

METEORYT

Nr 3 (35)

Wrzesień 2000



Meteoritytowy piknik – Guciów 2000

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 Drązkowski*

Druk: *Jan, Lidzbark Warm.*

Adres redakcji:

skr. poczt. 6

14-530 Frombork

tel. 0-55-243-7392

e-mail: aspmet@poczta.wp.pl

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2000 roku 16 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:

Po półrocznej pracy sondy NEAR, której dodano w tym czasie przydomek „Shoemaker”, nie ma już wątpliwości, że krąży ona wokół dużego chondrytu zwyczajnego. Nie jest jeszcze jasne jakiego typu jest to chondryt, choć utrzymują się pogłoski, że może to być chondryt L. Może więc meteoryt Baszkówka przyleciał z Erosa?

Z pewnością z Erosa nie pochodzi meteoryt Zakłodzie, za którego przyczyną zebrał się w Guciowie badacz i miłośnik meteorytów. Spotkanie okazało się udaną kontynuacją Pikników Meteorytowych, choć nieobecność Grzegorza Pacera sprawiła, że tym razem więcej o meteorytach mówiono niż je oglądano. Gwoździem programu była oczywiście możliwość zobaczenia głównej masy meteorytu Zakłodzie. Kto nie był, niech żałuje.

Żałować też mogą ci, którzy nie widzieli wystawy meteorytów z kolekcji Kazimierza Mazurka prezentowanej w lipcu i sierpniu w Wieży Kopernika we Fromborku. Do powodzenia wystawy przyczynili się uczestnicy „Wakacji w Planetarium”, którzy po niej oprowadzali. Jeden z nich tak bardzo zaraził się meteorytami, że mamy nową meteorytową stronę w Internecie.

Rainer Bartoschewitz, którego do rezygnacji z przyjazdu do Guciowa skłoniły sprawy służbowe, zaprasza na trzecie już targi meteorytowe do Gifhorn. Odbędą się one w zamku w Gifhorn 14 i 15 października. Osoby, które się tam wybierają, bardzo proszę o relację do następnego numeru „Meteorytu”.

Po nieco grubszym poprzednim numerze przyszła pora na oszczędności. Wydanie dwóch numerów z barwnymi stronami poważnie uszczupliło fundusze i tylko wsparciu ze strony Olsztyńskiego Planetarium zawdzięczamy, że ukażą się wszystkie numery. Utrzymanie barwnych stron, co wydaje się wskazane, będzie wymagało dość znacznej podwyżki prenumeraty w przyszłym roku. Trzeba jednak przyznać, że istotnym powodem schudnięcia tego numeru był brak interesujących materiałów w „Meteorite!”

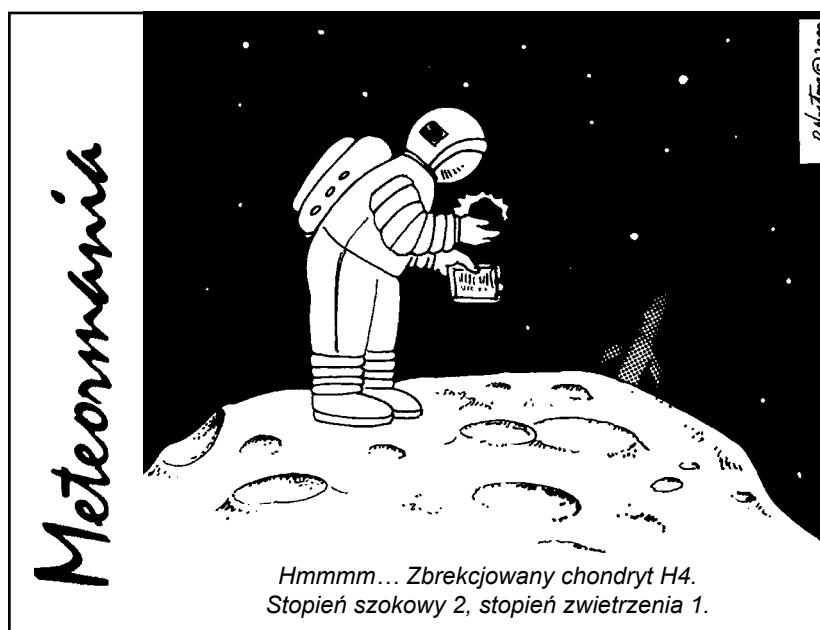
Andrzej S. Pilski

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



NOWINY

Meteoryt z Yukonu

Wędrowiec Jim Brook i naukowcy z Uniwersytetu Zachodniego Ontario (UWO) i Uniwersytetu w Calgary (U of C) odnaleźli meteoryty z największego spadku w historii Kanady. Analizy pokazują, że meteoryty te składają się z bardzo rzadko spotykanej materii, co sprawia, że należą do najbardziej znaczących pod względem naukowym znalezisk meteorytów.

Meteoryty spadły rankiem 18 stycznia 2000 roku w odludnej okolicy między Atlin w Kolumbii Brytyjskiej i Carcross w Terytorium Yukonu w Kanadzie. Po tygodniu, 25 stycznia, mieszkający niedaleko Jim Brook znalazł pierwsze okazy meteorytu wracając do domu po lodzie odnogi Taku jeziora Tagish.

Jim Brook tak opisuje swe odkrycie: „Rozglądałem się uważnie za meteorytami i podejrzewałem że to one, gdy tylko je zobaczyłem, chociaż kilkakrotnie zwiódł mnie odchody wilków. Gdy tylko je podniosłem, było dla mnie oczywiste, czym one są, ponieważ kamienie nie leżą na lodzie i widziałem stopioną skorupę na powierzchni. Byłem bardzo szczęśliwy i podniecony.” Zapadające ciemności szybko zakończyły dalsze poszukiwanie meteorytów tego dnia, ale Jim wrócił tam następnego ranka i zebrał kilkadziesiąt kamieni z kosmosu.

Od momentu tego znaleziska badacze z U of C i UWO współpracujący z NASA zorganizowali kilka wypraw w te okolice aby zebrać okazy tego bardzo kruchego meteorytu i sporządzić mapę obszaru spadku. Do dziś odnaleziono 500 okazów, z których wiele było uwieczonych w lodzie.

„Jest to znalezisko mego życia” mówi Peter Brown, badacz meteorów na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Zachodniego Ontario, współorganizator poszukiwań meteorytów. „Wielkość pierwotnego obiektu, wyjątkowa rzadkość i bogactwo związków organicznych w tych meteorytach w połączeniu z liczbą znalezionych okazów sprawiają, że jest to naprawdę wyjątkowe wydarzenie.”

„Przez cały czas, gdy marzyłem o znajdowaniu meteorytów, nigdy nie przyszło mi do głowy, że znajdę takie jak te”, mówi Alan Hildebrand, badacz planet z Wydziału Geologii i Geofizyki Uniwersytetu w Calgary i drugi współorganizator poszukiwań. „Pewnego dnia,

gdy wydostawałem okazy meteorytów z porowatego lodu, pomyślałem, że podobnie musiałyby wyglądać badanie powierzchni komety. Sądzymy, że są to najbardziej kruche meteoryty, jakie kiedykolwiek odnaleziono.” Wstępne analizy, które przeprowadził Michael Zolensky, meteorytik z Centrum Kosmicznego Johnsona NASA, pokazały, że meteoryty te należą do grupy chondrytów węglistych, bogatych w związki organiczne. Zolensky twierdzi, że badania jego i jego kolegów „wskazują, że te meteoryty są wyjątkowymi chondrytami węglistymi, prawdopodobnie zbliżonymi do chondrytów CI”. Chondryty węgliste stanowią około trzech procent znalezisk meteorytów.

Przypuszczalny typ chemiczny tych meteorytów stanowi mniej niż 0,1% wszystkich meteorytów odnalezionych do dziś i reprezentuje najbardziej pierwotną materię z początków istnienia Układu Słonecznego. Chociaż ta możliwość bardzo emocjonuje naukowców, to rzeczywistą wartość tych meteorytów dopiero trzeba poznać. Jednak staranne zebranie pierwotnych meteorytów przez Jima Brooka z lodówki kanadyjskiej zimy i przechowywanie ich w stanie zamrożonym otworzyło zupełnie nowe możliwości dla badaczy meteorytów z całego świata.

Komisja Nazewnictwa Meteoritical Society oficjalnie nadała tym meteorytom nazwę Tagish Lake. Wykorzystując relacje świadków i dane fotograficzne zebrane podczas badań terenowych oraz obserwacje z dwóch systemów satelitarnych Departamentu Obrony USA wyznaczono trajektorię i prędkość bolidu. Możliwość obliczenia tego jest stosunkowo nowym osiągnięciem nauki o meteorytach — pozwoliło to badaczom wyznaczyć wielkość meteoroidu przed wejściem w atmosferę, jego orbitę i pochodzenie.

„Dotąd znano tylko cztery meteoryty z dokładnie wyznaczonymi orbitami i nigdy nie obliczono orbity chondrytu węglistego” mówi Brown. „Cały proces odnalezienia materii i określenia, skąd ona pochodzi, sprawia, że jest to naukowy odpowiednik wyprawy kosmicznej w celu pobrania próbki planetoidy i przywiezienia jej na Ziemię — za tysięczną część jej kosztu.”

„Spadek Tagish Lake jest największym z dotychczas zarejestrowanych nad lądem przez systemy satelitarne,” stwierdza Hildebrand. „Odnalezienie seitek meteorytów pozwala na badania, które dokładnie ograniczą wielkość meteoroidu

przed wejściem w ziemską atmosferę. Skalibrowanie obserwacji satelitarnych dla tak dużego obiektu pomoże nam określić wielkości wszystkich bolidów rejestrowanych przez satelity, co w efekcie stworzy globalny system śledzenia bolidów. Obserwacje takie zwiększą naszą wiedzę zarówno o zagrożeniach jak i o korzyściach stwarzanych przez planetoidy i komety przecinające ziemską orbitę.”

University of Calgary, Alberta, Kanada

Odkrycia misji NEAR przedstawiono w najnowszym numerze „Science”

Dotychczasowe wyniki badań misji NASA nazwanej „Spotkanie z planetoidą bliską Ziemi (NEAR)”, które opublikowano w czasopiśmie „Science” z 22 września, potwierdzają, że planetoida 433 Eros jest skonsolidowaną pierwotną próbką z początków istnienia Układu Słonecznego.

„Możemy dziś powiedzieć, że Eros jest planetoidą, która nie uległa dyferencjacji i ma jednorodną strukturę. Jej materia nigdy nie rozwarstwiła się na skorupę, płaszcz i jądro.” Powiedział dr Andrew F. Cheng z Laboratorium Fizyki Stosowanej Uniwersytetu Johna Hopkinsa, który kieruje misją NEAR. „Posiadamy ostateczne wyniki pomiarów masy i gęstości oraz widowiskowe obrazy i filmy przedstawiające grzbiety, zagłębienia, doliny i rowy stanowiące fascynujące klucze do przeszłości tej planetoidy.”

NEAR jest pierwszym dogłębnym badaniem planetoidy. Dziś gdy minęła już ponad połowa zaplanowanej na rok misji, która rozpoczęła się 14 lutego 2000 r., statek NEAR Shoemaker przekazał na Ziemię ponad 103300 obrazów i wyników rozległych pomiarów składu chemicznego Erosa, jego struktury i form krajobrazu, zrobionych z odległości od 35 do 350 kilometrów.

Wielokanałowy analizator obrazu statku NEAR Shoemaker i nieczynny obecnie spektrometr w podczerwieni zasypały nas obserwacjami ukazującymi obszary silnie zryte kraterami graniczące z regionami stosunkowo gładkimi. Największy krater tej planetoidy ma średnicę 5,5 kilometra i znajduje się po przeciwnej stronie niż jeszcze większa, 10-kilometrowa depresja w kształcie siodła. Bloki wyrzuconej materii – kamienie i gazy wytworzone przez zderzenia – występują obficie i mają rozmiary sięgające nawet 100 metrów, chociaż nie są rozrzucone równomiernie po całej planetoidzie.

Niektóre obszary są gęsto usiane kraterami o średnicach przekraczających 200 metrów. Obrazy uzyskane z niższych orbit ukazują także „młodsze” części, gdzie kratery zostały wypełnione lub przykryte luźną materią.

Ponad 8 milionów pomiarów wykonanych dalmierzem laserowym, aby dokładnie określić kształt Erosa wykazało, że ta planetoida jest skonsolidowanym ciałem a nie zlepkiem luźno związanych, znacznie mniejszych składników. Istnienie takiej struktury przypominającej stertę gruzu, wywnioskowano z badań wielu planetoid, ale nie dotyczy to Erosa. Jego nieregularny kształt podobny do orzeszka ziemnego, którego ciało tak duże jak Ziemia nie zdołałoby zachować, kryje jednorodną strukturę wewnętrzną. Chociaż Eros jest skonsolidowany, to wszechobecna struktura grzbietów i rowów sugeruje, że wewnątrz jest silnie spękane.

Spektrometr rentgenowski statku NEAR Shoemaker wykrył niski poziom glinu w stosunku do magnezu i krzemu, co wskazuje na brak dyferencjacji. Eros, czy też ciało macierzyste, od którego się odłupał, nie doświadczyło procesów rozległego topnienia, przez które przeszły w swym rozwoju planety takie jak Ziemia. Te odkrycia skłaniają badaczy do poglądu, że Eros może być powiązany z pierwotnymi chondrytami zwyczajnymi, najpospolitszym typem meteorytów. Analizator obrazu i spektrometr w podczerwieni także stwierdziły występowanie cech widmowych zgodnych z tezą, że jest to pierwotny chondryt.

Korzystając z naziemnych pomiarów dopplerowskich i przy pomocy dalmierza naukowcy wyznaczyli, że masa planetoidy wynosi $6,687 \times 10^{15}$ kilogramów a gęstość jest 2700 kg/m^3 czyli jest równa mniej więcej średniej gęstości ziemskiej skorupy. Gęstość ta jest dość jednorodna w całej planetoidzie.

Eros charakteryzuje się stabilną rotacją, a prędkość ucieczki waha się na nim od 3,1 do 17,2 metra na sekundę, co pozwoliłoby wyrzucić na zawsze z jego powierzchni piłkę baseballową. Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Erosa waha się od 2,3 do 5,5 milimetrów na sekundę do kwadratu, czyli jest tysiąc-krotnie mniejsze od ziemskiego. Człowiek ważący na Ziemi 70 kg na Erosie ważyłby od 16 do 37 gramów.

Wyniki badań, przedstawione szczegółowo w czterech artykułach w „Science”, obejmują pierwsze sześć miesięcy pracy na orbicie wokół Erosa. 25 paź-

dziernika 2000 r. statek NEAR Shoemaker przejdzie na niską orbitę w odległości 6 km, a w lutym 2001 roku misja zakończy się powolnym, kontrolowanym opuszczeniem się na powierzchnię planetoidy. Statek znajduje się obecnie 176 milionów kilometrów od Ziemi obiegając Erosa z prędkością niespełna 8 km/godz.

Aktualne informacje o przebiegu misji znajdują się na stronach <http://near.jhuapl.edu>

Konferencja czy Piknik?

Według planu miała to być konferencja dla naukowców i miłośników meteorytów poświęcona najnowszemu polskiemu meteorytowi Zakłodzie. Gościnność gospodarzy, liczne dodatkowe atrakcje, swobodna atmosfera i częste przebywanie w plenerze sprawiły, że Jarek Bandurowski na swych stronach internetowych nazwał to spotkanie „III Piknikiem Meteorytowym” i chyba ma rację. Nie oznacza to, że spotkanie było niezbyt poważne, ale jego powaga wyrażała się w treści referatów i dyskusji, a nie w zewnętrznych formach.



Zamieszczone na okładce zdjęcia z Guciowa wykonali: Marcin Cimała i Jarosław Bandurowski

W spotkaniu w różnym czasie i w różnym stopniu uczestniczyli: Jarosław Bandurowski, Jadwiga Biała, Zdzisław Biedrzycki, Marcin Cimała, Walentin Cwietkow, Krzysztof Gregorczyk, Michał Gregorczyk, Łukasz Karwowski, Kazimierz Mazurek, Krystyna Mościcka, Andrzej S. Pilski, Elżbieta Plucińska, Tadeusz Przylibski, Jacek Siemiątkowski, Jerzy Strzeja, Paweł Zagożdżon i oczywiście gospodarze: Anna i Stanisław Jachymek.

Ze względu na znaczną odległość i niełatwy dojazd uznano, że właściwa konferencja odbędzie się w sobotę, a piątek i niedziela będą dniami przyjeżdżania i wyjeżdżania. Ciepła i słoneczna pogoda wyjechała niestety pierwsza, już w czwartek około południa, zanim przybyli pierwsi uczestnicy. Jednak w piątek przed południem, gdy gospodarz zaprosił pierwszych gości na wędrowną po okolicznych lasach pod pretekstem szukania grzybów, chmury zaczęły się przerzedzać i po południu już było słonecznie, choć chłodno. Zmagając się ze strajkiem trans-

portowców docierali kolejni uczestnicy i na wieczornym ognisku, przy księżycu, pod wspaniale rozgwieżdżonym niebem, byli już prawie wszyscy. Bardzo szybko okazało się, że to jednak konferencja, a nie spotkanie towarzyskie, bo po paru chwilach zaczęła się ożywiona dyskusja na temat wyników badań meteorytu Zakłodzie i problemów z jego klasyfikacją.

Sobotni ranek przywitał uczestników mrozem, ale słońce szybko zamieniło szron na trawie w kropelki zwykłej rosy. Po śniadaniu rozpoczęły się referaty: dr Jacek Siemiątkowski, prof. Łukasz Karwowski i dr Tadeusz Przylibski zaprezentowali dotychczasowe wyniki badań Zakłodzia. Dyskusja po ich wystąpieniach została szybko przerwana, gdy gospodarz wniósł przedmiot dotychczasowej dyskusji. Wszyscy rzucili się oglądać i fotografować. Następnie gospodarz zaprosił wszystkich na wycieczkę na miejsce znalezienia meteorytu i kawalkada samochodów wyruszyła do Zakłodzia intrygując mieszkańców mijanych wiosek. Na miejscu znalezienia meteorytu oraz przy tablicy z nazwą miejscowości zrobiono pamiątkowe zdjęcia. Nowych okazów nie znaleziono, ale też nie szukano ich zbyt usilnie zadowalając się kukielkami lessowymi.

Po obiedzie, przy resztkach psującej się pogody, odbył się skromny piknik meteorytowy, gdzie można było zaopatrzyć się w okazy przywiezione przez Pilskiego i Cwietkova. Wiele meteorytów znikło jednak wcześniej w dwustronnych kontaktach. Gwoździem programu, niestety nie na sprzedaż, był niezwykle chondryt kamacytowo-enstatytowy prezentowany przez prof. Karwowskiego, który zajmuje się jego badaniem.

Druga sesja referatowa obejmowała tematy inne niż Zakłodzie. Dr Jadwiga Biała omówiła planetogenezę, a mgr Elżbieta Plucińska metody poszukiwania planet poza Układem Słonecznym. Referat dr Siemiątkowskiego prezentujemy obok, niestety bez mnóstwa slajdów, którymi był ozdobiony. Zabrakło czasu na referat o pseudometeorytach, ale to zagadnienie było rozważane w bezpośrednich rozmowach przy okazach zaprezentowanych przez gospodarza.

Wieczne ognisko było miłe i dla ciała (pyszny bigos i kielbaski) i dla ducha (poezja i muzyka), choć pogoda była tylko tak łaskawa, że spadło jedynie parę kropel deszczu. Rankiem rozpadało się jednak na dobre dając do zrozumienia, że pora wyjeżdżać, co też, z żalem, uczyniono.

Chondry Baszkówki – Guciów

Jacek Siemiątkowski

Czy każda chondra jest inna?

W chondrycie Baszkówka, który gościł już na łamach „Meteorytu”, najbardziej charakterystyczną cechą jest duża ilość całkowicie zachowanych chondr.

Sam chondryt Baszkówka zbudowany jest z wielu dobrze wyróżniających się składników automorficznych i ksenomorficznych o podobnej wielkości, ułożonych bezładnie. Składnikami automorficznymi meteorytu są chondry i pojedyncze kryształy oliwinu; panautomorficznymi fragmenty chondr; ksenomorficznymi skupienia kamacytu i troilitu, drobne ilości matriksu oraz pory.

Pozwoliło to na statystyczną analizę ich składu mineralogicznego i bardzo różnorodnych struktur czyli sposobu wykształcenia tych minerałów (foto).

Najbardziej charakterystyczne dla tego meteorytu, obok dużej porowato-

ści, są jak już to powiedziano bardzo liczne chondry o kształtach kulistych i elipsoidalnych. Rozmiary chondr wyrażone ich średnicami wynoszą od 0,04 do 3,0 mm. Systematyczne pomiary przeprowadzono na wyznaczonej powierzchni płytki cienkiej polerowanej o rozmiarach 250 mm². Chondry całkowicie zachowane, na których przeprowadzano pomiary stanowią około 30 % całej badanej powierzchni. W dziesięciu polach o powierzchniach 25 mm² w których przeprowadzano pomiary napotkano ich od 45 do 92 sztuk. Mogą one stanowić do 50% powierzchni pola. W meteorycie Baszkówka na badanej powierzchni napotkano 697 całkowicie zachowanych chondr o rozmiarach od 0,04 do 2,46. Chondry, jak wspomniano, są kształtów kulistych i elipsoidalnych, wielkość ich wyznaczano mierząc średnice w przekrojach kołowych oraz minimalną i maksymalną w przekrojach eliptycznych.

Chondry kuliste stanowią 60 % ilości mierzonych obiektów. Obecne są trzy populacje chondr: drobne o średnicach 0,04 – 0,29 mm, których napotkano 336 sztuk, średnie 323 sztuki o rozmiarach od 0,30 do 1,00 mm, 323 sztuki i chondry duże od 1,00 do 2,46 mm, których napotkano 39 sztuk.

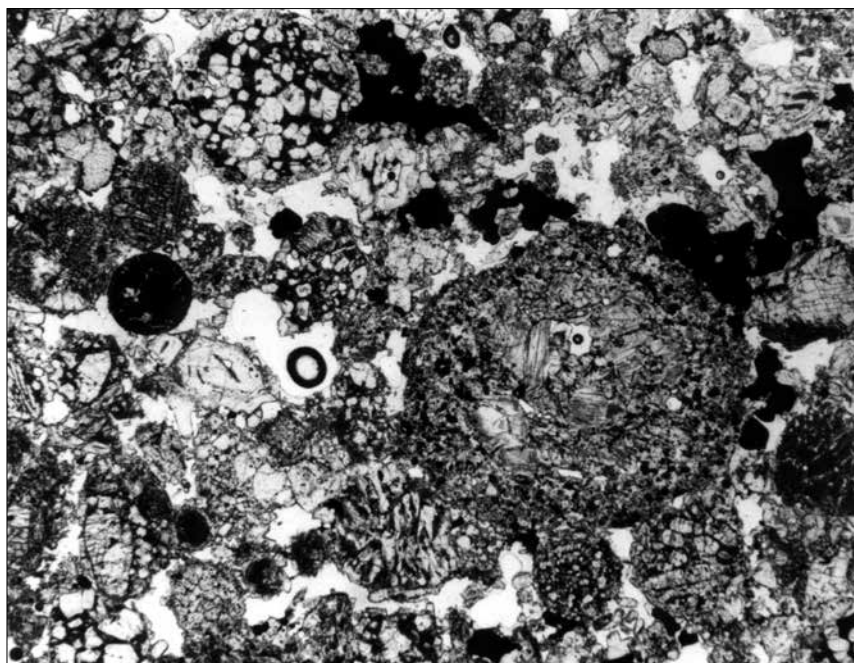
Typy tych struktur są takie same jak w innych chondrytach i to również w chondrytach węglistych a więc: oliwinowe belkowe, ziarniste, promieniste, porfirowe, drobnoziarniste.

I tu mała dygresja, skłaniam się do polskiej nazwy belkowe, ponieważ są to przeważnie dość grube listewki przypominające raczej belki niż listewki jakie spotykamy w plagioklazach (również tych występujących w meteorytach np. Łowicz). Kryształy te w przekrojach, które obserwujemy pod mikroskopem dają obraz paszków w znaczeniu jak paski na spodnicach w łowickich strojach ludowych a nie koncentrycznych pasów jakie spotykamy w krzemieniach pasiastych, które przypominają raczej pas u spodni i to już zapęty.

Wśród tych typów spotyka się chondry, które różnią się składem mineralnym co daje następne wyróżnienia co pozwoliło wyróżnić 16 typów. Chondry o podobnej strukturze i składzie mineralnym różnią się również wielkością.

Następna cechą wyróżniającą te chondry jest obecność obwódek znowu o różnym składzie i grubości.

Daje to więc wiele stopni swobody. Mają więc one cechy indywidualne. Podobne badania były zrobione wyłącznie na chondrach belkowych przez M.K. Weisberga w 1987 roku i te chondry z 26 meteorytów grupy H, L, i LL są też tak różnorodne! Jest to cecha która ułatwia zrozumienie faktu, że chondry powstają z pyłu międzyplanetarnego i są materiałem do powstania protoplanetek.



Fotografia mikroskopowa płytki cienkiej wykonanej z meteorytu Baszkówka (na zdjęciu fragment 3 na 4 mm). W prawym dolnym rogu zlepek kilku chondr i skupienia kamacytu z troilitem, przypominający żółwia. Poza tym chondry różnych typów: porfirowe; oliwinowe i oliwinowo-piroksenowe; lamelkowe piroksenowe; promieniste piroksenowe; skalenioowo-chromitowe. Na przedstawionej powierzchni można doliczyć się 20 chondr zachowanych w stanie nienaruszonym nie licząc pokruszonych. Obserwuje się również różnej wielkości skupienia kamacytu z troilitem (czarne) i pustki (białe).

Uwaga: owalne obiekty z czarną obwódką tkwiące w pustkach to pęcherzyki powietrza uwiecznione w żywicy mocującej płytkę meteorytu na szkiełku.

JS

Misja NEAR — wzmacnianie związku między planetoidami i meteorytami

Tim McCoy

tłum. Tomasz Lewicki

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Czytelnicy „Meteorite!” zdają sobie sprawę z naukowej wartości meteorytów. Te kawałki innych światów zawierają zapis niezliczonych procesów, od powstawania pierwiastków przez nagłą śmierć gwiazd do trwających od miliardów lat zderzeń, które porały powierzchnie planetoid. Meteoryty są jednak obiektami, które na swój sposób wywołują uczucie niedosytu. Można je porównać z badaniem złożonej struktury wzdłuż drogi wycinanej w ziemskich skałach poprzez zbieranie tylko małych kamieni wyrzucanych na wysypisko wiele mil od niej. Mimo że te kamienie mają nam coś do powiedzenia, to bez ujrzenia wzajemnych związków między nimi w terenie i przemyślanego doboru próbek do badania możemy często odczytać tylko niewielki fragment tej opowieści.

Badacze planetoid podchodzą do zagadnienia z zupełnie innej strony. Przez studiowanie widma światła słonecznego odbitego od powierzchni tych małych planet i poszukiwanie cech właściwych odpowiednim minerałom mają nadzieję dowiedzieć się czegoś o składzie chemicznym planetoid, rozmieszczeniu rozmaitych ich typów w pasie planetoid i o procesach geologicznych, które doprowadziły do tej różnorodności. Planetoidy oglądane z Ziemi jawią się nam jedynie jako punkty światła. Badacze widzą więc odpowiednik odkrywki geologicznej, ale nie potrafią rozróżnić jej poszczególnych warstw i znów mogą poznać jedynie małą część prawdy.

Czternastego lutego bieżącego roku misja NEAR (Near-Earth Asteroid Rendezvous — spotkanie z planetoidą bliską Ziemi) uczyniła wielki krok ku zrozumieniu związków między meteorytami i planetoidami oraz wyjaśnieniu procesów, które doprowadziły do uformowania zarówno

jednych, jak i drugich. Uczucie triumfu blisko 500 naukowców i inżynierów zgromadzonych w Laboratorium Fizyki Stosowanej Uniwersytetu im. Johna Hopkinsa w Laurel (stan Maryland, USA) wywołał fakt, iż sonda NEAR stała się pierwszym sztucznym satelitą planetoidy. Stało się to w momencie wprowadzenia pojazdu na orbitę wokół planetki 433 Eros. Finansowana przez NASA sonda, jako pierwsza w programie Discovery, wystartowała niemal dokładnie 4 lata wcześniej (17. lutego 1996 r.). Podczas liczącej blisko 2 miliardy mil (ok. 3,2 mld km) podróży wykonała bliskie przeloty obok Ziemi oraz dwóch planetoid: pierwszej typu C, znanej jako 253 Matylda oraz — nieplanowany — obok Erosa. Działała przy tym dalej od Słońca niż jakikolwiek inny wcześniejszy pojazd kosmiczny zasilany energią naszej Gwiazdy Diennej. Znaczące dokonania technologiczne zaowocowały bogactwem danych, które mogą pomóc w lepszym zrozumieniu zależności między „kamieniami z nieba” i małymi planetami oraz procesów geologicznych zachodzących na tych wiekowych globach.

Planetoida 433 Eros nie została wybrana przypadkowo, lecz skupia w sobie zbiór wielu ważnych zagadnień w nauce o planetoidach i meteorytach. Jest to największa planetoida bliska Ziemi (tzw. NEA — Near Earth Asteroid) z orbitą zawartą wewnątrz orbity Marsa. Obiekty typu NEA są przypuszczalnie bezpośrednim źródłem wielu meteorytów i z tego powodu są niezmiernie interesujące dla badaczy meteorytów. Eros jest pociągający także dla naukowców zajmujących się planetkami. Jest to planetoida typu S. Na podstawie obserwacji widma światła słonecznego odbitego od obiektów tego rodzaju przypuszcza się, że zawierają one

oliwin, piroksen, plagioklaz i metal, czyli minerały obecne w bardzo wielu meteorytach. Niektórzy naukowcy łączą planetoidy typu S — drugą pod względem obfitości grupę w głównym pasie małych planet — z chondrytami zwyczajnymi — najliczniejszym rodzajem meteorytów spadających na Ziemię. Jednak meteoryty bogate w oliwin, piroksen, plagioklaz i metal uformowały się także w wyniku częściowego stopienia w niewielkim stopniu skał na planetoidach, do doprowadziło do powstania meteorytów takich jak acapulcoity, lodranity, winonaity i meteoryty żelazne zawierające krzemiany. Tak więc planetoidy typu S mogły powstać w efekcie działania wielu procesów geologicznych.

Sonda NEAR została wprowadzona na orbitę wokół Erosa odległą od niego o ponad 350 km i stopniowo obniżaną do 200, 100 i 50 km. W lipcu sonda została sprowadzona na wysokość 35 km od środka Erosa. NEAR pozwoli nam — po raz pierwszy w historii — na otrzymanie danych o rzeźbie terenu, geologii, mineralogii, chemii, polu magnetycznym i grawitacyjnym planetoidy dla różnych miejsc na jej powierzchni. Aby zrealizować te ambitne cele, sonda ma na pokładzie szereg instrumentów, m. in. kamerę wielokanałową, spektrometry w zakresie bliskiej podczerwieni, promieniach rentgenowskich i gamma, wysokościomierz laserowy, magnetometr oraz aparaturę do przeprowadzenia eksperymentu w dziedzinie fal radiowych. Rozdzielczość przestrzenna tych instrumentów waha się od kilku metrów dla kamery wielokanałowej do blisko 10 km w przypadku spektrometru gamma. NEAR przekazał już rozmaite, niezwykle ciekawe dane, które zostały przedstawione na marcowej konferencji w dziedzinie nauk o Księżycu

i planetach w Houston (stan Teksas, USA) oraz na majowym spotkaniu Amerykańskiej Unii Geofizycznej w Waszyngtonie.

Na wspomnianej wyżej konferencji w Houston skupiono się głównie na określeniu kształtu i struktury powierzchni planetoidy. Eros jest podobny do ziarna fasoli o długości ok. 33 km i średnicy ok. 13 km w środku. Niezbyt zaskakujący jest fakt, iż głównymi procesami geologicznymi kształtującymi jego powierzchnię były zderzenia. Największy krater ma średnicę około 5,5 km. Kilka mniejszych i młodszych kraterów znajduje się na jednej stronie wału tego wielkiego krateru, nadając całości wygląd odcisku łapy zwierzęcia. Po przeciwnej stronie tej „łapy” znajduje się „siodło” — wielka i tajemnicza depresja. Chociaż zderzenie prawdopodobnie odegrało pewną rolę w tworzeniu tego „siodła”, twór ten nie wykazuje ani kształtu, ani struktury krateru uderzeniowego. Wiele mniejszych kraterów, którymi pocętkowana jest powierzchnia Erosa, charakteryzuje się nagłymi zmianami wartości albedo (tzn. efektywności odbijania światła padającego na skałę) ścian krateru. Prawdopodobnie najbardziej „kłopotliwą” właściwością planetoidy, rozpoznaną dopiero na najniższych orbitach, jest obfitość głazów oraz stosunkowy niedobór małych kraterów uderzeniowych. Obszary usiane wielkimi kamie-



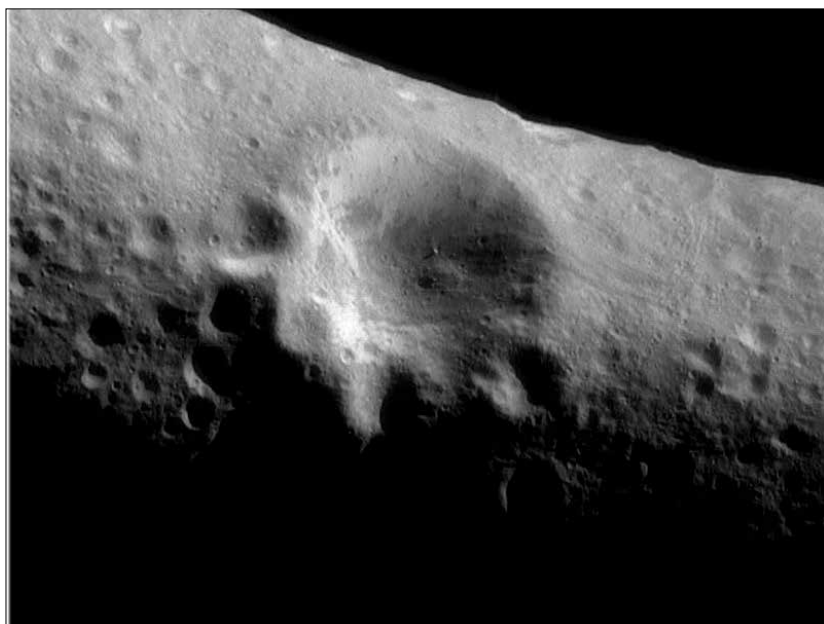
Wschodnia i zachodnia półkula Erosa, sfotografowane 23 lutego 2000 r. z odległości 355 km. Widoczne są szczegóły o rozmiarach 35 metrów

niami zajmują znaczną część Erosa i tam właśnie ich ilość przewyższa liczbę kraterów. Znalezienie źródła głazów i wyjaśnienie przyczyn małej liczby kraterów jest obecnie największym wyzwaniem dla zespołu badaczy, można jednak sądzić, że fakt ten może być odzwierciedleniem stosunkowo niedawnej zmiany

wyglądu powierzchni planetoidy przez przynajmniej jedno wielkie zderzenie.

Podczas gdy fotografie i pomiary wykonywane za pomocą wysokościomierza laserowego dają rozeznanie co do wyglądu powierzchni Erosa, to masę ciała określi w pierwszym rzędzie eksperyment z użyciem fal radiowych, polegający na śledzeniu wpływu pola grawitacyjnego planetoidy na sondę. Jeśli dodatkowo znana będzie objętość (wyznaczona z obrazów uzyskanych w wielu dziedzinach widma elektromagnetycznego oraz pomiarów wykonanych za pomocą wysokościomierza laserowego), będzie można dokładnie poznać gęstość planetoidy. Pierwsze wyniki dają wartość w granicach 2,7 – 2,8 g/cm³, znacznie mniejszą niż meteorytów, które prawdopodobnie pochodzą z planetoid takich jak Eros (3,3 – 3,6 g/cm³ w przypadku chondrytów zwyczajnych). Sugeruje to, iż 433 Eros może być w około 20 % „makroporowaty”, być może w formie pęknięć.

Na wiosennym spotkaniu Amerykańskiej Unii Geofizycznej uwagę zwrócono na wyjaśnienie, z jakich rodzajów skał zbudowany jest Eros.



Mozajka zdjęć krateru o średnicy 5,5 km wykonana 3 marca 2000 r. z odległości 204 km. Doskonale widoczne są wielkie głazy i zmiany albedo na ścianach krateru.

Na wyposażeniu sondy NEAR znajdują się dwa typy instrumentów, które dostarczają uzupełniających się wzajemnie informacji. Spektrometr dokonujący obserwacji w bliskiej podczerwieni mierzy światło odbite od powierzchni planetoidy w celu poznania rodzajów minerałów, z jakich zbudowany jest Eros. Spektrometry: rentgenowski i gamma pozwolą nam na poznanie składu chemicznego powierzchni planetki (zawartości krzemu, magnezu, glinu, wapnia, żelaza, siarki i tlenu). Spektrometr podczerwony zebrał już ponad 50 tysięcy widm, umożliwiając stworzenie mapy geologicznej północnej „półkuli” planetoidy. W dziedzinie widma elektromagnetycznego, a co za tym idzie także budowy mineralogicznej, Eros wydaje się być bardzo jednorodny. Wartości natężenia w widmie wykazują odstępstwo zaledwie 4–6 % od wartości średniej. Z pomiarów głębokości i szerokości pasm absorpcyjnych (powstających wskutek pochłaniania światła słonecznego przez różne minerały) można określić stosunek obfitości oliwinu i piroksenu. Wyniki pochodzące z Erosa mieszczą się w zakresie wartości odpowiednich dla chondrytów zwyczajnych, szczególnie typu L i LL. Źródło różnic

w widmie pozostaje nieznane, jednak może być odbiciem małych różnic w mineralogii, zmian na powierzchni wywołanych przez oddziaływanie z przestrzenią kosmiczną lub też różnic wynikających ze zmian kątów, pod jakimi oglądamy planetoidę oraz kątów padania promieni słonecznych na jej powierzchnię.

4. maja br. Słońce było źródłem szczególnie energetycznego rozbłysku, który „zbombardował” całą powierzchnię Erosa promieniowaniem rentgenowskim. Intensywne promieniowanie spowodowało, że powierzchnia planetoidy sama stała się źródłem promieniowania rentgenowskiego, którego część była w tym czasie obserwowana przez sondę NEAR. Mimo że sonda wykryła promieniowanie emitowane z powierzchni Erosa już w marcu, dopiero rozbłysk słoneczny na początku maja pozwolił po raz pierwszy z całkowitą pewnością określić skład chemiczny części planetoidy. Obserwowana powierzchnia miała wymiary około 4×6 km. Uzyskane z tej obserwacji wartości wskazują, że stosunki zawartości krzemu, magnezu, glinu i żelaza są zbliżone do odpowiednich wartości dla chondrytów zwyczajnych. Zgodność tych wyników z niezależnymi

wskazaniami spektrometrów gamma i podczerwonych jest uspokajająca oraz służy jako silne potwierdzenie uzupełniania się tych dwóch technik obserwacyjnych.

Mimo że dzięki sondzie NEAR już uzyskaliśmy interesujące rezultaty, misja jest wciąż na wczesnym etapie realizacji. Przekazywanie danych będzie trwało do końca roku i oczekiwanego zacieśniania orbity. Dotychczasowe rezultaty napęły nas wiarą, że planetoida 433 Eros jest szczególnie interesującym obiektem i mamy nadzieję, że misja NEAR w znaczący sposób zwiększy stan naszej wiedzy o związkach między planetoidami i meteoritami. Każdy może śledzić kolejne ekscytujące wyniki na internetowej stronie misji pod adresem <http://www.jhuapl.edu>, gdzie niemal codziennie pojawiają się zdjęcia, wyniki i komentarze naukowców z zespołów badawczych.

Tim McCoy jest głównym kuratorem Narodowej Kolekcji Meteorytów USA w Smithsonian Institution w Waszyngtonie oraz uczestniczy w zespole obsługującym spektrometr rentgenowski i gamma sondy NEAR.



Woodleigh — czwarta największa struktura uderzeniowa na Ziemi

Andrew Glikson

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3. Copyright © 2000 Pallasite Press)

W trzecią rocznicę śmierci Eugene Shoemakera — 18 lipca 1997 roku

Patrząc na grawimetryczny obraz idealnie okrągłej, wielopierścieniowej struktury uderzeniowej Woodleigh w biurze Geological Survey of Western Australia w maju 1998 roku pomyślałem sobie, że Gene'owi — tak nazywano Eugene Shoemakera (Fot. 1) — bardzo by się ona podobała. Jest to australijski odpowiednik krateru Chicxulub (Fot. 2 i 3). Gene, założyciel astrogeologii, który zginął tragicznie na pustyni Tanami 18 lipca 1997 roku, zawołałby z radosnym uśmiechem „To jest to

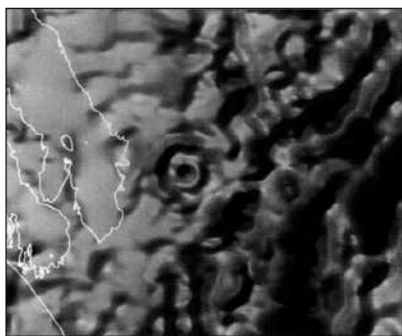
— mamy to!” Był osobą pełną ciepła i jednym z największych uczonych, jakich widziało kończące się stulecie.

Jak doskonale wiedzieli Gene i Carolyn w ciągu trwających 13 lat (1984–1997) poszukiwań struktur uderzeniowych na australijskich pustkowiach, na każdy udowodniony w końcu ziemski krater uderzeniowy przypada kilka fałszywych alarmów. Często słyszę pytanie, czy dany kołowy utwór, czy to jezioro, kopuła geologiczna lub anomalia geofizyczna może mieć pochodzenie

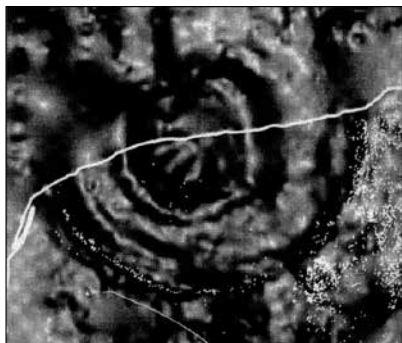
uderzeniowe, i często muszę rozczarowywać entuzjastów odmienną opinią. Udowodnienie pozaziemskiego uderzeniowego pochodzenia wymaga obecności w skałach utworów metamorfizmu uderzeniowego, mianowicie utworów planarnych deformacji w kwarcu (Fot. 4), skaleniu lub cyrkonie, stożków uderzeniowych, stopu poudzeniowego i innych. Dlatego, gdy nowy krater zostaje rzeczywiście odnaleziony i dodany do około 170 dotychczas znanych ziemskich kraterów, to jest to wydarzenie, tym

bardziej gdy struktura ma 120 km średnicy będąc czwartą pod względem wielkości na Ziemi (Mory et al., 2000. *Earth Planet Science Letters*, 177, 119-128).

Podobnie jak w przypadku Chicxulub, krateru „zabójcy dinozaurów” na Jukatanie (Fot. 3), udowodnienie uderzeniowego pochodzenia Woodleigh zajęło prawie dwadzieścia lat. W 1981 roku wiercenia w poszukiwaniu ropy naftowej koło Woodleigh Station na południe od Carnarvon Basin i na wschód od Zatoki Rekina w Australii Zachodniej (Fot. 2) ujawniły na głębokości około 200 metrów obecność kwarcowo-skaliennych skał z deformacyjnymi lamelami w kwarcu. Wówczas przypisano to mechanicznym skutkom wierceń, co było naturalnym przeoczeniem dla kogoś nie obeznanego z planarnymi utworami deformacyjnymi wytworzo-



Fot. 2. Obraz anomalii grawitacyjnej struktury uderzeniowej Woodleigh zagrzebanej na wschód od Shark Bay. Dane grawimetryczne z Australian Geological Survey Organisation, Wapet i Conoco kompanii naftowych. Przetworzony przez Geological Survey of Western Australia. Grzbiety przedstawiają materię o większej gęstości. Zewnętrzny pierścień ma 120 km średnicy.

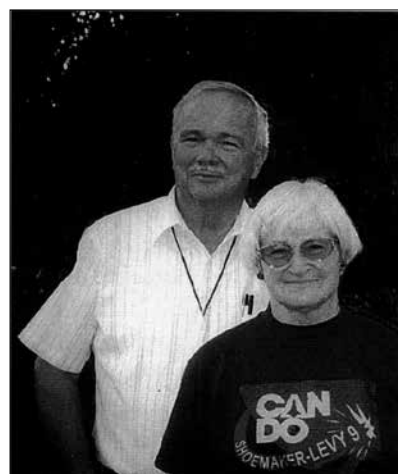


Fot. 3. Obraz grawimetryczny struktury uderzeniowej Chicxulub na Jukatanie w Meksyku. Białe obszary reprezentują materię o większej gęstości. Białe plamy to cenoty — wodne otwory skoncentrowane wzdłuż zewnętrznego pierścienia zagrzebanej struktury uderzeniowej, gdzie występuje wzmożona cyrkulacja wód gruntowych. Zewnętrzny pierścień ma 170 km średnicy.

nymi przez falę uderzeniową. Badania grawimetryczne prowadzone przez kompanie naftowe i przez Australian Geological Survey Organisation ujawniły niemal idealną, wielopierścieniową strukturę anomalii grawitacyjnej ze środkiem w Woodleigh Station. Od 1997 roku badania Carnarvon Basin prowadzone przez Geological Survey of Western Australia ponownie zwróciły uwagę na tę strukturę. Sugestię możliwego uderzeniowego pochodzenia struktury zawdzięczamy Robertowi Iasky, zdolnemu młodemu geofizykowi, i Arthurowi Mory, kierownikowi projektu Carnarvon Basin. Moją uwagę na ten utwór zwrócił John Gorter, czołowy australijski łowca zasypianych kraterów, któremu zawdzięczamy szereg odkryć, jak Tookoonooka (Basen Miedziany), struktura uderzeniowa Fohna i Pole Kraterów Carolyn Shoemaker (Morze Timor) oraz Ashmore (szelf północno-zachodni).

Wymowną cechą charakterystyczną struktury uderzeniowej Woodleigh jest ostre przecięcie się zewnętrznego pierścienia struktury z lokalnymi, biegnącymi z północy na południe, strukturami Carnarvon Basin (Fot. 2). W przeciwieństwie do kopuł tektonicznych kraterów uderzeniowych takie jak Chicxulub i struktura uderzeniowa Shoemakera (nazwana na cześć Gene'a — znajdująca się w regionie Wiluna w Australii Zachodniej) są w ostrej niezgodności z otaczającymi je strukturami geologicznymi, zupełnie jakby spadły z nieba. W czasie gdy zobaczyłem dane na temat Woodleigh, próbowałem bez powodzenia badać potencjalną strukturę uderzeniową z Archauku w zachodniej Pilbarze. Powiedziałem sobie, że jeśli Woodleigh nie okaże się strukturą uderzeniową, to już nią nie będzie... Powinienem dać sobie spokój z bezcelowymi poszukiwaniami... Poradziłem Robertowi i Arthurowi, aby jak najszybciej zagwarantowali sobie prawa do tego odkrycia pisząc opracowanie dla GSWA i możliwie szybko ogłaszając to w międzynarodowej literaturze.

Opracowanie opublikowano w 1999 roku. Przygotowywaliśmy także krótką pracę dla międzynarodowego czasopisma. Niestety nie można było znaleźć rdzeni wiertniczych,



Fot. 1. Eugene Shoemaker (1928–1997) i Carolyn Shoemaker w 1995 r.

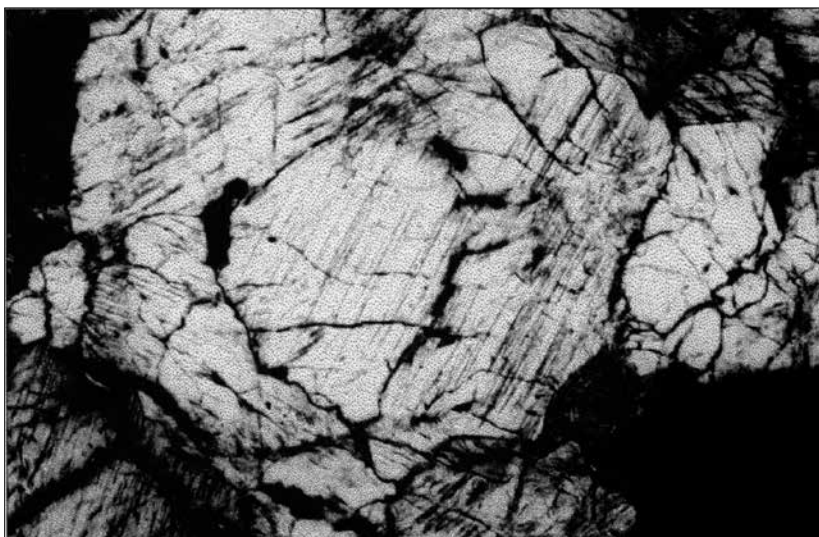
a przy ich braku wątpliwe było zaakceptowanie pracy przez recenzentów. Oczywiście rękopis wrócił z pytaniami o metamorfizm szokowy i początkową średnicę struktury. Zanim poprawiona praca została ostatecznie zaakceptowana w styczniu 2000 roku, zrobiono co najmniej 21 poprawek.

GSWA sfinansowało ponowne wiercenia w Woodleigh celem przetestowania hipotezy uderzeniowej. W marcu 1999 roku Arthur przesłał mi e-mail z miejsca wiercenia będąc pod wrażeniem granitoidowych rdzeni z czarnymi żyłami (Fot. 5), które pojawiły się na głębokości 170 metrów, gdzie nie spodziewano się występowania skał podłoża. Okazało się, że jest to fragment góry centralnej z lamelami szokowymi, stopieniem skał w stanie stałym (szkliwo diaplektyczne) i przecinającymi skałę systemami pseudotachylitowych żył (żyły sproszkowanej mikrobrekcji i szkliwa). Wyniki wiercenia dostarczyły wspaniałego potwierdzenia grawimetrycznego modelu centralnego wydzwignięcia granitoidu.

Mieliśmy teraz materiał, nad którym można było pracować. Badania mikroskopowe prowadził Franco Pirajno z GSWA, ja zająłem się analizami przy pomocy skaningowego mikroskopu elektronowego, a Terry Mernagh z Australian Geological Survey Organisation wykorzystywał laserową spektroskopię Ramana. Wyniki dostarczyły nowych niespodzianek. Lokalnie występowała zwiększona zawartość magnezu i żelaza wraz z anormalnymi ilościami niklu, kobaltu, chromu i wanadu. Jeśli zostały one

wprowadzone do skał dna krateru z eksplodującego pocisku, być może przez kondensację odparowanych składników, to byłby to pierwszy przypadek zaobserwowania takiego zjawiska, z wyjątkiem niklowo-chromowo-żelaznych metalowych żył pod kraterem Ries na południu Niemiec.

Teraz pojawiła się druga duża przeszkoda. Gdy już uderzeniowe pochodzenie zostało udowodnione, każdy pytał o wiek Woodleigh. Przy momentalnym topnieniu i studzeniu, co jest cechą zderzeń, izotopowe systemy mogły nie zostać wyzerowane, co uniemożliwiało wyznaczenie wieku. Potwierdzając tę regułę metoda rubidowo-strontowa i potasowo-argonowa zastosowana do biotyту oraz uranowo-ołowiowa zastosowana do cyrkonu z szokowych granitoidów dały wiek sięgający prekambriu, nie związany z uderzeniem, co wykazali moi koledzy Richard Armstrong i Julie Smith z Australijskiego Narodowego Uniwersytetu i Simon Kelley z brytyjskiego Uniwersytetu Otwartego. W tym czasie rozważano dwie hipotezy robocze: (1) wiek odpowiadający granicy permu i triasu (251 milionów lat), który preferowałem ze względu na wiek stygnięcia śladów rozszczepienia w miejscowym apatycie: 280 – 250 mln lat, i możliwy związek rozmiarów Woodleigh z zagładą na granicy permu i Triasu oraz (2) wiek pod koniec triasu (205 mln lat), co



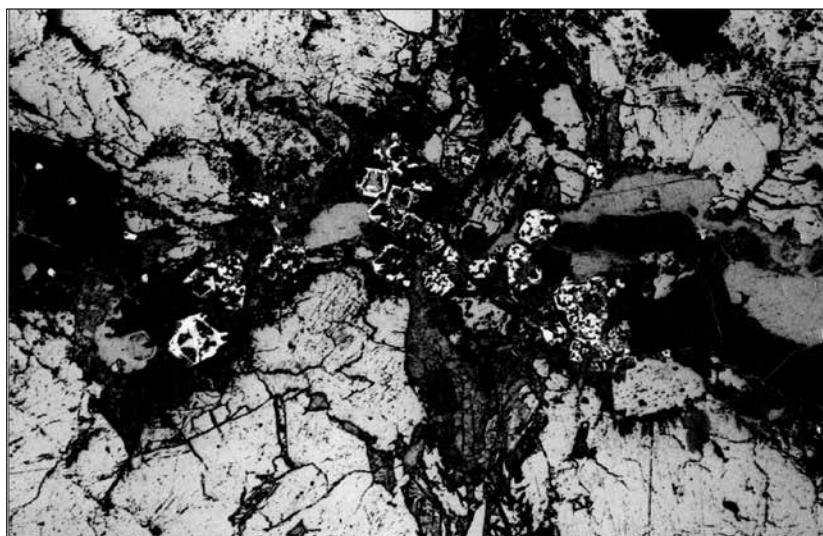
Fot. 4. Utwory planarnych deformacji w kwarcu wywołane przez ciśnienia szokowe wyższe niż sto kilobarów. Pomiary orientacji krystalograficznych tych lameli dostarczają informacji o wielkości szoku i długości o skali uderzenia. Szerokość zdjęcia ~0,1 mm.

preferował Arthur ze względu na brak triasowego wypełnienia krateru i wiek nadległych osadów jeziornych formacji Woodleigh z okresu wczesnej jury.

Wobec tych problemów zwróciłem uwagę na zmodyfikowane termalnie osady żwiru u podstawy pierścieniowej synkliny otaczającej centralne jądro, które wykazywały oznaki aktywności hydrotermalnej takie jakie mogą być wynikiem ogrzania przez uderzenie wód gruntowych i rekrystalizacji minerałów ilastych. Rentgenowska analiza dyfrakcyjna minerałów ilastych przeprowadzona przez Tonguc Uyssala z Uniwersytetu Queenslandzkiego i wyznaczenie wieku trzech próbek metodą pota-

sowo-argonową wskazały na wiek późnego dewonu około 365 mln lat. W tym okresie grupuje się wiele kraterów jak Charlevoix (Quebec) (D = 54 km; 367 + 15 mln lat); Siljan (Szwecja) (D = 52 km; 368 + 1,1 mln lat); Ternovka (Ukraina) (D = 15 km; 350 mln lat); Kaługa (Rosja) (D = 15 km; 380 + 10 mln lat); Elbow (Saskatchewan) (D = 8 km; 395 + 25 mln lat). Anomalie irydowe związane z granicą frasnian-frammenian są znane z północnego Canning Basin w Zachodniej Australii, w południowych Chinach wzdłuż tej granicy znajdują się mikrotektyty, a w Albercie występują wyraźne odchylenia $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Zagłada spowodowała wyeliminowanie pofałdowanych raf koralowych, trylobitów, ammonoidów, brachiopodów i innych gatunków.

Z odkrycia i trwających badań struktury Woodleigh wynika kilka nauk. Kryteria rozpoznawania zasypanych kraterów są coraz lepiej określone. Należą do nich ostre przecięcia regionalnych struktur tektonicznych przez wielopierścieniowe struktury grawimetryczne i magnetyczne i anomalie centralne regiony reprezentujące wydźwignięte jądra w połączeniu ze zredukowaną odpowiedzią sejsmiczną w zbrekcyjowanych, pociętych uskokami aureolach krateru.



Fot. 5. Pseudotachylitowe żyły w szokowanych rdzeniach granitoidowych odwierconych w centralnym wzniesieniu struktury uderzeniowej Woodleigh. Żyły składają się ze sproszkowanej brekcji zawierającej okruchy do rozmiarów submikronowych i zrekrytalizowanego szkliwa miejscami zastąpionego przez siarczki i węglany. Centralne wydźwignięcie granitoidu utworzyło się przez elastyczne, dośrodkowe odbicie dna krateru i otaczających skał po uformowaniu się krateru. Szerokość zdjęcia 2,7 mm.

*Research School of Earth
Sciences
Australian National University
Canberra, Australia*



Brekcje meteorytowe

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Wystarczy pobieżny przegląd meteorytów kamiennych, chondrytów i achondrytów, aby przekonać się, że meteoryty są uwalniane z ciał macierzystych przez powtarzające się zderzenia przez cały czas istnienia Układu Słonecznego. Chociaż częstotliwość zderzeń nieustannie zmniejszała się w ciągu minionych miliardów lat, o czy świadczą kraterzy na Księżycu, planety i ostatnio badanie planetoid z bliska, zderzenia wciąż zachodzą. Wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne, będący zapisem niedawnej fragmentacji ciał macierzystych, pokazuje, że odlupane fragmenty liczą jedynie dziesiątki milionów lat w przypadku meteorytów kamiennych. Najbardziej widocznym dowodem zderzeniowej przeszłości są wtórne cechy charakterystyczne jak brekcjowe tekstury i następujące po sobie topnienie i cementowanie. Zbrekcjowanie wydaje się być różne w różnych grupach meteorytów. W przypadku trzech podstawowych grup chondrytów najczęściej jest cytowana statystyka A. E. Rubina, który zbadał pod kątem brekcjowej tekstury 850 chondrytów zwyczajnych. Wśród brekcji 5% stanowiły chondryty H, 22% chondryty L i 23% chondryty LL. Wśród achondrytów HED przeważająca większość jest zbrekcjowana.

Rodzaje brekcji

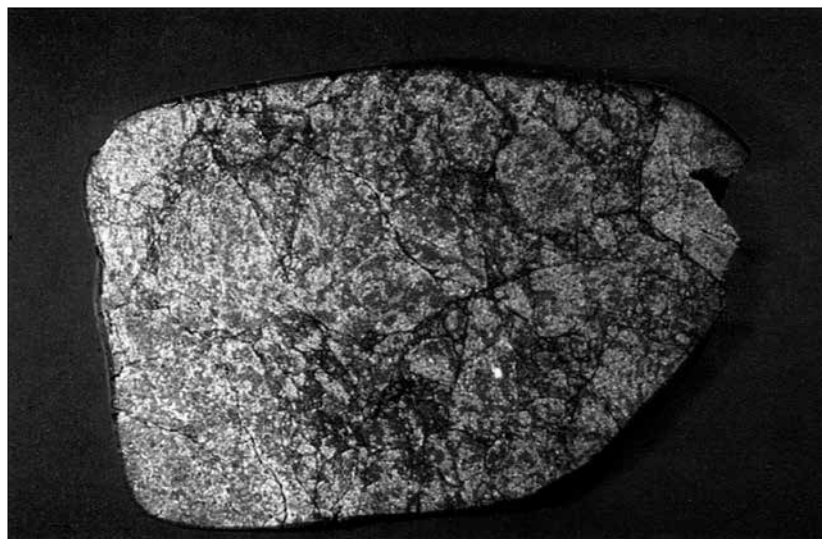
Jak pamiętamy występują trzy rodzaje brekcji: monomiktyczna, polimiktyczna i genomiktyczna (zob. *Meteoryt 4/98*). W meteorytach będących brekcjami monomiktycznymi obserwujemy rozległe spękania całej skały. Fragmenty często nie są przemieszczone w dużym stopniu i przekrój skały przypomina puzzla, którego fragmenty są scementowane stopioną i sproszkowaną materią o tym samym składzie co fragmenty. Miejsca połączeń wyglądają jak

ciemne żyłki ciągnące się przez całą skałę. Określenie „monomiktyczny” oznacza jednakowy skład, ponieważ zarówno fragmenty jak i łącząca je materia mają taki sam skład. Taka tekstura wskazuje, że skała pochodzi z jednego ciała macierzystego, które doznało uderzenia i fragmentacji ale niewystarczająco silnego by rozbić ciało, czy nawet przemieścić fragmenty. Polimiktycznymi brekcjami są meteoryty zawierające ksenolity, które nie są chemicznie powiązane z główną materią; to znaczy występują przynajmniej dwa odrębne pod względem chemicznym typy fragmentów reprezentujące odmienne typy meteorytów. Może to oznaczać tylko, że brekcje polimiktyczne są wynikiem zderzeń przynajmniej dwóch zupełnie odmiennych ciał macierzystych. Brekcje genomiktyczne zawierają fragmenty meteorytów określonego typu chemicznego (H, L, LL) ale o różnym stopniu przeobrażenia (różnych typów petrograficznych). Składają się one zwykle z jaśniejszych i ciemniejszych fragmentów, przy czym jaśniejsze fragmenty są silniej przeobrażone. Mogą

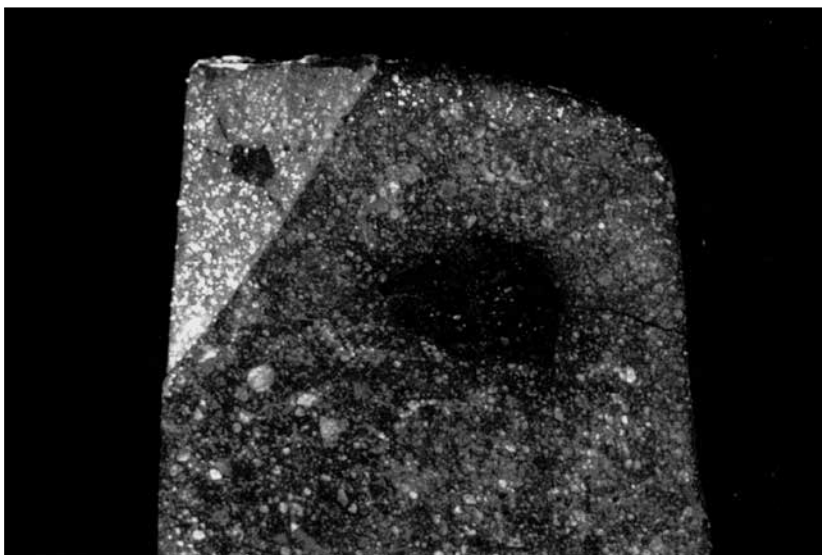
one pochodzić z jednego ciała macierzystego. Fragmenty o wyższym stopniu zmetamorfizowania mogą pochodzić z większej głębokości w ciele macierzystym, a te mniej przeobrażone mogły znajdować się bliżej powierzchni (zgodnie z modelem łupin cebuli). Jeśli ciało macierzyste zostało całkowicie zdruzgotane, mogło uformować się ponownie jako sterta gruzu, w które różne typy petrograficzne byłyby przemieszane. Zdjęcia 1–3 ukazują przykładowe typy brekcji.

Ksenolity w chondrytach zwyczajnych

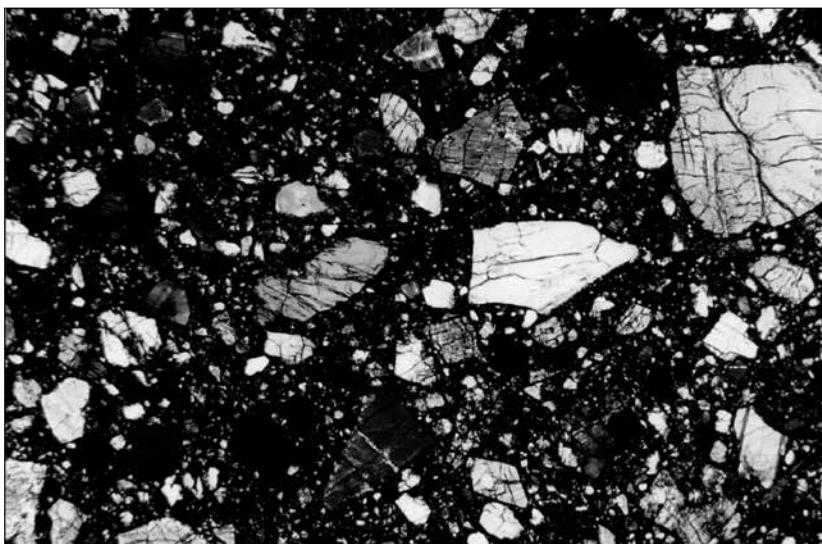
Jeśli ktoś przecina dużo chondrytów zwyczajnych, szczególnie brekcji regolitowych, to ma szansę natrafienia na ksenolitową inkluzję. Jednym z takich meteorytów jest popularna brekcja regolitowa H5 z Plainview w Teksasie. Zdjęcie 4 ukazuje ciemną inkluzję ujawnioną podczas przecinania okazu Plainview. Na oko widać, że jest drobnoziarnista, czarna i niemal bez szczegółów. Zrobiono szlif petrograficzny i zbadano teksturę pod mikroskopem. Inkluzja



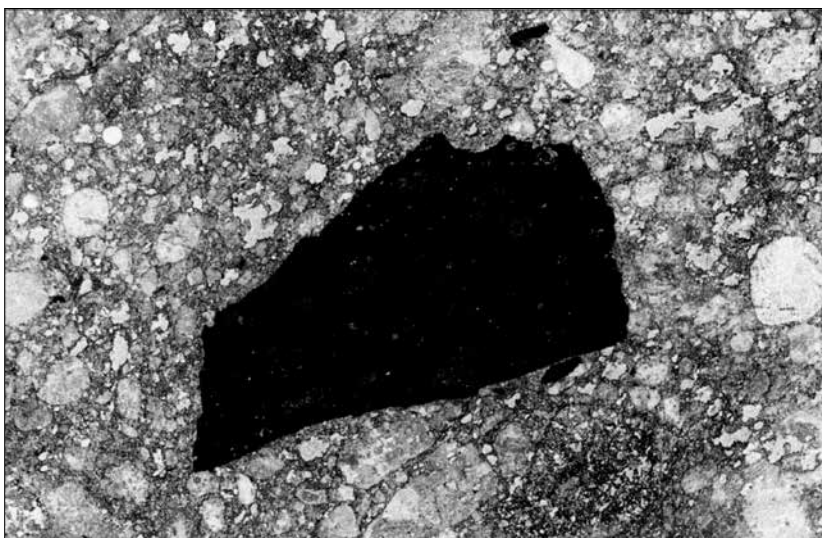
Fot. 1. Zbrekcjowana, monomiktyczna tekstura chondrytu H6 Peekskill. Zauważmy dobre dopasowanie różnych fragmentów ukazujące, że nie zostały one przemieszczone ale pozostały na miejscu. Ciemne, szkliste żyłki cementują okruchy.



Fot. 2. Polimiktyczny, zbrekcjowany chondryt LL4 Butha Qui z Chin. Zauważmy ciemne ksenolity węgliste typu CM2 w cieście skalnym chondrytu zwyczajnego. Okaz z kolekcji Roberta A. Haaga.



Fot. 3. Wszystkie howardyty są brekcjami polimiktycznymi. Widoczny tu w postaci płytki cienkiej przy skrzyżowanych polaroidach howardyt Bholghati prezentuje kanciaste okruchy plagioklazu (białe) i pigeonitu (różne jasne barwy). Meteoryt ten zawiera także nieco materii węglistej blisko spokrewnionej z materią CM2. Najdłuższy rozmiar pola widzenia: 3,1 mm.



Fot. 4. Ciemny, węglisty ksenolit w płytce chondrytu H5 Plainview sfotografowany w świetle odbitym. Największa długość pola widzenia wynosi 12 mm.

była zupełnie inna niż chondryt H, a więc meteoryt Plainview stał się brekcją polimiktyczną. W powiększeniu wyraźnie były widoczne małe chondry i ich fragmenty oraz pojedyncze kryształy (Fot. 5). Można było zauważyć ameboidalne skupienia małych ziaren oliwinu i przynajmniej jedną CAI. Tekstura nie pozostawiała wątpliwości: ta inkluzja pochodziła z ciała macierzystego chondrytów CM2.

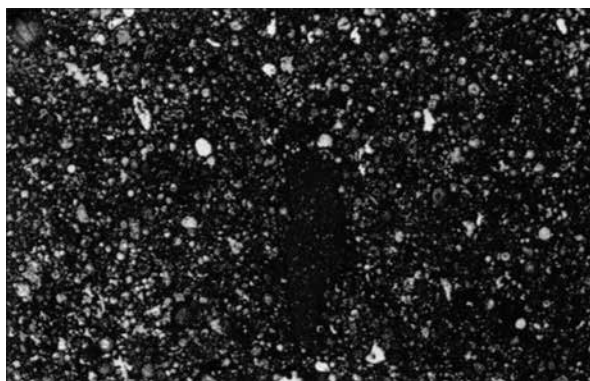
Inny chondryt zwyczajny, odnaleziony niedawno (1998 r.) Zag z Maroka okazał się niezwykłym okazem: zawierał kryształy halitu z inkluzjami ciekłej wody. Kupiłem fragment tego ciekawego chondrytu i znalazłem dużą inkluzję (około 1 centymetra długości) tkwiącą w meteorycie zaraz pod skorupą (Fot. 6). Zag był uważany wcześniej za brekcję genomiktyczną (H3-6). Inkluzja chondrytu węglistego czyni zeń brekcję polimiktyczną. Oglądanie ksenolitu pod mikroskopem ukazało warstwową strukturę bez chondr czy innych cech teksturalnych typowych dla CM2. Okazało się, że jest to fragment chondrytu CI. Chondryty tego typu zawierają aż 17% związanej wody, a ich ciemne, niemal pozbawione szczegółów ciało skalne zawiera ślady przeobrażeń pod działaniem wody. Czy ta inkluzja może być pozostałością zawierającego wodę ciała, które uderzyło w ciało macierzyste Zaga, przyłączoną do skalnej masy, która sama zawierała wodny lód?

Chemiczna dyferencjacja pasa planetoid

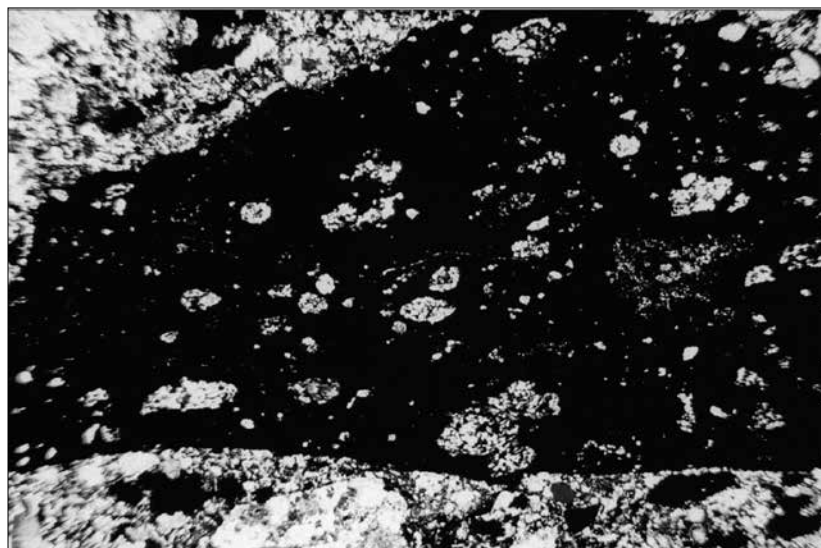
Przez ostatnie 20 lat specjaliści od planetoid, wykorzystując teleskopy wyposażone w spektrofotometrię odbiciową, poznali uśredniony skład chemiczny powierzchni planetoid na tyle dokładnie, że mogli podzielić planetoidy na odrębne typy chemiczne. Jednym z najważniejszych odkryć wynikających z tej klasyfikacji było istnienie wyraźnej zależności między typem kompozycyjnym a położeniem w pasie planetoid. Na przykład planetoidy typu E, z których pochodzą chondryty enstatytowe, występują w pobliżu wewnętrznego brzegu pasa w odległości około 2,0 j.a.; planetoidy typu S, które zawierają chondryty

zwyczajne (typ SIV) znajdują się mniej więcej w połowie pasa, najliczniej w pobliżu 2,2 j.a.; planetoidy typu C, ciała macierzyste chondrytów węglistych, znajdują się głównie w zewnętrznej części pasa między 2,5 a 4,0 j.a, przy czym większość jest dobrze poza 3,0 j.a. Nie dziwi to, ponieważ planetoidy typu C zawierają związaną wodę i inne składniki lotne występujące powszechnie w zewnętrznej części Układu Słonecznego. Co więcej w rozkładzie ciał macierzystych chondrytów węglistych może występować uporządkowanie od bezwodnych chondrytów CV i CO bliżej środka pasa do CM i CI zajmujących najbardziej oddalone części pasa.

Ciekawe, czy ten niejednorodny rozkład chemiczny w dzisiejszym pasie planetoid występował na początku istnienia Układu Słonecznego. Zbrekcjonowane chondryty zwyczajne z fragmentami chondrytów węglistych wydają się sugerować, że planetoidy w początkach istnienia Układu Słonecznego były bardziej równomiernie rozmieszczone niż są dziś. Nie wydaje się prawdopodobne, aby fragmenty planetoid węglistych mogły jakoś opuścić swoją część pasa i wędrować przez strefę planetoid typu S w liczbie wynikającej z ilości chondrytów zwyczajnych zawierających okruchy chondrytów węglistych. Wrostki chondrytów węglistych w chondrytach zwyczajnych są dość częste, ale okruchy chondrytów zwyczajnych w chondrytach węglistych niemal nie występują. Z drugiej strony trafiają się od czasu do czasu okruchy innych chondrytów węglistych na przykład w chondrytach CV3 (Fot. 7). Wydaje się to potwierdzać



Fot. 6. Węglisty ksenolit w chondrycie węglistym CV3 Allende. W tym okruchu chondry są gęściej upakowane, ale mają one tylko około 0,1 wielkości typowych chondr Allende. Może to być fragment CO3. Ma on 3,5 cm długości.



Fot. 5. Płytkę cienką z płytki Plainview ze zdjęcia 4 obejmującą ksenolit węglisty. Obecność chondr i ich fragmentów, ziaren oliwinu, ameboidalnych skupień (przy dolnym brzegu i w środku) oraz CAI (z prawej, w środku) pokazuje, że jest to okruch typu CM2.



Fot. 6. Centymetrowej szerokości fragment węglisty w chondrycie H3-6 Zag. Uwarstwienie to nie ślady cięcia, ponieważ powierzchnia została odsłonięta w wyniku pęknięcia. Niewiele teksturalnych szczegółów było widać pod mikroskopem. Może to być okruch CI.

konieczność, że jakieś 4 miliardy lat temu znacznie więcej planetoid typu C przemierzało środkowe obszary pasa planetoid niż obecnie. Dziś około 75% znanych planetoid głównego pasa to ciała węgliste, z których większość znajduje się poza środkową częścią pasa.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować dr Davidowi Mouatowi za dostarczenie okazu i płytki cienkiej chondrytu Plainview oraz dr

Tomowi Toffoli za dostarczenie znakomitych zdjęć płytek cienkich chondrytu Plainview i howardytu Bholghati.

Witamy w Sieci

Do znanych już meteorytowych stron Jarosława Bandurowskiego (republika.pl/jba1 – zapraszamy na relację z Guciowa) i Marcina Cimały (www.meteoryt.net) przybyła strona Szymona Kozłowskiego, jednego z przewodników po wystawie Kazimierza Mazurka we Fromborku (opis wystawy znaleźć można pod adresem: www.frombork.art.pl/Pol130wm.htm), a poza wakacjami studenta astrofizyki: www.meteoryt.z.pl

Kamienie z nieba: Siena 1794

Matteo Chinellato

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3. Copyright © 2000 Pallasite Press)

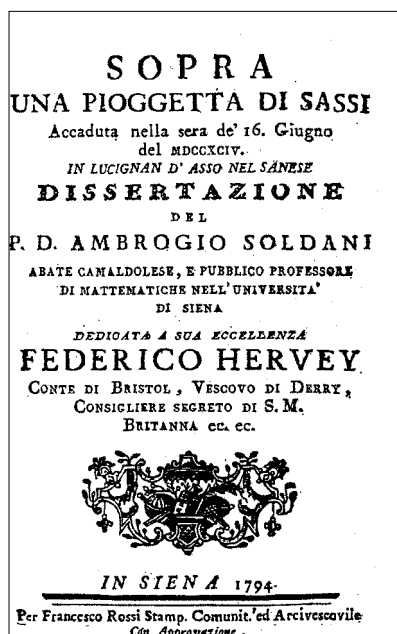
„Szesnastego czerwca, trochę po siódmej wieczorem, widziano na zachodzie obłok wędrujący ze wschodu na zachód od San Quirico w odległości trzech czy czterech mil, prosto nad Lucignan D'Asso i Cosona. Jego główne cechy były następujące: (1) emisja iskier i pocisków, (2) dym, (3) niezwykle eksplozje, (4) rozgrzane do czerwoności kamienie zrzucane na ziemię.”

Powyższy opis zaczerpnięto z rozprawy zatytułowanej: O deszczu kamieni, który spadł wieczorem 16 czerwca 1794 r. napisanej przez opata Ambrogio Soldani (1736-1808). Jest to relacja o bolidzie, który spadł na południowy wschód od Sieny 16 czerwca 1794 r. na obszar około 47 kilometrów kwadratowych. Chociaż obszar objęty deszczem meteorytów nie został dokładnie określony, to wydaje się dość rozległy i obejmuje tereny Lucignano D'Asso, Cosona i Spedalone. Dokładna liczba meteorytów nie jest znana, ale całkowita masa 3674,3 g. jest rozproszona po muzeach i kolekcjach całego świata.

Meteoryty Siena badało wielu uczonych, między innymi Brezina (1895), Farrington (1916) i Millosevich (1929), którzy sklasyfikowali je jako howardyty, bardzo rzadki typ meteorytu, który jest brekcją eukrytów i diogenitów. Prior (1926) i Nininger (1950) sklasyfikowali meteoryty Siena jako pośredni chondryt. Jednak podczas badań Pianula Padany przeprowadzonych między 1961 a 1964 rokiem w celu skatalogowania włoskich meteorytów odnaleziono fragment meteorytu Siena. Zbadali go w 1969 r. naukowcy Balanza i Levi Donati. Fragment został podzielony na części i po licznych badaniach stwierdzono, że jest to chondryt typu LL i należy do typu petrologicznego 5, gdzie chondry są rozróżnialne jeśli nie wyraźnie rozgraniczone.

Powróćmy do wieczoru 16 czerwca 1794 roku. Oto co stwierdził świadek, Ferdinando Sguazzini: „W miniony poniedziałek, szesnastego bieżącego miesiąca, około siódmej wieczorem,

zobaczyłem mały biały obłok wysoko na niebie. Gdy obracał się słyszałem aż siedem ogłuszających gromów, jak huk wielkiego działa, każdy wyraźnie oddzielony od poprzedniego, i przy każdym huku widziałem całkiem wyraźnie dym, który był gęsty, ale biały. Potem usłyszałem coś co przypominało serię wystrzałów armatnich trwającą kilka minut i zobaczyłem kilka spadających kamieni, chyba cztery czy pięć. Były czarne, okopcone z zewnątrz, ale wewnątrz wyglądało na zrobione ze spopiłonej materii i można było zauważyć małe krople metalu, w tym złota i srebra”.



Inny świadek twierdził: „Wśród kamieni zrzucanych z burzowej chmury, te które spadły na świeżo zoraną glebę wbiły się głęboko, nawet na długość ramienia, podczas gdy te, które lądowały na zbitym gruncie, zwłaszcza najmniejsze, albo niewiele wbiły się w ziemię, albo uderzyły w skałę i odskoczyły gwałtownie.” Inny świadek, młoda kobieta Lucrezia Scartolli, przypomina sobie że: Byłam właśnie w Cosonie gdy zobaczyłam mały kamień spadający z nieba niedaleko mnie. Zaciekawiona poszłam go podnieść, ale był tak gorący, że parzył. Zaraz potem rozległ się

wielki trzask i świst i z góry spadł duży kamień. Zdjął mnie strach o życie. Nie trzeba dodawać, że nawet nie pomyślałam o podnoszeniu go, lecz wzięłam nogi za pas i uciekłam.”

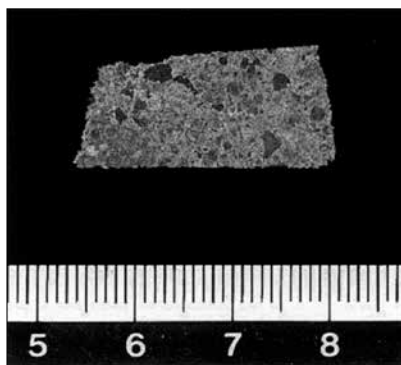
Ciekawe są także następujące obserwacje zrobione przez Soldaniego: „Ten atrakcyjny kamień jest pokryty czarną powłoką, być może bitumiczną lub siarkową. Cechę tę posiadają wszystkie kamienie podobnego typu, które dotąd widziałem. Ta skorupa ma podobny kolor jak geody z Casentino, ale jest znacznie twardsza; koniec noża nie uszkadza jej, a pozostaje ślad metalu. Kamienie mają kształt piramidy.” Soldani zaobserwował także, że pył zdrapany z tych kamieni był przyciągany przez magnes.

Co sądzili o tym „obłoku” osiemnastowieczni naukowcy? Akurat dzień wcześniej nastąpiła gwałtowna erupcja Wezuwiusza w Neapolu. Profesor Giorgio Santi (1746-1822) sugerował, że ten „obłok” uformował się z kamieni wyrzucanych z Wezuwiusza, po czym przewędrował do Toskanii i rozsypał się w okolicach Sieny. Opat Soldani zauważył jednak od razu, że skały wulkaniczne miały inną budowę niż kamienie ze Sieny. Lazzaro Spallanzani (1729-1799) zwrócił uwagę, że byłoby niemożliwe, aby chmura powstała nad Wezuwiuszem przewędrowała aż do Toskanii i nikt jej nie zauważył po drodze. Sugerował, że coś w rodzaju tornado wessało gdzieś kamienie i uwolniło je nad Sieną.

To właśnie Soldani w 1794 roku pierwszy proponował, że te kamienie pochodzą z kosmosu, ale ta teoria okazała się zbyt radykalna na owe czasy i została odrzucona przez większość naukowców, takich jak Santi, Targioni, Tozzetti, Thomson i Spallanzani. Człowiekiem, który poparł teorię Soldaniego był Angelo Fabroni, rektor Uniwersytetu w Pizie, natomiast E.F.F. Chladni (1756-1827) proponował pozaziemskie pochodzenie meteorytów (także w 1794 roku) jako jedyną możliwą do przyjęcia hipotezę, która później zyskała akceptację większości naukowców w północnej i środkowej Europie.

Inne meteoryty analizowano przy pomocy dość dziwnych odczynników takich jak stężony i rozcieńczony wiotriol (kwas siarkowy), ciecz Saturna, syrop fiołkowy, roztwór z rogu jelenia i spirytus winny. W szczególności meteoryt Albareto (który spadł w Modenie w lipcu 1766 roku — chondryt L4) analizował Tozzetti, który stwierdził obecność siarczku żelaza i doszedł do wniosku, że meteoryty ze Sieny pochodzą z „masy skały pirytovej”.

Po kilku latach pojawiła się ważna nowina: w L'Aigle, we Francji, 26 kwietnia 1803 roku, zdarzył się spadek ponad 2000 kamieni poprzedzony błyskami i grzmotami. Francuski uczony, Biot (1774-1862) został oficjalnie delegowany na to miejsce aby zbadać zjawisko i przedstawić wyniki. W skrócie jego wnioski są następujące: „Meteor nie eksplo-



Ważąca 0,6 g cienka płytka meteorytu Siena — kolekcja M come Meteorite.

dował bezpośrednio nad L'Aigle, ale pół mili obok... Odwiedziłem wszystkie miejsca, gdzie wystąpiło to zjawisko, zebrałem i porównałem wszystkie relacje mieszkańców i na koniec rzeczywiście znalazłem kamienie tam, gdzie spadły. Zaobserwowałem cechy fizyczne, które nie pozostawiły żadnych wątpliwości, że spadek rzeczywiście miał miejsce. Przed eksplozją nigdy nie zauważono meteorowych kamieni w rękach tamtejszych mieszkańców... Nie ma niczego wśród wytworów lub odpadów z odlewni, warsztatów i kopalni na tym terenie, co choćby w najmniejszym stopniu przypominało te substancje. Nie ma też na tym terenie żadnych oznak aktywności wulkanicznej. Pozostawiam fizykom wyciągnięcie na podstawie posiadanej wiedzy wniosków z tego wszystkiego i będę szczęśliwy, jeśli uznają, że udało mi się usunąć wszelkie wątpliwości dotyczące jednego

z najbardziej zaskakujących zjawisk, jakie kiedykolwiek ludzie obserwowali.”

Dokładna relacja i liczne badania przeprowadzone na okazach definitywnie przekonały większość naukowców, że kamienie rzeczywiście mogą spadać z nieba, jak twierdził Soldani od blisko dziesięciu lat. W 1803 roku Soldani napisał „Historię bolidów, które zrzucają kamienie na ziemię.” Obawiając się jednak ponownej krytyki i przykrych sporów zdecydował się opublikować ją dopiero kilka tygodni przed śmiercią w 1808 roku.

Od tego czasu meteoryty Siena poddano wielu analizom chemicznym, mineralogicznym i petrograficznym. Uzyskane wyniki wykorzystano do interesujących porównań z innymi typami meteorytów odnośnie składu i struktury. Warto zauważyć, że meteoryty Siena były pierwszymi wystawionymi w British Museum wraz z trzema innymi meteorytami z Wold Cottage (Anglia, 13 grudnia 1795 r.) Benares (Indie, 19 grudnia 1798 r.) i L'Aigle (Francja 26 kwietnia 1803 r.).

Dzisiaj wiele fragmentów jest rozproszonych po różnych muzeach, w szczególności Muzeum Uniwersytetu w Rzymie, gdzie są dwa okazy ważące 5 g i 108 g; Muzeum Mineralogiczne w Bolonii i muzeum watykańskie, które posiada dwie małe płytki. Poza British Museum w Londynie fragment 42,2 g posiada American Museum of Natural



E. F. F. Chladni (1756 – 1827)

History, a ja również mogę skromnie przyznać się do posiadania cienkiej, 0,6 g płytki o szczególnej urodzie.

Kto wie? Mogą być inni w Sienie, którzy posiadają jeden z tych kamieni nie wiedząc, skąd on pochodzi, przekazywany z ojca na syna ze względu na osobliwe piękno.

Jestem winien wdzięczność dr Luigi Folco z Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu w Sienie za dokumentację dotyczącą meteorytów Siena i dr Romano Serra z Wydziału Fizyki Uniwersytetu w Bolonii za udostępnienie tekstu Soldaniego.



Program III Międzynarodowych Targów Meteorytowych Zamek Gifhorn, Sala Rycerska

Piątek, 13 października

13:30 Warsztaty „Jak rozpoznaje się meteoryty?”

19:00 Przyjęcie powitalne w hotelu Deutsches Haus

Sobota, 14 października

10:00 Otwarcie III Międzynarodowych Targów Meteorytowych

10:30 „Meteoryty — pramateria naszego Układu Słonecznego” — R. Bartoschewitz (Pracownia Meteorytowa, Gifhorn).

14:00 „Koncepcje i strategie obrony Ziemi przed kosmicznymi katastrofami” — Dr inż. Chr. Gritzner (Instytut Techniki Lotniczej i Kosmicznej, Drezno)

18:00 Zamknięcie I dnia Targów

20:00 „Wieczorek meteorytowy” w Sali Kominkowej Zamku

Niedziela, 15 października

11:00 Otwarcie II dnia Targów

11:30 „Planetoida Eros — aktualne zdjęcia 33-km planetoidy, pierwszej wokół której krąży statek kosmiczny” — Th. Kurtz (Obserwatorium Ludowe, Hannover)

14:00 „Pas planetoid — praźródło większości meteorytów” — K. Becker (Obserwatorium Ludowe, Ennepetal)

18:00 Zakończenie III Międzynarodowych Targów Meteorytowych.

Zagadkowy meteoryt żelazny Tishomingo

Martin Horejsi, Art Ehlmann & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Tishomingo jest wyjątkowym meteoritem niepodobnym do żadnego innego. (Buchwald, Handbook of Iron Meteorites, 1975).

Pewnego zimowego dnia w południowoschodniej Oklahomie, czternastoletni chłopiec, Glenn Orr, polował na przepiórki na farmie sąsiadów, gdy dosłownie potknął się o bryłę metalu tkwiącą w ziemi. Ów dzień, 14 stycznia 1965 roku, stał się dniem odkrycia meteorytu Tishomingo.

Tamtego dnia Glenn zapamiętał położenie dziwnego kawału metalu, ale kontynuował polowanie. Po kilku dniach wrócił tam zobaczyć, co to jest. Gdy zaczął kopać wokół wystającego metalowego obiektu, zauważył że kształt jego nie przypominał fragmentu żadnej maszyny używanej przez farmerów. W miarę kopania w piaszczystym gruncie pokrywającym granitowe skały podłoża stawało się oczywiste, że ta zaokrąglona bryła nie jest dziełem człowieka. Glenn zdołał wykopać dwie duże bryły, które ważyły 163 kg i 97 kg.

Chociaż było mnóstwo wątpliwości, zaczęto podejrzewać, że te bryły mogą być starymi meteorytami, ponieważ niczego podobnego wcześniej tam nie znajdowano. Ktoś poradził, aby rodzina Orr zadzwoniła do Oscara E. Monniga, którego znano na południowym zachodzie USA jako eksperta od meteorytów. Po dwóch miesiącach Monnig i inni odwiedzili miejsce znalezienia i kopiąc głębiej znaleźli jeszcze trzy mniejsze okazy 2,5 kg, 1,1 kg i 0,45 kg.

Tishomingo jest bardzo czystym stopem żelaza i niklu. Nie stwierdzono żadnych węglików, fosforków czy krzemianów, nie ma także grafitu (Buchwald, 1975).

Chociaż Monnig był przekonany, że są to prawdopodobnie bryły meteorytu żelaznego, szczególnie gdy powiedziano mu, że metal ma wysoką zawartość niklu, wciąż pozostawały wątpliwości. Bliskość pięciu okazów sugerowała, że wszystkie

stanowiły pierwotnie jedną całość, chociaż ich powierzchnia była niezbyt zwietrzała. Dwa mniejsze okazy 2,5 kg i 1,1 kg pasowały dobrze do siebie, ale inne nie. Monnig gotów był założyć się, że jest to meteoryt, więc oferował rodzinie Orr dolara za funta za wszystkie okazy. Odmówili.

Podczas gdy wszystkie okazy Tishomingo pozostały własnością rodziny Orr, kawałek 1,1 kg wypożyczono Monnigowi, aby sprawdził, czy ta dziwna bryła żelaza jest rzeczywiście meteoritem. Okaz przecięto na pół i każdą połowę wypolerował i wytrawił Glenn Huss z American Meteorite Laboratory w Denver. Trawienie szybko wykazało, że ta materia jest rzeczywiście wyjątkowa, gdyż ukazały się figury, jakich nigdy wcześniej nie widziano.

Jedną połowę wysłano do Eda Hendersona w Smithsonian Institution. Henderson wkrótce odpowiedział Monnigowi, że nie jest przekonany iż jest to meteoryt. Zachował się list do Hendersona datowany 11 stycznia 1966 roku, w którym Monnig pyta, dlaczego ludzie w Smithsonian wciąż nie są przekonani, że jest to meteoryt.

To właśnie struktura stwarza najbardziej zagadkowe problemy (Buchwald, 1975).

Zainteresowanie meteoritem Tishomingo w Smithsonian Institution jednak pozostało i poproszono Monniga, czy byłoby możliwe wycięcie płyty ze środka jednego z większych okazów. Rodzina Orr wciąż posiadająca okazy zdecydowała się w końcu sprzedać dwa największe okazy. 10 lutego 1969 roku rodzina Orr przyjęła ofertę Monniga \$2500 za dwa największe okazy.



Glenn Orr, odkrywca meteorytu Tishomingo, z młodszym bratem, psem i wykopanymi okazami Tishomingo.

Monnig napisał do Hendersona „W końcu dobiłem targu i kupiłem Tishomingo, chociaż częścią ostatecznej umowy jest to, że połowę każdego z mniejszych okazów zatrzymuje znalazca.” Podczas gdy małe okazy pozostały własnością rodziny, dwa największe weszły w skład kolekcji meteorytów Oscara E. Monniga, obecnie znajdującej się na Wydziale Geologii Teksańskiego Chrześcijańskiego Uniwersytetu w Fort Worth w Teksasie.

W 1997 roku, 36 lat po wyrażeniu prośby, Smithsonian Institution zdołało wyciąć płytę ze środka jednego z największych okazów. Ponieważ mają tam największe doświadczenie w cięciu meteorytów żelaznych, to można się domyślać, jakie były problemy, gdy stwierdzili oni, że cięcie meteorytu Tishomingo było trudne.

Na trawionych powierzchniach widoczna jest gruboziarnista struktura martensytowa; podobnej struktury nie zaobserwowano w żadnym innym meteorycie i jest także bardziej gruboziarnista niż w jakimkolwiek ziemskim stopie żelaza i niklu (Buchwald, 1975).

Stwierdzenie, że Tishomingo jest twardym meteoritem, to bardzo łagodne określenie. Podczas gdy niektóre okazy, takie jak Canyon Diablo,

mają czasem bardzo twarde wrostki, to Tishomingo jest wyjątkowo twardy w całej objętości. Aby sobie to uzmysłowić porównajmy jego cięcie z przecinaniem Gibeona. Odcięcie płyty Gibeona 30 na 30 cm zajmuje około pół godziny. Natomiast odcięcie płyty Tishomingo 18 na 18 cm trwa osiem do dziesięciu godzin. Poza tym, że cięcie zabiera cały dzień, to potrzebny

Gdy trawiący roztwór styka się z polerowaną powierzchnią, staje się ona czarna. Najprawdopodobniej jest to spowodowane wysoką zawartością niklu w Tishomingo.

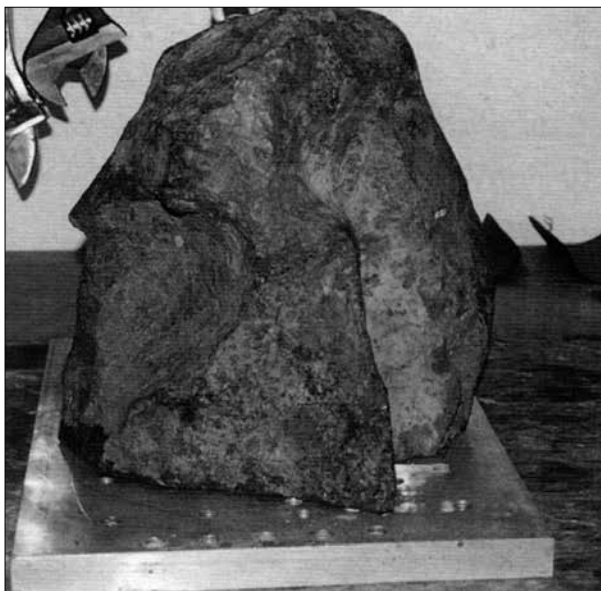
Meteoryt ten zawiera 32,5% niklu. Tylko trzy ze znanych meteorytów mają większą zawartość niklu. Tishomingo został sklasyfikowany jako anomalny ataksyt martensytowy.

Na większości ataksytów nie pojawia się po trawieniu żaden wzór, stąd nazwa „ataksyt” oznaczająca „bez struktury”. Symbolem oznaczającym ataksyt jest litera D od Dichte Eisen albo dense iron co oznacza, że gołym okiem nie widać żadnej struktury. Jednak na trawionych płytach Tishomingo widać chaotyczne wzory zygawkowatych ciemnych linii przecinających jaśniejsze zabarwione tło, przypominających mróz na szybach. Te ciemniejsze linie, wyglądające jak nakreślone ołówkiem, to płyty martensytu, a białe tło to austenit.

W niektórych miejscach, gdzie martensytowe struktury są bardziej oddalone, na płycie widać białe łatki lub plamy, czasem kilkucentymetrowej szerokości.

Tak więc Tishomingo można uważać jedynie za szczególny przypadek ogólnego problemu (Buchwald, 1975).

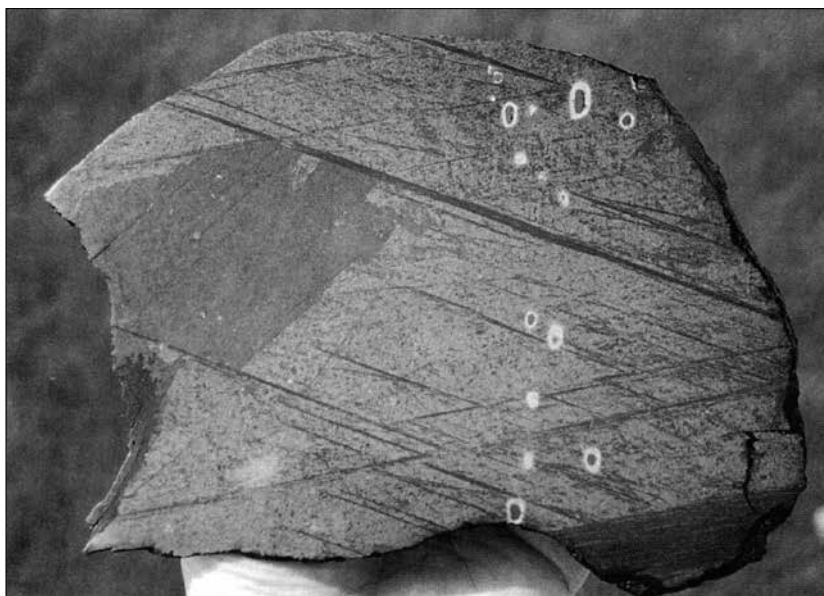
Podstawowym pytaniem w przypadku Tishomingo niekoniecznie musi być, jak bardzo jest on twardy, ale raczej dlaczego stał się tak twardy. Jedną z możliwych przyczyn wyjątkowej twardości Tishomingo jest to, że podczas gwałtownego oddzielenia od ciała macierzystego silne deformacje szokowe spowodowały utwardzenie stopu. Inną możliwością jest to, że po odłączeniu od ciała macierzystego Tishomingo został gwałtownie ostudzony. Szybkie stygnięcie nie zostawiło czasu na formowanie się kryształów. Najprawdopodobniej twardość jest skutkiem obu tych procesów, ale potrzebne są dalsze badania. W każdym razie piękno trawionej płyty Tishomingo sprawia, że warto się nad nią potrudzić.



Ten okaz meteorytu żelaznego to ważąca 51,6 kg piętka przed pocięciem na płyty.

jest do tego specjalny brzeszczot za 200 dolarów, który wystarcza tylko na jedno cięcie.

Z powodu wyjątkowej twardości Tishomingo zeszlifowanie płyt do gładkości wystarczającej do wytrawienia także zabiera mnóstwo czasu. Jednak trawienie Tishomingo, chociaż wygląda dziwnie, jest całkiem łatwe.



Płyta ważąca około 1700 gramów. Martensytowe płyty to ciemne linie, a jaśniejsze zabarwione tło to austenit. Białe owalne plamy to austenit bez struktury martensytowej.

Wzrost

Ensisheim

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Część I Alain Gallien

Było to pierwsze wydarzenie tego rodzaju we Francji i organizatorzy mieli wszystko pod kontrolą łącznie z pogodą. Ciepłe przywitania oczekiwało zwiedzających w Pałacu Regencji, miejscu wybranym z powodu doskonałego połączenia historii i lokalnej tradycji. Były tam stragany z przekąskami oraz kramy dla smakoszy win oraz amatorów Piwa Meteorowego; że nie wspomnę o terenach wystawowych i salach konferencyjnych, konkursach i miejscach na drinka z przyjaciółmi. Były wszystkie niezbędne dodatki, aby przeobrazić te premierowe targi w swego rodzaju spotkanie towarzyskie — celebrowane w naprawdę francuskim stylu.

Na parterze Pałacu dumnie prezentował się okaz, który każdy poważny kolekcjoner powinien zobaczyć: meteoryt Ensisheim. Następnie zwiedzający mogli podziwiać najładniejsze okazy z kolekcji Z. Gabelicy, który przywiózł wiele imponujących okazów: Holbrook (1150 g), Peekskill, Sahara 98248, który jest rumurutem R4, Chico, Axtell, Big Rock Donga, oraz trochę przepięknych płyt pallasytów i meteorytów żelaznych: Esquel, Imilac, Laguna Manantiales... Przedmiotem dumy były pięknie orientowane okazy: Kemkem, chondryt L5 ważący 942 g, niezwykle trzydziestogramowy Millbillillie i ze dwadzieścia małych Gao-Guenie. Inna gabłota zawierała bogato ubarwioną kolekcję bardzo pięknych tektytów z kolekcji S. Valange'a. Uczta dla oczu!

Na pierwszym piętrze kwitły interesy. Przeważały tam meteoryty żelazne, szczególnie na stoisku Stephana Koninga prezentującym bardzo ładne Gibeony zarówno całe jak i pocięte, oraz wspaniałe Sikhote-Aliny. Willy i Arlette Israel także prezentowali ładne okazy z tych spadków wraz z wieloma interesującymi okazami Nantana. Hans Rodewald

zaprezentował Gibeony o niezwykle poskręcanych kształtach, a dopełniały ekspozycję całkowite okazy Allende, CD-ROM o tektytach i różne inne meteo-ryty.

Dalej w lewo prezentował trochę ciekawych meteorytów Alexander Gehler: Djoumine H5-6, który spadł 31 października 1999 roku i dwa wyjątkowe okazy: nietypowy meteoryt enstatytowy i przepiękny aubryt.

Zaraz obok Luc Labenne wywoływał dreszcz rozkoszy u wielu entuzjastów bardzo ładnymi płytkami Dar al Gani 476 i 400. Dla miłośników historycznych spadków palmę pierwszeństwa dzierżył Ensisheim. Godna uwagi była także obecność bardzo ładnego oktaedrytu średnioziarnistego odnalezionego w marcu w Chile, a także angrytu Sahara 99555 i mnóstwa innych cudów.

W środku sali, na stoisku Terra Incognita, C. Baaijens wystawił bajeczne płyty Portales Valley (bogate w żelazo) od kilku do ponad 500 gramów. Były tam także trzy wyjątkowe okazy ze spadku Bilanga i kilka ładnych i cienkich płytek szokowego kwarcu z Krateru Meteorowego. Naprzeciwko Carine i Bruno Fectay wystawili płytki ładnie prezentujące się w plastikowych pudełkach. Interesujący był także nowy przypuszczalny diogenit lub howardyt (940 g) będący w trakcie badań, zupełnie świeży 240 g ureilit, polimiktyczny eukryt (12870 g) i wspaniała kolekcja orientowanych meteorytów.

Nieco dalej były dwa wyspecjalizowane stoiska: Domenico Larosa prezentował ładny wybór brekcji z krateru Ries a zaraz obok Arno Dreikluft miał stoisko poświęcone tektytom, gdzie szczególnie interesujące były trzy atrakcyjne, przecięte woltaławy.

Na samym końcu Louis i Alain Carion prezentowali duży wybór wysokiej jakości okazów z kilkoma

wyjątkowymi okazami Tatahouine, z których jeden ważył ponad 100 gramów, imponującą płytą Mont Dieu o wadze 800 g doskonale zabezpieczoną przed korozją, bardzo ciekawe neolityczne narzędzia wykonane ze szkła libijskiego i nowy, monomiktyczny achondryt ważący 5 kg.

Na stoisku Gregora Pacera muzealnej jakości woltaławy leżały obok dużego wyboru Sikhote-Alinów z regmagliptami a nawet orientowanych. Mój kolega, Alain D. nie zdołał oprzeć się urodzie 606 g okazu ze zdumiewającymi zastygłymi strużkami. Dopełniały stoisko irgizyty, guziki australitów i ładne płyty Mt. Tazerzait czy Moraska i wielu innych.

Za nim Rico R. Mettler wystawił duże przekroje chondrytu Juanita de Angeles i ładne zestawy dla początkujących składające się z płytek Gao, Vaca Muerta i Gibeona. Oferowane były także bardzo atrakcyjne wisiorki.

Obok niego C. Stehlin wystawił okazy ze swego ostatniego znaleziska: Hammadah al Hamra 280, nowego chondrytu węglatego CK4 ważącego 26,5 kg. Godne uwagi były także piękne impaktyty z Wabaru i guzikowe tektyty.

Na koniec Marokańskie Towarzystwo Importowe wystawiło duży wybór chondrytów zwyczajnych włącznie z niemal całkowitymi okazami ze spadku Zag. Wystawione były także dwa nowe meteoryty nie przeznaczone do sprzedaży: chondryt węglisty, prawdopodobnie CV3, ważący około 200 g i bardzo ładny, mały diogenit, 107 g.

Michel i Françoise Franco byli w cieniu, jako zwiedzający trzeciego dnia wystawy. Przyjemnie było posłuchać ich opowieści o ekspedycjach na Saharę. Wśród ich ostatnich znalezisk był wspaniały, świeży achondryt ważący 300 g oraz bardzo szczególny meteoryt o zdumiewającej historii — niewątpliwie wkrótce usłyszymy o nim więcej.

Część II

Z. Gabelica & S. Valange

Oficjalna ceremonia otwarcia rozpoczęła się w piątkową noc w obecności blisko 200 osób, oficjeli i zaproszonych gości. Po krótkim, historycznym wstępie dotyczącym samego meteorytu Ensisheim i jego spadku w 1492 roku kilku osobom nadano tytuł honorowego członka Bractwa Kustoszy meteorytu. Byli to burmistrz miasta, rektor Uniwersytetu Mulhouse, Alain Carion, Oscar Alfredo Turone — prezes stowarzyszenia Hatum Pampa w Buenos Aires (Oscar przyjechał po prostu, aby zobaczyć słynny meteoryt na własne oczy i uhonorowanie go, utrzymane w tajemnicy, było dla niego zupełnym zaskoczeniem), Sabine Valange (współorganizatorka naukowa i miłośniczka tektytów) oraz... Bob Haag. Niestety Bob przysłał wiadomość kilka minut przed otwarciem, wyrażając żal, że musiał zrezygnować z przyjazdu, ponieważ ugrzązł w Cincinnati wraz z wieloma innymi pasażerami z powodu straszliwej burzy, która była odpowiedzialna za odwołanie wszystkich lotów do Europy na wiele godzin. Wyraźnie tym razem niebiosa były dla niego mniej łaskawe niż wtedy, gdy zesłały parę achondrytów czy kawałek Księżyca. Mike Farmer, inny nasz zamorski gość, który zarezerwował stolik i myśleliśmy, że przyjedzie wraz z Bobem, nie przybył prawdopodobnie z tego samego powodu.

W trakcie wystąpień usłyszeliśmy potężną eksplozję, zobaczyliśmy błysk i sekundę później czarny bolid wylądował niemal między oficjeli.



Piątka nowych honorowych Kustoszy. Od lewej: M. Binder (rektor Uniwersytetu Mulhouse), Alain Carion, Michel Habig (burmistrz Ensisheim), Sabine Valange i Oscar A. Turone. W tle wejście do Palacu Regencji, stoisko z piwem meteorowym a ponad nim fresk przedstawiający spadek meteorytu Ensisheim. Fot. M. Buckler

Organizatorzy znów przewidzieli dokładny moment drugiego spadku, jakieś 508 lat po pierwszym.... Był to oczywiście żart. Po lampce wina (specjalnie zamówiony Cuvée Spéciale Meteoryt Ensisheim 2000 — sławny Tokaj Pinot Gris, zdobywca złotego medalu w Paryżu w 1999 roku) uczestnicy złożyli krótką wizytę w Pałacu Regencji, aby rzucić okiem na wystawę około 220 meteorytów z kolekcji Z. Gabelicy oraz ogromny zbiór tektytów z całego świata z kolekcji S. Valange (nacisk położono na filipinity i moldawity). Zaprezentowano okazy wszystkich rodzajów tektytów włącznie z 38 g iworytem (którego zdjęcie jest w książce Guy Heinena).

Przez następne dwa dni przed główny hall przewędrowało około 1500 osób. Zaplanowano kilka innych atrakcji. Można było kupić książki o meteorytach, podziwiać kopie czterech rakiet Ariane, pogawędzić z miłośnikami astronomii z miejscowego klubu, obejrzeć przepiękne zdjęcia meteorytów z Paryskiego Muzeum Przyrodniczego i popatrzeć na wydarzenia historyczne ściśle związane z epoką, w której spadł słynny meteoryt.

Wiele osób skorzystało także z czterech ciekawych wykładów odbywających się obok głównego hallu targowego. Maurice Costa przedstawił znaczenie spadku meteorytu Ensisheim, a J.C. Lefebvre opowiedział



Stoisko Christiana Stehlina. Fot. Alain Gallien

o planetoidach jako ciałach macierzystych meteorytów i A. Carion o samych meteorytach. Bardzo podobał się inny wykład Alaina Cariona o poszukiwaniu meteorytów w terenie, ze szczególnym akcentem na poszukiwanie meteorytów na gorących pustyniach.

Gra polegająca na odróżnianiu prawdziwych meteorytów od fałszywych spośród 42 okazów pokazanych przez Z. Gabelica była trudna, ale pasjonowała wiele osób. Ekspertem numer 1 okazał się Al Lang (USA), który udzielił 32 poprawnych odpowiedzi i wygrał 3 butelki Cuvée Spéciale. Pozostałe miejsca na podium zajęli M.S. Beauvivre (Szwajcaria) i C. Baaijens (Holandia). Trzeba zauważyć, że większość francuskich „ekspertów” była „tuż za nimi” i pałała chęcią rewanżu w 2001 roku. Z. Gabelicę proszono także o ekspertyzę „meteorytów” znalezionych przez różne osoby „w ogrodzie”. Wynik statystyki Alaina Cariona: 37 stwierdzonych skał ziemskich, 0 meteorytów. Alain, który zawsze

potwierdzał wnioski Zelimira, ocenia prawdopodobieństwo znalezienia prawdziwego meteorytu przez amatora na 1/1000.

Wśród wielu duplikatów z kolekcji oferowanych na sprzedaż w małej sali obok głównego hallu były okazy należące do kolekcjonerów z innych kontynentów, którzy nie mogli przybyć na targi. Wilton Carvalho z Brazylii miał na sprzedaż ogromny, 2 kg całkowity okaz Campos Sales, niedawnego brazylijskiego spadku. Mimo niskiej ceny za gram znaczna waga zniechęcała licznych potencjalnych kolekcjonerów. Od niego pochodziły też liczne utlenione fragmenty słynnego meteorytu żelaznego Bendego, taniego, ale niezbyt ładnego. Osiem wspaniałych, pokrytych skorupą okazów Bilangi (z których 3 były częściowo orientowane) wystawił na sprzedaż pewien misjonarz z Burkina Faso, który zebrał je wkrótce po spadku (prawdopodobnie w listopadzie 1999 r.). Ważyły one od 30 do 580 gramów. Ten ostatni był nie tylko największy,

ale i najładniejszy, częściowo orientowany, z zakrzepłymi strużkami biegnącymi równolegle po skorupie.

Dziewiętnastu dealerów przybyłych z Francji i sąsiednich krajów oraz z Czech, Polski, Maroka i Argentyny, oraz wszyscy goście z kraju i zagranicy, z którymi rozmawialiśmy, jednogłośnie byli zgodni, że te pierwsze targi meteorytowe były pełnym sukcesem. Sprzyjała także pogoda, jak należało oczekiwać o tej porze roku. Szesnaście baryłek piwa przezornie trzymany w lodzie przez lokalny komitet organizacyjny ledwie wystarczyło na zaspokojenie ogólnego pragnienia. Wszyscy owa- cyjnie przyjęli zapowiedź, że targi meteorytowe 2001 znów będą tydzień przed odbywającymi się w sąsiedztwie wielkimi targami minerałów Ste. Marie aux Mines.

Targi Meteorytowe 2001 odbędą się 16 i 17 czerwca i poprzedzi je uroczyste otwarcie 15 czerwca (w piątek).



Meteoryty, tektyty, impaktyty z kolekcji Kazimierza Mazurka

Wystawa została otwarta 7 lipca i była prezentowana do 3 września, choć jeszcze 6 września zwiedzali ją po znajomości uczniowie III LO w Gdańsku. Mimo, że została oparta na zbiorach tylko jednego kolekcjonera, ograniczeniem nie była wielkość zbioru lecz możliwości wystawiennicze Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku. Ponad 100 eksponatów dobrano tak, aby pokazać najróżniejsze rodzaje meteorytów, a także przykłady tektytów i impaktytów. Wystawę przygotowali Małgorzata Czupajło i Andrzej S. Pilski, ładna oprawa plastyczna była zasługą Janusza Golińskiego, a odpowiednie oświetlenie przygotowała na zlecenie Muzeum Anna Złoczewska, która ponadto była dobrym duchem całego przedsięwzięcia.

Wystawę umieszczono na dwóch piętrach Wieży Kopernika, w której

Kopernik posiadał komnatę zapewniającą schronienie w niespokojnych czasach, gdy przebywanie w domu za murami warowni było niebezpieczne. Zapewne Kopernikowi do głowy nie przyszło, że fragment skały z Marsa,



którego ruch obserwował z Fromborka, po blisko 500 latach trafi do jego komnaty. Shergottytowi Zagami towarzyszyły drobinki Księżyca i kilka fragmentów skał z Westy. Zainteresowanie zwiedzających wzbudzały zwłaszcza polskie meteoryty, łącznie

z płytką Zakłodzia i imponującą płytą Moraska z dużymi wrostkami troilitu i grafitu.

Wystawę zwiedzało dziennie 200–300 osób, czyli przez 2 miesiące ponad 6000 zwiedzających mogło zapoznać się z meteorytami. Przyczynili się do tego szczególnie uczestnicy „Wakacji w Planetarium”. Dzięki ich pracy wystawa mogła być czynna codziennie (obsługa zatrudniana przez Muzeum miała w niedzielę wolne), a zwiedzający dowiadywali się znacznie więcej o meteorytach (miejscowi przewodnicy woleli nie zaglądać na wystawę). Pomogła także audycja w trójkowym Klubie Ludzi Ciekawych Wszystkiego, po której wielu słuchaczy radiowej Trójki postanowiło zobaczyć wystawę. Obejrżeli ją także uczestnicy IV Ogólnopolskiego Zlotu Miłośników Astronomii. (asp)

