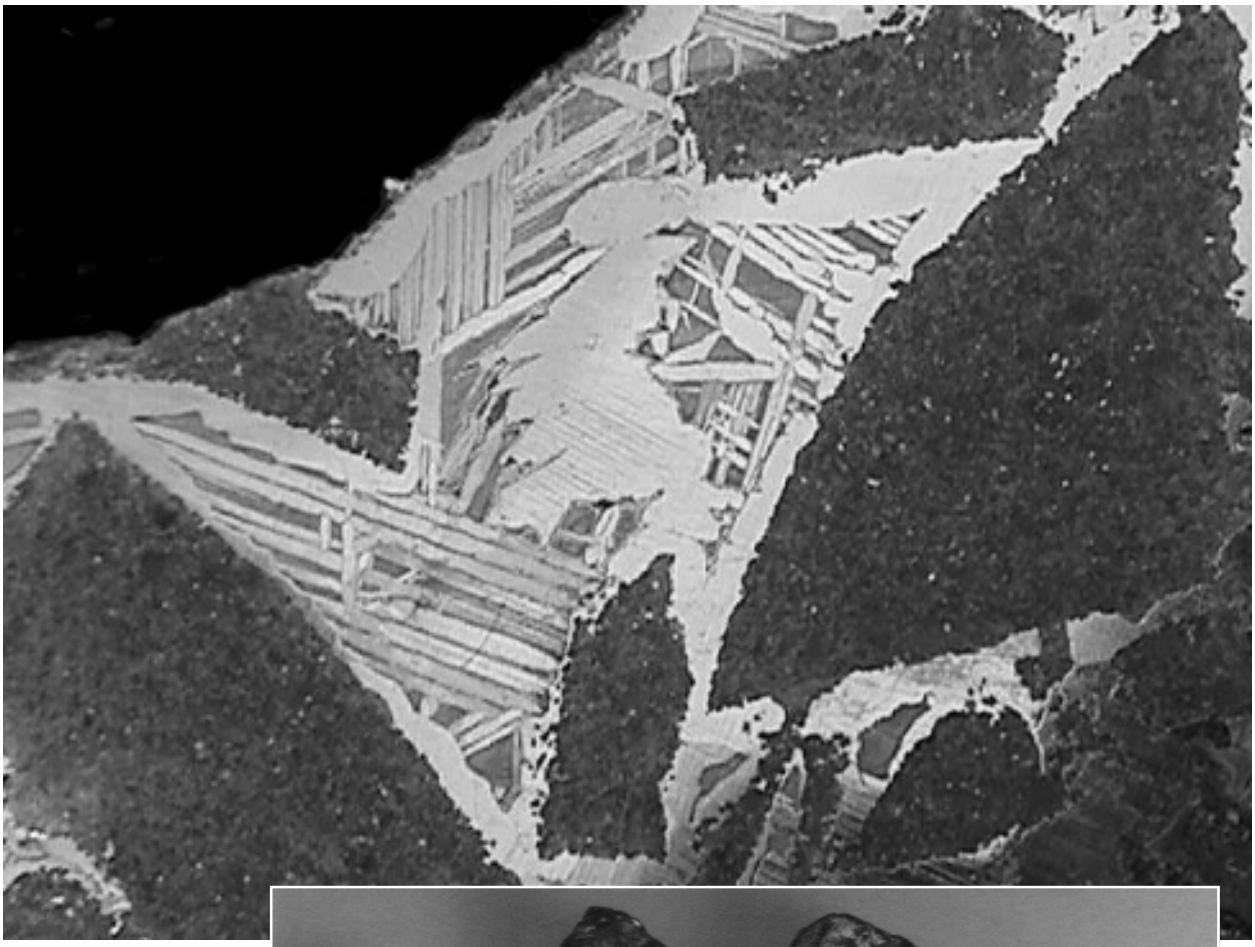
BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

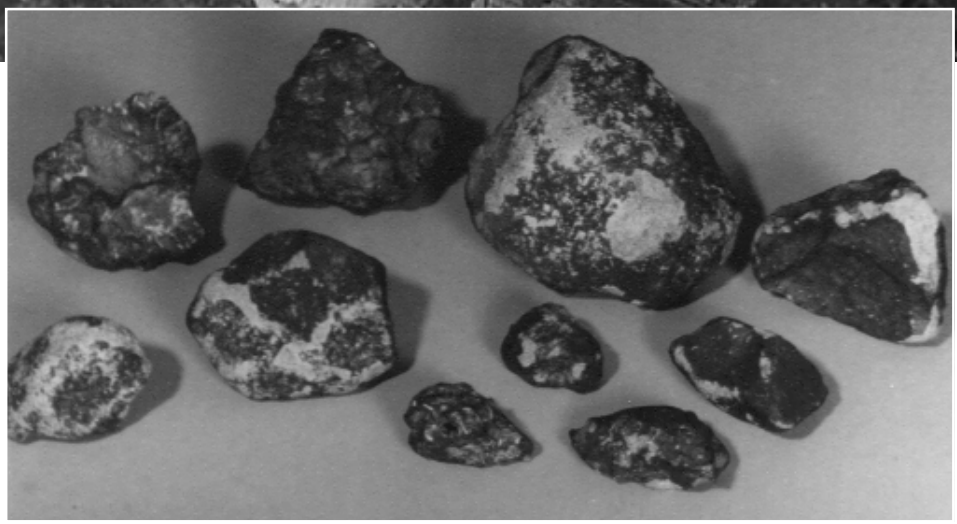
METEORYT

Nr 3 (27) Wrzesień 1998

W numerze:

chondryty, mikrometeoryty, Imilac, Murchison





Portales

— chondryt z fragmentami oktaedrytu czy oktaedryt z fragmentami chondrytu?

Patrz *Nowiny* str. 24.

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 1998 roku 12 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.

Od redaktora:

„Meteorite!" jest coraz bardziej interesujący i coraz więcej godnych uwagi artykułów nie mieści się w naszym „Meteorycie". Niestety nie jesteśmy już w stanie zwiększyć objętości. Żądnych wiedzy zachęcam do zaprenumerowania „Meteorite!"

Będąc miłośnikami meteorytów powinniśmy wiedzieć, czym właściwie się zajmujemy. Okazało się, że sprecyzowanie, co jest, a co nie jest meteorytem, nie jest takie proste. Dlatego polecam artykuł A.E. Rubina i J. N. Grossmana. Obaj autorzy są wybitnymi specjalistami. Dr Grossman prowadzi obecnie „The Meteoritical Bulletin" informujący w wszelkich nowych spadkach i znaleziskach meteorytów, które zostały przebadane i sklasyfikowane.

Meteoryty Pustyni Atacama przyciągają uwagę coraz nowych poszukiwaczy i kolekcjonerów. Dla nas interesujący jest także polski akcent. Dwa najsłynniejsze i najładniejsze z nich: Imilac i Vaca Muerta związane są z nazwiskiem Ignacego Domeyki. Zachęcam do zapoznania się z wrażeniami ludzi, którzy półtora wieku po Domeyce znów odwiedzili teren spadku Imilac. Druga część w następnym numerze.

Redaktor „Meteorite!" wpadł na ten sam pomysł co redaktor „Meteorytu" i też odbył „pielgrzymkę" do Wiednia. Także przywitał go tam dr Christian Pinter. Autorem artykułu jest jednak kustosz wiedeńskiej kolekcji, prof. Gero Kurat, dzięki czemu poznajemy w skrócie historię wiedeńskich zbiorów z najlepszego źródła.

Fakt, że ten numer ukazuje się wyjątkowo wcześnie, zawdzięczamy w dużym stopniu Bartoszowi Dąbrowskiemu z Torunia, który zastępował mnie prowadząc seanse w planetarium, dzięki czemu mogłem zająć się „Meteorytem". Chciałbym mu serdecznie podziękować. Dziękuję także Marvinowi Killgore za zdobiące okładkę zdjęcie przekroju meteorytu Portales.

Na koniec jedna dobra wiadomość i jedna zła. „Prószyński i S-ka" zamierza wydać po polsku świetną książkę O. Richarda Nortona „Rocks from Space". Autor znany jest czytelnikom „Meteorytu" z licznych artykułów. Kolejny zaraz przeczytają. To samo wydawnictwo zwróciło się do niżej podpisanego o zgodę na przedłużenie terminu wydania książki „Nieziemskie skarby", która zgodnie z umową miała ukazać się do końca tego roku. Proponowanym terminem jest marzec 1999 r.

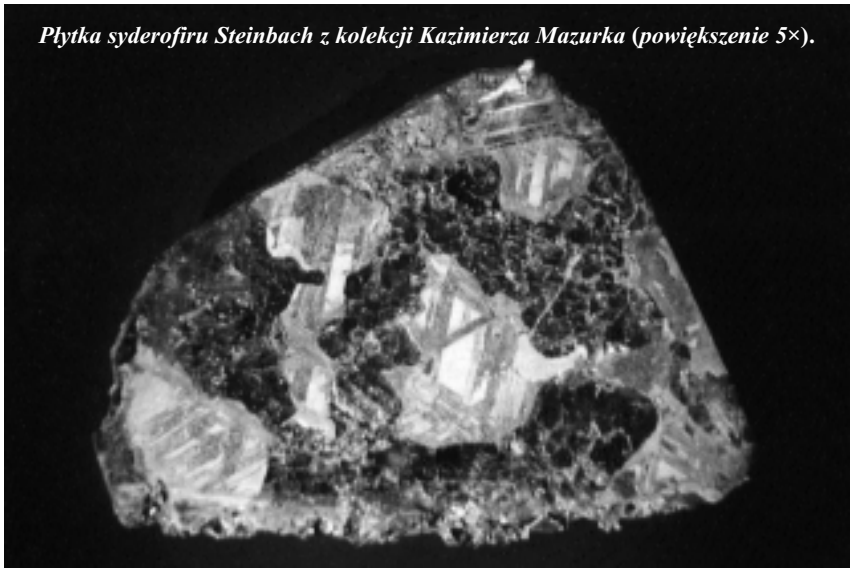
Andrzej S. Pilski

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



***Płytka syderofiru Steinbach z kolekcji Kazimierza Mazurka* (powiększenie 5×).**

Czy chondryty są skałami osadowymi?

O. Richard Norton

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

Czy próbowaliście kiedyś do pasować chondryt do klasycznej definicji skały? Czy jest to rzeczywiście skała? Jeśli tak, to jakiego rodzaju? Te pytania nurtowały mnie podczas oglądania przekrojów i płytek cienkich różnych chondrytów zwyczajnych. Zaliczenie ziemskiej skały do jednego z trzech głównych typów: skał magmowych, osadowych, metamorficznych, wymaga nie tylko wzięcia pod uwagę składu skały. Równie istotny jest sposób, w jaki ta skała uformowała się. Możemy łatwo porównać skład mineralny chondrytów ze składem ziemskich skał, ale porównanie ich sposobu formowania się nie jest takie łatwe. Tworzenie się ciał macierzystych chondrytów i pochodzących z nich meteorytowych odłamków jest wciąż w dużym stopniu zagadką, choć jest ona powoli rozwiązywana.

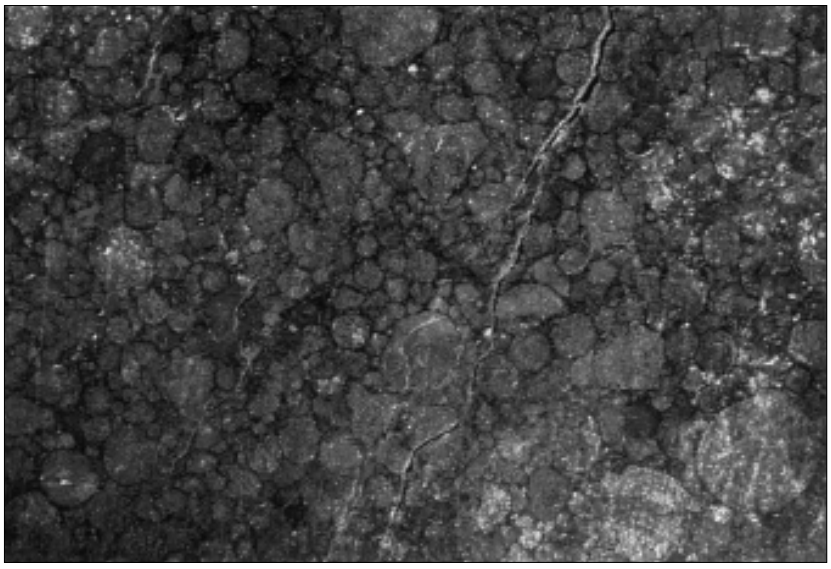
Podstawy

Chondryty są skałami zgodnie z klasyczną definicją: są to zespoły minerałów. Pierwsza rzecz, jaką dowiadujemy się na temat chondrytów, zwłaszcza chondrytów zwyczajnych, to fakt, że składają się one z typowych minerałów żelaza i magnezu takich jak oliwiny i pirokseny o różnej zawartości magnezu i żelaza. Występują także inne minerały w podrzędnych ilościach; w szczególności plagioklazy sodowe lub wapniowe zależnie od tego, w jakim stopniu meteoryt był ogrzany, zanim spadł na Ziemię. Są to minerały krzemianowe powszechnie występujące w skałach skorupy i płaszcza Ziemi. W każdym podręczniku geologii przeczytamy, że są to minerały występujące w skałach magmowych, skałach które tworzyły się w powoli stygnących zbiornikach magmy głęboko wewnątrz skorupy Ziemi, a może częściej w płytkich zbiornikach magmy, które wyrzucały swą zawartość na powierzchnię Ziemi poprzez wulkany. Gdy skały stygną i krystalizują, kryształy minerałów splatają się ciasno ze sobą, tak że skała staje się dość gęsta i zawiera zwykle mniej niż 1% pustych przestrzeni. Porowatość może zmieniać się znacznie jeśli w magmie znajdują się rozpuszczone gazy.

Istnieją niewątpliwie meteoryty, które pasują do klasycznej definicji skały magmowej. Eukryty Millbillillie, Camel Donga i Ibitra są bez wątpienia skałami magmowymi i wyglądają jak wylewne skały bazaltowe znajdowane na Ziemi. Ibitra zawiera nawet duże pustki, w których kiedyś były uwięzione gazy zupełnie jak w ziemskich bazaltach. Chociaż chondryty zawierają wiele minerałów klasycznych skał magmowych, to nie są one skałami magmowymi, ponieważ nie utworzyły się w zbiornikach magmy. Czym więc są?

Tekstury

Chondryty składają się z osobliwych, kulistych lub niemal kulistych ziaren zwanych chondrami, umieszczonych w cieście skalnym składającym się z tych samych minerałów. Pod mikroskopem widać, że wykrystalizowały one w różnym stopniu. Wyraźnie powstały w wyniku błyskawicznego ogrzania, to znaczy jakiś nieznany mechanizm spowodował podniesienie temperatury cząstek, z których chondry powstały, do punktu topnienia. Niektóre chondry zwane kropelkowymi wyglądają jakby zostały gwałtownie ochłodzone. Ich krystalizacja nie została ukończona. Inne chondry demonstrują dobrze wy-



Ważąca 8,5 g płytka chondrytu LL3,3 Wells z hrabstwa Lynn w stanie Teksas pokazuje wyraźnie, mniej lub bardziej okrągłe chondry różnej wielkości bardzo ciasno upakowane. Niewiele widać pustych miejsc. Meteoryt ma gęstość 3,4 g/cm^3. Bok zdjęcia jest równy 17 mm. Okaz udostępnił Dr David Mouat.

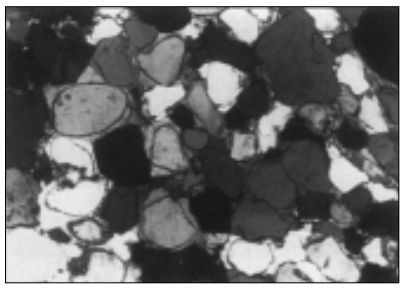
kształcone kryształy mówiąc nam, że był czas na ich wytworzenie, zanim temperatura spadła. Meteorytycy określają je często jako cząstki magmowe, ponieważ tworzyły się one ze stanu ciekłego. W jakiś sposób chondry musiały połączyć się w skałę, prawdopodobnie w wyniku procesu akrecji grawitacyjnej. Możemy wyobrazić sobie chmary małych kuleczek przyciąganych do płaszczyzny dysku słonecznego, gdzie zgęszczały się one łagodnie zderzając się, czasem zlepiając się i powoli budując ciała macierzyste chondrytów.

Opowieść ta brzmi znajomo. Przypomina mi procesy akrecji zachodzące na Ziemi, gdzie małe okruchy gromadzą się stając się z czasem skałami osadowymi. Wiele z tych okruchów ma pochodzenie magmowe. Tutaj, w ośrodku wodnym, gromadzą się pod działaniem grawitacji, zostają ściśnięte, osuszone, czasem ulegają rekrystalizacji i w końcu zostają scementowane. Oglądając pod mikroskopem skałę osadową, powiedzmy piaskowiec kwarcowy, zobaczymy dobrze wysortowaną teksturę z zaokrąglonymi cząstkami stykającymi się wzajemnie, jak ściśnięte kule bilardowe. W pustych miejscach między ziarnami powoli osadzał się cementujący składnik, jak węglan wapnia czy hematyt, który powodował zestalenie się skały.

Porowatość chondrytów

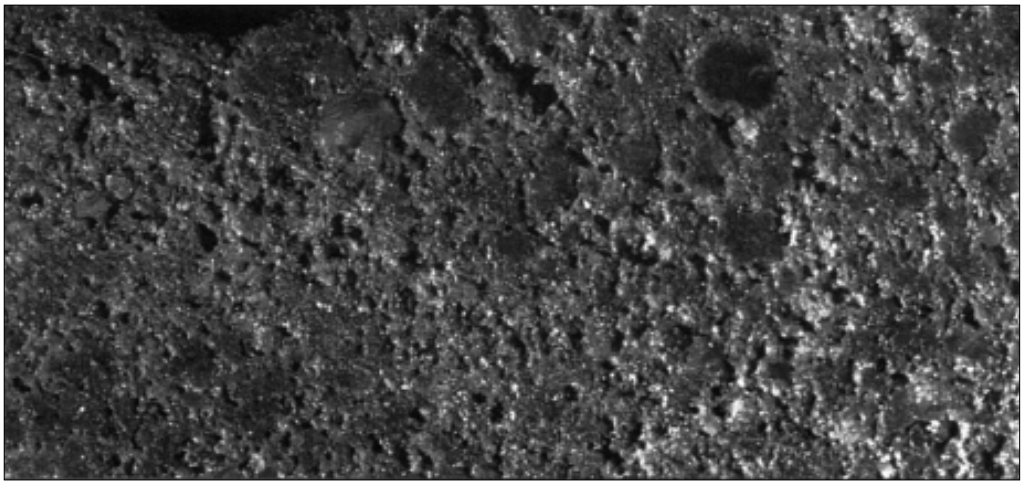
Gdy badałem chondryt LL3.3 Wells, znaleziony w hrabstwie Lynn w Teksasie, uderzył mnie sposób upakowania licznych chondr. Stykały się one wzajemnie zupełnie jak ziarna kwarcu w opisanym wyżej piaskowcu. W obu przypadkach ziarna różniły się znacznie wielkością i kształtem. Gdyby chondryt składał się z jednakowych, kulistych chondr i gdyby zostały one upakowane najciaśniej, jak to możliwe — geolodzy mówią o ścisłym upakowaniu — to powstałaby skała o porowatości 25,95%. Jak widać ułożenie idealnych małych kulek tak ciasno, jak tylko można, co raczej nie zdarza się w przyrodzie, pozostawia niewielkie odstępy między kulkami. W rzeczywistości w chondrytach widać najróżniejsze sposoby upakowania, czasem jednorodne, jeśli chondry są podobnej wielkości i kuliste (zwróćmy uwagę na środek zdjęcia meteorytu Wells, gdzie chondry mają niemal jednakową wielkość i kształt), ale znacznie częściej ułożone są w zupełnie przypadkowy sposób. Geolodzy nazywają takie ułożenie przypadkowym upakowaniem. Jeśli przy takim ułożeniu wszystkie chondry miałyby tę samą wielkość, to porowatość skały wzrosłaby do około 40%. W pustych miejscach chondrytów gromadzi się materia ciasta skalnego. Ta drobnoziarnista materia może pochodzić od pyłowych poprzedników i gromadzi się wokół chondr pomagając im połączyć się, zmniejszając porowatość meteorytu i zwiększając jego gęstość. Chondryt Wells jest dobrze scementowany i nie wymagał żadnych wiążących substancji przy wykonywaniu płytki cienkiej.

Typowa skała osadowa ma przeciętnie porowatość około 14%. Wartość ta zmienia się znacznie zależnie od kształtu i wielkości cząstek, stopnia zwartości, scementowania i tym podobnych. Porowatość chondrytów także jest bardzo różna od mniej niż 1% do ponad 25%. Średnia wartość jest zwykle poniżej 10%. Niektóre chondryty znacznie przewyższają tę wartość. Chondryt L5 Baszkówka jest wyjątkowo porowaty, około 20%, co sprawia, że jego gęstość wynosi tylko 2,9 g/cm^3, mniej więcej jak średnia gęstość skał skorupy ziemskiej. (Zob. Meteorite!, luty 1998 str. 13). Gestość chondrytów zwyczajnych waha się między 3,4 i 3,8 g/cm^3. Innym przykładem jest chondryt L4 Saratov mający porowatość 18,3%. Ten meteoryt jest słabo skonsolidowany i tak kruchy, że jego chondry łatwo wypadają, gdy bierzemy okaz do ręki. Meteoryty o najmniejszej gęstości występują wśród chondrytów węglistych; chondryty CI mają gęstość około 2,3g/cm^3 i porowatość bliską 25%.



Płytka cienka przedstawiająca typową teksturę piaskowca z ciasno upakowanymi zaokrąglonymi ziarnami kwarcu różnej wielkości. Cementującą substancją jest hematyt. Teksturalnie jest to analogia chondrytu typu 3. Skrzyżowane polaroidy; powiększenie 39×.

Badając płytkę chondrytu H5 Nuevo Mercurio byłem zdumiony widząc liczne puste miejsca występujące w całym meteorycie. Pustki te wyraźnie miały niewiele wspólnego ze sposobem upakowania chondr i wyglądały jak jednorodnie rozmieszczone wugi, które mogły utworzyć się w cieście skalnym w wyniku ogrzewania. Jamki te są wypełnione własnokształtnymi, skie-



Ważąca 23 g płytka chondrytu H5 Nuevo Mercurio w świetle odbitym ukazująca znaczną porowatość. Pole widzenia ma około 15 mm. Wszystkie zdjęcia wykonał O. Richard Norton.

rowanymi do wewnątrz kryształami powstałymi z par.

Chondryty jako skały osadowe

W sumie chondryty okazują się skałami osadowymi utworzonymi ze stopionej materii, która krystalizowała w trakcie procesu magmowego. Tworzyły się one z małych ziaren w wyniku łagodnej akrecji tworząc ciało macierzyste. W nim następowało grawitacyjne zagęszczanie w miarę jak na powierzchni gromadziła się dodatkowa materia. Pokruszone ziarna o tym samym składzie mineralnym gromadziły się wokół chondr działając jak czynnik wiążący i zmniejszając porowatość. Dalsza konsolidacja następowała, gdy ciało macierzyste było ogrzewane do punktu rekrystalizacji. Wzrost większych kryształów w cieście skalnym i chondrach powodował dalsze cementowanie chondrytu. Formalnie ta skała uległa metamorfizmowi i można by nazywać ją skałą metamorficzną. Można by spodziewać się, że wyższe typy petrograficzne mają mniejszą porowatość niż niższe, ale istnienie takiej korelacji należałoby dopiero wykazać. Mógłby to być dobry temat dla meteorytyków amatorów dysponujących mikroskopem i dostateczną ilością materii chondrytowej.

Co to jest meteoryt?

Poszukiwanie wyczerpującej definicji

Alan E. Rubin[1] & Jeffrey N. Grossman[2]

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

Brian Mason rozpoczyna swą klasyczną książkę z 1962 roku „Meteorites" następującą definicją: „Meteoryt jest ciałem stałym, które przybyło na Ziemię z Kosmosu". Definicja ta okazała się bardzo popularna i przetrwała w zasadzie niezmieniona przez kilkadziesiąt lat. Na przykład Hap McSween w swojej książce z 1987 roku „Meteorites and Their Parent Planets" definiuje meteoryt jako „odnaleziony fragment meteoroidu, który przetrwał przejście przez ziemską atmosferę". Jednak wraz z nastaniem ery kosmicznej i szczegółową analizą nowych źródeł pozaziemskiej materii staje się oczywiste, że definicja Masona nie jest już wystarczająca.

Odkąd 4 października 1957 roku wystartował Sputnik 1, stało się nieuniknione, że wykonane przez człowieka stałe obiekty pewnego dnia spadną z nieba. Dwa efektowne przykłady to resztki amerykańskiej stacji kosmicznej Skylab, które spadły 11 lipca 1979 roku w południowowschodniej części Oceanu Indyjskiego i w Australii Zachodniej, i reaktor jądrowy radzieckiego satelity Kosmos-1402, który spadł w południowej części Oceanu Atlantyckiego 7 lutego 1983 roku. Nikt nie zamierza nazywać tych dzieł rąk ludzkich meteorytami. Wynika z tego pierwsze uściślenie klasycznej definicji: *Tylko naturalne obiekty powinny być nazywane meteorytami.*

Można sobie wyobrazić, że astronauci mogą wyrzucić granitowy głaz z ładowni promu kosmicznego krążącego po orbicie. Gdy wskutek oporu atmosfery głaz zejdzie w końcu z orbity i jego resztki spadną na Ziemię, czy mamy uważać je za meteoryty? Przypuszczamy, że większość badaczy meteorytów będzie innego zdania.

Interesujące byłoby zbadanie skorupy obtopieniowej na takich obiektach. Być może byłyby one atrakcyjne dla kolekcjonerów. Badacze uznaliby jednak prawdopodobnie resztki głazu za pseudometeoryty lub sztuczne meteoryty, a nie rzecz oryginalną. Ten eksperyment myśliwy wskazuje, że: *Meteoryt jest obiektem przetransportowanym na naszą planetę w naturalny sposób.*

Kamień uderzający w statek kosmiczny nie powinien być uważany za meteoryt. Cząstki wpadające na urządzenie, które przez 5,75 lat służyło do zbierania cząstek materii kosmicznej na orbicie bliskiej Ziemi, badacze nazywają „meteoroidami". To samo określenie stosuje się do każdej cząstki w przestrzeni międzyplanetarnej większej niż ziarnko pyłu a mniejszej niż planetoida. Mamy więc kolejne ograniczenie naszej definicji: *Meteoryt jest naturalnym obiektem, który zderzył się z innym naturalnym obiektem.* Tarczę rozpatrujemy przy tym globalnie: kamień z nieba, który uderzył w dom, samochód lub samolot, jest uważany za meteoryt, który zderzył się z Ziemią.

Odkrycie chondrytu węglistego Bench Crater wśród próbek gruntu księżycowego przywiezionych przez Apollo 12 i chondrytu enstatytowego Hadley Rille wśród próbek Apolla 15 pokazuje, że meteoryty mogą spadać nie tylko na Ziemię, ale i na inne ciała planetarne. Skały takie badacze uważają za meteoryty. Obecność obcych okruchów w brekcjach regolitowych chondrytów zwyczajnych i w howardytach wskazuje, że

[1]*Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles, CA 90095-1567*

[2]*United States Geological Survey, 954 National Center, Reston, VA 20192.*

meteoryty mogą spadać także na planetoidy. Najlepszymi przykładami są okruchy chondrytu H w meteorycie St. Mesmin (LL) i okruchy chondrytu węglistego CM w howardycie Kapoeta. Jest oczywiste że: *Meteoryty mogą spaść na każde ciało, nie tylko na Ziemię.*

Chociaż nie znamy przypadku użycia określenia „meteoryt" do obcych okruchów w brekcjach meteorytowych, wydaje się oczywiste, że przez scaleniem się ze skałą macierzystą wiele tych okruchów było odrębnymi okazami, które można by było nazywać „planetoidalnymi meteorytami". Niemniej proponujemy, aby nazwę „meteoryt" zarezerwować do całego kamienia, który spadł na ciało niebieskie, a nie do poszczególnych jego składników niezależnie od ich pochodzenia. Tak więc meteoryty przyłączone do jakiegoś ciała tracą swój status odrębnych meteorytów, jeśli skała, w której skład zostały włączone, sama staje się później meteorytem.

Powszechny zwyczaj upoważnia, aby określenia „meteoryty księżycowe" i „meteoryty marsjańskie" zarezerwować dla meteorytów pochodzących odpowiednio z Księżyca i z Marsa, a nie do meteorytów znalezionych na Księżycu lub Marsie. Podobnie określenia „meteoryty merkuriańskie", „meteoryty wenusjańskie" i „meteoryty ziemskie" określałyby skały z Merkurego, Wenus i Ziemi, które stałyby się meteorytami.

Czy ziemskie skały mogą być meteorytami? Potężne zderzenia obiektów kosmicznych z Ziemią mogą nadać niektórym wyrzuconym fragmentom skał prędkości większe, niż prędkość ucieczki. Gdyby taka skała wylądowała na przykład na Księżycu, byłaby uznana za meteoryt ziemski. Przypuśćmy jednak, że materia wyrzucona w wyniku uderzenia meteoroidu w Ziemię spadnie z powrotem na naszą planetę. Czy można ją nazwać meteorytami? Poszukując odpowiedzi możemy zastanowić się nad tektytami. Większość badaczy jest zgodna, że guzikowate australity są ziemską krzemionką, która została stopiona podczas uderzenia w Ziemię wielkiego meteoroidu. Krople stopionej materii zostały wyrzucone z krateru na suborbitalne trajektorie balistyczne i zakrzepły w szkło; w drodze powrotnej zostały częściowo stopione, gdy wchodziły w gęstsze warstwy atmosfery. Większość badaczy nie uważa australitów ani żadnych innych tektytów za meteoryty. Jednak jeśli materia zostałaby wyrzucona z Ziemi z prędkością większą niż prędkość ucieczki (ok. 11 km/s) to weszłaby na niezależną orbitę heliocentryczną. Jeśli kawałek takiej materii spadłby kiedyś na Ziemię, to powinien być uznany za meteoryt. Analiza ta wskazuje, że: *Obiekt spadający na ciało, z którego pochodzi, jest meteorytem, jeśli przedtem uciekł spod dominującego wpływu pola grawitacyjnego tego ciała.*

Wietrzenie na Ziemi może przeobrazić meteoryty, ale czy te skały mogą zostać przeobrażone tak bardzo, że nie można będzie ich dłużej uważać za meteoryty? Meteoryty, w których większość minerałów została zastąpiona wtórnymi fazami, są nazywane „meteorytowymi skamieniałościami". Brunflo był chondrytem H4-5, który spadł w wapienny muł około 460 milionów lat temu. Wszystkie jego pierwotne minerały, z wyjątkiem kilku ziaren chromitu, zostały zastąpione innymi. Niemniej pseudomorfozy chondr są obecne; pasiaste chondry oliwinowe i promieniste chondry piroksenowe łatwo zauważyć. Komitet d/s Nazewnictwa Meteorytów Meteoritical Society nie miał wątpliwości, czy uznać ten obiekt za meteoryt. Nawet gdyby chromit został całkowicie zastąpiony wtórnymi minerałami, decyzja komitetu byłaby taka sama, ponieważ pozostała widoczna pierwotna struktura meteorytu. Natomiast meteoryty, które zostały całkowicie przeobrażone (tzn. nic nie pozostało z ich pierwotnych minerałów i struktury) lub całkowicie przetopione (np. wpadając do potoku lawy) nie byłyby już nazywane meteorytami. Dochodzimy więc do następującego wniosku: *Gdy obiekt staje się meteorytem, pozostaje nim tak długo, jak długo istnieje rozpoznawalna pozostałość albo jego pierwotnych minerałów, albo pierwotnej struktury.*

Wielkość obiektu nie ma znaczenia przy stwierdzaniu, czy jest on meteorytem. Przy zderzeniu dwóch obiektów mniejszy z nich jest uznawany za pocisk (czyli meteoryt). Jest oczywiste, że dziesięciokilometrowy pocisk z granicy K-T, który uderzył w Półwysep Jukatan w Meksyku 65 milionów lat temu, był meteorytem. Nawet jeśli prawie cały wyparował przy zderzeniu, to trochę materii pozostało. W rdzeniu wiertniczym z wierceń w dnie północno-zachodniej części Oceanu Spokojnego znaleziono okruch o wielkości 5 mm, który jest prawdopodobnie całkowicie przeobrażoną pozostałością tego meteorytu. Na drugim końcu skali są mikrometeoryty o średnicy 0,1–1 mm i cząstki pyłu międzyplanetarnego <100 mm. Chociaż większość meteorytyków nie zwraca uwagi na te maleńkie pozaziemskie obiekty, podejrzewamy, że większość zgodziłaby się, że są to rzeczywiście meteoryty. Z drugiej strony atomy żelaza osiadające powoli na powierzchni Ziemi nie są meteorytami nawet jeśli odparowały z żelazo-niklowego meteoroidu.

Na podstawie tej dyskusji można sformułować nową i wyczerpującą definicję meteorytu. Chociaż niezbyt zgrabna, uwzględnia chyba wszystkie meteoryty i wyklucza obiekty nie będące meteorytami.

Meteoryt jest naturalnym stałym obiektem, który został przetransportowany w naturalny sposób z ciała, na którym się uformował, do obszaru poza dominującym wpływem grawitacji tego ciała i został później przyłączony do naturalnego ciała większego od siebie.

Meteoryty, które doświadczyły znacznych wtórnych przeobrażeń na ciele, na które spadły, ale zachowały albo niektóre pierwotne minerały, albo widoczną pierwotną strukturę, są nazywane „skamieniałościami meteorytowymi". Skamieniałości meteorytowe są meteorytami.

Przeobrażone pozostałości są skamieniałościami meteorytowymi, które zostały całkowicie przeobrażone teksturalnie i mineralogicznie; nie uważa się ich już za meteoryty. Meteoroidy, które całkowicie wyparowały lub stopiły się, lub zostały w inny sposób całkowicie zniszczone podczas akrecji, nie powinny być nazywane meteorytami podobnie jak ciała stałe powstałe z takiej materii.

W drodze do Imilac

Geoffrey Notkin

tłum. Michał Kosmulski

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 2. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Dziennikarze lubują się w opowieściach o ciemnych stronach Internetu: nadużyciach i pornografii, hakerstwie i oszustwach. Ale to się po prostu dobrze sprzedaje. Dla mnie Internet był początkiem wielkiej przygody.

W profilu osobistym jednego z moich kont poczty elektronicznej wymieniłem następujące hobby: meteoryty, ognie sztuczne, skamieniałości i szkocką whisky. Zapomniałem już o tym profilu, kiedy otrzymałem zagadkowy e-mail od kogoś nazywającego się „MeteorHntr", który pytał, czy jestem sprzedawcą lub zbieraczem, i w ujmująco bezpośredni sposób proponował wspólną wyprawę do Chile, w celu zbierania meteorytów. Był tam już wcześniej i miał ochotę sprobować jeszcze raz. Twierdził, że „Imilac jest jednym z niewielu miejsc na Ziemi, gdzie ma się *pewność* coś znaleźć". MeteorHntrem okazał się Steve Arnold, człowiek, z którym zgodziłem się (nierozważnie, jak twierdzili niektórzy moi znajomi) podróżować do jednego z najbardziej odludnych i odległych miejsc na Ziemi: na pustynię Atacama w północnym Chile.

Doszło do długotrwałej i ożywionej korespondencji pocztą elektroniczną: trochę żartów, trochę strategii, aż wśród dyskusji o listach rzeczy do wzięcia, urządzeniach do określania położenia, śpiworach, samochodach z napędem na 4 koła, mapach i wykrywaczach metalu, padła moja prośba, by mogła pojechać z nami moja przyjaciółka Jackie. Napisałem: „Jest świetną towarzyszką podróży po pustyni". „Jest odważna i zaradna, umie też świetnie gotować w warunkach polowych". Tak więc było nas troje.

Podróż z Nowego Jorku do Santiago przez Buenos Aires trwała 22 godziny. Kiedy przelatywaliśmy nad Andami, prądy powietrzne podnoszące się z położonych kilka kilometrów pod nami szczytów górskich potrącały nasz samolot Argentyńskich Linii Lotniczych nawet na wysokości 10 km. Patrzyłem w dół, dziwiąc się kanionom o pionowych czerwonych ścianach, gdzie nie postała stopa ludzka.

Chcieliśmy otrzymać pojazd z napędem na 4 koła, ale były tylko dwusiedzeniowe, więc w Santiago czekała na nas solidna czterodrzwiowa półciężarówka z napędem na 2 koła. Była dość obszerna, ale potem miało się okazać, że lepiej było mieć coś z napędem na 4 koła.

Jazda przez Santiago – to było istne szaleństwo — w porównaniu z tym nawet Nowy Jork wydaje się spokojny. Teraz wędrowaliśmy razem z Jackie, zmęczeni lotem, ale zbyt podekscytowani, by spać, po tym nowym i dziwnym mieście, położonym daleko na południe od równika. Ceglana cytadela Cerro Santa Lucia i jej piękne, położone na szczytach wzgórz ogrody fatalnie kontrastowały z otaczającymi ją brzydkimi blokami. Naszym hotelem — głośnym i pełnym różnego rodzaju nieudaczników i podróżników z różnych krajów wstrząsnęło tego wieczoru trzęsienie ziemi, które wypędziło tubylców na ciemne ulice, co obserwowaliśmy z naszego grzechoczącego okna.

Wczesnym rankiem nazajutrz, po wymianie pieniędzy i zakupach, poszliśmy z lekkim drżeniem niepokoju aby spotkać się z naszym nowym partnerem. Czekając w poczekalni dostrzegłem dziwną, stojącą pionowo wąską skrzynkę, wysokości około 2 metrów. Jakoś wiedziałem, że był to magnetometr Steva. W końcu przybył po niego wysoki, barczysty człowiek w odblaskowych okularach słonecznych i kowbojskim kapeluszu.

Steve miał dużo czasu by nas poznać. Chile jest ogromnym państwem, rozciągającym się od okolic koła podbiegunowego na południu aż za Zwrotnik Koziorożca na północy. Krajobrazy są tu bardzo różnorodne: winnice, pustynie, słone równiny, wulkany o ośnieżonych szczytach, wielkie opuszczone plaże, skaliste wysepki zamieszkane przez miniaturowe pingwiny, a wszystko to połączone jedną drogą: szosą 5, autostradą transamerykańską. Przez tysiące kilometrów ta asfaltowa dwupasmówka jest jedyną arterią dla wszystkich autobusów, traktorów i TIRów pędzących przez wciąż się zmieniający krajobraz. Brawurowy styl jazdy w Chile (niejednokrotnie wyprzedzano nas pod górkę, na zakrętach, wyprzedzały nas nawet TIRy) znajduje swoje odbicie w przydrożnych kapliczkach, których są tysiące („jak białe budki dla psów" — zauważyła Jackie). Każda z tych samotnych świątyń ozdobiona jest kwiatami, biżuterią, figurką Panny Marii (w jednym przypadku również dziecinnymi bucikami, co robiło dość makabryczne wrażenie) i upamiętnia śmiertelny wypadek samochodowy. Dziwne, że to ciągłe przypominanie o śmierci wcale nie uspokajało szarżujących kierowców.

Na południowej półkuli marzec jest początkiem jesieni. Wygląda na to, że jest to również okres robót drogowych. Częste były objazdy i musieliśmy czasem długo czekać zanim ciężkie ciężarówki przewlokły się przez wąskie przełęcze z przejazdem jednokierunkowym. Nasza jazda na północ miała trwać 2 dni, a trwała 4. Mój przewodnik okazał się beznadziejnie nieaktualny jeśli chodzi o ceny hoteli. Pokoje, które miały kosztować 4 i 5 dolarów za noc kosztowały obecnie 40 i 50. W Chile turystykę odkryto stosunkowo niedawno i każdy chce zarobić ile się da. Chociaż La Serena i Chanaral to ładne miasta w stylu hiszpańsko-europejskim, z ocienionymi rynkami i biało otynkowanymi domkami, wiele z hoteli, które odwiedziliśmy było w opłakanym stanie, a ceny horrendalne, więc spędziliśmy

kilka nocy biwakując na opuszczonych plażach i skalistych zboczach gór. Podczas pobytu w pewnym małym muzeum, na ciemnej i zaniedbanej wystawce miejscowych minerałów znaleźliśmy szklaną gablotę zawierającą dwa wspaniałe Imilaki, w tym jeden o wadze 74 kg. „Właśnie tego szukamy" powiedział Steve, gdy przyciskaliśmy nosy do zakurzonego szkła.

Noce na pustyni miały być zimne i kierując się znowu na północ zaczęliśmy się martwić o drewno na ognisko. Na północy prawie wcale nie ma drzew ani drewna opałowego na sprzedaż. Na szczęście szosa 5 jest zarzucona różnego rodzaju odpadkami. Wyrzucone palety, belki i inne śmieci leżały wzdłuż drogi w takiej obfitości, że mogliśmy się zatrzymać w prawie dowolnym miejscu i w parę minut zebrać całe naręcza suchego drewna. Nasza ciężarówka była tak wyładowana tym wszystkim, że wyglądaliśmy jak uchodźcy, ale drewno zakrywało nasze drogie wyposażenie.

Pole rozrzutu Vaca Muerta („Martwa Krowa") niesamowicie mnie zafascynowało. Nazwa jest jak ze starego westernu, a zdjęcia, które widziałem, przedstawiające ciemne, zaokrąglone mezosyderyty leżące w małych kraterkach były jednym z powodów, które skłoniły mnie do wyjazdu do Chile. Steve powiedział, żebym się za bardzo nie podniecał Vaca Muerta. „Wygląda, że Pederson i jego ludzie przesiali każde ziarnko piasku" — powiedział — „Nic już nie zostało".

Ale Vaca Muerta musieliśmy i tak zobaczyć. Po długich dniach jazdy drogą po raz pierwszy jechaliśmy ciężarówką na przełaj, wzniecając ogromną chmurę piasku i pyłu ciągnącą się aż po horyzont. Otaczały nas pomarańczowe, stożkowate wzgórza, jak zniszczone piramidy na tle ciemnego granatu zimnego i niesamowitego nieba. Skierowaliśmy ciężarówkę prosto na skalisty cypel, skąd ujrzeliśmy oszałamiający widok rdzawego i brunatno-żółtego krajobrazu. Nie było tu ani drzewa, ani domu, ani słupa telegraficznego, który mógłby mącić ten bezkresny widok. Czuliśmy się jakbyśmy byli jedynymi ludźmi na świecie.

Lecz dookoła widać było rzeczy, które od razu sprowadziły nas z powrotem na ziemię: nie zasypane dziury w ziemi, ślady jeepów, zużyte akumulatory i stosy przesianego pyłu meteorytowego. Poprzedni goście nie wysilili się zbytnio, by doprowadzić to miejsce do pierwotnego wyglądu.

W okolicy północnego krańca pola rozrzutu znajduje się szkielet: krąg wyblakłych na słońcu kości, prawdopodobnie szczątki „*vaca*", której imię nosi to miejsce. Zatrzymaliśmy się by oddać jej należne honory. Steve dokonał prędkiego przeglądu za pomocą swego wykrywacza metalu, który natychmiast wydał głośny pisk. Serce mi drgnęło. Zapomnieli poszukać koło szkieletu! Rzuciliśmy się tam, lecz ujrzeliśmy tylko stalową podkowę dyndającą w palcach Steva. „Nawet nazwa tego miejsca jest bez sensu" — zaśmiał się — „To nie żadna krowa, tylko *zdechły koń*".

W jasnych piaskach La Pampy, z grubsza trójkątnego terenu pustynnego między miastem Antofagasta, nadbrzeżnym miastem Mejillones i oceanem, znaleziono kilka meteorytów. Odbyliśmy osiemdziesięciokilometrową podróż między Antofagastą a Mejillones, nie mogąc znaleźć dokładnie zaznaczonej na naszych mapach drogi do La Pampy. Późno po zachodzie słońca, nasza zmęczona i sfrustrowana załoga zgodziła się z niechęcią, że albo mapa jest błędna, albo droga nie istnieje albo jedno i drugie. Zjechaliśmy z głównej drogi i ostrożnie wjechaliśmy między ciemne wydmy, zatrzymując się w końcu, by rozłożyć się biwakiem na wyschniętym dnie rzeki.

W Mejillones kupiliśmy Pisco — miejscową mocną brandy. Otworzyłem ją, gdy rozpalaliśmy ognisko w naszym zacisznym zagłębieniu terenu, trzy metry poniżej poziomu otaczającej nas pustyni. Siedzieliśmy na składanych krzesełkach, pijąc Pisco z blaszanych kubków, jedząc dymiące tortille i słuchając nieziemskiej muzyki Briana Eno wydobywającą się z mojego magnetofonu i unoszącą się ku czarnemu niebu nad naszymi głowami. Byliśmy w euforii. Byliśmy pewni, że nazajutrz znajdziemy La Pampę.

W rozbijaniu namiotu po ciemku najlepsze jest, gdy się rano odkrywa gdzie się człowiek znajduje. Oto byliśmy na spieczonej słońcem pomarańczowej równinie z błyszczącymi fioletowymi wzgórzami daleko na zachodzie. Dzień był wyjątkowo pogodny i urządzenie lokalizacyjne Steva ustaliło naszą pozycję na odległą tylko o 12 kilometrów na wschód od La Pampy. Po kawie, śniadaniu i umyciu się zawie-

Autor z kawałkiem „Salar de Atacama„. Pusta powierzchnia wyschniętego jeziora zbudowana jest z tej twardej i niezwykle ostrej soli kamiennej. Zdjęcie Jaqueline Ho.

rzyliśmy urządzeniu lokalizacyjnemu i udaliśmy się przez pustynię prosto na zachód. Mieliśmy mało zapasów, więc było uzgodnione, że po szybkim przebadaniu terenu mieliśmy wrócić do Antofagasty po prowiant, a potem wrócić na całodniowe poszukiwania.

Na La Pampę nie było jednak żadnej przetartej drogi. Jechaliśmy wzdłuż ostrych grzbietów górskich z piaskowca i kwarcopodobnych szczotek wśród bladego piasku — całymi kilometrami jadąc zygzakiem — aż dotarliśmy na lekko spadzisty grzbiet. Kiedy osiągnęliśmy wierzchołek ujrzeliśmy niezwykły widok: poniżej leżała rozległa misa białego piachu, ze stromymi ścianami i płaskim, nienaruszonym dnem rozciągającym się na wielkiej przestrzeni. Ta monotonna powierzchnia, na której leżało kilka kamieni wyglądała na doskonały teren do poszukiwania meteorytów.

Steve zgłosił się na ochotnika, by zejść piechotą na dół i poinformować nas przez krótkofalówkę. Patrzyłem przez lornetkę jak ześlizgnął się po piaszczystej ścianie i co chwilę badał twarde podłoże laską. Kiedy krótkofalówka zatrzeszczała i Steve powiedział „Wygląda w porządku.", bardzo ostrożnie zjechaliśmy ciężarówką. Kiedy koła Toyoty zachrzęściły po twardej nawierzchni na dnie zagłębienia, a ja powoli przyspieszyłem, rzuciło nas do przodu, a potem odbiło. Zobaczyłem jak Steve radośnie macha nam ręką z drugiego końca równiny, i wtedy właśnie ziemia osunęła się. Ciężarówka zawyła okropnie i zanurzyła się w drobnym piasku. Silnik się zaciął. Wpadliśmy do nie zauważonej przez nas dziury napełnionej nawianym przez wiatr piaskiem. Wygramoliłem się z kabiny i przez krótkofalówkę zawołałem Steva: „Dobrze gdybyś tu przyszedł".

Ciężarówka była zagrzebana głęboko, a tylna oś całkiem zasypana. Zabraliśmy z tyłu ciężkie torby i urządzenia i ułożyliśmy je na piasku w przedziwną stertę. W czasie gdy Steve i Jackie oglądali ciężarówkę, ja przejrzałem zapasy. Mieliśmy poważny kłopot.

Coś takiego jak „szybkie zbadanie okolicy" nie jest możliwe na pustyni — i ja, weteran wypraw na Synaj, Negew, Mojave i inne pustynie powinienem był to wiedzieć. Każda wycieczka, bez względu na to jak krótka by się nie zdawała słonecznym rankiem, może się okazać fatalna w skutkach. Mieliśmy trochę wody, trochę soku i trochę lodu,

Wybielone słońcem kości końskie w Vaca Muerta. Zdjęcie autora.

ale o wiele za mało, by utrzymać przy życiu trzy osoby podczas długotrwałego kopania na słońcu. Wyjąłem trochę kostek lodu z chłodziarki i włożyłem je do słoja, by się stopiły. Nie chciałem, by Steve i Jackie się martwili. „Proszę" — powiedziałem — „napijcie się wody. Ale na wszelki wypadek oszczędzajmy ją. Nie przebywajmy zbyt dużo na słońcu. Wymyślimy już jakiś sposób by wydobyć ciężarówkę".

Oszacowałem, że znajdowaliśmy się 16 km od najbliższej drogi. Odjechaliśmy już daleko od miejsca ostatniego noclegu i było już bardzo gorąco. Zdecydowałem, że jeśli nie udało by się wydobyć ciężarówki w ciągu kilku godzin, musielibyśmy ruszyć w drogę z całą wodą, którą mieliśmy.

Próbowaliśmy użyć drewna i gumowych wykładzin z kabiny, ale nie dawały one kołom oparcia. Kilkaset metrów od zasypanej ciężarówki odkryliśmy na wpół zagrzebaną płytę z wapienia pełną małych skamieniałych muszelek (w innych warunkach uznałbym to za fascynujące). Musieliśmy się wczołgać pod Toyotę by wydobyć sterty piachu spod osi, następnie użyć naszych saperek, by wyłuskać wapienne płyty z pustynnego gruntu, wrócić z nimi i zbudować dziwną rampę pod koła. Po męczącej pracy wydobyliśmy ciężarówkę i przejechaliśmy jakieś 10 metrów zanim zapadliśmy się do kolejnej dziury. Wykopaliśmy więc płyty i zaczęliśmy on nowa. Wydobycie się z niej zabrało nam 4 godziny.

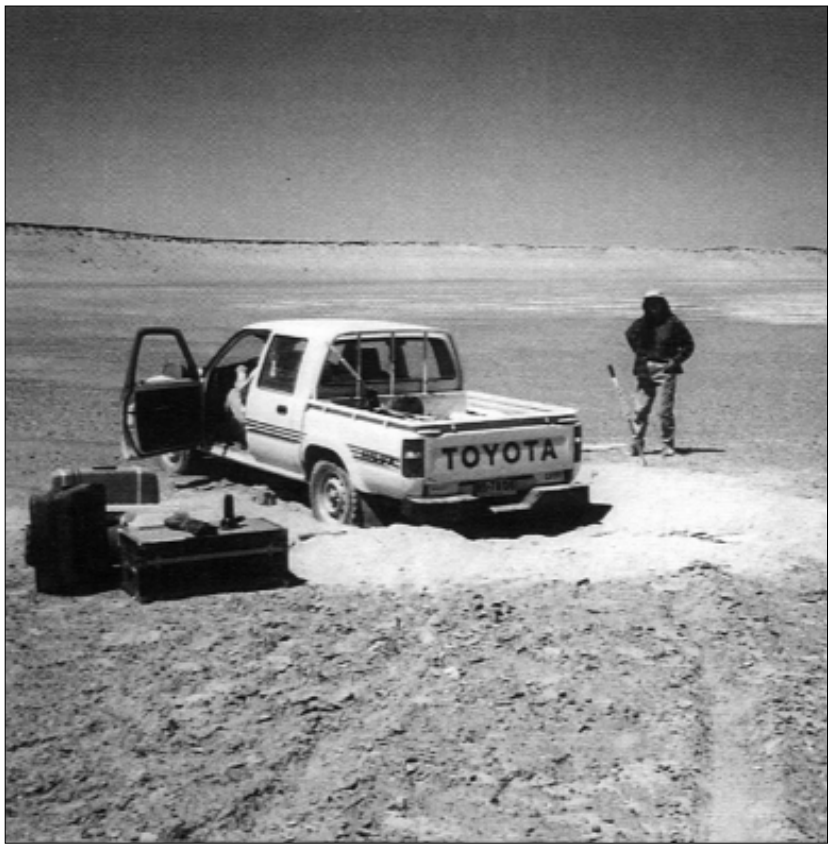
Nigdy nie czułem takiej ulgi widząc miasto. Chłodnym wieczorem przechadzaliśmy się po rynku Antafagasty, siadaliśmy pod palmami i gapiliśmy się na angielską wieżę zegarową podarowaną miastu przez byłych kolonistów. Stada czarnych sępów, które obsiadły rynek przy zachodzie słońca, dobitnie uświadomiły nam, jak się może skończyć podróż na pustynię.

Znalezienie kanistrów w Chile (Imilac leży głęboko w pustyni, i Antafagasta jest najbliższym miejscem, gdzie można zrobić zapasy) było prawie tak trudne jak znalezienie meteorytów. Nie poddaliśmy się jednak, napełniając ciężarówkę drewnem, benzyną i wodą (tym razem mieliśmy ponad 150 litrów, nie chciałem już ryzykować) i w końcu skręcając z wybrzeża w stronę pustyni.

Mijaliśmy pokryte wydmami góry, gdzie warstwy piasku zostały zdjęte z podłoża i usypane w innym miejscu przez srogi wiatr i granitowe wzgórza poprzebijane żyłami czarnego bazaltu. I jak zwykle, na horyzoncie, w trudnej do określenia odległości widniały ośnieżone szczyty Andów.

Gdy już opuściliśmy drogę z Antafagasty, przez setki mil jechaliśmy polną drogą. Widzieliśmy może jeden samochód na 2 dni. Na wysokości 2300 m Steve rozpoznał, że zbliżaliśmy się do Imilac: stała tam zapomniana przydrożna kapliczka, może poświęcona jakiemuś dawnemu poszukiwaczowi meteorytów.

Słońce zachodziło; Jackie i ja czuliśmy zbliżanie się zimnej nocy. Pośpiesznie rozbijaliśmy namiot, ale Steve już przyczepił wykrywacz metalu do przedramienia. „Chodź, Geoff, nie chcesz znaleźć swojego pierwszego Imilaca?". Nie mogłem się oprzeć, więc wyciągnąłem swego Goldmastera i poszedłem za nim pod górę. Już po kilku sekundach mój wykrywacz zaczął buczeć. Steve był już na kolanach, grzebiąc wśród spiczastych kamieni. „Jest!" — krzyknął. Podniósł do góry mały, strasznie powyginany kawałek pomarańczowego metalu, po czym podszedł do mnie i pokazał okaz, który mój wykrywacz już odkrył. „Trudno je zauważyć" — uśmiechnął się. Gdy światło dzienne już zgasło, Jackie zrobiła nam zdjęcie z naszymi pierwszymi znaleziskami. Okazy były małe, ale były to Imilaki. Byliśmy w ekstazie.



Większość czasu na La Pampie zajęło nam wykopywanie ciężarówki z miękkiego piasku. Nie znaleźliśmy tam żadnych meteorytów. Zdjęcie autora.

I wtedy właśnie, bez ostrzeżenia, zerwał się wiatr.

Ciąg dalszy nastąpi...

Meteorytowy piknik

Gdy czytałem relację Kevina Kichinki (Meteoryt 4/97) ze spotkania, na które zaprosił amerykańskich kolekcjonerów meteorytów Walter Zeitschel, przez myśl mi nie przeszło, że coś podobnego może zdarzyć się w Polsce. A jednak... Pod koniec sierpnia zadzwonił telefon. „Mówi Grzegorz Pacer. Na początku września przyjeżdżam do Polski, do Rudnika Wielkiego koło Częstochowy. Przywiozę trochę meteorytów i moglibyśmy się spotkać bez tłoku i pośpiechu towarzyszącego giełdom minerałów. Czy mógłby pan powiadomić kilku kolekcjonerów?"

Nie wiem, w jaki sposób Pacer załatwił tak piękną pogodę. W sobotę 5 września witał nas w przydomowym ogrodzie, w którym dominowała woń grzybów z sąsiadującego lasu. Przybyli: Jarosław Bandurowski, Robert Borzęcki, Janusz Burchard, Leszek Chróst, Michał Gregorczyk, Kazimierz Mazurek, Krzysztof Socha i niżej podpisany. Na przywitanie zjawiło się na stole trochę smakołyków, ale wszyscy czekali na danie główne. Wreszcie stół opanowały meteoryty.

Najpierw pojawiły się dobrze znane meteoryty żelazne: Gibeon, Canyon Diablo, Henbury, Odessa, Mundrabilla. Były to małe całkowite okazy; tylko Gibeon występował także w postaci trawionych płytek. Był też spory okaz Campo del Cielo, ale tak skorodowany, że nikt nie miał na niego ochoty. Potem chondryty: Gao, Juangcheng, St. Michel, Mbale, Mt. Tazerzait, Dimmitt, Holbrook. Dalej węgliste: Allende, Murchison i Maralinga. Wreszcie rarytasy: prześliczna płytka diogenitu Johnstown, sporo małych okazów Tatahouine i małe płytki Zagami. Nie zabrakło też małych płytek pallasytu Esquel i malutkich okazów Imilaka, takich jak znajdowane przez autorów powyższego artykułu. Były mezosyderyty: Vaca Muerta i Dargaranga. Nie dojechał tylko obiecany okruch księżycowego Dar al Gani 262. Najmniej atrakcyjne były ceny, choć trzeba przyznać, że jak na meteoryty, wiele okazów było tanich.

Nie wymieniłem wszystkich atrakcji, ale w gotowym już numerze „Meteorytu" nie ma miejsca na dłuższą relację. Kończę więc stwierdzeniem, że zarówno gospodarz jak i goście byli zadowoleni i uznali, że trzeba się spotkać ponownie, może w maju przyszłego roku. Tymczasem Grzegorz Pacer zaprasza na giełdę do Sosnowca: 7 i 8 listopada b.r.

Andrzej S. Pilski

Poszukiwanie planetoid

część II

Tom Gehrels

tłum. Marek Muciek

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

Program Spacewatch

W roku 1969 pojawił się pomysł zbudowania teleskopu poświęconego specjalnie badaniom małych ciał Układu Słonecznego — kometom, planetoidom i satelitom. Największym orędownikiem tej idei był Aden Meinel, wówczas dyrektor Centrum Nauk Optycznych Uniwersytetu Stanu Arizona. Z wojskowych zasobów zdobył on dla naszego teleskopu blank lustra o średnicy 1.8 m, lekkiej konstrukcji i odlany z topionego kwarcu, materiału o niskiej rozszerzalności termicznej. Został on wyprofilowany do f/2.7, ale to wszystko, co udało nam się wtedy osiągnąć. Pomysł teleskopu poświęconego całkowicie planetoidom znacznie wyprzedzał wówczas swoją epokę. Zbyt mało ludzi pracowało wtedy w tej dziedzinie. Gdy stało się jasne, że teleskop planetoidalny nie pojawi się szybko, Aden wypożyczył lustro z Multi-Mirror Telescope (MMT). Miało ono już za sobą 10 lat służby na MMT, czekając na moment gdy zacznie obserwować bardziej interesujące obiekty — planetoidy. Zostało ono zwrócone w 1993 roku, gdy wreszcie zaczęliśmy budować nasz teleskop 1.8 m. Generalnym celem naszego programu jest odkrywanie obiektów w Układzie Słonecznym po to, by poznać zależność pomiędzy ich jasnością a częstością występowania. Robiłem to już wcześniej przy pomocy teleskopów fotograficznych, ale w momencie gdy Bob McMillan i ja rozpoczynaliśmy w roku 1980 przygotowania do programu Spacewatch, na horyzoncie pojawiło się CCD.

Należało opracować technikę skanowania przy pomocy CCD. Do tego celu udostępniono nam w roku 1981 szacowny, 90-cm teleskop Newtona. Pierwotnie należał on do Steward Observatory. Został zbudowany w roku 1921 w miasteczku uniwersyteckim, a w 1964 przeniesiony na Kitt Peak. Nazywamy go teraz 90-cm teleskopem Spacewatch. Na Kitt Peak, około 80 km na zachód od Tucson, jest jakieś 18 teleskopów, w większości należących do Narodowego Obserwatorium Kitt Peak. Również Uniwersytet Stanu Arizona ma tam kilka teleskopów, wśród nich nasz 90-centymetrowy i nowy, o średnicy lustra 1.8 m. Zespół ludzi pracujących dla programu Specewatch zajmuje się nie tylko obserwacjami na Newtonie (18–20 nocy w miesiącu), analizowaniem i publikowaniem danych, ale również uruchamianiem teleskopu 1.8 m.

Według oryginalnego projektu miał to być prosty reflektor pracujący w ognisku pierwotnym. Okazało się jednak, że nie stać nas na zbudowanie odpowiednio dużej kopuły. Musieliśmy więc skrócić tubus. Osiągnęliśmy to konstruując „łamane ognisko pierwotne", z płaskim lustrem o średnicy 76 cm. Powoduje to straty światła o 6% większe, niż mielibyśmy, gdyby teleskop zbudowano według pierwotnego projektu. Jest to cena, którą już zawsze będziemy musieli płacić za to, że zbudowaliśmy teleskop, na który nas było stać.

Na naszym 90-cm Newtonie jest zamontowane na stałe naczynie Dewara, w którym znajduje się matryca CCD firmy Tektronix, zawierająca 2048×2048 elementów obrazu (pikseli). Każdy piksel ma rozmiar 24 mikronów. Wydajność kwantowa systemu jest około 70%. Oprogramowanie komputera, dokonującego automatycznej detekcji, wymagało około 8 „osobo-lat" pracy, wykonanej głównie przez Jima Scottiego, a później Davida Rabinowitza.

System skanowania wykorzystuje sposób działania CCD. Ładunek zgromadzony w poszczególnych pikselach jest przekazywany rzędami, od jednego brzegu matrycy do drugiego, i dopiero z ostatniego rzędu, zwanego rejestrem końcowym, jest on sczytywany przez komputer Solbourne Sun-station. Dzieje się to przy unieruchomionym teleskopie. Tak więc w trakcie tej operacji niebo defiluje przez całą matrycę CCD, co trwa 146.53/cosd sekund (gdzie d jest deklinacją). Dla każdego kawałka nieba, o szerokości ok. 0.5° i długości 7°, wykonywane są raz po razie trzy skany, trwające po pół godziny. Komputer zapisuje współrzędne pikseli i jasności gwiazd i planetoid (do 50 000 sztuk), które pojawiają się w każdym skanie. Porównując zapisy uzyskane w poszczególnych skanach komputer znajduje obiekty ruchome.

Odległości planetoid oceniamy na podstawie ich prędkości kątowej. To tak jak z samolotem, który lecąc ze stałą prędkością przesuwa się na niebie powoli gdy jest od nas daleko, ale śmiga błyskawicznie, gdy przelatuje nam nad głową. Ta metoda działa szczególnie dobrze, gdy planetoida znajduje się blisko opozycji, czyli naprzeciwko Słońca.

Mamy również specjalną procedurę do komputerowej detekcji planetoid poruszających się tak szybko, że pozostawiają podłużny ślad nawet w czasie 146.53 s ekspozycji. Co więcej, wykorzystaliśmy fakt, że ludzkie oko znakomicie radzi sobie z dostrzeganiem słabych śladów. O ile komputer odkrywa poruszające się obiek-

ty na poziomie 3 s, to ludzkie oko i mózg rozróżniają je już na poziomie 1 s. Tak więc obserwator uważnie śledzi obrazy (skany) w trakcie pojawiania się ich na ekranie. Czyni się to również w celu poszukiwania słabych komet. Jest to wspaniała zabawa, z racji napotykanych co chwila galaktyk, mgławic, meteorów i satelitów. Szczególnie pasjonujący jest trzeci skan, ponieważ właśnie wtedy komputer zgłasza odkryte przez siebie obiekty ruchome. W przypadku około 1/3 z nich o ich realności decyduje obserwator, na podstawie tego co widzi. Moglibyśmy oczywiście automatycznie eliminować wszelkie błędy i „planetoidy pozorne", podnosząc odpowiednio poziom detekcji, ale ceną za to byłaby utrata części rzeczywistych odkryć.

Praca obserwatora bywa uciążliwa. W zimową noc przychodzi się pod kopułę o 6 wieczorem i wychodzi o 6:30 rano. Przez cały ten czas uwaga jest napięta, bez chwili przerwy. O 7 rano komputer rozpoczyna analizę odkryć, przywołując kolejno obrazy każdego z dostrzeżonych obiektów ruchomych. W dobrą zimową noc bywa tego sporo — do 3000 obrazów. Obserwator ma więc następne kilka godzin pracy w dzień, wyłuskując rzeczywiste odkrycia. Bywa to całkiem ekscytujące, zwłaszcza gdy trafi się jakiś specjalny obiekt. Może to być kometa, planetoida przelatująca blisko Ziemi, albo przeciwnie, daleki obiekt z grupy tzw. Centaurów — ciał poruszających się w przestrzeni pomiędzy Saturnem a Uranem.

Po przejrzeniu 2100 obrazów może pozostać ok. 700 rzeczywistych planetoid, większość z nich z głównego pasa, i prawie wszystkie nowe, przedtem nieznane. Mając graniczną wielkość gwiazdową 21.5^m sięgamy daleko poza poziom kompletnej wiedzy o głównym pasie planetoid, który znajduje się gdzieś w okolicach 17^m. Ich pozycje, określane z dokładnością do 0.5", są przekazywane e-mailem do Centrum Małych Planet w Cambridge w stanie Massachusetts. Poczynając od roku 1995 każdy obszar nieba skanujemy dwukrotnie w odstępie ok. 5 dni. Pozwala to odkryć wolno poruszające się, odległe obiekty. Procedura obserwacji pozwala również na określanie orbit wszystkich obiektów, możemy więc statystycznie badać charakterystyki orbitalne.

Wyniki programu Spacewatch

Ważniejsze od samego odkrywania nowych obiektów są oczywiście wyniki naukowe naszych badań. Wkrótce po wprowadzeniu automatycznej detekcji planetoid zbliżających się do Ziemi okazało się, że najmniejsze z nich, te o średnicach mniejszych od 100 m, zdarzają się zaskakująco często. Częściej niż oczekiwaliśmy. Duże planetoidy odkrywaliśmy w takim tempie jakiego spodziewaliśmy się na podstawie dawnych danych. Proste przedłużenie zależności ilości obiektów od ich jasności pozwalało oczekiwać pewnej częstotliwości odkryć bardzo małych ciał. Jednak zależność ta wydaje się odbijać w górę przy średnicach ok. 100 m. Brył 10-metrowych odkrywamy 40 razy więcej niż by to wynikało z prostej ekstrapolacji. Zgadza się to z obserwacjami wykonanymi przez wojskowe satelity zwiadowcze. Ciała 10-metrowe wpadają w ziemską atmosferę kilka razy do roku. Większość z nich spala się przy tym całkowicie. Tylko bryły żelazne docierają do powierzchni Ziemi tworząc kratery, takie jak te, dobrze zachowane na pustyni australijskiej, które były badane przez Eugena i Carolyne Shoemakerów (ich program został przedwcześnie przerwany przez wypadek samochodowy w 1997 r., w którym Gene zginął).

Interpretacja tej nadwyżki zajęła trochę czasu, przy czym nie obyło się bez falstartów. Aż wreszcie próbnik Galileo, po drodze do Jowisza, minął dwie planetoidy z głównego pasa — Gasprę i Idę. Zliczenia kraterów na ich powierzchniach również wykazują nadwyżkę drobnych ciał. Sądzi się obecnie, że jest to skutek działalności komet. Drobne bryły wydostają się z ich powierzchni i wnętrz, gdy przelatując koło Słońca są aktywne.

Dodatkowym rezultatem naszych badań jest stwierdzenie, że pogłoski o milion razy większej obfitości 10-metrowych obiektów bombardujących Ziemię są wyłącznie plotkami, biorącymi się z amatorskiej interpretacji danych naukowych.

Innym ważnym wynikiem programu Spacewatch jest odkrycie trzech obiektów — 5145 Pholus, 1993 HA_2 i 1995 GO — z wielkimi półosiami orbit około 22 j.a., mimośrodami rzędu 0.6 i nachyleniami ok. 20°. Wciąż pojawiają się nowe odkrycia ciał obiegających Słońce w takich odległościach, na chaotycznych orbitach, które mogą być łatwo zmienione przez przypadkowe spotkanie np. z Uranem. Może to być źródło obiektów zbliżających się do Ziemi. Dalsze ich badania są bardzo wskazane.

Zaskakującego odkrycia dotyczącego Pholusa i 1993 HA_2 dokonano metodą fotometrii widmowej. Okazało się, że są one zdecydowanie najbardziej czerwonymi ciałami w Układzie Słonecznym, co interpretuje się jako obecność materii organicznej na ich powierzchniach. Różnią się one od (2060) Chirona, który nie jest tak czerwony i ma bardziej kołową orbitę po-

Teleskop Spacewatch, z łamanym ogniskiem pierwotnym, posiadający kwarcowe lustro o średnicy 1.8 m.

między Saturnem i Uranem. Chironowi nadano numer 2060, tak jak innym planetoidom, ponieważ początkowo nie dostrzeżono wokół niego żadnej otoczki kometarnej. Jednak kilka lat później zauważono jego wyraźną aktywność kometarną i dziś Chiron uznawany jest za dużą kometę.

Statystyczne badania wykonane przez członka naszej grupy Roberta Jedicke i jego studenta „J.D." Herrona wykazały, że liczba Centaurów może być równie wielka jak planetoid w głównym pasie. Tymczasem David Jewitt i inni astronomowie na Hawajach (a potem także gdzie indziej), odkryli jeszcze jedną wielką grupę obiektów, leżących w tzw. pasie Kuipera, poza orbitą Neptuna. W ciągu ostatnich 5 lat liczba znanych nam ciał Układu Słonecznego potroiła się.

Zagrożenie ze strony komet i planetoid

Jest to nieprzyjemny temat, do którego ludzie przyzwyczajają się powoli, choć niebezpieczeństwo to wisiało nad nami zawsze i jest znane od dziesiątek lat. Meteoryty spadały zawsze i wciąż spadają, jak choćby ten w Dhajali, na zachód od Ahmedabadu w Indiach, 28 stycznia 1976. Usłyszawszy głośną eksplozję i uderzenie jakiegoś obiektu, dyrektor miejscowej szkoły dał dzieciom wolne, aby mogli przeszukać teren. Był to meteoryt kamienny, podobny do ziemskich skał. Jednak dzieci znały pustynię tak dobrze, że znalazły około tuzina fragmentów.

Przechodząc do większych wydarzeń przychodzi na myśl krater w północnej Arizonie. Będąc w Arizonie nie poprzestańcie tylko na obejrzeniu Wielkiego Kanionu, odwiedźcie także to miejsce w pobliżu Flagstaff. Doznacie niezapomnianych wrażeń. Krater został wybity ok. 40 000 lat temu przez metalowy meteoryt 35-metrowej średnicy. Energia kinetyczna tego uderzenia była około 300 razy większa od energii wyzwolonej w wybuchu bomby atomowej nad Hiroszimą[1], w sierpniu 1945 roku. Podobnej skali było wydarzenie, które miało miejsce 30 czerwca 1908 roku na Syberii, nad rzeką Podkamienna Tunguska. Eksplozja, która nastąpiła wysoko w atmosferze, słyszana była aż w Londynie. Energia tego wybuchu także odpowiadała 300 bombom znad Hiroszimy, ale o ile mi wiadomo nie było żadnych ofiar w ludziach.[2] Oczywiście, inaczej rzecz by się miała gdyby taki wybuch nastąpił np. nad Waszyngtonem, który zostałby zmieciony z powierzchni Ziemi. Śladem jeszcze większej katastrofy jest Krater Ries, 2 godziny jazdy na południowy wschód autostradą z lotniska we Frankfurcie. „Zwiedza się" go w niezwykły sposób — z wieży kościoła w Nördlingen widać krawędź 20-km krateru. Szacuje się, że krater Ries powstał ok. 15 mln lat temu, a meteoryt, który go utworzył miał 1 km średnicy. Około 40 km dalej na południowy zachód znajduje się mniejszy krater, który prawdopodobnie powstał w tym samym czasie.

Największe planetoidy zbliżające się do Ziemi (NEO — near earth objects) mają średnice rzędu 10 km. Warto na to zwrócić uwagę, zwłaszcza, że te z głównego pasa sięgają 1000 km i gdyby któraś z nich uderzyła w Ziemię, to nasza planeta zostałaby poważnie zniszczona, a wszelkie życie wybite do ostatniej komórki. Mają one z reguły stabilne orbity. Ale jest ich tak wiele, że zdarzają się kolizje. Są to zderzenia bardzo gwałtowne (typowa prędkość — 5 km/s) i powstały w nich gruz może być rozpryskiwany na duże odległości, a następnie przez grawitacyjne oddziaływanie Jowisza, albo wyrzucany poza Układ Słoneczny albo zapędzany do jego części wewnętrznych. Fakt, że największe NEO mają średnice ok. 10 km potwierdza przypuszczenie, że są one gruzem, powstałym podczas zderzeń w głównym pasie planetoid.

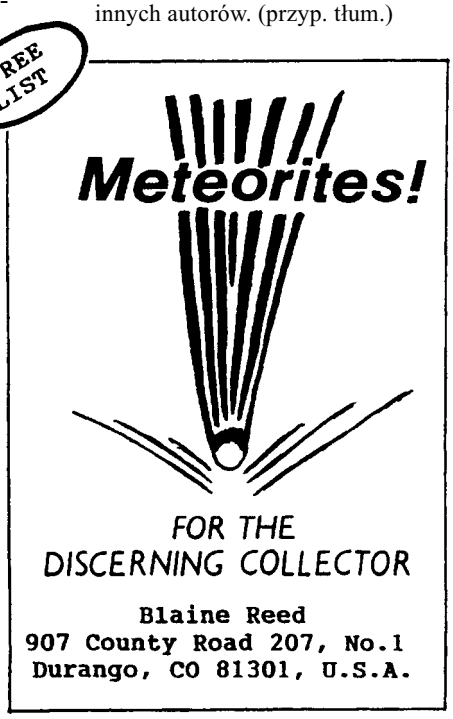
Z każdym zmniejszeniem rozmiaru obiektów o czynnik 10 ich liczba rośnie 100 razy. Tak wygląda zależność jasność–ilość dla głównego pasa planetoid. Jak rozumiemy, jest to prawo fragmentacji.

Różne grupy badaczy modelując skutki uderzeń zgadzają się, że planetoida o średnicy większej od 1 km powoduje zagładę globalną. Mniejsze, takie jak meteoryt tunguski, albo ten z Arizony, powodują zniszczenia w skali „tylko" regionalnej. Obiektów większych niż 1 km może być około 1700. Jest to liczba bardzo niepewna, ale wkrótce poznamy ją lepiej z badań statystycznych. Uderzają one w Ziemię przeciętnie raz na 330 000 lat. Nie powinniśmy ich z tego powodu lekceważyć. Jest to tylko fakt statystyczny. Równie dobrze może się to wydarzyć za milion lat, jak i jutro. Co więcej, koniecznie trzeba wziąć pod uwagę energię zderzenia. Łatwo policzyć energię kinetyczną za wzoru $E_k = {}^1/_2 mv^2$, podstawiając typową gęstość meteorytów 3 g/cm^3. Względna prędkość planetoid wobec Ziemi jest przeciętnie 20 km/s. Łatwo policzyć, że energia kinetyczna uderzenia jest wówczas prawie milion razy większa od energii wybuchu w Hiroszimie w 1945 r. (5×10^{20} ergów, czyli równoważnik eksplozji 13 000 ton TNT).[3]

[1] Czyli 6 megaton TNT. Inni autorzy szacują te energię na 10–20 Mt TNT, a czas wydarzenia na 50 000 lat temu. Krater ma średnicę 1.6 km. (przyp. tłum.)

[2] W innych źródłach spotyka się wartość energii tego wybuchu 40 Mt TNT. Eksplozja nastąpiła na wysokości 8–10 km. Pośrednią ofiarą katastrofy padł podobno pewien pasterz reniferów, starszy człowiek, który przestraszył się i umarł na zawał. (przyp. tłum.)

[3] Trudno zgadnąć skąd autor wziął te liczby. Podstawienie cytowanych przez niego danych do wzoru na energię kinetyczną daje wynik 3×10^{20} J, czyli 3×10^{27} ergów, co odpowiada 7.5×10^4 milionów ton TNT, czyli 3.7 milionom bomb z Hiroszimy. Taki właśnie wynik z grubsza odpowiada szacunkom publikowanym przez innych autorów. (przyp. tłum.)



Co mamy na myśli mówiąc o zagrożeniu globalnym? Skrajny przypadek wydarzył się 65 milionów lat temu, co wyraźnie widać jako nieciągłość osadów geologicznych pomiędzy warstwami pochodzącymi z okresu kredy i trzeciorzędu. Od niemieckich inicjałów tych okresów nazywa się to wydarzeniem K–T. Po latach poszukiwań krater K–T został odnaleziony. Leży pod warstwami mułu i gleby, tak, że z powierzchni w ogóle go nie widać. Nazywa się kraterem Chicxulub, ma średnicę 180 km i znajduje się w Meksyku, na półwyspie Yucatan, w pobliżu wioski Chicxulub. Modele upadku pokazują, że meteoryt wchodząc w atmosferę bryzgał płonącymi żagwiami własnej materii, rozpalając pożary na ogromnych obszarach Ziemi. Eksplozja przy upadku 12-km ciała wyrzuciła aż do stratosfery wielką ilość pyłu, pochodzącego z gruntu i z niego samego. Najpierw nastąpiła kompletna ciemność, trwająca około pół roku. Później pył osiadł, tworząc warstwę o grubości kilku centymetrów, która obecnie oddziela osady kredowe od trzeciorzędowych. Poniżej tej warstwy znajduje się kości dinozaurów. Powyżej niej nie ma śladu $^3/_4$ gatunków, które żyły przedtem.

To był wyjątkowo duży obiekt i spadł on wyjątkowo złym miejscu — na te zaledwie 2% powierzchni Ziemi, które pokryte jest grubą warstwą wapienia. Owe 2% znajduje się w strefie równikowej, gdzie 200–400 milionów lat temu rosły tropikalne dżungle. Innym takim obszarem mogła być Wielka Rafa Koralowa koło Australii. W wyniku wybuchu węgiel i azot zostały uwolnione z wapienia do atmosfery, gdzie związały się z tlenem tworząc CO_2 i inne gazy powodujące efekt cieplarniany. Mogło się ocieplić nawet o 10°C i mogło to trwać jakieś 5000 lat. To właśnie zabiło dinozaury.

Dalsza praca

Zagłada gatunków, jak również odkrywanie i unieszkodliwianie niebezpiecznych obiektów, było przedmiotem rozmaitych konferencji, poczynając od spotkania w Kolorado w 1981 roku. W oparciu o materiały z tych konferencji, oraz związane z nimi badania i artykuły, powstała książka „Hazards due to Comets and Asteroids", którą zredagowałem w roku 1994. Wyszła ona w serii poświęconej badaniom kosmicznym, wydawanej przez University of Arizona Press, pomyślanej jako zbiór podręczników dla studentów, badaczy i inżynierów. Zasadą tej książki jest, że każdy rozdział został napisany przez specjalistów z różnych dziedzin. W sumie, wysiłek 120 autorów złożył się na powstanie 46 rozdziałów. Dają one pełny przegląd wiedzy w kwestii detekcji i unieszkodliwiania tych ciał, ich statystyki i charakterystyki, modelowania uderzeń i rozmaitych technik, które mogą być użyte do uniknięcia nieszczęścia.

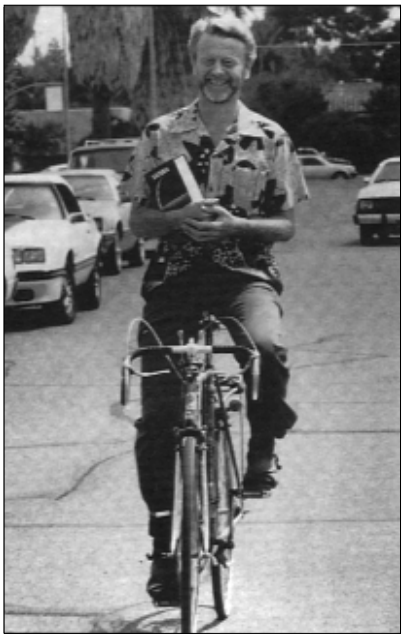
Warto zauważyć, że ten praktyczny program obrony ludzkości musi być prowadzony przez astronomów — uczonych, którzy zawsze żyli w wieży z kości słoniowej, zadowoleni z hermetyczności swej dziedziny. To właśnie astronomowie muszą odnaleźć 1700 obiektów o rozmiarach ponad 1 km przelatujących koło Ziemi, które mogą spowodować globalną zagładę. Teleskop Spacewatch, wraz ze swoją techniką skanowania CCD, znalazł się na pierwszej linii tego frontu, ponieważ pojawił się już w roku 1980, i nie został wymyślony dla walki z samym zagrożeniem, lecz dla statystycznych badań komet i planetoid w całym Układzie Słonecznym. Możliwe jest odnalezienie niemal wszystkich 1700 groźnych „pocisków" w ciągu niewielu najbliższych dziesiątek lat, ponieważ Spacewatch nie jest już jedynym profesjonalnym programem elektronicznej detekcji. Eleanor Helin ma podobny na Hawajach, Lincoln Laboratories w Nowym Meksyku, Uniwersytet Pekiński niedaleko stolicy Chin, a i inni zamierzają dołączyć się do nagonki. Również amatorzy odkrywają bliskie Ziemi komety i planetoidy przy pomocy swego sprzętu CCD.

Obserwatorium Anglo-Australijskie także prowadziło bardzo efektywny program, został on jednak przerwany przez rząd australijski. Być może decyzja ta zostanie zmieniona jeśli ludzie w tej części świata wykażą większe zainteresowanie.

Technika rakietowa i mechanika ostrzału niebezpiecznych obiektów wydaje się dobrze rozpracowana Można będzie tego dokonać nawet wtedy gdy czas na przygotowanie takiej operacji będzie krótki. Jednak wtedy eksplozja zwyczajnych, chemicznych materiałów wybuchowych będzie niewystarczająca. Zwłaszcza, że masy wchodzące w grę zawsze będą duże. Potężne energie, potrzebne do zmiany toru planetoidy, możemy uzyskać wyłącznie z ładunków jądrowych. Tak więc już w roku 1981 poprosiliśmy ludzi związanych z techniką nuklearną o zainteresowanie się tym problemem. W różnych krajach jest dość środków i wiedzy na ten temat, tak że w wypadku zagrożenia odpowiedni ładunek unieszkodliwiający będzie mógł być złożony i wystrzelony w ciągu kilku miesięcy. Głowica jądrowa eksplodowałaby w niewielkiej odległości od groźnego obiektu, tak by rozpalić jego materię powierzchniową, uzyskując w ten sposób efekt odrzutu, potrzebny do zmiany toru. Byłby to przy okazji sympatyczny sposób pozbycia się naszych zasobów broni jądrowej, która w ten sposób zostałaby użyta na pożytek ludzkości, zamiast ku jej zniszczeniu.

Adres autora:

Space Science Building
University of Arizona
Tucson, AZ 85721
USA



Zdjęcie autora, wykonane ok. 11 lat temu przed budynkiem Nauk Kosmicznych.

El Nakhla

część II

Kevin Kichinka

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

Meteoryt Nakhla zakrzepł z marsjańskiej magmy 1,3 miliarda lat temu. Został wyrzucony z Marsa przez nokautujący cios zadany przez planetoidę lub kometę i obijał się po Układzie Słonecznym przez kilka milionów lat. Na koniec, 28 czerwca 1911 roku, o godzinie 9 rano, spadł na Ziemię rozsypując się na kawałki i powodując „deszcz czarnych kamieni", które spadły na wieś El Nakhla el Baharia, w delcie Nilu, w Egipcie. Towarzyszyła temu „eksplozja przypominająca trzask pioruna", a trasę jego lotu znaczył „przerażający słup".

Ile tych czarnych kamieni rzeczywiście spadło z nieba owego dnia? „Catalogue of Meteorites (1985)" podaje całkowitą znaną wagę „40 kamieni ważących w sumie ok. 40 kg". Obecnie każde popularne i poważne źródło informacji na temat tego meteorytu powtarza to jako świętą prawdę.

Po spenetrowaniu całego globu w poszukiwaniu odpowiedzi sądzę jednak, że całkowita waga odnalezionych okazów Nakhla nie przekracza 10 kilogramów. Ponieważ żadne ze źródeł wymienianych w „Catalogue", ani publikacja Hume'a z 1911 roku, ani relacja z 1912 roku Johna Balla z Egipskiego Departamentu Geodezji, nie podaje wagi czterdziestu kilogramów, okazuje się, że „Catalogue" po prostu zawiera, uświęcony przez czas, błąd drukarski.

Dr Hume, autor „Pierwszego spadku meteorytu w Egipcie" (1911) był bardzo dokładny jeśli chodzi o wagę, wymiary i cechy charakterystyczne okazów, które zebrał, lub z którymi miał później do czynienia. Odwiedził on obszar spadku, rozmawiał ze świadkami zjawiska i zbierał okazy.

Jego pierwsze znalezisko pochodziło ze wsi Ezbed Abdalla Zeid, gdzie odnaleziono pojedynczy kamień obok koła wodnego. Drugi okaz, o długości około 10 cm, odnaleźli i rozbili wieśniacy w pobliżu pola bawełny w Ezbet Abdel Malek. Największy odnaleziony okaz, całkowicie pokryty skorupą i ważący 1813 gramów omal nie trafił Mansura Faraga, przewracającego stertę kompostu koło Ezbet El Askar. W pobliżu tej miejscowości znaleziono także okaz 432-gramowy.

Hume nabył pokryty całkowicie skorupą meteoryt ważący 1320 gramów (opisany już w pierwszej części tego artykułu) znaleziony we wsi Ezbet Saber Mahdi. Odnaleziono tam także mniejszy okaz ważący 187,8 grama. Nigdzie w swej relacji nie wymienia on łącznej wagi swoich okazów.

Praca Johna Balla (1912) „Meteoryt z El Nakhla el Baharia" wymienia więcej okazów. Ball pisze: „Dr Hume ... zebrał około tuzina okazów, w tym największy ze znanych. Później inny ładny okaz znalazł Mr Bridgestock z Departamentu Rolnictwa. Ponieważ po tym znalezisku uznano za prawdopodobne, że rolnicy mogą mieć jeszcze więcej meteorytów, w październiku został wysłany na miejsce spadku Dahab Effendi Hassan z Instytutu Geologicznego i udało mu się nabyć jeszcze co najmniej dwadzieścia meteorytów; jego zdaniem wszystkie, jakie były w posiadaniu rolników. ...W sumie zebrano około czterdziestu kamieni ważących łącznie prawie 10 kilogramów.... Waga poszczególnych okazów wahała się od 1813 gramów do ok. 20 gramów. Najmniejszy okaz całkowicie pokryty skorupą ważył 34 gramy."

Dalej Ball opisuje rozdysponowanie okazów El Nakhla. „Podczas gdy największe meteoryty znalezione po spadku, w tym okazy przekazane przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i przez Mr Bridgestocka, są przechowywane w Muzeum Geologicznym w Kairze, rozmaite mniejsze okazy Rząd Egipski podarował narodowym muzeom geologicznym w Londynie, Paryżu, Berlinie, Wiedniu, Rzymie, St. Petersburgu i Waszyngtonie..."

„Kustosz minerałów w British Museum" G. T. Prior napisał pierwszą pracę badawczą na temat tego meteorytu w 1912 roku. Nosiła ona tytuł „Kamienie meteoryczne z El Nakhla el Baharia (Egipt)". Robert Hutchison uznał w 1975 roku, że praca ta jest wciąż aktualna. We wstępie Prior napisał: „Meteoryty w liczbie około czterdziestu, o wadze blisko 10 kilogramów, spadły na powierzchnię o średnicy około 4 1/2 kilometra i pochodziły z eksplozji jednego dużego meteorytu... Waga poszczególnych okazów wahała się od 1813 gramów do 20 gramów. Dzięki uprzejmości dr W. F. Hume, dyrektora Egipskiego Instytutu Geologicznego, Rząd Egiptu podarował Muzeum Brytyjskiemu dwa okazy tego pierwszego egipskiego meteorytu, ważące 725 i 274 gramy. Mniejszy z nich jest częścią kamienia, który spadł na pole bawełny około 200 metrów na północny wschód od wsi Abdel Malek".

Najwyraźniej oryginalna literatura wskazuje, że odnaleziono w sumie blisko dziesięć kilogramów meteorytów Nakhla.

Charles Meyer, Jr. z Centrum Kosmicznego Johnsona, utworzył kilka lat temu stronę internetową zatytułowaną „The Mars Meteorite Composium" (www-sn.jsc.nasa.gov/ i przewinąć dalej) Jedną z części jest krótka, ale wyczerpująca analiza mineralogii meteorytu Nakhla ilustrowana zdjęciami. Meyer sporządził także mapę znanych miejsc przechowywania okazów tego meteorytu i był pierwszą osobą, która poddała w wątpliwość przyjmowaną wartość jego całkowitej znanej wagi.

Skontaktowałem się z niektórymi instytucjami i osobami z jego listy poszukując potwierdzenia występowania meteorytów Nakhla w ich zbiorach i ewentualnych informacji o dalszych wymianach okazów. Nieco zagadkowe było milczenie, z jakim spotkała się większość moich pytań. „Nieoficjalne" rozmowy potwierdziły jednak brak wędrówek większych okazów Nakhla między instytucjami. Wykorzystując pracę Meyera, dane z „Catalogue of Meteorites" oraz „The Guide to the Collection of the Geological Museum" z Kairu przedstawiam badaczom, kustoszom muzeów i kolekcjonerom poprawioną łączną wagę meteorytów Nakhla.

Zawarta w „Catalogue of Meteorites (1985)" lista kolekcji posiadających Nakhla, z wyjątkiem Egiptu, przedstawia się następująco:

1. Waszyngton, USA, Natural History Museum — 644 gramy
2. Berlin, Muzeum Humboldta — 602 gramy
3. Wiedeń, Naturhistorisches Museum — 500 gramów
4. Paryż, Museum d'Histoire Naturelle — 430 gramów
5. Harvard University — 159 gramów.

Stan posiadania powyższych pięciu instytucji, według tych starszych danych, poprzedza gwałtowny wzrost zainteresowania marsjańskimi meteorytami prywatnych kolekcjonerów i naukowców. Zwiększyło ono rozprzestrzenienie tych meteorytów, ale tylko w sensie „robienia mniejszych z większych".

Stan posiadania Natural History Museum w Londynie:

1. #1911,369 — 667 gramów + 9,1 gramów (okruchy)
2. #1911,370 — 156 gramów + 17 gramów (okruchy)
3. #1913,25 — 641 gramów
4. #1913,26 — 313 gramów
5. #1913,27 — 110 gramów

Dr Monica Grady, kustosz meteorytów w muzeum, potwierdziła ten stan posiadania, chociaż sądzę, że powinna zauważyć, że Robert Hutchison wykorzystał 25 gramów z okazu #1913,26 do swych badań z 1975 roku. Dotąd uzyskujemy więc łączną wagę 4248,1 grama.

W „Przewodniku po zbiorach Muzeum Geologicznego w Kairze" z 1955 roku czytamy:

„Łącznie zebrano około 40 okazów o łącznej wadze prawie 10 kilogramów... waga poszczególnych okazów waha się od 1813 gramów do 20 gramów." Przewodnik wymienia następujące okazy:

1. #12833 — 29,59 i 20,24 gramów
2. #12834 — 1813,2 grama
3. #12835 — 431,5 grama
4. #12836 — 1318 grama
5. #12837 — 1650,9 grama
6. #12838 — 393,7 grama

Dają one w sumie 5657,13 gramów. Chociaż muzeum w Kairze nie odpowiedziało na moje pytania, uzyskałem potwierdzenie od zwiedzających, że okazy te znajdują się w nim nadal z wyjątkiem niedawnego „ubytku" jednego okazu (prawdopodobnie #12836) i podarowania meteorytu o wadze 20,24 grama Hutchisonowi do badań z 1975 roku.

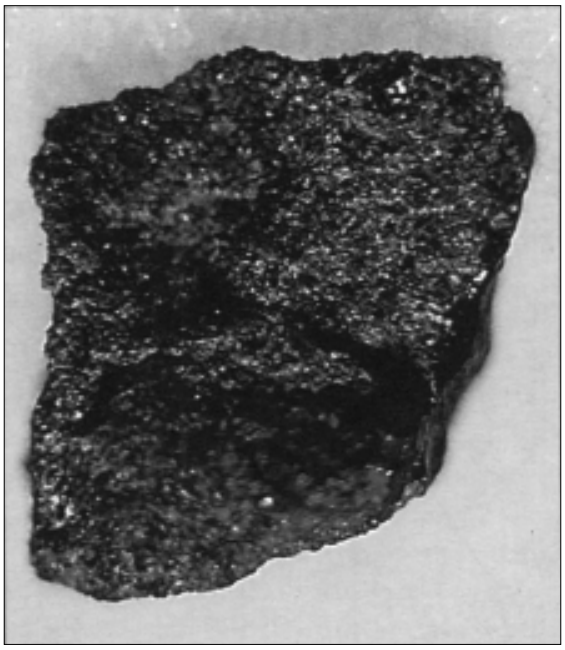
Na liście zbiorów Meyera znajdują się jeszcze inne, mniejsze kolekcje, zarówno instytucji jak i osób prywatnych, mające w sumie 1314 gramów i nie wymienione na żadnej z trzech poprzednich list. Można zauważyć, że od czasu opublikowania listy Meyera fragmenty meteorytów pojawiły się w katalogach handlarzy i na aukcjach. Biorąc pod uwagę fakt, że najmniejszy znaleziony fragment ważył 20 gramów, kolekcje zawierające mniej niż 20 gramów uzyskanych w wyniku wymian, można pominąć.

Moje poszukiwania i doświadczenie wskazują, że niektóre z mniejszych okazów z listy Meyera zostały wytworzone przez Muzeum Humboldta po II wojnie światowej, gdy potrzebowało ono funduszy, lub wymieniało je na inne okazy. Andrzej Pilski, autor kilku artykułów do tego kwartalnika, otrzymał niedawno aktualną listę meteorytów w zbiorach Muzeum Humboldta. Muzeum przyznaje się do posiadania tylko 170,3 gramów meteorytu Nakhla zamiast 602 gramów podawanych przez „Catalogue of Meteorites (1985)". Ta widoczna redystrybucja 431,7 gramów wydaje się być odpowiedzialną za wiele „nowszych" kolekcji Meyera.

Wyczerpująco przebadane przez Meyera światowe zbiory meteorytu Nakhla liczące w sumie 10787,53 gramów zawierają tylko kilka podwójnie liczonych okazów dających nadwyżkę ponad 9,9 kilograma zanotowane we wcześniejszych dokumentach.

Jeśli to powtórne oszacowanie „tradycyjnej" czterdziestokilowej całkowitej wagi wciąż budzi u niektórych wątpliwości, to trzeba spytać: gdzie jest „brakujące" trzydzieści kilogramów tego meteorytu? Zginęło? Nie ma dowodów, że meteoryt Nakhla był kiedykolwiek traktowany inaczej niż jako jedna z „pereł w koronie meteorytów". Wiele osób podejmowało niezwykłe wysiłki, aby go zdobyć.

Dodając spisany stan posiadania Kairu (1955), British Museum (1998) i „Catalogue of Meteorites" (1985) uzyskuje się całkowitą wagę meteorytu Nakhla 9905,23 grama. Przeglądając historyczne zapiski można naliczyć dwadzieścia sześć z początkowych „około czterdziestu okazów". Nie ma żadnych śladów wskazujących, że od czasu odnalezienia okazów w 1911 roku kiedykolwiek znaleziono dodatkowe meteoryty. *Proponuję, aby dawne wyliczenia dające w sumie około 9,9 kg uznać ponownie za całkowitą znaną wagę tego ważnego meteorytu.*



Powód dumy i radości autora: okaz o wadze 4,82 grama i wymiarach 25×18×10 mm

Oczywiście można spytać, czy znajomość całkowitej znanej wagi jakiegokolwiek meteorytu, nawet Nakhli, jest istotna. Twierdziłbym, że pod względem naukowym jest niezwykle istotna. Badacze, choć są w stanie uzyskać informacje z ilości mierzonych w mikrogramach, często niszczą materię. Lepiej to, czy gorzej, ale znacznie mniejsza ilość meteorytu Nakhla może ograniczyć jego dostępność dla dalszych badań tylko dla najbardziej prestiżowych instytutów i tylko dla najbardziej istotnych badań. Istotne znaczenie ma wykorzystywanie 40 kg całkowitej wagi jako „stałej" w obliczeniach teoretycznych dotyczących utraty masy wskutek ablacji, wieku ekspozycji na promieniowanie kosmiczne, wielkości kraterów na Marsie i granicznych rozmiarów odłamków wyrzuconych przez pocisk uderzający w Marsa. Czy wszystkie te wyniki okażą się teraz błędne?

Z punktu widzenia kolekcjonerów mniejsza o 75% ilość meteorytu Nakhla oznacza, że będą go uważać za jeszcze rzadszy i cenniejszy. Spójrzmy jeszcze raz na liczby. Sądzę, że dla kolekcjonerów dostępny jest mniej niż kilogram i nawet ta niewielka ilość obejmuje masę już zniszczoną lub zarezerwowaną dla naukowców.

Czy może jeszcze coś leżeć na brzegach Nilu? Spytałem o to Boba Haaga, który odwiedził obszar spadku w 1984 roku i ponownie w grudniu 1995 roku.

„Czy podczas obu podróży byłeś choć o krok od znalezienia lub kupienia jakiegoś okazu?"

„Nie, wszędzie tam leży mnóstwo kamieni, które pasują do opisu, jaki dałem ludziom. Myślę, że jest to diopsyd i przynoszono mi mnóstwo kilogramów tego. Najbliżej kupienia okazu, jeśli można to tak określić, byłem w muzeum w Kairze. Oferowałem im Esquel, Murchison, Allende — wiele kilogramów, a wszystko, co chcieli dać w zamian, to był gram. Mowy nie ma! Cenili Nakhla jak kamień z Księżyca."

„Czy możesz opisać obszar spadku?"

„Jest to delta Nilu. Gdy byłem tam w 1984 roku, był to bardzo gęsto zaludniony, rolniczy teren z mnóstwem chatynek z błota. Ostatnio, gdy tam byłem, zaczynali budować porządne mieszkania. Poza tym każdy centymetr kwadratowy jest zajęty przez uprawy truskawek, piżmianów, ogórków; są to wspaniałe tereny rolnicze."

„Wiem, że miałeś kiedyś okaz ważący 120 gramów. Czy możesz powiedzieć, jak go zdobyłeś?

„Uzyskałem go w wyniku wymiany z Muzeum Humboldta w Berlinie. Dałem za niego Zagami 5:1. Musiałem przejść przez „Check Point Charlie", aby tam się dostać. Było to jeszcze przed obaleniem muru berlińskiego."

„Wiem, że musisz mieć mapę Hume'a miejsc, gdzie znaleziono okazy Nakhla. Czy dotarłeś do wszystkich pięciu miejscowości na obszarze spadku?"

„Nie, byłem tylko w El Baharia. Szkoda było na to czasu. Oni nie wiedzą zupełnie o czym mówisz Nie ma tam szans znalezienia czegokolwiek. Następnym razem pojadę w inne miejsca."

„Meteoryty Nakhla w zasadzie nie działają na magnes. Są kruche. Nil zalewa te tereny każdego roku. Trzeba przejść przez każde poletko ogórków, aby coś znaleźć."

„Czy naprawdę sądzisz, że masz szansę jeszcze coś znaleźć?"

„Jestem przekonany, że jest cztery razy tyle okazów, trzeba tylko poszukać. Trzeba próbować choć szanse znalezienia czegoś nie są duże."

Na koniec nie darowałbym sobie, gdybym nie zajął się krótkim, ale istotnym zdaniem z naszej wiedzy o meteorycie Nakhla: „Jeden z kamieni zabił psa".

To twierdzenie, którego autorstwo jest nieznane, pojawia się w „Catalogue of Meteorites" wśród innych informacji dotyczących Nakhla. Można by nawet zaproponować odpowiedniejszy tytuł dla tego artykułu: „El Nakhla, pierwszy egipski meteoryt, perła w koronie marsjańskich meteorytów, zabójca z nieba."

Fakty mówią co innego. Nie ma ciała, żadnego habeas corpus. Jedyny świadek jest mało wiarygodny. Mój klient jest niewinny.

Russ Kempton, autor wielu artykułów w „Meteorite!" i szanowany dyrektor New England Meteoritical Services, badał tę historię kilka lat temu. „Straciłem sporo czasu tropiąc historię zabitego psa" powiedział mi niedawno. „Bardzo dokładnie prowadziliśmy poszukiwania i próby natrafienia na ślad tego niepotwierdzonego doniesienia były bardzo zniechęcające. Sprawdzaliśmy w Smithsonian Institution, przejrzeliśmy historyczne zapiski w Natural History Museum w Kairze. Nie znaleźliśmy niczego, co by to potwierdzało; jest wielki mit, ale nie ma zabitego psa."

„Mówisz, że mojego psa uderzyło CO?"

„Pierwszy spadek meteorytu w Egipcie" Hume'a zawiera opis zdarzenia:

Czytelnicy „Egyptian Gazette" pamiętają, że korespondenci „Al Ahali" donosili o pojawieniu się Białego Słupa na niebie we wsi Denshal, pierwszej stacji na linii kolejowej między Damanhur i Kafr el Zayat. Rolnik z Beheiry, Mohammad Ali Effendi Hakim, podał następujący opis zjawiska, które jak twierdzi miało miejsce 29 czerwca: „Straszliwy słup, który ukazał się na niebie w Denshal, był ogromny. Przerażający hałas, jaki powodował, okazał się eksplozją, która wyrzuciła wiele fragmentów wulkanicznej materii. Te osobliwe odłamki spadając na ziemię zaryły się w piasku na głębokość około metra. Jeden z nich spadł na psa w Denshal zamieniając go w mgnieniu oka w popiół."

Cóż więc nie zgadza się w tej opowieści, tej legendzie w annałach historii meteorytów?

Po pierwsze meteoryt El Nakhla spadł 28 czerwca, a nie 29.

Po drugie Denshal leży na południe od obszaru spadku. Telegram od Sub-Mudira z Denshal do dr Hume'a, który już zauważył tę rozbieżność, podaje: „W odpowiedzi na pański telegram informujemy, że około dwudziestu dni temu, w południe, mieszkańcy wsi Denshal słyszeli eksplozję przypominającą trzask pioruna, której towarzyszył słaby wstrząs atmosfery, ale nie spadły żadne kamienie jak w przypadku El Nakhla el Baharia, Markaz abu Hommos."

25 listopada 1912 roku znany nam już John Ball, pracownik Egipskiego Instytutu Geologicznego wspomina o „psiej historii" w swej relacji dla Departamentu Geodezji Ministerstwa Finansów.

Miejsce, gdzie nastąpił spadek, jest zamieszkałe głównie przez nieuczonych wieśniaków i meteoryt byłby prawdopodobnie stracony dla nauki, gdyby nie farmer Mohammed Ali Effendi Hakim, który przekazał informację o zjawisku do arabskiego dziennika „El Ahali". Podczas dalszych badań stwierdzono, że miejsce i data podane w dzienniku nie były dokładne; dziennik podaje miejsce spadku w Denshal, które leży około 33 kilometry na południowy wschód od El Nakhla el Baharia, i datę 29 czerwca. Szczegółowe wypytywanie mieszkańców Denshal pokazało, że nie spadł tam żaden meteoryt, ani nie widziano tam słupa dymu. Stwierdzenie w dzienniku, że jeden z kamieni spadł na psa w Denshal „zamieniając go w mgnieniu oka w popiół" jest niewątpliwie wytworem żywej wyobraźni.

Tak umiera historia zabitego psa. Niech żyje zabity pies.

Literatura

Ball J., The Meteorite of El Nakhla El Baharia, Geological Report, Survey Dep't., Ministry of Finance, Cairo, Egypt, 1912.

Berkley J.L., Kiel K. and Prinz M. (1980). Comparative petrology and origin of Governador Valadares and other nakhlites. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **11**, 1089-1102.

Bogard D.D. and Johnson P. (1983). Martian gases in an Antarctic meteorite. *Science* **221**, 651-654.

Bogard D.D., Nyquist L.E. and Johnson P. (1984). Noble gas contents of shergottites and implications for the martian origin of SNC meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **48**, 1723-1739.

Drake M.J., Swindle T.D., Owen T. and Musselwhite D. (1994). Fractionated martian atmosphere in the nakhlites? *Meteoritics* **29**, 854-859.

Gale N.H., Arden J.W. and Hutchison R. (1975). The chronology of the Achondritic Meteorite. *Earth and Sci. Letters,* **26**, 195-206.

Grimm R.E. and McSween H.Y., Jr. (1982). Numerical simulation of crystal fractionation in shergottite meteorites. *J. Geophys. Res.* **87** (suppl.) A385-A392.

Harvey R.P. and McSween H.Y., Jr. (1992a). Petrogenesis of the nakhlites: Evidence from cumulate mineral zoning. *Geochim. Cosmochim. Acta* **56**, 1655-1663.

Hume W.F. (1911). The First Meteorite Record in Egypt. Reprinted from *The Cairo Scientific Journal*, number 59, vol **V**, August 1911, 212-215.

Jones J.H. (1989). Isotopic relationships among the shergottites, the nakhlites and Chassigny. *Proc. Lunar Planet. Conf.* **19**, 465-474.

Karlsson H.R., Clayton R.N., Gibson E.K. Jr. and Mayeda T.K. (1992). Water in SNC meteorites. Evidence for a martian hydrosphere. *Science* **255**, 1409-1411.

Longhi J. and Pan V. (1989). The parent magmas of the SNC meteorites. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **19**, 451-464.

Longhi J. (1991). Complex magmatic processes on Mars: Inferences from the SNC meteorites. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **21**, 695-709.

McSween H.Y. Jr. (1985). SNC meteorites: Clues to martian petrologic evolution? *Rev. Geophys.* **23**, 391-416.

McSween H.Y. Jr., Stolper E.M., Taylor L.A., Muntean R.A., O'Kelley G.D., Eldridge J.S., Biswas S., Ngo H.T. and Lipschutz M.E. (1979b). Petrogenetic relationship between Allan Hills 77005 and other achondrites. *Earth Planet. Sci. Lett.* **45**, 275-284.

McSween H.Y. Jr. (1994). What we have learned about Mars from SNC meteorites. *Meteoritics*, **29**, 757-779.

Melosh H.J. (1988). *Impact Cratering: A Geologic Process.* Oxford Univ. Press.

Mittlefehldt D.W. (1994). ALH84001, A cumulate orthopyroxenite member of the martian meteorite clan. *Meteoritics* **29**, 214-221.

Nyquist L.E. (1983). Do oblique impacts produce martian meteorites? *J. Geophys. Res.* **88** (suppl.), A785-A798.

Ott U. (1988). Noble gases in SNC meteorites: Shergotty, Nakhla, Chassigny. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**, 1937-1948.

Papanastassiou D.A. and Wasserburg G.J. (1974). Evidence for late formation and young metamorphism in the achondrite Nakhla. *Geophys. Res. Lett.* **1**, 23-26.

Podosek F.A. (1973). Thermal history of the nakhlites by the 40Ar/39Ar method. *Earth Planet. Sci. Lett.* **19**, 135-144.

Prior G.T. (1912). The meteoric stones of El Nakhla El Baharia (Egypt) *Min. Mag.,* vol. **XVI**, 274-281.

Treiman A.H. (1986). The parental magma of the Nakhla achondrite: Ultrabasic volcanism on the shergottite parent body. *Geochim. Cosmochim. Acta* **50**, 1061–1070.

Treiman A.H., Norman M., Mittlefehldt D. and Crisp J., (1996). Nakhlites on Earth:Chemistry of Clinopyroxenites from Theo's Flow, Ontario Canada. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **27**, 1341–1342.

Vickery A.M. (1986). Effect of an impactgenerated gas clouds on the acceleration of solid ejecta. *J. Geophys. Res.* **91**, 14139–14160.

Vickery A.M. and Melosh H.J. (1987). The large crater origin for the SNC meteorites. *Science* **237**, 738–743.

Walker D., Stolper E.M. and Hays J.F. (1979). Basaltic volcanism: The importance of planet size. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **10**, 1995–2015.

Wasson J.T. and Wetherill G.W. (1979). Dynamical, chemical and isotopic evidence regarding the formation locations of asteroids and meteorites. In *Asteroids* (ed. T. Gehlers), pp. 926–974 Univ. of Arizona Press, Tucson, Arizona.

Wetherill G.W. (1984). Orbital evolution of impact ejecta from Mars. *Meteoritics* **19**, 1–13.

Wood C.A. and Ashwal L.D. (1981). SNC meteorites: Igneous rocks from Mars? *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **12**, 1359–1375.

Chciałbym wyrazić mą szczerą wdzięczność naukowcom, kustoszom muzeów i kolekcjonerom meteorytów, którzy podzielili się wiedzą i udzielali poparcia. Są to: Chuck Meyer, Jr. i Allan Treiman (Johnson Space Center), Harry McSween, Jr. (University of Tennesee, Knoxville), Alan E. Rubin (UCLA), Tim McCoy (Smithsonian Institution), Monica Grady (British Natural History Museum), Russ Kempton (New England Meteoritical Services), Bob Haag, Blaine Reed, Michael Blood, Marvin Kilgore, Al Lang (sprzedawcy pięknych meteorytów), Martin Horejsi (University of Idaho), Marilyn Lindstrom (kustosz meteorytów antarktycznych w Johnson Space Center), Andrzej Pilski (europejski korespondent), Frank Stroik (University of Wyoming), Derek Sears (University of Arkansas), Joseph Boesenberg (American Museum of Natural History), S. Tellier (Lunar and Planetary Institute).

Z Kevinem Kichinką można kontaktować się przy pomocy poczty elektronicznej: MARSROX@aol.com

Spadanie do twej rynny

Duncan Steel

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 2. Copyright © 1998 Pallasite Press)

Czytelnikom tego kwartalnika nieobcy jest fakt, że od czasu do czasu meteoryty przebijają dachy domów sprawiając niespodziankę mieszkańcom. Czy jednak komuś przyszło do głowy, że dach jego domu może posłużyć do zbierania meteorytów, które spadają nań od czasu do czasu ze zbyt małą prędkością, aby poczynić jakieś szkody?* Mam oczywiście na myśli mikrometeoryty: maleńkie cząstki, które przeżyły wejście w atmosferę i zostały wyhamowane przez powietrze lądując w końcu łagodnie na Ziemi; czyli może także na twym dachu.

Na podstawie liczby kraterów i dziur w LDEF (Long-Duration Exposure Facility — powierzchnia wystawiona na uderzenia mikrometeorytów poza atmosferą, na satelitach) stwierdzono, że całkowita masa docierająca do ziemi w postaci od cząstek pyłu pikogramowej wielkości do meteorytów wynosi około 40 000 ton rocznie (100 ton na dobę). Ponad 90% tego spada w postaci pyłu o wielkości od 1 do 100 mikrogramów (o rozmiarach od 50 do 500 mikrometrów zależnie od gęstości). Dopływ takiej materii jest wykrywany rutynowo przez echa radarowe od jonizacyjnych śladów meteorów, które powstają, gdy meteoroidy ulegają ablacji w atmosferze. Na przykad jedynym czynnym radarem meteorowym na świecie, który można wykorzystać do wyznaczenia pierwotnej, heliocentrycznej orbity takiego maleńkiego mateoroidu, jest system AMOR znajdujący się na południe od Christchurch w Nowej Zelandii. Te obserwacje satelitarne i radarowe pokazują, że w atmosferę wpada deszcz maleńkich meteoroidów składający się w przeważającej większości z cząstek, które są zbyt małe, aby wytworzyć znaczącą emisję optyczną (to znaczy nie widać ich w postaci spadających gwiazd).

Kolejne pytanie, to jak duża część tego dopływu masy przeżywa przejście przez atmosferę i dociera do ziemi nie wyparowując całkowicie po drodze. Love i Brownlee podają różne wartości tej części, oparte na materii zebranej z pól lodowych, dna oceanów itp. Najwyższe oceny, to około 3000 ton rocznie w postaci cząstek większych, niż około 50 mikrometrów. Z powodów, które zaraz staną się oczywiste, można spytać: Jak dużą część tego stanowi żelazo? Załóżmy, że 10%, co daje roczne przybywanie około 300 ton maleńkich mikrometeorytów żelaznych.

Jeśli założyć, że wszystkie one mają 50 mikrometrów średnicy i spadają równomiernie na całą powierzchnię Ziemi, to na każdy metr kwadratowy spadałby rocznie mniej więcej jeden mikrometeoryt.

Przyjmijmy, że całkowita powierzchnia dachu domu wynosi 100 metrów kwadratowych. Można spodziewać się, że w ciągu 10 lat spadnie nań około tysiąca takich mikrometeorytów żelaznych (chociaż w rzeczywistości będą one miały różne rozmiary, przy czym im mniejsze cząstki, tym będzie ich więcej), a ponieważ mają one dużą gęstość, to mogą gromadzić się w rynnach. Zamiast wypłukiwać je metodą poszukiwaczy złota, można zbierać te mikrometeoryty żelazne przeciągając wzdłuż rynny silny magnes: właśnie w taki sposób znajdowali kosmiczne kulki na dnie oceanów naukowcy ponad 100 lat temu ciągnąc magnesy za H.M.S Challeger podczas jego słynnej wyprawy oceanograficznej. Potem trzeba zdjąć mikrometeoryty z magnesu i obejrzeć je pod mikroskopem.

Czy warto w ogóle się tym zajmować? Cóż, aby mieć gram mikrometeorytów żelaznych, trzeba by zebrać ich około miliona, więc, biorąc pod uwagę obecne ceny za gram meteorytów żelaznych, wyżyć się z tego nie da (chociaż sąsiedzi mogą chętnie przyjąć ofertę oczyszczenia ich rynien). Z drugiej strony, licząc na sztuki, można szybko utworzyć ogromny zbiór okazów.

Zbierając tylko przy pomocy magnesu traci się większą część mikrometeorytów trafiających do rynny. Można odsiać takie małe cząstki krzemianowe przy pomocy sita i potem pracowicie przeglądać je pod mikroskopem, by znaleźć te pozaziemskie, ale byłaby to ciężka praca.

Obawa, że resztki z kosmosu spadną nam na głowę, jest nazywana kerunonotnetfobią; nie wiem, czy dotyczy to wyłącznie wytworów ludzi, czy też obejmuje także naturalne meteoroidy. Jest to oczywiście mało uzasadniona obawa: na orbitach krąży 2 do 3 tys. ton wysłanego z Ziemi żelastwa i tylko mała część tego spada co roku, więc czytelnik ma znikome szanse zostania trafionym tym złomem. Meteoroidów spada jednak co roku łącznie ok. 40 000 ton i jest duża szansa, że jeden z nich trafi w twój dom, ale te cząstki są zbyt małe aby spowodować jakiekolwiek szkody.

Jeśli chodzi o większe obiekty przybywające spoza Ziemi, jak te, którymi interesują się czytelnicy tego kwartalnika, to ich łączna masa jest mniejsza, ale wiemy, że stanowią one pewne zagrożenie dla ludzi. Niebezpieczeństwo to jest jednak znikome i jest o wiele bardziej prawdopodobne, ze względu na jego wartość rynkową, że meteoryt wzbogaci czytelnika niż, że go uśmierci. Z drugiej strony, jeśli przejdziemy do ciał o masach planetoid i komet, to stwiedzimy, że zagrożenie jest spore, a przypływ masy niemały: jeśli uśrednimy dopływ masy z kosmosu z okresu milionów lat, to obiekty o wielkości kilku kilometrów zderzające się z Ziemią co kilkaset tysięcy lat powodują, że średnio co roku przybywa w ten sposób około 100 000 ton.

Jeśli jednak bierzemy pod uwagę okresy roczne, to większość meteoroidalnej masy spadającej na ziemię stanowią cząstki mikrogramowe. Można ich trochę znaleźć przeszukując rynny.

Spaceguard, Australia

* Od redaktora: Znam kogoś, komu to przyszło już dawno do głowy, dlatego poprosiłem go o komentarz. ☞

Kilka uwag na temat tego, co można znaleźć w rynnie

Janusz W. Kosinski

Oczywiście ani Duncan Steel, ani ja nie wpadliśmy na ten pomysł pierwsi, chociaż pewnie w Polsce mało osób zetknęło się z tym zagadnieniem w sposób bezpośredni. Problem polega bowiem na tym, że potrzebny jest nie tylko dach i rynna, ale również dobra metoda wydzielania pyłu oraz mikroskop. I troszkę szczęścia.

Pył meteorowy nie wszędzie opada równomiernie. Dlatego do podanych w artykule danych trzeba podchodzić z ostrożnością. Atmosfera, w której opadają mikrometeoryty, nie jest jednorodna i stała; w pewnych obszarach przeważają wyże — a więc osiadanie powietrza, w innych miejscach niże, gdzie powietrze się wznosi. To sprawia, że pewne obszary będą otrzymywały większe, a inne mniejsze ilości pyłów. Trzeba również wziąć pod uwagę fakt, że pole magnetyczne zakrzywia tory pyłów o składzie żelazno-niklowym, co sprawia, że ich ilość wzrasta w miarę zbliżania się do biegunów magnetycznych, natomiast przy równiku magnetycznym jest znacznie niższa. Oczywiście próbować można wszędzie i raczej z pozytywnym skutkiem.

Metodę wyseparowywania pyłu meteorowego z wody deszczowej wprowadził najprawdopodobniej H.H. Nininger, który robił tego rodzaju doświadczenia w latach 1939-40. W latach pięćdziesiątych badaniami pyłów meteorowych zajmował się J.D. Buddhue, zwracając szczególną uwagę na pyły o składzie krzemianowym. Kolejni badacze coraz bardziej szczegółowo analizowali skład mikrometeorytów oraz zachowanie ciał w atmosferze.

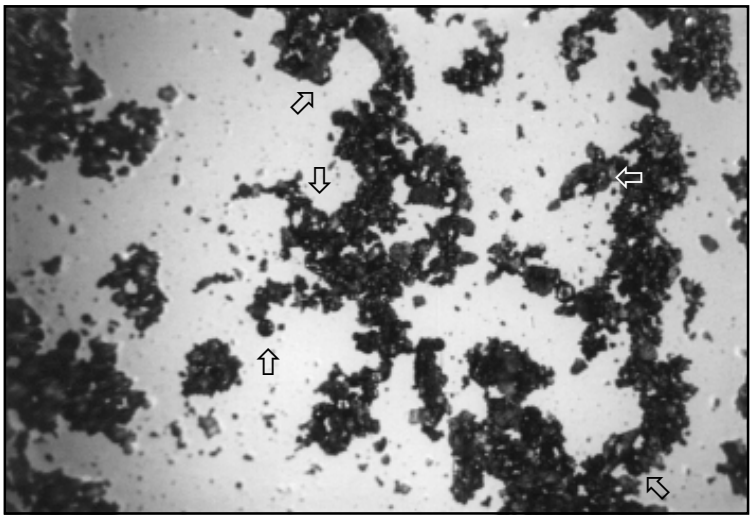
W latach pięćdziesiątych podjęto badania pyłu meteorytowego związanego ze spadkiem meteorytów i ich rozpylaniem się w atmosferze. Zwrócić trzeba uwagę na fakt, że pył meteorytowy, to nie to samo, co pył meteorowy. Oprócz różnego pochodzenia i historii przejścia przez atmosferę występują też różnice w budowie oraz morfologii. Dla przeciętnego „zbieracza pyłu" może nie mieć to większego znaczenia; nie ma prostej metody rozdzielenia obu rodzajów pyłu. Średnio zapewne przeważa pył meteorowy; meteorytowy dominuje w miejscach spadków większych meteorytów. Można przyjąć, że na powierzchni Ziemi mamy do czynienia z pyłem meteorowo-meteorytowym.

Pył ten można wyodrębnić kilkoma metodami i rzeczywiście bardzo dobrym miejscem zbierania jest dach, czy też raczej rynna. Ważne jest, by nie miała zbyt dużego spadku, lub była zaopatrzona w zbiornik wody przy wylocie. Zebrany materiał należy wyseparować, najlepiej magnesem lub elektromagnesem. Następnie osad o właściwościach magnetycznych (mający duży udział żelaza) można obejrzeć pod mikroskopem, a nawet wydzielić ciekawsze okazy. Czasami zdarzają się większe kulki o średnicy ok. 1 mm — mam kilka takich w kolekcji. Jeśli zbierzemy znaczną ilość materiału, można pokusić się o proste badanie mogące wykazać, czy posiadany pył zawiera nikiel — metal, którego obecność wskazuje na pochodzenie kosmiczne. Prace takie prowadziłem z kilkuosobowym zespołem w latach 1991–1992 i 1994. Poniżej przedstawiam kilka uwag na ich temat.

Podstawowym zadaniem było wykorzystanie znanego faktu, że metaliczne elementy meteoroidów zawierają obok żelaza (Fe) również nikiel (Ni). Zawartość niklu może być znaczna, do 30% stopu, natomiast nawet w ciałach klasyfikowanych jako „kamienne", zawartość metali może sięgać kilkunastu procent. W tej sytuacji pozostało tylko stwierdzenie, czy próba zawiera nikiel. Wykorzystano tu proste reakcje i odczynniki. Próbę rozpuszczano w kwasie azotowym, a następnie dodawano amoniak. Zabarwienie kwasu na kolor zielony wskazywało na występowanie jonów niklu, a dodanie amoniaku do roztworu powodowało powstanie wodorotlenku niklu i zabarwienie próby na intensywny, niebieski kolor. W przypadku braku niklu w badanym materiale obserwowano na każdym z etapów doświadczenia inne kolory. Wstępne reakcje przeprowadzono dla opiłków czystego żelaza i meteorytów Canyon Diablo i Sikhote-Alin. Uzyskane wyniki były bardzo jednoznaczne, co udokumentowano serią zdjęć. Następnie przebadano pozostałych 10 prób, w tym 6 pobranych z terenu spadku Meteorytu Pułtuskiego. Doświadczenia potwierdzały występowanie śladowych (słabe zabarwienie) lub znacznych (barwa intensywna) ilości niklu.

Mikroskopowe (wizualne i fotograficzne) badania wyodrębnionych prób potwierdziły występowanie kulistych ciał metalicznych, które zachowano w specjalnie przygotowanych kompletach szkiełek mikroskopowych. Dzięki temu wynik pracy może być w każdej chwili udostępniony zainteresowanym.

Te proste w sumie doświadczenia potwierdziły z jednej strony występowanie pyłów kosmicznych, z drugiej pokazały sposób wykonania tych prac i możliwość zgromadzenia zbiorów pyłu meteorowo-meteorytowego. Okazało się, że zgromadzenie ładnej kolekcji mikrometeorytów rzeczywiście nie jest trudne.



Strzałki pokazują tylko kilka najlepiej widocznych kulek mikrometeorytów. W rzeczywistości można tu ich znaleźć kilka razy więcej.

Największy okaz mikrometeorytu z Wyszkowa.

Murchison – „zapomniany" meteoryt

Gregory T. Shanos

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

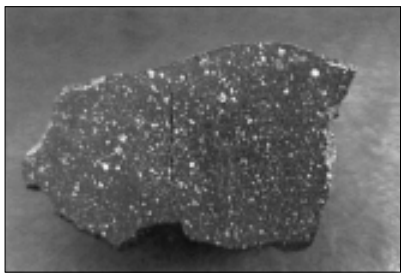
W ubiegłym roku uwagę wszystkich przyciągał Mars. Ogłoszenie przez McKaya i jego współpracowników w numerze „Science" z 16 sierpnia 1996 r., że meteoryt ALH 84001 może zawierać mikroskamieniałości, odnowiło zainteresowanie marsjańskimi meteorytami. Udane lądowanie na Marsie Pathfindera 4 lipca 1997 r. jeszcze bardziej zwiększyło zainteresowanie tą planetą.

Między te przyciągające uwagę wydarzenia wcisnęło się skromnie jeszcze jedno, będące jednak kolejnym kamieniem milowym w badaniach meteorytów: odkrycie nadwyżki lewoskrętnych form aminokwasów w meteorycie Murchison. Chondryt węglisty CM2 Murchison spadł 28 września 1969 r. w stanie Wiktoria w Australii. Kvenvolden i in. w 1970 r. potwierdził obecność w tym meteorycie aminokwasów i innych cząsteczek organicznych. Te wytworzone poza Ziemią aminokwasy występują w dwóch odmianach, które są wzajemnymi zwierciadlanymi obrazami tak jak lewa i prawa ręka. Spodziewano się, że aminokwasy Murchisona będą racemicznymi mieszaninami zawierającymi jednakowe ilości form prawoskrętnych (D) i lewoskrętnych (L). Z definicji cząsteczka lewoskrętna skręca przechodzące przez nią spolaryzowane światło w lewo, a prawoskrętna w prawo. W rzeczywistości autor stwierdził w niektórych aminokwasach Murchisona nadwyżkę form lewoskrętnych sięgającą nawet 20%. Odkrycie to zostało jednak poddane w wątpliwość i tłumaczone było zanieczyszczeniami ziemskimi, ponieważ żadne aminokwasy pochodzenia niebiologicznego nie wykazywały nadwyżki form D lub L. Późniejsze badania Badji i in. w 1983 r. potwierdziły istnienie nadwyżki form L w meteorycie Murchison sięgającej 70%, ale znów sugerowano, że jest to skutek ziemskich zanieczyszczeń. Pillinger zaproponował w 1982 r., że skład izotopowy form D i L mógłby wykazać, czy aminokwasy są pochodzenia ziemskiego, czy nie. Engel i Macko w 1990 r. badali stosunek izotopów węgla $^{13}C/^{12}C$ w alaninie z meteorytu Murchison i stwierdzili nadwyżkę L-alaniny nad D-alaniną. Engel i Macko przebadali w 1997 r. stosunki izotopów $^{15}N/^{14}N$ poszczególnych form D i L aminokwasów w chondrycie Murchison i stwierdzili nadwyżkę lewoskrętnych aminokwasów, mianowicie alaniny i kwasu glutaminowego odpowiednio 30% i 50%. Zawartość izotopu ^{15}N była znacznie wyższa niż stwierdzona w ziemskich aminokwasach, co potwierdzało pozaziemskie pochodzenie. Cronin i Pizzarello badali w 1997 r. pozaziemskie aminokwasy w meteorycie Murchison, które nie wchodzą w skład białek i w ziemskiej biosferze występują niezwykle rzadko. Autorzy ci wykryli w niebiologicznych aminokwasach nadwyżkę form lewoskrętnych sięgającą 9%. Tak więc dwa odmienne podejścia przez dwóch niezależnych badaczy potwierdziły istnienie nadwyżki lewoskrętnych aminokwasów w meteorycie Murchison. Patrząc wstecz zauważono wiele innych artykułów naukowych, których autorzy twierdzili, że aminokwasy w meteorycie Murchison nie są racemiczne (jednakowe ilości form D i L) i odrzucano ich twierdzenia zarzucając nieuwzględnienie ziemskich zanieczyszczeń.

Uważa się, że aminokwasy w chondrytach węglistych są syntetyzowane w wyniku reakcji chemicznych zwanych syntezą Streckera. Synteza ta daje tylko racemiczne mieszaniny aminkokwasów (50% D i 50% L). Dlatego stwierdzenie nadwyżki form lewoskrętnych podważa utrzymujący się obecnie pogląd, że źródłem pozaziemskich aminokwasów jest synteza Streckera

Cronin i Pizzarello zaproponowali w 1997 r. hipotetyczny mechanizm powstawania nadwyżki lewoskrętnych aminokwasów. Uważają oni, że przewaga form L została narzucona obłokowi materii międzygwiezdnej, z którego formował się Układ Słoneczny przez kołowo spolaryzowane światło, być może promieniowanie synchrotronowe od gwiazdy neutronowej. To światło spolaryzowane mogło być katalizatorem preferując syntezę lewoskrętnych aminokwasów. Znanym przykładem jest gwiazda neutronowa, czyli pulsar w środku mgławicy Krab, o którym wiadomo, że wysyła światło spolaryzowane. N.N. Shchukin i in. w 1995 r. zdołali wytworzyć w laboratorium nadwyżkę około 2% lewoskrętnej leucyny używając kołowo spolaryzowanego światła ultrafioletowego. Podczas doświadczenia występowała jednak znaczna dekompozycja od 59% do 75%. Wynika z tego, że ilość aminokwasów przeżywających ten sposób wzbogacania jest dość niewielka.

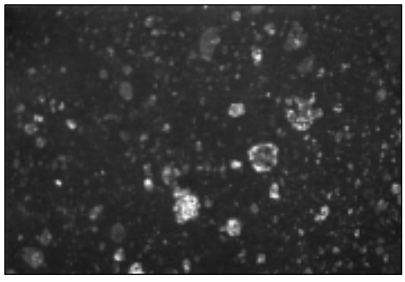
Odkrycie nadwyżki lewoskrętnych aminokwasów w meteorytach ma poważne skutki dla powstania życia na Ziemi. W przeszłości pojawiły się dwie teorie tłumaczące nierównowagę ziemskich aminokwasów. Teoria biotyczna sugerowała, że pierwotna atmosfera Ziemi i „pierwotna zupa" zawierały równe ilości obu form aminokwasów, czyli mieszaninę racemiczną.



Ewolucja drogą doboru naturalnego wybrała lewoskrętną formę do syntezy białek przez ziemskie organizmy. Teoria abiotyczna stwierdzała, że zanim zaczęło się życie na Ziemi, chemiczna zupa zawierała już w większości lewoskrętne formy aminokwasów i dlatego organizmy rozwijały się wykorzystując te formy. Dziś wszystkie żywe organizmy na naszej planecie wykorzystują tylko lewoskrętne aminokwasy do syntezy białek.

Obecne stwierdzenie nadwyżki lewoskrętnych aminokwasów w meteorycie Murchison stanowi poważne wyzwanie dla teorii biotycznej. Znaczne ilości związków organicznych obecne na młodej Ziemi mogły pochodzić ze spadających komet i meteorytów. Niedawne odkrycie potwierdzające istnienie nadwyżki lewoskrętnych aminokwasów w meteorycie Murchison zwiększa możliwość, że podobna nadwyżka występowała w pierwszych związkach organicznych na Ziemi. Nadwyżka lewoskrętnych aminokwasów została wytworzona w kosmosie, a więc zadecydowała o tym Natura. Procesy ewolucyjne wybierały najobficiej dostępne minerały, a więc lewoskrętne aminokwasy, do tworzenia peptydów, aby włączyć je w skład białek. Uważano kiedyś, że wykorzystanie lewoskrętnych aminokwasów przez żywe organizmy jest cechą charakterystyczną naszej planety. Ostatnie dowody na abiotyczną syntezę lewoskrętnych aminokwasów w Kosmosie zwiększają możliwość, że organizmy rozwijające się na planetach gdziekolwiek we Wszechświecie mogą także wykorzystywać lewoskrętne aminokwasy w swych układach biologicznych. Naukowe i filozoficzne konsekwencje tego faktu z pewnością wypełnią wiele tomów w nadchodzących latach. Meteoryt Murchison, pozaziemski skarb, może nie występował w zeszłym roku na pierwszym planie, ale z pewnością był daleki od zapomnienia.

Greg Shanos jest doktorantem farmacji na Uniwersytecie Florydzkim.



Wiedeńska kolekcja

Gero Kurat

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

Naturhistorisches Museum w Wiedniu posiada jedną z największych kolekcji meteorytów na świecie. Mając ponad 1700 różnych meteorytów znajduje się na czwartym miejscu za U.S. National Museum w Waszyngtonie, Narodowym Instytutem Badań Polarnych w Tokio, który ma największą kolekcję meteorytów z Antarktydy i Centrum Kosmicznym Johnsona NASA w Houston. Wiedeńska kolekcja jest nie tylko duża, ale ma także najdłuższą historię ze wszystkich zbiorów meteorytów, a także była i pozostaje nadal ważnym ośrodkiem badawczym. Meteoryty kolekcjonowano w Wiedniu już wtedy, gdy uważano je jeszcze za zjawiska ziemskie (meteoryt = aerolit = kamień powietrzny). Oczywiście zawsze można było znaleźć w gabinetach osobliwości różnych władców materię, która spadła na Ziemię i zależnie od okoliczności była uważana za talizman przynoszący szczęście lub nieszczęście. Chociaż w niektórych przypadkach spadającą na Ziemię materię obserwowały setki świadków, naukowe autorytety owych czasów uważały to za występujące dość nieregularnie ziemskie zjawiska. Podczas tego okresu zupełnego lekceważenia meteorytów dwie bryły żelaza spadły na Ziemię w Hraschinie koło Agram w Chorwacji. Spadek nastąpił 26 maja 1751 roku, zaledwie kilka lat po tym, jak cesarz Franciszek I nabył kolekcję okazów przyrodniczych Baillou (1748). Cesarz zażyczył sobie relację o spadku od biskupstwa w Zagrzebiu. Sprawozdanie zostało dostarczone na dwór w lipcu wraz z bryłami żelaza. Największy okaz trafił do cesarskiego skarbca i stamtąd wkrótce przekazano go do cesarskiej kolekcji przyrodniczej. Ważąca 39 kg bryła żelaza z Hraschiny stała się pierwszym okazem wiedeńskiej kolekcji meteorytów.

Protokół biskupa Klobuczesky'ego i wikariusza generalnego Wolfganga Kukuljevica zawiera wiele relacji świadków dotyczących wydarzenia i towarzyszącego mu bolidu. Protokół ten stał się później ważnym dokumentem dla Franza Güssmanna i E. F. F. Chladniego, którzy na podstawie takich raportów oraz faktu, że świeżo spadłe meteoryty były pokryte stopioną skorupą, dowodzili, że te bryły pochodzą z Kosmosu.

Ten rozumowy dowód mógł pozostać bezużyteczny ponieważ, mimo szeregu zjawisk, opinia naukowców owych czasów (na czele z Akademią Francuską) nie zmieniała się. Dopiero po deszczu kamieni w L'Aigle (26 kwietnia 1803 roku) sytuacja uległa zmianie. Członek Akademii Jean Baptiste Biot sporządził raport, a panowie Thenard i Vanquelin wraz z brytyjskim chemikiem Howardem przebadali kamienie. Wkrótce potem wiedeńska kolekcja, którą opiekował się ojciec Stütz, składała się z 7 meteorytów: Hraschina (40 kg); Krasnojarsk (2,5 kg); Tabor (2,7 kg); Steinbach (1,1 kg); Eichstädt (126 g); L'Aigle (1,1 kg) i Mauerkirchen (429 g).

Następca Stütza Carl von Schreibers, był bardzo zainteresowany meteorytami. Intensywnie je badał i zachęcił do badań wielu współczesnych mu naukowców. Między innymi jego przyjaciel Alois von Widmanstätten, dyrektor Cesarskiego Gabinetu Wyrobów Przemysłowych, zaczął badać pozaziemskie żelazo. Opisał on figury nazywane dziś od jego nazwiska figurami Widmanstättena. Schreibers i Widmanstätten wraz z innymi wybitnymi naukowcami swych czasów pracowali, aby dowiedzieć się więcej o meteorytach.

Chemik Martin Heinrich Klaproth wykonywał w Berlinie analizy okazów z Wiednia, które były pierwszymi analizami meteorytów kamiennych i żelaznych. Współpracowali z nim Jöns Jakob Berzelius i Friedrich Wöhler. Carl von Schreibers może być uważany za twórcę podstaw nauki o meteorytach. Podchodził on do badania meteorytów w taki sam sposób jak robi to się obecnie, czyli opierał się na badaniach interdyscyplinarnych. Dziś wszystkie nauki przyrodnicze ściśle współpracują, aby wydobyć z meteorytów zaszyfrowane informacje o mgławicy słonecznej.

Kolekcję powiększali szybko także następcy Schreibersa: Paul Partsch, Moriz Hoernes i Gustav Tschermak. Ten ostatni szczególnie pasjonował się meteorytami i opublikował wiele prac badawczych oraz znakomitą książkę podsumowującą jego obserwacje. Jego następcy Aristides Brezina i Friedrich Berwerth także kontynuowali badania meteorytów. Wynikiem tych intensywnych badań był znaczny wzrost kolekcji: pod koniec XIX wieku składała się ona z ponad 600 różnych meteorytów, z których wiele było głównymi okazami.

Wybuch I Wojny Światowej i upadek Cesarstwa Austro-Węgierskiego spowodował gwałtowne zatrzymanie tej aktywności badawczej. Austria walczyła o przetrwanie, a kustosze walczyli o uratowanie swych zbiorów. Umiarkowana aktywność badawcza miała miejsce pod kierownictwem Hermanna Michela, ale przerwała ją gwałtownie II Wojna Światowa. Znów podstawowa działalność ograniczała się do zachowania istniejących zbiorów. Michel zdołał przechować wszystko w niemal nienaruszonym stanie przez całą wojnę. Jednak koniec wojny nie był końcem kłopotów; zbiorami zainteresowali się okupanci i znów trzeba było toczyć walkę o utrzymanie kolekcji. Hermann Michel opierał się rosyjskim oficerom, a Hubert Scholler musiał odpierać silne ataki ze strony amerykańskiej.

Kolekcja meteorytów zaczęła znów rosnąć dopiero w latach siedemdziesiątych. Zbiory ożyły po rozbudowie laboratoriów. Budżet przeznaczony na zakupy pozwolił na nabycie niektórych współczesnych spadków i znalezisk. Wynikiem dużej akcji pozyskiwania funduszy organizowanej przez „Przyjaciół Muzeum Przyrodniczego w Wiedniu" było nabycie w USA „Drugiej kolekcji meteorytów Hussa". Był to pierwszy zakup tej wielkości w historii muzeum. Kolekcja licząca 125 meteorytów, z których wiele było głównymi okazami, częściowo wypełniła lukę powstałą podczas długich lat wojny, kiedy nie pozyskano żadnego nowego okazu. Ostatnio przybyły jeszcze dwie kolekcje meteorytowych znalezisk z Sahary, które stanowią bardzo ważne dane statystyczne dotyczące spadków meteorytów na przestrzeni ostatnich 100 000 lat. Kolekcje te zawierają także szereg rzadkich typów meteorytów. W 1997 roku nabyto cenną pod względem historycznym kolekcję meteorytów Johanna G. Neumanna. Neumann odkrył „linie Neumanna" w meteorytowym kamacycie.

Poczynając od lat sześćdziesiątych meteoryty z kolekcji znów wykorzystywano intensywnie do celów badawczych. Ponadto w ostatnich latach badano w szerokim zakresie zjawisko pyłu kosmicznego. Ten pył (mikrometeoryty) stanowi główną część pozaziemskiej materii spadającej obecnie na Ziemię. Naturhistorisches Museum w Wiedniu posiada kilkaset takich obiektów.

Prof. Gero Kurat jest kustoszem wiedeńskiej kolekcji meteorytów.

Autorem zdjęcia jest dr Christian Pinter.

Spytaj geologa

odpowiada Bernhard Spörli
Wydział Geologii, University of Auckland

Publikacja z kwartalnika Meteorite! Vol. 4 No. 3.
Copyright © 1998 Pallasite Press

1. *Czy różnice geologiczne między Ziemią a Księżycem mówią nam coś o obiekcie, który zderzając się z Ziemią wytworzył Księżyc?*

Odpowiedź na to pytanie zależy od tego, kogo pytamy. Jedna grupa badaczy (prawdopodobnie większość) mówi zdecydowanie „tak", inna równie zdecydowanie twierdzi „nie". Przyjrzyjmy się najpierw różnym hipotezom mającym wyjaśnić pochodzenie Księżyca. Są to: 1. Oderwanie się od Ziemi w wyniku rotacji; 2. Schwytanie innego ciała; 3. Jednoczesne uformowanie się; 4. Zderzenie.

Obecnie preferowanym scenariuszem jest punkt 4. Zderzenie takie mogło wytworzyć ocean magmy i spowodować, że Ziemia przez około 100 lat świeciła jako brunatny karzeł. Problem pojawia się, gdy rozważamy naturę materii wyrzuconej w wyniku zderzenia. Dla większości badaczy jest to głównie część ciała, które uderzyło w Ziemię; mniejsza grupa uważa, że jest to fragment Ziemi. W tym ostatnim przypadku różnice między Ziemią a Księżycem niewiele powiedzą nam o uderzającym obiekcie (może z wyjątkiem jego rozmiarów). Jeśli jednak została wyrzucona część uderzającego ciała, to Księżyc musiał przechować niektóre jego własności. Jakie więc są to różnice i na co wskazują? (1) Masa Księżyca jest równa jednej osiemdziesiątej masy Ziemi. Stanowi to dolną granicę rozmiarów uderzającego ciała: musiało być większe od Księżyca (w istocie prawdopodobnie nieco większe od Marsa). W ciele o takich rozmiarach musiały już wystąpić procesy formowania się jądra, zanim uderzyło ono w Ziemię. (2) Na wytworzenie się jądra i płaszcza wskazują także różnice między Ziemią a Księżycem jeśli chodzi o zawartość żelaza i liczbę pierwiastków syderofilnych. Ponadto stanowi to dowód, że uderzający obiekt musiał mieć płaszcz bogatszy w żelazo i bardziej ubogi w rubid w porównaniu ze strontem niż obserwuje się to na Ziemi.

2. *Co oznaczają terminy „likwidus" i „solidus"?*

Przejście od topnienia do krzepnięcia materiałów nie jest tak proste, jak by się wydawało, głównie dlatego, że istnieje stan pośredni między stanem całkowicie stałym i całkowicie ciekłym, w którym współistnieją stop, kryształy i częściowo zestalona materia. Na wykresie przedstawiającym skład i temperaturę dla różnych mieszanin związków chemicznych temperatury likwidus i solidus tworzą dwie krzywe ograniczające obszar stanów pośrednich. Przejście likwidus/solidus ma znaczenie w różnych dziedzinach geologii, jak na przykład w zachowaniu się potoków lawy, które przeważnie są w tym stanie pośrednim czy w brekcjach księżycowych, gdzie od temperatur likwidus i solidus (odpowiednio 1000°C i 1150°C) zależy jaki typ skały utworzy się w wyniku przeobrażenia przez uderzenie.

3. *Jak można wykryć w skałach orientację ziemskiego pola magnetycznego?*

Od kiedy rozpowszechniło się używanie kompasu, wiadomo było, że pewne skały bogate w żelazo wpływają na orientację igły magnetycznej. To, że skały mogą rejestrować orientację pola magnetycznego w dawnych czasach, uświadomiono sobie nie tak dawno. Gdy skały znajdują się głębiej w skorupie, w stanie płynnym, różne składniki są ułożone mniej lub bardziej przypadkowo. Gdy magma stygnąc przechodzi przez tzw. temperaturę Curie, te minerały, które są ferromagnetyczne (głównie tytanomagnetyt) krystalizują układając się wzdłuż linii sił pola magnetycznego w momencie krystalizacji. Jeśli skała dalej stygnie (czyli nie została ponownie ogrzana), kierunek ten pozostaje zamrożony i może być później zbadany przez geofizyków. Skały osadowe także mogą uzyskać paleomagnetyzm, ponieważ transportowane ziarna magnetyczne układają się w osadach zgodnie z aktualnym polem magnetycznym.

Aby zmierzyć paleomagnetyzm, bierze się orientowaną próbkę. Jeśli jest to lawa, umieszczamy ją w „obrotowym magnetometrze", który mierzy oscylujące pole magnetyczne, gdy okaz obraca się. Znacznie słabiej namagnesowane skały osadowe są analizowane w „magnetometrze kriogenicznym", który jest ultraczuły dlatego, że działa w skrajnie niskiej temperaturze, tak że staje się nadprzewodnikiem.

Zgrubnie można także wykryć dawne kierunki pola magnetycznego, gdy przepływamy nad grzbietem śródoceanicznym z magnetometrem. Równolegle do grzbietu biegną pasy dodatniej i ujemnej anomalii. Odpowiadają one dokładnie znanemu schematowi zmian ziemskiego pola magnetycznego. Dno oceanu rejestruje zmiany biegunowości jak taśma magnetofonowa, gdy stygnie poprzez punkt Curie w pobliżu grzbietu śródoceanicznego!

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, 0,11 g (20 zł)
— fragment, 0,1 g (20 zł)

Gibeon — oktaedryt drobnoziarn. IVA
— płytka trawiona, ze skorupą, 98,3 g (340 zł)
— 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)

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

Imilac — pallasyt
— całkowity okaz, 0,9 g (20 zł)

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

Sierra Colorada — chondryt L5
— płytka ze skorupą, 7,5 g (105 zł)

Sikhote-Alin — oktaedryt bardzo gruboziarnisty IIB
— całk. okaz „odłamek", 33,7 g (84 zł)
— całk. okaz „odłamek", 32,1 g (80 zł)

St. Michel — chondryt L6
— płytka 0,4 g (30 zł)

Vaca Muerta — mezosyderyt
— piętka 5,7 g (140 zł)

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)

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.

Gregor Pacer zaprasza na giełdę do Sosnowca: ul. Będzińska 60, 7–8 listopada. Oferuje meteoryty na każdą kieszeń.

Nowiny

Dar al Gani 400

Nowy meteoryt księżycowy, ważącą 1,425 kg brekcję anortozytową Dar al Gani 400, znaleziono 10 marca 1998 r. w libijskiej części Sahary. Współrzędne miejsca znalezienia są następujące: 27°22,17' N, 16°11,93' E.

Meteoryt sklasyfikował i opisał J. Zipfel z Instytutu Maxa Plancka: meteoryt jest częściowo pokryty brunatną skorupą obtopieniową; świeże powierzchnie są szare i ciemnoszare; ciasto skalne jest zwięzłe; jako okruchy występują subofitowe i drobnoziarniste lub mikroporfirowe brekcje stopione w wyniku uderzeń, fragmenty granulitowe, zrekrystalizowane anortozyty; skład chemiczny i proporcje izotopów tlenu są charakterystyczne dla meteorytów z gór księżycowych; ilość i skład gazów szlachetnych nie wskazuje na pokrewieństwo z DAG 262 (także księżycową brekcję anortozytową). Fragment i dwie płytki cienkie znajdują się w MPI; główna masa jest w posiadaniu znalazcy.

Meteoritical Bulletin, lipiec 1998

Spadek w Turkmenistanie

Na terytorium Republiki Turkmenistanu na szerokości 42°15' N i długości 59°10' E, w pobliżu miasta Koneurgench (100 km od Toshauz) spadł 20 czerwca 1998 r. o godz. 17.25 czasu miejscowego duży meteoryt. Obserwowano jasny, pomarańczowy bolid pędzący z południowego zachodu na północny wschód; eksplozja nastąpiła na wysokości 10–15 km, czarny dym zakrył Słońce, a grzmot słyszano z odległości 100 km. Na niebie pozostał potrójny ślad.

Znaleziono krater meteorytowy o średnicy 5–6 m i głębokości 4 m; rozrzucone wokół odłamki ważyły około 40 kg. Na dnie krateru znaleziono meteoryt o stożkowym kształcie: jego długość wynosiła 80 cm, szerokość 60–70 cm; masa 300–500 kg.

Meteoryt jest typu żelazno-kamiennego (składnik kamienny się rozkruszył). Skład jest niejednorodny. Poszukuje się dwóch pozostałych ewentualnych okazów.

Seitnazar Muhamednazarov,
Profesor, Dyrektor Naukowo-Technicznego Centrum „Klimat" Narodowego Hydrometeorologicznego Komitetu Turkmenistanu.

Jeszcze raz Monahans

Jak podawaliśmy w poprzednim numerze, 22 marca 1998 r. spadły w mieście Monahans w Teksasie dwa meteoryty kamienne ważące 1344 g i 1243 g (początkowo mówiono o 11 kg). Pierwszy został znaleziony przez przedstawiciela miejscowych władz na ulicy, a drugi przez grupę siedmiu chłopców grających w koszykówkę. Po zbadaniu meteorytów przez NASA oba wróciły do władz miasta. Następnie wynikł drobny spór z miejską radą (który przyciągnął uwagę mediów) co do tego, kto jest prawnie właścicielem meteorytu znalezionego przez siedmiu chłopców. W końcu okaz ten, zmniejszony o niewielką część użytą do badań, został przekazany chłopcom i wystawiony na aukcję.

Meteoryt ten został zaliczony do chondrytów zwyczajnych (H5). Ma szare ciasto skalne zawierające niebieskie kryształy halitu i sylwitu, niektóre mające do 3 mm średnicy, niektóre własnokształtne.

Spadek meteorytu Portales

Meteoryt spadł 13 czerwca 1998 r. około 8 rano czasu miejscowego, w Portales, w Nowym Meksyku. Nastąpiły wielokrotne bardzo głośne detonacje i eksplozje, które wiele osób widziało i słyszało. Meteoryt pozostawił poskręcany dymny ślad, a bolid widziano z odległości ponad 150 km na północ i południe. Jeden z okazów, ok. 15 kg, spadł na podwórko pewnej kobiety. Piła ona poranną kawę gdy usłyszała pierwsze eksplozje. Wyszła na zewnątrz i wtedy usłyszała świst i zobaczyła jak na ziemię spadł meteoryt robiąc mały krater. Inny okaz, ważący tylko 530 gramów, wpadł do metalowej stodoły farmera ponad cztery mile dalej. Przebił dach i metalową ścianę, gdzie utknął w izolacji. Farmer odnalazł go po południu, gdy zauważył nowy „świetlik" w dachu stodoły. Kolejną bryłę, ok. 20 kg, wyorał inny farmer na polu pszenicy na południowy wschód od Portales.

Każdy okaz jest nieco inny — niektóre są w większości kamienne, a inne zawierają mieszaninę kamienia i metalu. Znaleziono już więcej okazów (dotąd 75 kg) i wysłano próbki do analizy do Uniwersytetu Nowego Meksyku.

Mike Farmer

Świeżo znaleziony okaz meteorytu Portales ważący 145,7 g.

I jeszcze raz Monahans

Pod koniec poprzedniej notatki uważni czytelnicy dostrzegli wzmiankę o zidentyfikowaniu w tym meteorycie kryształów halitu i sylwitu. Tak, to nie pomyłka. W cieście skalnym tego meteorytu zauważono ziarna szklistego, czasem przezroczystego minerału o wielkości 0,5 do 3 mm i ciemnoniebieskiej lub purpurowej barwie. Okazało się, że jest to halit (NaCl) z inkluzjami sylwitu (KCl). To właśnie barwa zwróciła uwagę naukowców i dlatego zastosowano specjalne procedury przygotowania próbek do badań, tak że halit się nie rozpuścił. Odkrycia dokonano dzięki temu, że meteoryt został przebadany w ciągu 48 godzin po spadku. Gdyby poleżał kilka dni w wilgotnym otoczeniu, z halitu nic by nie zostało. Dotychczas odnotowano obecność halitu w ureilicie i w chondrycie węglistym Murchison. W chondrycie zwyczajnym jest to pierwszy przypadek. Odkrycie to było jedną z sensacji tegorocznej, 61 konferencji Meteoritical Society w Dublinie.