej wciąż gorącej dyskusji. Punktem wyjściowym stała się zagadkowa obserwacja, jakiej dokonał Jean Alix Barrat, profesor Uniwersytetu w Angers (Francja), który badał okazy meteorytu Tatahouine dostarczone przez paryskiego kolekcjonera meteorytów Alaina Cariona. Był on zdziwiony wynikiem chemicznej analizy próbki, który nie był typowy dla diogenitu. W szczelinach tego meteorytu odkrył bardzo dziwne skupienia minerałów. Skontaktował się z moim przyjacielem, Philippe Gilletem, szefem Pracowni Nauk o Ziemi w Ecole Normale Superieure w Lyonie, który zbadał budowę tych skupień przy pomocy spektroskopii Ramana; nieniszczącej metody rozpoznawania minerałów. Uzyskane widma jednoznacznie potwierdziły obecność węglanów, które rzadko występują w meteorytach i znaleziono je tylko w niektórych chondrytach węglistych i meteorytach SNC. Jean Alix Barrat i Philippe Gillet oraz ich koledzy Christophe Lecuyer, Simon Sheppard i Maurice Lesourd — autorzy publikacji w „Science", nie są tak zwanymi „meteorytykami", ale byli wtedy bardzo zaciekawieni i podnieceni tak bliskim mineralogicznym podobieństwem meteorytu Tatahouine, który nie pochodzi z Marsa, do ALH 84001: oba składają się głównie z kryształów piroksenu i zawierają w szczelinach węglany. Francuski zespół postanowił bardziej szczegółowo scharakteryzować Tatahouine.

W dostarczonych przez Alaina Cariona fragmentach Tatahouine, które zebrano w 1994 roku, węglany występują w postaci żółtawych i jasnopomarańczowych skupień minerałów, częściowo ułożonych zgodnie z teksturą rozetową (średnica 80–150 mm, grubość 15–20 mm) lub całkowicie wypełniających szczeliny (~100 mm szerokości). Rozety systematycznie towarzyszą pustkom w kształcie spodka w piroksenie. Obserwacja węglanów przez mikroskop elektronowy przy dużym powiększeniu dała zdumiewające wyniki zwiększające podobieństwo obu meteorytów. Na powierzchniach niektórych kryształów węglanów zauważono małe, pałeczkowate kształty o zaokrąglonych końcach, mające około 70– 80 nm szerokości i od 100 do 600 nm długości. Niektóre z nich wyglądały na segmentowane. Rzadziej występowały małe kuliste formy (ok. 70 nm średnicy). W niektórych miejscach pałeczkowate formy były tak liczne, że otaczały kryształ. Podobieństwo do „bakteryjnych form" z ALH 84001 było oczywiste. Philippe Gillet powiedział mi, że te formy są pozostałościami bardzo małych bakterii, które można nazwać nanobakteriami. Biologiczna analiza próbek powinna to wkrótce potwierdzić.

Spadek achondrytu Tatahouine obserwowano 27 czerwca 1931 r. Na bardzo małym obszarze rozrzutu (< 1 km^2), na zboczu wzgórza zbudowanego z jurajskich wapieni i pokrytego pustynnym piaskiem, rozrzucone zostały setki okruchów. Wiele z nich zebrano tego samego dnia i przesłano do Museum National d'Histoire Naturelle w Paryżu. Największe zebrane okazy ważyły blisko 2 kg, ale przeważająca większość miała wagę kilku gramów i mniej. Meteoryt sklasyfikowano od razu jako diogenit. Bardzo ciekawe było więc porównanie próbek zebranych w dniu spadku z tymi, które zebrał po 63 latach A. Carion przesiewając kilkucentymetrową, powierzchniową warstwę gleby. Wynik był bardzo prosty: szczeliny w próbkach z Muzeum były puste! Ponadto wszelkie analizy izotopowe próbek zebranych 63 lata po spadku potwierdziły ziemskie pochodzenie węglanów, a więc także form o wyglądzie nanobakterii. Tak więc w ciągu 63 lat pobytu meteorytu na pustyni ciecze przeniosły węglany z lokalnych osadów do meteorytu wypełniając nimi istniejące wcześniej szczeliny i miejscami pokrywając powierzchnię.

Jak stwierdził Philippe Gillet, meteoryt Tatahouine jest wyjątkowy, ponieważ pokazuje, jak szybko przebiega przeobrażanie pozaziemskiego obiektu. Jakie można więc wyciągnąć wnioski w przypadku ALH 84001, który znajdował się w lodzie Antarktydy przez 13000 lat? Według francuskiego zespołu można spojrzeć na zagadnienie dwojako. Pesymiści mogą dowodzić, że ponieważ analiza izotopowa wykazała marsjańskie pochodzenie węglanów w meteorycie ALH 84001, to zespół NASA zaobserwował ich skażenie ziemskimi bakteriami. Niemniej, jeśli to prawda i jeśli formy bakteryjne są istotnie bakteriami lub ich skamieniałościami zarówno w Tatahouine jak i w ALH 84001, to ich bardzo małe rozmiary są bardzo nietypowe dla żywych organizmów. Optymiści z drugiej strony mogą powiedzieć, że proponowany scenariusz przeobrażenia Tatahouine mógł być realizowany także na Marsie: te same chemiczne i być może biologiczne procesy dające te same wyniki na Ziemi i na Marsie! Odkrycie francuskich naukowców nie daje ostatecznej odpowiedzi na pytanie o życie na Marsie, ale dalsze prace nad marsjańskimi meteorytami wezmą zapewne doświadczenie z Tatahouine pod uwagę.

Meteorytowy sklepik „Meteorytu”

Meteoryty

Allende — chondryt węglisty CV3
— kilkugramowe płytki po 14 zł/g

El Hammami — chondryt H5
— płytki i piętki bez skorupy od kilku do kilkunastu gramów po 5 zł/g

Faith — chondryt H5
— fragment, 0,1 g (20 zł)

Gibeon — oktaedryt drobnoziarn. IVA
— płytka trawiona, 20,2 g (70 zł)
— płytka trawiona, 15,1 g (53 zł)
— połówki z trawionym przekrojem: 290 g (870 zł) i 504 g (1260 zł)
— kilkunastogramowe płytki trawione po 3 zł za gram

Henbury — oktaedryt średnioziarnisty IIIAB
— całkowite okazy, 3 zł/g
— połówki z trawionym przekr., 4 zł/g

Kaigorod — chondryt H5
— płytka ze skorupą, 11,6 g (174 zł)
— fragment, 0,3 g (12 zł)

Morasko — oktaedryt gruboziarn. IA
— płytki trawione, 4 zł/g

Mt. Tazerzait — chondryt L5
— płytki od kilku do kilkunastu gramów po 12 zł/g

Sikhote-Alin — oktaedryt bardzo gruboziarnisty IIB
— całkowity okaz z regmagliptami, 143 g, (400 zł)
— całkowite okazy z regmagliptami, 7–16 g, (po 3 zł za gram)
— całk. okaz „odłamek”, 33,7 g (84 zł)
— całk. okaz „odłamek”, 32,1 g (80 zł)

St. Michel — chondryt L6
— płytka 0,7 g (30 zł)

Vaca Muerta — mezosyderyt
— kilkugramowe płytki (12 zł /g)

Tektyty

Indochinit 16,0 g (80 zł),
12,7 g (60 zł),
5,6 g (28 zł)
3,0 g (15 zł)

Moldawit 16,6 g (100 zł)

Okazja! Indochinity od kilku do kilkudziesięciu gramów (mało efektowne) po 50 gr za gram.

Zamówienia można kierować pod adresem: skr. poczt. 6, 14-530 Frombork, lub telefonicznie (wieczorem) pod nr 0-55-243-73-92. Obowiązuje zasada „kto pierwszy ten lepszy”. Po otrzymaniu meteorytu zamawiający przesyła należność lub odsyła okaz, jeśli mu się nie podoba. Przy zamówieniach poniżej 50 zł doliczany jest koszt przesyłki. Powyższe zasady dotyczą członków Klubu Kolekcjonerów Meteorytów. Osoby spoza Klubu płacą 10% drożej i muszą wpłacić należność przed otrzymaniem meteorytu.

Spytaj geologa

Publikacja z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 4. Copyright © 1998 Pallasite Press

1. *Jak powstała skorupa Ziemi?*

Istnieją dwa rodzaje ziemskiej skorupy: oceaniczna i kontynentalna. Skorupa oceaniczna jest cienka, maficzna i ma większą gęstość. Jest nieustannie wytwarzana i niszczona przez tektonikę płyt. Skorupa kontynentalna ma mniejszą gęstość, większą grubość i opiera się ściąganiu w dół w strefach subdukcji. Przechowuje ślady przeszłości aż do najstarszych skał na Ziemi.

Skorupa pochodzi z globalnego oceanu magmy utworzonego pod koniec okresu akrecji Ziemi. Jednak zwykłe stygnięcie tego oceanu wytworzyłoby tylko skorupę maficzną, być może podobną do materii anortozytowych wyżyn księżycowych. Konieczne są jeszcze dwa czynniki: tektonika płyt i obecność wody.

Termiczne nieregularności w oceanie magmy musiały spowodować, że od samego początku zachodziła w nim konwekcja, co prowadziło do pękania i niszczenia pierwotnej skorupy podczas pierwszych przejawów tektoniki płyt. W ten sposób zaczęły działać częściowe topnienie i krystalizacja frakcyjna. Ponieważ felsytowe składniki magmy mają niższą temperaturę topnienia i krzepnięcia, to pierwsze uciekałyby z pogrążającej się płyty w wyniku ponownego topnienia (częściowe topnienie). Gdy ta materia o niższej gęstości wędrowała w górę, ponownie stygła, wskutek czego jej maficzne składniki o większej gęstości krystalizowały pierwsze (krystalizacja frakcyjna) i pod działaniem grawitacji oddzielały się od magmy, która stawała się jeszcze bardziej felsytową. Felsytowa magma w końcu wędrowała na powierzchnię tworząc nie ulegającą subdukcji skorupę kontynentalną. Zapoczątkowało to jednokierunkowy proces, który prowadził do coraz większego wzrostu kontynentów.

Odgazowanie oceanu magmy wytworzyło ocean wody, który uwadniał pierwotną skorupę obniżając jej temperaturę topnienia i jeszcze bardziej ułatwiając opisane przed chwilą procesy. Ten mechanizm formowania skorupy działał w przyspieszonym tempie aż do dwóch i pół miliarda lat wstecz, po czym jego tempo spadło do obecnego, wolniejszego.

2. *Proszę podać kilka podstawowych książek na temat geologii i mineralogii*.

(na to pytanie odpowiada dr Tadeusz Przylibski)

Bolewski A., Parachoniak W.: *Petrografia*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1988.
Bolewski A., Kubisz J., Manecki A., Żabiński W.: *Mineralogia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.
Bolewski A., Manecki A.: *Mineralogia szczegółowa*. Wydawnictwo PAE, Warszawa 1993.
Jaroszewski W., Marks L., Radomski A: *Słownik geologii dynamicznej*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1985.
Łydka K.: *Petrologia skał osadowych*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1985.
Majerowicz A., Wierzchołowski B.: *Petrologia skał magmowych*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.
Plewa M., Plewa S.: *Petrofizyka*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1992.
Polański A.: *Podstawy geochemii*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1988.
Ryka W., Maliszewska A.: *Słownik petrograficzny*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1991.

3. *Czy są metamorficzne zmiany w meteorytach spowodowane ciśnieniem, a nie tylko temperaturą?*

Nie jest możliwe oddzielenie w pełni skutków działania ciśnienia i temperatury. Dla wszystkich kryształów, stopów i innych mieszanin minerałów w meteorycie istnieje specyficzna kombinacja temperatury i ciśnienia, przy której one krystalizują, pozostają stabilne lub topnieją. Tak więc topnienie zewnętrznej powierzchni meteorytu, gdy przelatuje on przez atmosferę, jest nie tylko wynikiem znacznego tarcia wywołanego przez powietrze, ale także (na ogół bardzo niskiego) ciśnienia w tym obszarze. Skały jednak reagują na zmiany ciśnienia momentalnie, ale wskutek ich złego przewodnictwa cieplnego ogrzewają się i stygną bardzo powoli. Dlatego jeśli wyobrazimy sobie duży blok skalny wyrwany nagle z planety, to niektóre wewnętrzne części tego ciała mogą mieć przez pewien czas mniej więcej taką samą temperaturę, ale działające na nie ciśnienie spadnie momentalnie, co doprowadzi do tworzenia się nowych niskociśnieniowych minerałów metamorficznych odpowiadających wciąż dominującej wysokiej temperaturze. Jeśli weźmiemy pod uwagę naprężenie (ukierunkowane siły w skale powodujące deformacje) zamiast ciśnienia (które w materii jest takie samo w każdym kierunku), to stwierdzimy, że powoduje ono wiele cech raczej niezależnych od temperatury, takich jak pęknięcia, przemieszczenia, lamelki szokowe i brekcjacja.