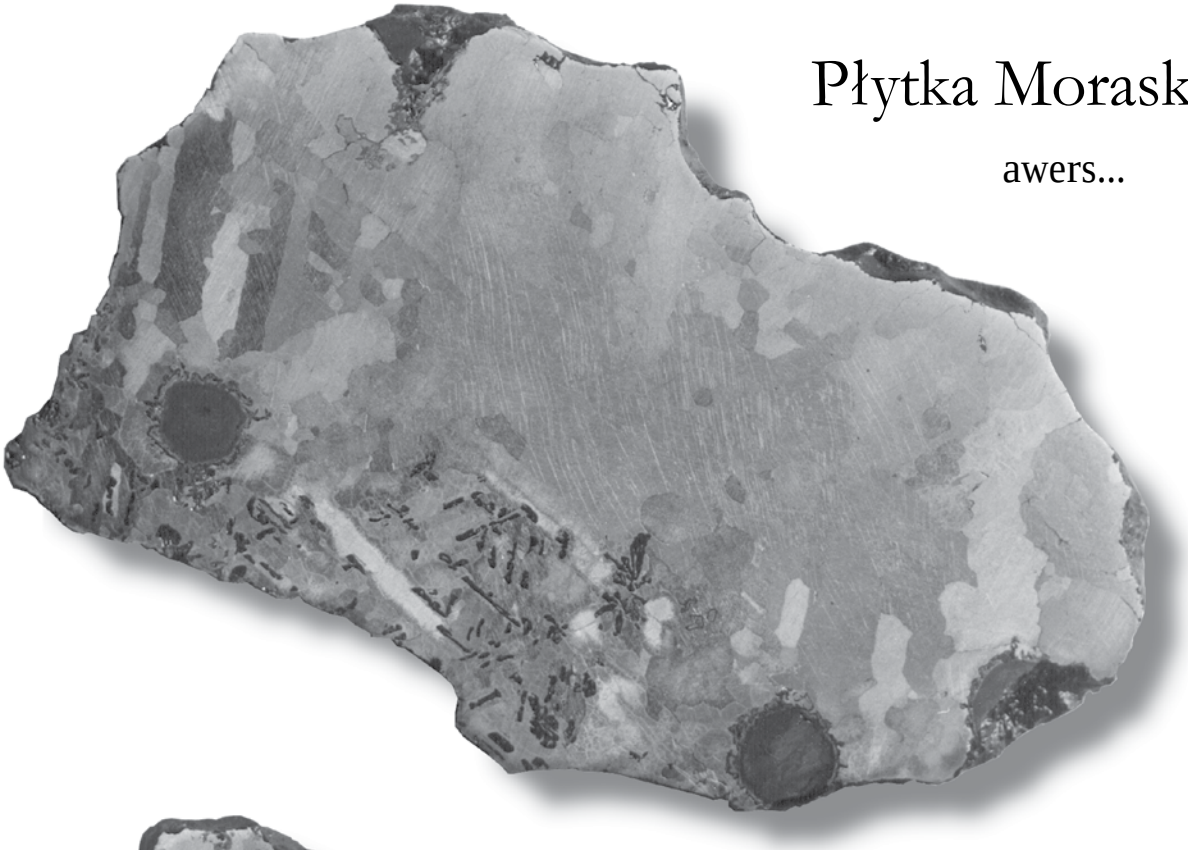
BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

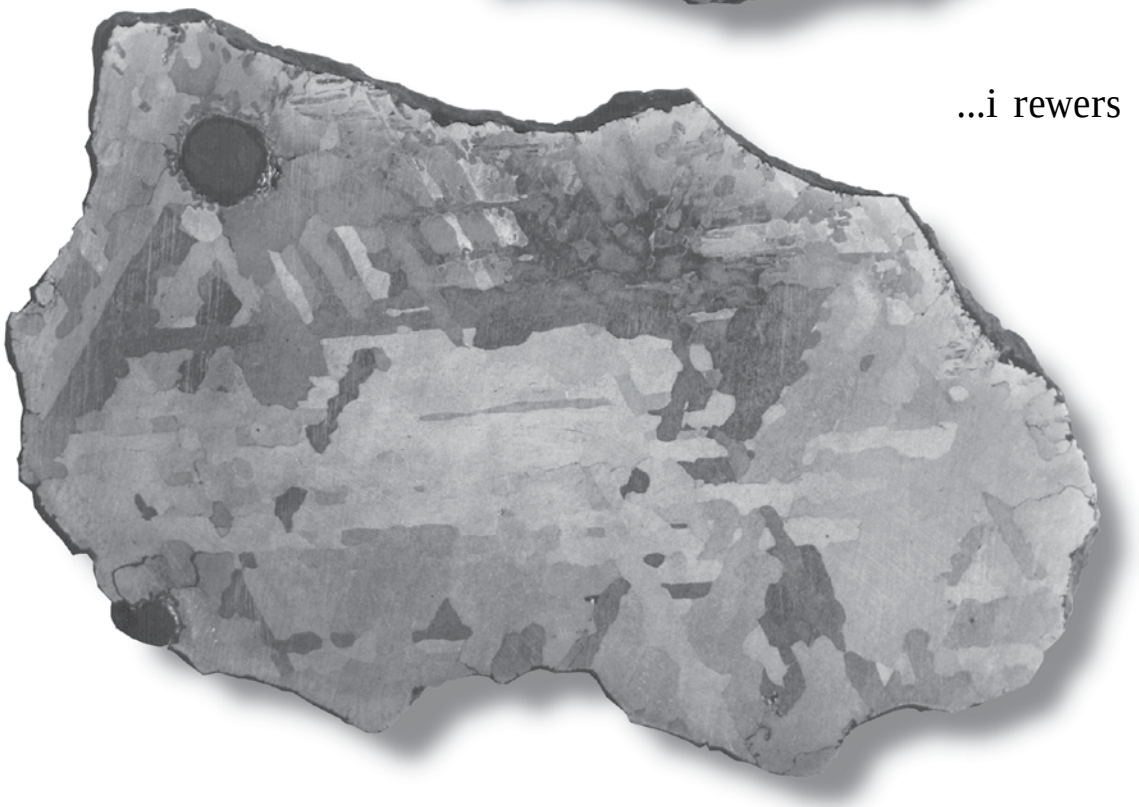
METEORYT

Nr 2 (30) Czerwiec 1999



Płytka Morasko

awers...



...i rewers

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

Redaguje *Andrzej S. Pilski*

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

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

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

15401072-3724-36001-00-01

w BOŚ SA O/Olsztyn,
zaznaczając cel wpłaty.

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

Subscribe to *Meteorite!*

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

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

www.meteor.co.nz

Od redaktora:

Fakt, że meteoryty osiągają ceny astronomiczne, przyciąga rozmaitych kombinatorów, których głównym lub jedynym celem jest zysk, i którzy są wyznawcami zasady „cel uświęca środki". Ich działania powodują zamieszanie w meteorytowych katalogach i zmuszają naukowców do tracenia czasu na prostowanie nieporozumień. Nowiny przynoszą kolejne przykłady.

Kiedyś, aby łatwiej sprzedać, oferowano nowe meteoryty pod znanymi już nazwami. Podobno łączna masa fragmentów Żelaza Pallasa przewyższa różnicę między masą bryły znalezionej koło Krasnojarska, a obecną wagą głównej masy tego meteorytu. Teraz zdarza się, że dla uzyskania wyższej ceny znany meteoryt podaje się jako nowy. Ostatnio wykazano, że meteoryt Leeds, to fragment dobrze znanego meteorytu Toluca.

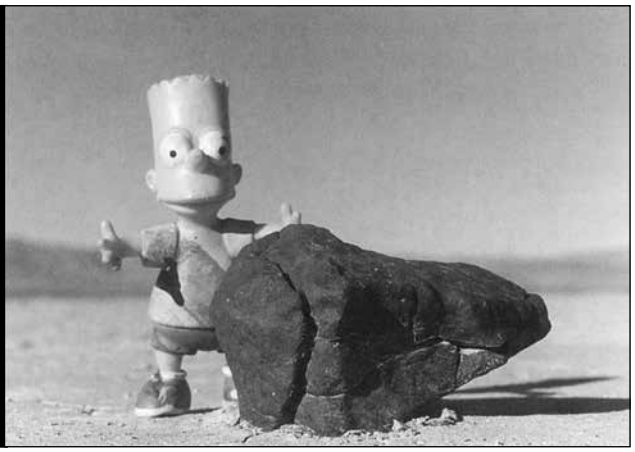
W ostatnich latach na naszych giełdach minerałów można było spotkać fragmenty chondrytu sprzedawanego pod nazwą „Kaigorod". Trudno było uzyskać bliższe informacje na jego temat, poza tym, że pochodzi z Rosji. Dziwne też było, że przez długi czas nazwa ta nie pojawiała się w „Meteoritical Bulletin". W końcu jednak wyszło szydło z worka. Okazało się, że są to fragmenty głównej masy meteorytu Vyatka, którą jacyś przedsiębiorczy Rosjanie „podprowadzili" i zaczęli na niej zarabiać.

Chciałbym być złym prorokiem, ale sądzę, że jest tylko kwestią czasu, kiedy na Zachodzie pojawi się nowy meteoryt znaleziony gdzieś w Polsce, przy czym lokalizacja nie zostanie podana dla ochrony znalazcy, który weźmie za to ciężkie pieniądze. Niewiele brakowało, aby tak się stało z meteorytem Baszkówka. Sprzyjają temu nieprecyzyjne przepisy. Meteoryt można potraktować jako okaz mineralogiczny, który może być własnością znalazcy, albo jako skarb, który powinien być własnością państwa. Państwo przy tym zupełnie nie troszczy się o swoje skarby, gdyż nie ma w Polsce instytucji, która z urzędu zajmowałaby się poszukiwaniem meteorytów i miała na to środki.

Tymczasem do Muzeum Geologicznego PAN w Krakowie dodzwonił się ktoś z Suwalszczyzny, że przy kopaniu studni natrafił na meteoryt. Oczekiwał oczywiście, że ktoś z Muzeum przyjedzie. W końcu dał się jednak namówić na przysłanie fragmentu. Z paczki wyłonił się odłupany kawał... krzemienia. Mam nieskromną nadzieję, że książka „Nieziemskie skarby", która wreszcie pojawiła się w księgarniach, sprawi, że takich przypadków będzie mniej.

Andrzej S. Pilski

Konkurs na podpis



Przyślij najlepszy podpis do zdjęcia powyżej i wygraj meteoryt wart co najmniej $50 ufundowany przez Michael I. Casper, Meteorites, Inc. Oceny dokona zespół ekspertów. Podpisy muszą być przysłane do 30 czerwca 1999 roku do: Pallasite Press, P.O. Box 33-1218, Takapuna, Auckland, Nowa Zelandia. e-mail: j.schiff@auckland.ac.nz

Zdjęcie (nowego amerykańskiego znaleziska i przyjaciela meteorytu) udostępnił Paul Gessler, San Francisco.

Nowiny

I Międzynarodowe Targi Meteorytowe — święto meteorytycznej społeczności

Ponad 500 kolekcjonerów, naukowców i innych zainteresowanych meteorytami osób z północnej części Europy odwiedziło I Międzynarodowe Targi Meteorytowe w Gifhorn, w Niemczech, 7 i 8 listopada 1998 roku. Jedenastu sprzedawców i kolekcjonerów meteorytów z USA, Urugwaju, Argentyny, Chin, Francji, Czech, Austrii i Niemiec oferowało materię z historycznych i najnowszych spadków i znalezisk meteorytów, a także impaktyty, na stołach o długości 40 metrów.

W inaugurującym przyjęciu w piątkowy wieczór uczestniczyło 20 gości. W sobotę rano burmistrz Gifhorn, Manfred Birth, wygłosił mowę powitalną po niemiecku i angielsku, po czym przywitał każdego wystawcę uściskiem ręki i krótką rozmową.

Na targach oferowano na sprzedaż okazy meteorytu Ensisheim, który spadł w 1492 roku — roku odkrycia Ameryki. Na sprzedaż lub wymianę były także „krople" deszczu Juancheng z Chin, który „padał" w 1997 roku w tempie ponad 200 kilogramów na sekundę, oraz okazy meteorytu Portales Valley, który spadł w 1998 roku w USA. Były także najświeższe znaleziska pozaziemskich kamieni przywiezione do Gifhorn prosto z Sahary.

Na stołach prezentowano niemal wszystkie typy meteorytów: wszystkie rodzaje chondrytów i większość typów achondrytów włącznie z marsjańskimi i księżycowymi, meteoryty żelazno-kamienne i niemal wszystkie typy meteorytów żelaznych. Nie było tylko niezwykle rzadkich angrytów i lodranitów. Oferowano dość duże okazy także bardzo rzadkich typów. Największy oferowany kosmiczny głaz ważył 5000 kg, ale ze względu na wysokie koszty transportu prezentowany był tylko na zdjęciu.

Na sześciu targowych wykładach Rainera Bartoschewitza było zawsze pełno słuchaczy. Często po piętnastominutowej prezentacji następowała godzina pytań. Duże zainteresowanie wzbudziła prelekcja w języku niemieckim na temat największej wystawy niemieckich meteorytów, jaką kiedykolwiek prezentowano. Okazy pochodziły głównie z kolekcji Bartoschewitza, ale były także okazy wypożyczone z uniwersytetów w Getyndze i Berlinie. Największe zainteresowanie wzbudził wykład „Jak rozpoznać meteoryt?" Odwiedzający targi przynieśli około 100 próbek „domniemanych meteorytów" do zbadania. W większości był to żużel, markasyt, krzemień, stal, odpady hutnicze itd. Trzy podejrzane fragmenty okazały się po dokładnym zbadaniu odłamkami hutniczej surówki.

W targach uczestniczyli specjaliści, którzy mieli prelekcje i dyskusje w sobotni wieczór, w historycznej atmosferze hotelu Deutsches Haus.

Komentarze uczestników targów, zarówno wystawców jak i zwiedzających, były w większości bardzo pozytywne. Podkreślano zwłaszcza nowe, pomysłowe podejście do nauki, informacji i handlu oraz poczucie wspólnoty na międzynarodowym poziomie.

Bez wsparcia ze strony Kasy Oszczędnościowej Gifhorn — Wolfsburga, rodziny Schega — Emmerich z hotelu Deutsches Haus, miasta i okręgu Gifhorn, Alexandra Gehlera z Wolfsburga, Joela Schiffa z Nowej Zelandii i trzech pokoleń rodziny Bartoschewitzów z Gifhorn duży sukces I Międzynarodowych Targów Meteorytowych nie byłby możliwy. Dość wysoka liczba odwiedzających targi nie byłaby osiągnięta bez wsparcia redaktorów czasopism *Lapis, Mineralienwelt, Meteorite!, Der Aufschlull* i *Star Observer* a także radia i prasy informujących o tych szczególnych targach całe Niemcy.

W wyniku wszystkich pozytywnych ocen Międzynarodowe Targi Meteorytowe będą organizowane dla meteorytycznej społeczności i innych zainteresowanych osób co roku. II Międzynarodowe Targi Meteorytowe odbędą się w miejskiej auli w Gifhorn, w weekend 23–24 października 1999 roku. Towarzyszyć im będzie duża wystawa „Kosmiczne szramy w Europie". Targi poprzedzi seminarium „Naukowa wartość prywatnych kolekcji — przed i po śmierci właścicieli", które odbędzie się w piątek, 22 października. Do podzielenia się swymi doświadczeniami i pomysłami zaprasza się szczególnie dyrektorów i kustoszy instytutów i muzeów, oraz posiadaczy prywatnych kolekcji. Szczegółowymi informacjami dysponuje Komitet Organizacyjny Międzynarodowych Targów Meteorytowych, Rainer Bartoschewitz, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn, Niemcy.

Rainer Bartoschewitz,
Gifhorn, Niemcy

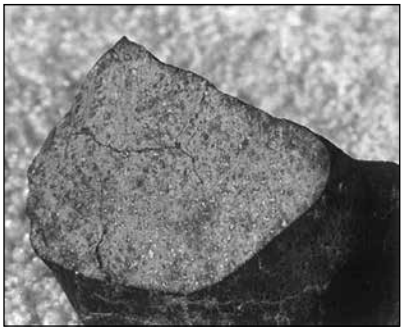
Część sali wystawowej. Na pierwszym planie od lewej Marvin Killgore, Mike Farmer, Al Lang. W głębi, przed lampą jest Hans Koser z Urugwaju, a pochylony w białej koszulce stoi Marc Labenne. Fot. Norbert Widemann

Nowy chondryt w Złotym Basenie

Twink Monrad, jedna z pierwszych odkrywców obszaru rozrzutu meteorytu Gold Basin, znalazła w połowie lutego na tym obszarze nowy meteoryt. Podczas szukania meteorytów zauważyła ciemny kamień leżący na powierzchni. Wykrywacz metalu dał silny sygnał, gdy przesunęła go nad kamieniem. Ważący 797,6 grama okaz miał świeżo wyglądającą, prawie kompletną, czarną skorupę obtopieniową, niepodobną do silnie zwietrzałej powierzchni meteorytów Gold Basin. Dr Jim Kreigh odciął małą piętkę odsłaniając silnie zrekrystalizowane jasnoszare wnętrze z dość licznymi okruchami metalu, ale z niewielką liczbą chondr. Przypominało ono wyglądem chondryty L6, takie jak Holbrook czy Bruderheim. Dr David Kring z Lunar and Planetary Laboratory Uniwersytetu Arizońskiego potwierdził, że jest to meteoryt. Obecnie prowadzone są badania, aby określić jego typ petrologiczny. Meteoryty Gold Basin są typu L4. Znalezienie innego meteorytu na obszarze rozrzutu tak dużym, jak Gold Basin, nie jest czymś niezwykłym. Monrad skromnie skwitowała znalezisko filozoficzną uwagą: „Po prostu widać, że cierpliwość i wytrwałość czasem się opłaca".

Amen.

Nowe znalezisko Gold Basin. Średnica ok. 13 centymetrów



Szare ciasto skalne na powierzchni przekroju. Fot. Chris Monrad

Odłupanie Księżyca od Ziemi

Analiza danych z wysłanego przez NASA statku Lunar Prospector potwierdziła, że Księżyc ma niewielkie jądro, co potwierdza teorię, że Księżyc został oderwany od młodej Ziemi, gdy zderzył się z nią obiekt o wielkości Marsa.

Naukowcy przedstawili ten rezultat i inne odkrycia w szeregu prac na XXX Konferencji Nauk o Księżycu i Planetach w Houston, w Teksasie. Wynika z nich, że księżycowe jądro stanowi mniej niż cztery procenty całkowitej masy Księżyca, przy czym najbardziej prawdopodobna wartość wynosi 2% lub nieco mniej. Jest to bardzo mało w porównaniu z Ziemią, w której jądrze zawarte jest około 30% masy planety.

„Jest to istotne odkrycie pomagające naukowcom stwierdzić, jak uformowały się Ziemia i Księżyc", powiedział dr Alan Binder z Lunar Research Institute w Tucson, główny badacz zespołu Lunar Prospectora.

Podobieństwa składu mineralnego Ziemi i Księżyca wskazują, że ciała te mają wspólne pochodzenie. Gdyby jednak uformowały się one z tego samego obłoku skał i pyłu, to Księżyc miałby jądro proporcjonalnie podobnej wielkości jak Ziemia. Trzecia teoria sugeruje, że Księżyc został schwytany przez przyciąganie ziemskie.

Opierając się na informacjach zebranych w okresie wypraw Apolla naukowcy zaproponowali, że Księżyc utworzył się w wyniku uderzenia w Ziemię ciała wielkości Marsa w początkach jej historii. „Zderzenie to nastąpiło po uformowaniu się żelaznego jądra Ziemi i wyrzuciło na orbitę skalną, ubogą w żelazo materię zewnętrznej otoczki," wyjaśniał Binder. „To właśnie ta materia połączyła się tworząc Księżyc."

Potrzebne są dalsze analizy danych Lunar Prospectora, aby uściślić rozmiary księżycowego jądra i zawartość w skałach księżycowych pierwiastków takich jak złoto, platyna i iryd, towarzyszących metalicznemu żelazu." dodał Binder. „Pozwoli to bardziej upewnić się, czy model powstania Księżyca w wyniku wielkiego zderzenia jest poprawny, czy też Księżyc powstał w inny sposób."

Obecne dane uzyskano dzięki pomiarom grawitacji prowadzonym przez dr Alexa Konopliva z Jet Propulsion Laboratory w Pasadenie. Jego wyniki wskazują, że promień księżycowego jądra zawiera się między 220 i 450 kilometrów. Wynik ten jest zgodny z niezależnymi danymi magnetycznymi dr Lona Hooda z Uniwersytetu Arizońskiego w Tucson wskazującymi, że promień jądra jest zawarty między 300 a 425 km.

Dalsze informacje o sondzie Lunar Prospector, przekazywanych przez nią danych naukowych, oraz związane z tym mapy i rysunki można znaleźć na stronach internetowych projektu: http://lunar.arc.nasa.gov

Wiadomości NASA
16 marca 1999 r.

Nowy meteoryt marsjański

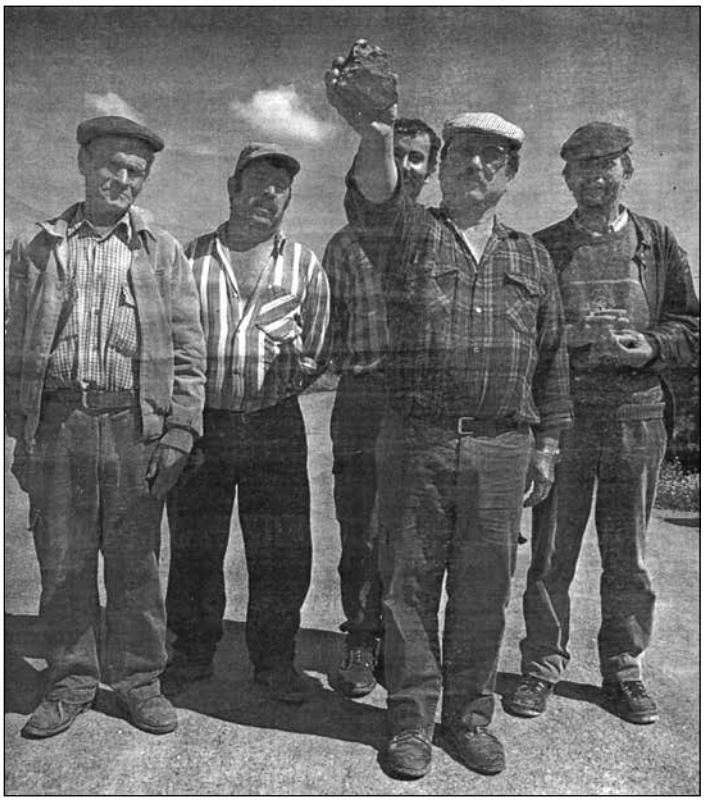
Brunatny kamień wielkości orzecha kokosowego zidentyfikowano jako dopiero czternasty znany meteoryt z Marsa. Znalazł go w regionie Dar al Gani libijskiej Sahary anonimowy poszukiwacz meteorytów. Dziesięciogramową piętkę kamienia dostarczył on dr Luigi Folco, kustoszowi zbiorów meteorytów w Museo Nazionale dell'Antartide Uniwersytetu w Sienie, we Włoszech.

Meteoryt ten badał także dr Ian Franchi z Uniwersytetu Otwartego w Wielkiej Brytanii, który dzięki analizie izotopów tlenu rozpoznał „marsjańskie piętno" kamienia. Przeprowadzono także analizy mineralogiczne i petrograficzne badając płytki cienkie meteorytu pod mikroskopem optycznym i potężniejszym, elektronowym.

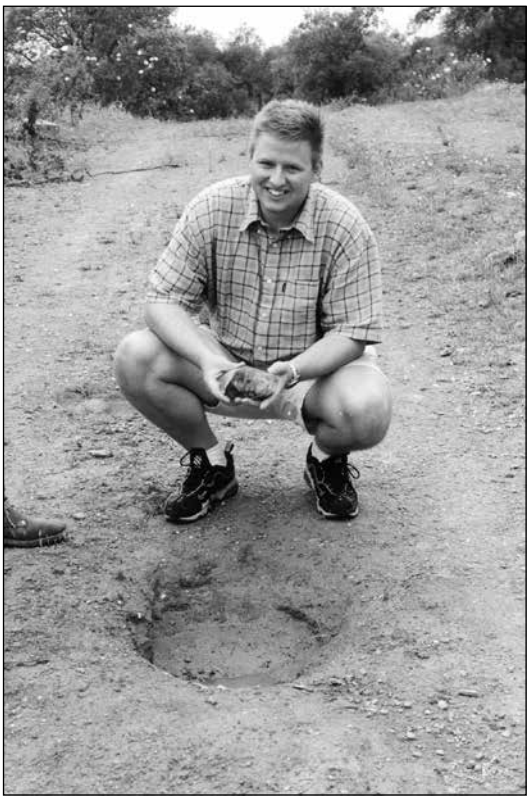
„Bardzo nas to ucieszyło", powiedział dr Folco. „Meteoryt bez wątpienia pochodzi z Marsa. Jest to prawdziwy skarb."

Kamień posiada ślady, że był poddany silnemu ciśnieniu, prawdopodobnie podczas eksplozji, która wyrzuciła go z Marsa i skierowała na drogę ku Ziemi około miliona lat temu. Informacja o nowym znalezisku ukaże się wkrótce w Biuletynie Meteoritical Society. Meteoryt otrzyma oznaczenie Dar al Gani 489.

Niestety nie jest to zbyt ładny okaz. Jest dość zwietrzały, prawdopodobnie został zanieczyszczony



Mieszkańcy Aldea de Palhieros prezentują meteoryt Ourique



Krater wybity przez meteoryt i M. Farmer z kawałkiem meteorytu

ziemskimi bakteriami i nie nadaje się do poszukiwania dowodów życia na Marsie.

Wstępne dane pokazują, że Dar al Gani 489 jest bardzo podobny do kamienia, który został sklasyfikowany jako trzynasty meteoryt marsjański — Dar al Gani 476. Te dwa meteoryty mogą więc pochodzić z tego samego spadku.

Naukowcy sądzą, że na libijskiej pustyni może być więcej kamieni z Marsa. Z czternastu zidentyfikowanych dotąd meteorytów z Marsa sześć znaleziono na lodowatych pustkowiach Antarktydy.

Dr David Whitehouse/BBC

Strony internetowe NASA/JPL NEO

Biuro programu obiektów zbliżających się do Ziemi (NEO) w Jet Propulsion Laboratory NASA ma przyjemność poinformować o utworzeniu stron internetowych:

http://neo.jpl.nasa.gov

Informacje na tych stronach są aktualne i wyczerpujące. Tabela tak zwanych potencjalnie niebezpiecznych planetoid (PHA) podaje na najbliższe 100 lat momenty i minimalne odległości największych zbliżeń do Ziemi wraz z ocenami błędu, minimalnymi możliwymi odległościami i prawdopodobieństwami uderzenia w Ziemię. Tabela, która jest codziennie aktualizowana, zawiera zbliżenia do Ziemi ponad 375 PHA na odległość mniejszą niż 0,2 j.a. Interaktywne utwory na tych stronach pozwalają użytkownikom na tworzenie własnych tabel położeń i elementów orbit komet i planetoid oraz sprawdzanie nieznanych obiektów w polu widzenia. Ponadto strony zawierają obszerne informacje o obiektach zbliżających się do Ziemi oraz dawnych i planowanych wyprawach statków kosmicznych do komet i planetoid (z połączeniami do odpowiednich stron). Jest tam dział najnowszych wiadomości NEO, zdjęcia komet, planetoid, kraterów uderzeniowych i meteorytów, oraz ponad 30 połączeń do innych, pokrewnych tematycznie, stron internetowych.

Ron Baalke NASA/JPL

Meteoryt Ourique

Meteoryt ten spadł w pobliżu miejscowości Aldea de Palhieros i Ourique w Portugalii 28 grudnia 1998 roku o pierwszej w nocy. Mieszkańcy wioski Aldea de Palhieros siedzący w małym barze (3 stoliki!) ujrzeli, że nagle za oknem z nocy zrobił się dzień. Wszyscy wybiegli zobaczyć, co się dzieje. Zobaczyli oślepiający ogień, który stawał się coraz większy i pędził od zachodu wprost na nich. Ludzie wybiegali z domów. Kobiety i dzieci krzyczały z przerażenia. Po jakichś 8 czy 10 sekundach ogień zniknął i nagle okolicą wstrząsnęło kilka potężnych eksplozji. Ludzie byli przerażeni nie wiedząc, co się stało.

Po dwóch dniach pewien człowiek pasący świnie zauważył krater na polnej drodze 4 kilometry na zachód od wioski. W nim i na wschód od niego leżały liczne, większe i mniejsze fragmenty szarego kamienia z czarną, osmaloną powierzchnią. Krater miał wymiary 60×30×15 centymetrów. Meteoryt uderzył w ziemię pod małym kątem, ponieważ wszystkie jego kawałki leżały na wschód od krateru. Człowiek ten powiadomił o znalezisku radę wioski, która słusznie doszła do wniosku, że to jest to, co wywołało widowisko „światło i dźwięk" dwa dni przedtem. Powiadomiono Uniwersytet Lizboński, skąd przybyli naukowcy, którzy zebrali od ludzi około 6 kilogramów fragmentów. Po przeprowadzeniu analiz stwierdzili oni, że meteoryt ten jest zbrekcjowanym chondrytem zwyczajnym typu H4. Niestety ludzie porozbijali większe fragmenty na kawałki, które rozdawali znajomym. Pewien człowiek wyrzucił trzykilowy kawałek na śmietnik, a inny zacementował 2,5 kg frag-

ment w kamiennym ogrodzeniu. Z meteorytu, którego wagę ocenia się na 20 kilogramów, 6 kilogramów jest na Uniwersytecie i w Muzeum Przyrodniczym w Lizbonie, około 6 kilogramów przepadło, a mi udało się zebrać około 8 kilogramów.

Posiadam wszystkie fragmenty tego meteorytu oferowane na sprzedaż, ale część okazów jest zarezerwowana dla kolekcji muzealnych. Dla kolekcjonerów jest niewiele fragmentów i dlatego nie mogą one być tak tanie, jak bym chciał. Wyjazd do Portugalii dość drogo mnie kosztował. Jeśli ktoś zaoferuje taniej jakikolwiek meteoryt, którego spadek obserwowano w Europie, natychmiast kupię!

Mike Farmer

Od redaktora: Meteoryt kosztuje $10/gram. Zdjęcia i inne szczegóły są w Internecie:
http://www.concentric.net/~Farmerm

Przekrój meteorytu Ourique. Fot. M. Farmer

Z The Meteoritical Bulletin No. 83:

Ourique, Portugalia

Spadł 28 grudnia 1998 roku o 00:50 U.T.

Chondryt zwyczajny H4

Wiele kamieni o łącznej masie około 20 kg odnaleziono na polnej drodze po tym, jak wiele osób obserwowało jasny bolid i głośne detonacje. Dwa dni po spadku odnalazł pierwsze fragmenty Antonio Silva, po czym mieszkańcy pobliskiej wioski odnaleźli inne kawałki. Meteoryt wybił eliptyczny krater 60 × 30 cm, o głębokości 20 cm, a większość fragmentów odnaleziono w obrębie 55 metrów.

Kaigorod, zob. Vyatka
Vyatka, Rosja

Znaleziony w 1992 roku

Chondryt zwyczajny H4

Bryła 40–50 kg została podobno znaleziona na brzegu rzeki Wiatki niedaleko Sowiecka w okolicy Kirowa. Fragment 321 g. trafił do Komitetu Meteorytowego Rosyjskiej Akademii Nauk, natomiast główna masa zaginęła.

Wkrótce potem na giełdach minerałów pojawił się chondryt oferowany pod nazwą „Kaigorod", znaleziony podobno w okolicy Kirowa. Ważący 32 kg fragment większego kamienia zakupił S. Vassiliev z Pragi. Wyniki analizy tego meteorytu przeprowadzonej przez J. Otto są zgodne z wynikami analizy meteorytu Vyatka przeprowadzonej w Moskwie. Nie ulega wątpliwości, że „Kaigorod" jest brakującą główną masą meteorytu Vyatka i nazwa „Kaigorod" będzie odtąd traktowana jako synonim tego meteorytu.

Leeds — unieważnienie nazwy

Niedawne analizy wykazały, że meteoryt żelazny Leeds (IAB) jest w rzeczywistości okazem meteorytu Toluca. Nazwa „Leeds" przestaje odtąd oznaczać odrębny meteoryt i będzie jedynie synonimem meteorytu Toluca.

Dar al Gani 489, Libia

Znaleziony w 1997 roku

Marsjański bazalt (shergottyt)

Znaleziono ciemnobrązowy kamień o wadze 2146 g. Brak skorupy obtopieniowej, bazaltowa tekstura porfirowa. Składa się z milimetrowej wielkości fenokryształów brązowego oliwinu osadzonych w bardziej drobnoziarnistym cieście z listewek pigeonitu ze szkliwem o składzie plagioklazu między nimi. Wśród minerałów pobocznych występuje augit, chromit, ilmenit, merrillit i pirotyn. Występują wyraźne deformacje szokowe. Petrografia, mineralogia i zawartość gazów szlachetnych są bardzo podobne, jak w DaG 476 i najprawdopodobniej oba meteoryty pochodzą z jednego spadku.

Gan Gan, Argentyna

Znaleziony w 1984 roku

Oktaedryt drobnoziarnisty IVA

Meteoryt żelazny o wadze 83 kg został znaleziony przez osobę zbierającą szyszki (zob. artykuł Horejsi'ego i Cilza).

Kunya-Urgench, Turkmenistan

Spadł 20 czerwca 1998 roku o 17:25 czasu miejscowego

Chondryt zwyczajny H5

W wielu miejscowościach obserwowano ogromny bolid i słyszano głośny świst, a potem potężny huk. Duża bryła spadła na pole bawełny w odległości 30–50 m od kilku rolników wytwarzając krater o średnicy 6 metrów i głębokości 4 m. Z krateru wydobyto kamień o wadze około 900 kg. Łącznie zebrano 1000–1100 kg. Główna masa znajduje się w Turkmenistanie. Meteoryt ten jest znany także pod nazwą Saparmurat Turkmenbashy.

Zag, Sahara Zachodnia lub Maroko

Spadł 4 lub 5 sierpnia 1998 roku

Chondryt zwyczajny H3-6 (brekcja regolitowa)

Obserwowano, jak meteoryt spadł na górę w sąsiedztwie Zag, w Maroku. Miejscowi sprzedali kolekcjonerom i handlarzom około 175 kg pod nazwami: Zag, Sagd i Tan-Tan.

Łowy wśród lodów

Guy Consolmagno SJ
tłum. Marek Muciek

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 2. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Wojskowy C-130 wystartował z rykiem silników. To ten sam typ samolotu, który przywiózł nas z Christchurch w Nowej Zelandii do stacji McMurdo, głównej amerykańskiej bazy badawczej na Antarktydzie. Teraz unosił nas ze względnego komfortu wojskowych baraków w pustkę Antarktydy. Z Nowej Zelandii leciała nas czterdziestka. Teraz było nas tylko sześcioro.

Skutery śniegowe i ciężkie kartonowe pudła wypełniały resztę samolotu. Ostatnie pięć dni spędziliśmy pakując te pudła i wypisując na nich adres: „Griffin Nunatak". Teraz pozostało nam tylko mieć nadzieję, że wszystkie bagaże znalazły się w samolocie. Nie mogliśmy zapomnieć niczego — na Równinie Antarktycznej karta American Express nie działa.

Podróż do Griffin Nunatak, łańcucha gór sterczących nad lądolodem, trwała ponad godzinę. Przez cały czas pociłem się z emocji. W życiu zdarzało się mi już podróżować w nieznane, jednak nigdy jeszcze nie było to tak dosłownie prawdą.

Oczywiście, miałem zaufanie do Ralpha Harveya z Case Western University, który prowadził program meteorytowy, i do Johna Schutta, naszego szefa bezpieczeństwa. Wiedziałem też, że mogę polegać na innych moich towarzyszach. A byli to Laurie Leshin (University of California, Los Angeles, obecnie w uniwersytecie stanu Arizona), René Martinez (Centrum Kosmiczne Johnsona, Houston) i Sara Russell (Smithsonian Institution, obecnie w Brytyjskim Muzeum Historii Naturalnej). Robili wrażenie młodych, silnych i fachowych. Ufałem również facetom z US Navy Reserve, pilotującym samolot. Jednak wiedziałem też, że nie mogę ufać sobie.

Pocieszałem się, że strach minie gdy wysiądziemy z samolotu. Wszak Nieznane przeraża tylko dopóty, dopóki nie wiemy jakie jest. Gdy już je poznam, przestanie być Nieznanym.

Wreszcie samolot przechylił się zataczając koło, najwyraźniej szykując się do lądowania. Nie było okien, więc nie widzieliśmy, a tylko wyczuwaliśmy to co się działo. „Pewnie próbują najpierw wytracić prędkość" — krzyknął Ralph, usiłując przebić się przez ryk silników.

Silniki zawyły jeszcze głośniej, a na twarzach naszych pilotów malowało się rosnące napięcie. Gwałtowny wstrząs oznaczał, że dotknęliśmy ziemi. Na chwilę tylko. Samolot odbił się, a potem jeszcze raz, i jeszcze raz. Ryk silników wzmógł się jeszcze bardziej i po chwili znów wzbiliśmy się w bezpieczną przestrzeń powietrznego oceanu. Samolot jeszcze raz przechylił się na lewo i poczuliśmy, że podejmuje drugą próbę lądowania.

„Zrobili sobie pas startowy w śniegu" — zawołał Ralph. „Będą mieli trochę twardego i gładkiego gruntu gdy będą startować".

Kolejne szarpnięcie oznaczało, że znów wylądowaliśmy. Jeszcze kilka podskoków, jeszcze więcej hałasu. Wreszcie samolot się zatrzymał. Tył maszyny zaczął się powoli otwierać. Ralph zamachał do nas, żebyśmy poszli do przodu, gdzie otworzyły się drzwi pod kabiną pilotów. „Trzymajcie się z dala od silników" — krzyknął. Tutaj nie odważą się ich wyłączyć."

Chwyciliśmy nasze pomarańczowe torby i ruszyliśmy za nim. Koło drzwi wycie silników było jeszcze głośniejsze. Tuż obok miejsca, którędy mieliśmy przejść, widać było mglisty obłok wirującego śmigła. Przełknąłem ślinę i wysiadłem z samolotu.

W krainę wichru

Pogoda w Mc Murdo przypominała środek zimy w Michigan. Pogoda na Równinie nie przypominała niczego, co kiedykolwiek przeżyłem, lub choćby mógłbym sobie wyobrazić.

Fot. 1. Ten 2.5-metrowy namiot, jeden z trzech, był przez 6 tygodni naszym domem na Równinie Wschodnioantarktycznej. Widać antenę radiową (do codziennej komunikacji z bazą McMurdo), baterię słoneczną zasilającą radio, wiadro z lodem (nasza woda pitna) i stację meteorologiczną (było naprawdę zimno i mogę to udowodnić odpowiednimi liczbami!). W tle są sanie, na których trzymaliśmy naszą zamrożoną żywność. Całą naszą żywność! (Fot. autora)

Wichura była niesamowita — 50, może 60 km/godz. Do tego temperatura: normalne tutaj –20°C. Lotnicy uwielbiają taką pogodę, bo łatwiej wtedy startować i lądować. Naciągnąłem na usta wełnianą kominiarkę, na policzki, oczy i nos zsunąłem plastykową maskę, ale doskonale czułem, że wiatr przewiewa je obie. Jak również moją niewiarygodnie ciężką, futrzaną kurtkę z kapturem (która nie wydawała się już tak niewiarygodna) i cztery warstwy ciepłych ubrań pod nią. Cała wilgoć, którą wypociłem z siebie przez ostatnią godzinę, przymarzła do mnie.

Lęk przed Nieznanym? Teraz już wiedziałem czym jest antarktyczna Równina. Nie była już Nieznanym. I nawet piekło wydawałoby się przy niej rajem.

Antarktyda jest wspaniałym miejscem dla poszukiwaczy meteorytów. Zimno konserwuje kruche, kosmiczne skały. Poza tym, czarne kamienie są wyraźnie widoczne na białym śniegu. Ale najlepszą rzeczą jest sposób, w jaki ruch lądolodu przemieszcza meteoryty. Samolot wyrzucił nas na łatwym do zlokalizowania śnieżnym polu, na którym nie było wielu meteorytów do znalezienia. Tak zresztą jak na większości kontynentu. Te same, stałe opady śniegu, które wymościły gładkie lądowisko dla naszego C-130, przykryłyby również wszelkie meteoryty, które by tu spadły. Co więcej, byłyby one wyniesione z tego miejsca przez lodowiec, który tyjąc, stale zsuwa się do oceanu.

Fot. 2. Znalazłszy meteoryt Ralph Harvey podnosi go jałowymi nożycami i podaje wstępny opis. John Schutt zapisuje dane, podczas gdy Laurie Leshin (po lewej) przygotowuje nylonowa torebkę. Ralph ma gołe ręce — otwieranie plastykowej torebki w rękawicach jest trudne... ale praca gołymi rękami na takim mrozie też nie jest rozkoszą! (Fot. autora)

Fot. 3. Szukaliśmy meteorytów jeżdżąc po błękitnym lodzie tyralierą sześciu skuterów. Ilekroć ktoś dostrzegł cokolwiek, co nie wyglądało na lód, zbieraliśmy się wokół tego i wydobywaliśmy znalezisko. (Fot. autora)

Jednak w pewnych miejscach ruch lodu jest zatrzymywany przez góry, albo inne przeszkody. Tam, stałe wiatry wiejące od bieguna wymiatają pokrywę śniegu, odsłaniając twardą skorupę niebieskiego lodu... i meteoryty. Tym sposobem, przesuwający się lądolód działa jak pas transmisyjny, znoszący meteoryty z całego kontynentu w kilka pól błękitnego lodu.

Aby dostać się do naszego pola musieliśmy jeszcze jechać sześć godzin skuterami śnieżnymi, ciągnąc za sobą namioty i cały sprzęt. Na noc rozłożyliśmy się obozem w miejscu lądowania, a przez cały następny ranek zajęci byliśmy pakowaniem i układaniem sprzętu. Mieliśmy tuzin sań do upakowania. Po dobrze zasłużonym, gorącym obiedzie przyszedł najbardziej bolesny moment. Nasz przytulny, ciepły namiot, który chronił nas przed zimnem i był miejscem gdzie mogliśmy jeść, spać, lub po prostu złapać oddech... został złożony, zwinięty i umocowany na wierzchu sań. Znów byliśmy nadzy. Czas było ruszać.

Teren był wyboisty. Śnieg wymrożony wieczną zimą nie jest miękki. Zwłaszcza pod płozami śnieżnego skutera pędzącego w podskokach 30 km/godz. Sanie za nami śmigały między muldami i podrygiwały na wybojach. Ze wszystkich sił starałem się nie spuszczać oka z Johna, torującego nam drogę. Nasza trasa usiana była szczelinami w lodowcu. Początek sezonu to zapewne najbardziej niebezpieczna pora. John parę razy zatrzymywał się, badał drogę i zmieniał kierunek. Nie widzieliśmy tego co on. Pozostawało nam tylko ufać mu.

Jego zadanie polegało nie tylko na znalezieniu trasy bezpiecznej, ale i możliwie płaskiej. W pewnym momencie sanie jednego z zaprzęgów przekoziołkowały. Innym razem, podczas jazdy wąskim, wyboistym wąwozem pękła płoza ciężko obładowanych sań, wiozących dwie beczki benzyny. Ralph i John związali je sznurkiem i pojechaliśmy dalej.

Pięć godzin. Sześć godzin. Wreszcie wjechaliśmy na szczyt wzgórza i zobaczyliśmy...

Wyglądało to jak najbardziej błękitne i najgłębsze jezioro, jakie kiedykolwiek widziałem. Obrzeżone białym śniegiem jak koralowa rafą, z błękitem tak jaskrawym i głębokim, ze aż oczy bolały patrzeć. Rozciągało się przed nami pomarszczone i pofalowane, jakby zamrożone w czasie. Przybyliśmy na miejsce.

Na krawędzi lodu John zatrzymał skuter, zsiadł z niego i zaczął wymachiwać rękami nad głową.

Ze skutera Ralpha rozległ się ryk. „Cholera!", wrzeszczał potrząsając pięścią. Wszyscy zjechaliśmy się ku niemu. „Zawsze musi znaleźć pierwszego", wyrzekał Ralph.

U stóp Johna leżał mały czarny kamień.

Zanim poszliśmy spać tego wieczora, w zasięgu krótkiego spaceru od obozu znaleźliśmy jeszcze trzy meteoryty. Oznakowaliśmy je czerwonymi chorągiewkami, zatkniętymi na długich, cienkich, bambusowych tyczkach, wetkniętych w dziury wyrąbane w lodzie. Zostawiliśmy je tam, gdzieśmy je znaleźli. Rano mieliśmy

odbyć naszą pierwszą lekcję zbierania skarbów.

Procedura była zaskakująco skomplikowana. Cała wspaniałość meteorytów z Antarktydy wynika stąd, że przez tysiące lat miały kontakt wyłącznie z czystym lodem. Musieliśmy dołożyć wszelkich starań, żeby nie zniszczyć tej sterylności zanieczyszczając je w ostatniej chwili. Tak więc tylko trzy rzeczy mogły dotknąć meteorytu. Śnieg i lód oczywiście — czasem używaliśmy kawałka lodu do obrócenia meteorytu, aby przyjrzeć mu się bliżej zanim ktoś przyniesie specjalny zestaw do zbierania znalezisk. Trzecią rzeczą, używaną do chwytania i podnoszenia meteorytów były nożyce albo szczypce, starannie wyjałowione i zatopione w plastyku w Centrum Kosmicznym Johnsona. Zebrane skarby przechowywane były w sterylnych nylonowych torebkach

Nożyce okazały się znacznie bardziej praktyczne od szczypiec. Można ich było użyć do wyrąbywania okazów z lodu, można było nimi mocniej chwycić meteoryt, i przydawały się do otwierania nowych pojemników z jałowymi torebkami, lub etykietkami. Cięliśmy też nimi długie paski teflonowej taśmy, którymi zapieczętowywaliśmy nylonowe torebki.

Ralph pokazał nam jak to się robi. „Chodźcie tu wszyscy", zawołał machając rękami nad pierwszym znaleziskiem. „Najlepiej będzie jak kucniecie wszyscy, osłaniając od wiatru osobę pakującą meteoryt. Kto ma zestaw do zbierania?", zapytał. Laurie przyniosła mały plecak.

„Świetnie", rzekł Ralph. „Najlepiej jest wyrobić sobie pewne nawyki. Wtedy wszystko robi się poprawnie samą siłą przyzwyczajenia. Ja zawsze kładę plecak przed sobą, w ten sposób, wierzchem ku mnie. Dzięki temu zawsze wiem, że miarka jest w lewej kieszeni, taśma w prawej, a torebki w środku." Odpiął zamek i wyjął nożyce i pustą torebkę. „Najpierw trzeba zobaczyć co mamy." Odsunął gogle na czoło, chwycił meteoryt nożycami i przysunął go do oczu, aby dobrze się przyjrzeć barwie i teksturze znaleziska. „I gdy pochylasz się nad kamieniem, uważaj, żeby nic z nosa na niego nie skapnęło," dodał.

Przyjrzał się uważnie znalezisku, po czym zwrócił się do stojącego obok Johna. „Chondryt zwyczajny", zawołał. John notował wykrzykiwane przez Ralpha dane w małym zeszyciku. „Około 30% skorupy obtopieniowej. Czy wszyscy wiedzą jak rozpoznać skorupę obtopieniową? W tym przypadku to łatwe. Ale czasem, gdy okaz jest bardziej zwietrzały, kłócimy się, czy wszystko co jest czarne na powierzchni jest skorupą obtopieniową."

„Co dalej... Sara?" Z bocznej kieszeni plecaka Sara wyjęła podłużne, metalowe pudełko. Z jednej strony widać było cyferki. Przyjrzawszy się bliżej dojrzałem małe kółeczka, doczepione do każdej z cyfr. Obracając kółkami można było ustawić dowolną liczbę sześciocyfrową. Widziałem to urządzenie setki razy na zdjęciach skał księżycowych, ale po raz pierwszy na żywo.

„Półtora, na jeden, na jeden", powiedziała Sara. Ponad ramieniem René widziałem, że Sara trzymała pudełko z numerami tuż przy kamieniu. Wzdłuż brzegu pudełka biegła centymetrowa miarka. Sara używała pudełka do mierzenia okazu.

„Teraz wkładamy kamień do torebki." Łatwo powiedzieć! Nawet we własnej kuchni otwarcie plastykowej torebki nie jest proste. Co dopiero tu, na lodzie, mając na rękach rękawice z jednym palcem. To było niemożliwe. Spojrzałem znowu — Ralph miał gołe ręce.

Zauważył moje spojrzenie i pospieszył z wyjaśnieniem. „Klęczę na moich rękawicach. Temperatura lodu jest –40°C przez okrągły rok. Zimno przenika przez spodnie jeśli siedzisz lub klęczysz bez dodatkowych podkładek. No i potrzebuję gołych rąk do otwarcia torebek. Czasem ślinię palce, pozwalam im przymarznąć do zewnętrznych brzegów torebki, a potem rozwieram palce i torebka sama się odmyka. W ten sposób."

Wrzucił mały, czarny kamyk do torebki. „I nie dotykam wnętrza torebki. Gdy okaz jest w środku zawijamy ją raz, drugi i trzeci... niech ktoś mi poda numer."

René sięgnął do prawej kieszeni plecaka i wyjął plastykową torebkę z małymi, metalowymi tabliczkami. „To jest albo 9011 albo1106. Zaraz sprawdzę ... następny jest 9012, więc to musi być 9011." John zapisał to w notesie. Zamknięty w torebce meteoryt przechodził z rąk do rąk i wszyscy po kolei go oglądaliśmy. Tymczasem Ralph wyjął magiczny, czarny marker i wypisał liczbę 9011 na drzewcu czerwonej chorągiewki. Gdy znalezisko dotarło do René, ten wetknął metalową tabliczkę pomiędzy fałdy torebki i oddał ją Ralphowi.

„Zaklejmy ją teraz", rzekł Ralph. Laurie wyciągnęła dużą rolkę białej taśmy i po chwili mocowania się z nią

Fot. 4. „Oto co modny łowca meteorytów nosi na Antarktydzie. Żaden kawałek skóry nie jest odsłonięty. Wszędzie są przynajmniej potrójne warstwy włącznie z nakryciem głowy i okularami. Pod maskę osłaniającą twarz zakładam wełnianą kominiarkę, w przeciwnym razie wilgoć z oddechu spowodowałaby przymarznięcie maski do mojej brody." — Guy Consolmagno. Fot. Sara Russell

oddała ją Ralphowi, który gołymi rękami namacał początek. „Zawsze robimy pętelkę na końcu taśmy, na następny raz", ostrzegł nas. „W przeciwnym razie trzeba szukać początku paznokciami, co na tym mrozie nie należy do przyjemności. Każdy, kto zgubi koniec taśmy, otrzymuje honorowy tytuł durnia dnia".

Wreszcie, oklejone taśmą plastykowe zawiniątko, z ledwo widocznym w środku czarnym kamykiem, zostało z powrotem wepchnięte do plecaka. „Na koniec dnia przełożymy wszystkie okazy do izolowanego termicznie pudła, na saniach za namiotem Johna. Nawiasem mówiąc, jest to to samo pudło, którego używali astronauci w wyprawach Apollo. Policzymy je wszystkie potem. Lepiej, żeby te rachunki zgadzały się z zapisami w notesie Johna."

Cel stawiania chorągiewek odkryłem później. John objeżdżał je wszystkie z satelitarnym odbiornikiem GPS (Global Positioning System), notował ich pozycje, a potem w obozie wpisywał je do przenośnego komputera, działającego na baterie słoneczne.

Po dwóch dniach byliśmy już starymi rutyniarzami w sztuce zbierania meteorytów. Jeździliśmy skuterami śnieżnymi rozwinięci w tyralierę, z Ralphem na jednym skrzydle i Johnem na drugim. Oni dyktowali trasę i tempo. Nasza tyraliera miała kształt litery U, ponieważ środkowi poszukiwacze celowo pozostawali nieco w tyle. To pozwalało im mieć liderów stale na oku. Dzięki temu też nasze obszary penetracji częściowo się nakładały, na wypadek gdyby ktoś przegapił meteoryt.

Każdy z nas był „odkrywcą" każdego znalezionego meteorytu. Nie prowadziliśmy rachunków kto ile spostrzegł, nie było więc „kłusowania" na okazy leżące na drodze kogoś innego. Gdy się wypatrzyło meteoryt, podjeżdżało się do niego, zatrzymywało i machało rękami nad głową. Pozostali zaznaczali jakąś bryłą lodu miejsce gdzie byli, zawracali i zjeżdżali się do nowego znaleziska. Trzeba było przy tym pilnować, aby jechać po terenie już przebadanym. W ten sposób dokonywało się powtórne przeczesywanie przeszukanego obszaru. Zdumiewająco często okazywało się, że ktoś dostrzegał duży meteoryt gdzieś daleko, a przegapiał okruch, który miał dokładnie między płozami.

Po pewnym czasie każdy z nas wyspecjalizował się w jakiejś konkretnej czynności. Angielka Sara Russel zwykle mierzyła okazy. Co rusz słyszeliśmy jakieś „półtora" wykrzyczane z jej północnoangielskim akcentem. Laurie pakowała meteoryty do torebek i oklejała je taśmą. Była bardzo skrupulatna i drobiazgowa. René był zawsze pierwszy gdy trzeba było podnieść coś ciężkiego. Przy tym obrzucał nas wszystkich spojrzeniem pełnym pogardy dla naszego lenistwa. Ogłosił się też oficjalnym rzeczoznawcą w kwestii skorupy obtopieniowej i w związku z tym kazał się tytułować „panem Skorupińskim". John był człowiekiem małomównym, a często całkiem milczącym. Czasem, bez słowa, zupełnie znienacka wskakiwał na swój skuter i pędził dokądś, jak do pożaru. Ralph tłumaczył wówczas, że w języku Johna oznacza to: „No, na co czekacie, chłopcy? Do roboty! Jadę w tamtą stronę..."

Przez następne sześć tygodni „odkryliśmy" ile lodu trzeba stopić, żeby przygotować posiłek, albo umyć ręce. I jak ugotować trzydaniowy obiad na kuchence turystycznej, używając tylko jednego garnka. I jak nie zwariować, będąc uwięzionym w zasypanym śniegiem namiocie przez dziesięć dni z rzędu. Ale odkryliśmy też 390 meteorytów.

W większości były to chondryty zwyczajne. Ale pod koniec sezonu mieliśmy też tuzin meteorytów bazaltowych, o których sądzi się, że są fragmentami planetoidy Westa. Był też tuzin chondrytów węglistych. W tym jeden lub dwa zawierające dużo wody — to szczególnie interesujące okazy, które mogą pochodzić albo z bogatej w wodę planetoidy, albo nawet z komety. Co ciekawe, na prawie 400 znalezisk, natknęliśmy się na zaledwie jeden meteoryt żelazny, choć stanowią one połowę kolekcji muzealnych.

Takie statystyki pokazują co naprawdę bombarduje Ziemię. I jest to wynik nie zniekształcony wpływem takich czynników jak np. nietrwałość meteorytów w klimacie umiarkowanym. O kompletności naszej kolekcji świadczy również fakt, że znaleźliśmy też okazy niepodobne do innych meteorytów, które zapewne byłyby przeoczone, gdyby leżały wśród ziemskich kamieni.

Tego roku nie znaleźliśmy żadnych meteorytów marsjańskich. Ale wśród naszych łupów jest 50-gramowy okaz, którego tekstura i skład mineralny dokładnie odpowiadają typowej brekcji księżycowej. Pojechaliśmy na Antarktydę ze sprzętem pamiętającym program Apollo i znaleźliśmy nasz własny kawałek Księżyca.

Dr Guy Consolmagno jest bratem jezuitą i kustoszem Watykańskiej Kolekcji Meteorytów. Jest współautorem książek „Turn Left At Orion" (wraz z Danem Davisem) i „Worlds Apart" (z Martą Schaefer). Jego najnowsza książka „The Way to the Dwelling of Light" została niedawno wydana przez University of Notre Dame Press.

Adres Autora:
Vatican Observatory Research Group
Specola Vaticana
V-00120 Vatican City State
oraz
Steward Observatory
University of Arizona
Tucson, AZ 85721

Zaproszenie na OZMA III

III Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii odbędzie się w dniach 19–22 sierpnia w Urzędowie koło Kraśnika.

Tym razem OZMA będzie miał tematy przewodnie. Pierwszym będzie oczywiście Słońce (wiadomo — zaćmienie!), drugim zaś meteoryty. W tej drugiej kwestii przewidujemy dwie główne atrakcje:

— dwa wykłady Andrzeja S. Pilskiego

— wystawa i konkurs prywatnych kolekcji (Wielki Oz za zbiór i prezentację)

Zgłoszenia należy przesyłać na adres:

Karol Wenerski
ul. Sowińskiego 3/2
85-083 BYDGOSZCZ

e-mail:karwen@kki.net.pl

Spektroskopia ramanowska w badaniach meteorytów

Andy Stucki, Eric Reusser

tłum. Marek Muciek

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 2. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Wstęp

Tu i ówdzie można się ostatnio natknąć na informację, że pewne minerały, lub inne składniki meteorytów, zostały zidentyfikowane przy pomocy spektroskopii Ramana. Wielu zadaje sobie wtedy pytanie — co to takiego?

Leżący u podstaw tej metody Efekt Ramana znany jest od dłuższego czasu. Sir C.V. Raman odkrył go w roku 1928. Jednak spektrometry ramanowskie do niedawna były ogromnymi i bardzo drogimi maszynami. Właśnie dlatego metoda ta nie była szeroko stosowana i wciąż jest mało znana. Ale rozwój techniki spowodował, że teraz nie kosztują już one milionów dolarów i mieszczą się na zwyczajnym stole. Co więcej, ich rozdzielczość przestrzenna poprawiła się tak dalece, że teraz można analizować nimi próbki o rozmiarach 1 mikrona. Z tych powodów coraz częściej będziemy spotykać relacje z badań spektroskopią ramanowską.

W tym krótkim artykule spróbujemy pokazać jak przydatna okazała się spektroskopia Ramana w analizowaniu kilku interesujących meteorytów. Wykażemy, że ta szybka i wygodna metoda może być niezwykle pomocna, zwłaszcza przy analizowaniu meteorytów świeżo odkrytych i nieznanych. Choć oczywiście ma ona swoje ograniczenia.

Czym jest spektroskopia Ramana?

Jest to metoda optyczna. Minerał, lub jakakolwiek inna substancja, jest oświetlana monochromatycznym światłem lasera. Na skutek efektu Ramana (przewidzianego teoretycznie przez Smekala w roku 1923, a odkrytego przez Ramana w 1928). W widmie światła rozproszonego pojawiają się linie, które nie występowały w świetle padającym a ich liczba i położenie zależą od budowy cząsteczek substancji rozpraszającej. Zjawisko to jest skutkiem oddziaływania światła padającego z atomami badanej substancji. W rezultacie następuje pobudzenie oscylacji atomów. Widmo ramanowskie, czyli widmo światła rozproszonego, odzwierciedla strukturę oscylacyjną materiału próbki, która stanowi jej „odciski palców".

Na mikrospektrometr Ramana składają się: laserowe źródło światła, mikroskop optyczny i spektrometr optyczny (Rys.1). Promień z lasera jest kierowany poprzez mikroskop na powierzchnię próbki (lub do jej wnętrza, jeśli próbka jest przeźroczysta). Światło rozproszone jest wprowadzane do spektrometru i analizowane. Uzyskane widmo jest porównywane z widmami rozmaitych substancji, przechowywanymi w bibliotece widm odniesienia i w ten sposób jest określana tożsamość badanej substancji.

Spektroskopia ramanowska ma kilka zalet. Po pierwsze, nie niszczy próbki. Jest to szczególnie ważne gdy bada się coś małego albo cennego (np. kamienie szlachetne). Po drugie, jest bardzo szybka. Widma ramanowskie uzyskuje się zwykle w ciągu sekund. Po trzecie, ponieważ wiązka laserowa jest kierowana mikroskopem, więc możemy badać bardzo małe inkluzje (o rozmiarach aż do 1 mikrona) w przeźroczystym materiale i nie tracimy czasu na przygotowanie próbki.

Zastosowanie spektroskopii Ramana do badań meteorytów

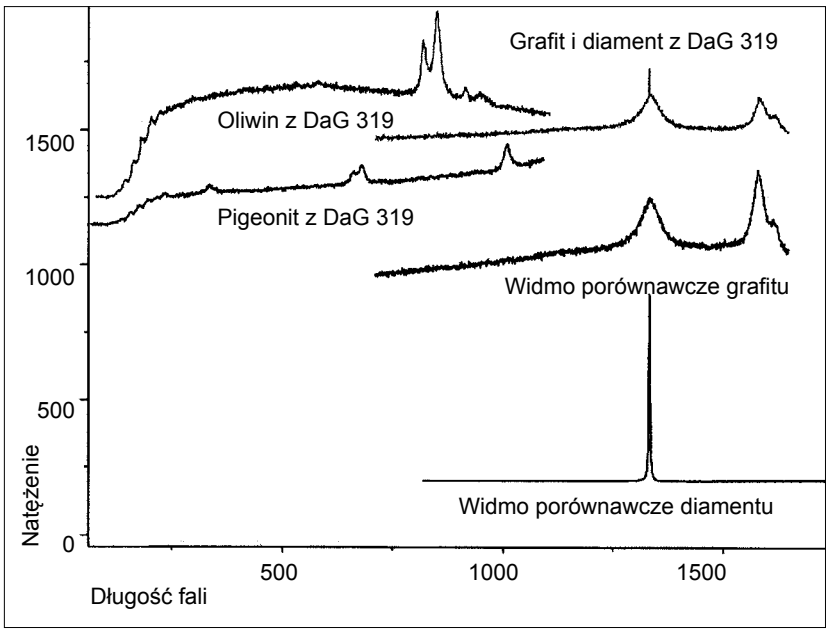
Widma Ramana są na ogół niewrażliwe na chemię minerałów. To, co możemy zrobić, to określić jakie minerały są obecne w cienkiej płytce, lub na powierzchni przekroju meteorytu.

Rys.1. Spektrometr Ramana używany obecnie w Zurychu. Składa się z ekranu telewizyjnego sprzężonego z mikroskopem, samego spektrometru i komputera zbierającego i przetwarzającego widma. Cały zestaw mieści się na zwyczajnym stole i jest dość niewrażliwy na wstrząsy

Większość meteorytów jest cięta na plasterki, albo ma przynajmniej jedną powierzchnię przekroju. Nie musimy więc przygotowywać próbki w żaden dodatkowy sposób.

Sklasyfikowanie świeżo odnalezionego meteorytu tradycyjnym sposobem zawsze wymaga przygotowania cienkiej płytki. Dopiero wtedy można badać mineralogię i chemię minerałów próbki. Oko geologa, zaopatrzone w mikroskop ze światłem spolaryzowanym, bez trudu rozróżnia minerały pospolite w meteorytach: oliwin (we wszystkich chondrytach, pallasytach, nakhlitach i in.), ortopiroksen (we wszystkich chondrytach, diogenitach, aubrytach i in.), plagioklaz (np. w eukrytach, przeobrażonych chondrytach i meteorytach księżycowych), albo klinopiroksen (np. w eukrytach, ureilitach i in.). W przypadku tych minerałów spektroskopia Ramana nie wnosi nic nowego.

Czasem jednak zdarzają się w cienkich płytkach minerały, których oko specjalisty nie jest w stanie zidentyfikować. Jest tak w przypadku minerałów bardzo niezwykłych, rzadkich, nieprzeźroczystych, albo wtedy gdy dane ziarno jest po prostu zbyt małe. Prawie każdy, kto poogląda cienkie płytki natknie się na ten problem. W takich przypadkach spektroskopia Ramana, dysponująca zdolnością rozdzielczą 1 μm, może pomóc w rozpoznaniu tajemniczych minerałów lub mikroskopijnych ziarenek. Jednak potrzebny jest duży katalog widm standardowych, bo przecież każde uzyskane widmo musi być porównane z widmami z biblioteki. I tu może się pojawić problem, zwłaszcza w przypadku nowych minerałów, których widma ramanowskie nie zostały dotychczas zarejestrowane. W takich wypadkach niezbędna będzie analiza chemiczna.



Rys. 3. Katalogowe widma grafitu i diamentu, oraz widma zawartych w Dar al Gani 319 oliwinu, pigeonitu i grafitu z inkluzjami diamentu. Ponieważ diamenty w Dar al Gani 319 są maleńkie i zanurzone w graficie, obserwowane widmo jest sumą obu „czystych" widm

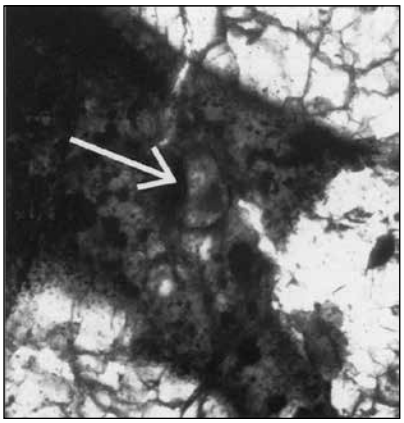
Poniżej podamy przykłady, które pokażą gdzie spektroskopia ramanowska może być (lub już się okazała) szczególnie pomocna.

Kilka przykładów

1. Fioletowy ringwoodyt
w chondrycie Tenham

W cienkich płytkach meteorytu Tenham widać minerały typowe dla chondrytów L, takie jak oliwin i hipersten. Ale widać też małe fioletowawe ziarenka, ulokowane w cienkich czarnych żyłkach (Rys.2). Nawet gdybyśmy znali wszystkie ziemskie minerały, nie bylibyśmy w stanie zidentyfikować tego minerału.

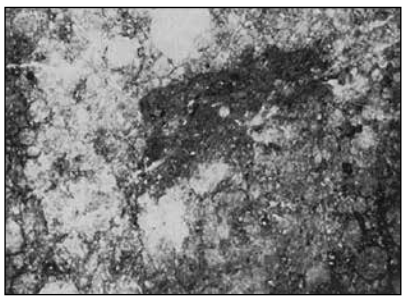
Spektroskopia Ramana pozwoliła w ciągu sekund określić te ziarna jako ringwoodyt. Jest to wysokociśnieniowa odmiana polimorficzna oliwinu (co oznacza, że mają one ten sam skład chemiczny, ale różną strukturę krystaliczną). Przestaje więc dziwić, że ten meteoryt zawiera żyłki ciasta skalnego, które doznało silnych przeobrażeń szokowych. W ten sposób możemy w parę chwil stwierdzić, czy jakiś nowo znaleziony meteoryt zawiera ringwoodyt.



Rys.2. Meteoryt Tenham z ziarnami ringwoodytu

2. Brązowa skała: ureilit
z mikrodiamentami Dar al Gani 319

Wyobraźmy sobie, że jesteśmy poszukiwaczami meteorytów i właśnie na jednej z pustyń (np. na Saharze) znaleźliśmy ten brązowy kamień. Żeby zobaczyć co jest w środku (i stwierdzić czy to jest meteoryt) musimy odłupać lub odciąć piętkę. W tym przypadku wewnątrz widzimy zwietrzałe ciasto skalne złożone z brązowawych kryształów, przecięte czarnymi żyłkami. Ponieważ nie wygląda to jeszcze zbyt obiecująco próbujemy szybko zidentyfikować minerały spektroskopią ramanowską. Po kilku pomiarach okazuje się, że ciasto skalne składa się z oliwinu i pigeonitu (rys. 3), przeciętych cienkimi żyłkami grafitu. To kombinacja nie spotykana w ziemskich skałach! Ponieważ może to być achondryt ureilit, więc warto również poszukać w nim diamentów. Przemiatając grafitowe żyłki, od czasu do czasu napotykamy ostre „szpilki" na 1331 cm^{-1}, powstające gdy światło jest rozpraszane na kryształach diamentu.



Rys.4. Powiększenie przekroju chondrytu L(LL)4 Sahara 97137, znalezionego przez Labennów. Ciemna inkluzja (długość ok. 5 mm), którą wcześniej uznawano za węglistą, okazała się ortopiroksenem silnie zanieczyszczonym tlenkami

Najwyraźniej znaleźliśmy ureilit zawierający diamenty.

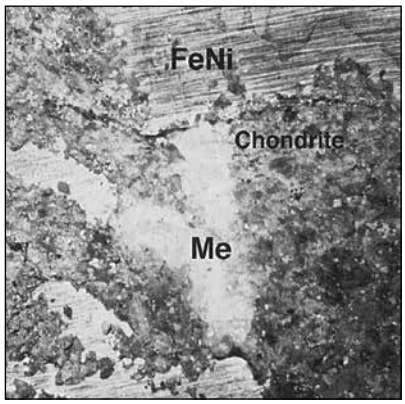
3. Inkluzje węgliste w Sahara 97137?

Ostatnio odkryty chondryt L(LL)4 Sahara 97137 zawiera w bogatym w chondry cieście skalnym wyraźne czarne plamki. Wydawało się oczywiste, że to węgiel. Spektroskopia Ramana miała to szybko udowodnić, nie czyniąc przy tym krzywdy próbce. Jednak uzyskane widma pokazały, że czarne ziarna są hiperstenem naszpikowanym drobniutkimi wtrętami czarnego tlenku, co właśnie nadawało całym kryształom czarną barwę. Typowe widmo grafitu nigdy się nie pojawiło.

4. Fosforany w Portales Valley

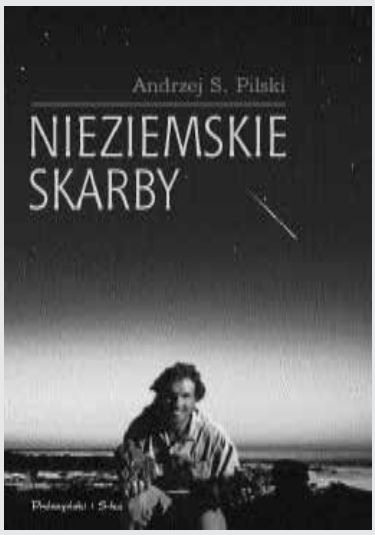
Portales Valley jest być może jednym z najciekawszych meteorytów, jakie kiedykolwiek dotarły do Ziemi. Wylądował on w Nowym Meksyku w czerwcu 1998r. Znajdujemy w nim okruchy chondrytu typu H ulokowane wśród żyłek metalu. Ta piękna i niezwykła struktura jest wyraźnie widoczna na przekrojach. Widać na nich również wciśnięte pomiędzy metal i materię chondrytową błyszczące, szare i żółte ziarna. Znów, jeśli chcemy pozostawić próbkę nietkniętą, to spektroskopia ramanowska umożliwia ustalenie tożsamości owych dużych, niezwykłych ziaren. Rezultat jest zaiste interesujący! Szare ziarna wykazują widmo typowe dla apatytu — fosforanu wapnia, spotykanego już wcześniej w meteorytach, ale rzadko w takich rozmiarach. (W ziemskich skałach apatyt jest bardzo pospolity.) Żółte ziarna okazały się merrillitem — bardzo rzadkim minerałem, znanym z kilku meteorytów (Allegan, Bjurböle, Homestead, Shergotty, Waconda i kilka innych), ale zawsze w małych ilościach i w postaci małych ziarenek. W tym przypadku jako widma porównania użyto widma whitlockitu, który jest bliskim kuzynem merrillitu, ale nieco bardziej powszechnym. Wszystkie te trzy minerały są fosforanami wapnia. Nic więc dziwnego, że ich widma są bardzo do siebie podobne. Różnica polega na tym, że apatyt wykazuje pojedynczą „szpilkę" na 965 cm^{-1}, podczas gdy merrillit i whitlockit maja tam podwójny szczyt. Okazuje się więc, że Portales Valley jest jeszcze bardziej interesujący niż myślano — jest chondrytem, w którym występują największe znane ziarna kryształów merrillitu!

Instytut Mineralogii i Petrografii
Szwajcarska Politechnika w Zurychu
e-mail: stucki@erdw.ethz.ch

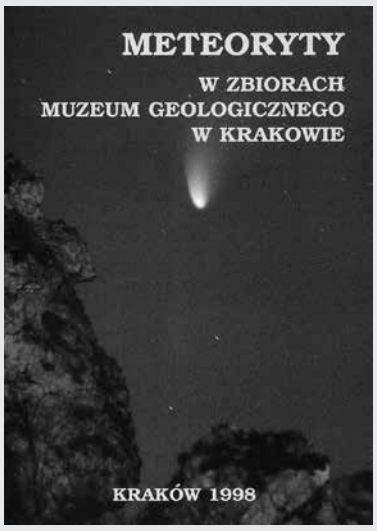


Rys.5. Jasno zabarwiony merrillit (Me) pomiędzy metalem (FeNi) i zlepkiem chondr w Portales Valley. Ziarno merrillitu ma długość ok. 5 mm

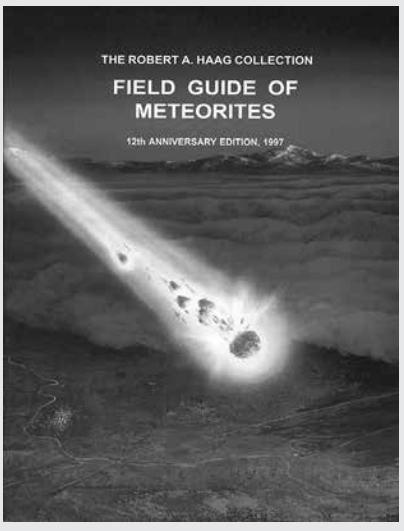
„ASPMET" oferuje:



Nieziemskie skarby
Cena z wysyłką 20 zł
Na życzenie dedykacja autora (gratis)



Katalog meteorytów Muzeum Geologicznego z Krakowa
Cena z wysyłką 13 zł



Field Guide of Meteorites
wydanie 12 (1997 rok)
Cena z wysyłką 25 zł

METEORYTY W SPRZEDAŻY WYSYŁKOWEJ

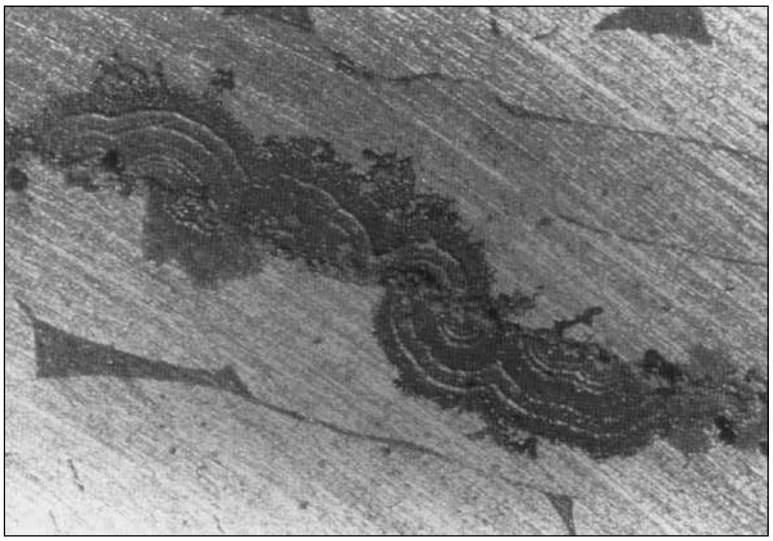
Najtańsza forma nabycia okazów dla tych, którzy nie mieszkają w pobliżu giełd minerałów.
Aktualną ofertę można otrzymać pisząc pod adres: „ASPMET", skr. poczt.6, 14-530 Frombork. Prawie aktualna oferta jest w internecie: http://www.minerals.inpoland.com
Jeśli otrzymany okaz nie podoba się, można go odesłać (w stanie nieuszkodzonym).
Kolekcjonerzy rejestrowani (wpisani do katalogu meteorytów w zbiorach polskich) mają prawo do zniżki.
Przy zamówieniu do 50 zł koszty przesyłki pokrywa zamawiający; powyżej 50 zł koszt pokrywa firma.

Czy lawrencyt jest mitem?

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 1. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Na mojej półce stoi gruba księga zatytułowana *Słownik Geologiczny*, wydana przez Amerykański Instytut Geologiczny, która nigdy mnie nie zawiodła. Jeśli potrzebuję definicji jakiegokolwiek specjalistycznego określenia z dziedziny meteorytyki, mogę być pewien, że je tam znajdę. Weźmy minerał lawrencyt. Słownik podaje: „Zielony lub brązowy minerał: $(Fe,Ni)Cl_2$. Występuje jako częsty minerał akcesoryczny w meteorytach żelaznych." Każdy, kto miał do czynienia z meteorytami żelaznymi, dobrze zna tę żółtobrązową maź wyłażącą spomiędzy płytek kamacytu w oktaedrytach. Wszyscy walczymy z nią, jak z rakiem. W książce *Rocks from Space* nazwałem ją nawet „zarazą lawrencytową".



Krople akaganeitu (uwodnionego chlorku żelaza) i goethytu (uwodnionego tlenku żelaza) wypływają w postaci fal spomiędzy płytek kamacytu tworzących figury Widmanstättena w oktaedrycie gruboziarnistym Toluca (IA). Ilustracja z „Rocks from Space" Mountain Press Publishing Co. Missoula, MT

Historia lawrencytu jako minerału meteorytów obejmuje niemal dwa stulecia. Już dziewiętnastowieczni meteorytycy wiedzieli o istnieniu związku chemicznego powodującego korozję, o którym sądzili, że towarzyszy żelazu w niektórych meteorytach. Związek ten wchodził w reakcje chemiczne z żelazem, co często kończyło się zniszczeniem meteorytu. Już w 1802 roku znany francuski chemik Jacques Louis de Bournon zauważył, że pallasyt Krasnojarsk wydaje się przyciągać wodę, ponieważ pokrywa się kropelkami cieczy. Mniej więcej w tym samym czasie angielski chemik Edward C. Howard również zauważył kropelki cieczy na pallasycie. Obmył pallasyt destylowaną wodą usuwając kropelki, po czym zanalizował otrzymaną ciecz. Stwierdził obecność w niej chlorku żelaza. Ciekawe, że zarówno de Bournon jak i Howard odnotowali swe obserwacje w przygotowywanych rękopisach, ale potem usunęli je przed opublikowaniem. Nikt nie wie, dlaczego tak postąpili.

Trzydzieści lat później Charles T. Jackson zaobserwował zielonkawe kropelki na silnie skorodowanym ataksycie Lime Creek, znalezionym w hrabstwie Monroe, w stanie Alabama w 1834 roku. W pracy z 1838 roku przedstawił on korozję, jako reakcję chlorku żelaza, który uważał za składnik meteorytu. Publikację Jacksona skrytykował w pracy z 1842 roku Charles U. Shepard, który twierdził, że chlorek nie jest składnikiem meteorytu, lecz ziemskim zanieczyszczeniem pochodzącym z gleby. Jackson odrzucił zarzuty Sheparda i mineralodzy zaczęli opowiadać się po jednej bądź drugiej stronie. Po stronie Jacksona opowiedział się w 1855 roku J. Lawrence Smith ogłaszając, że znalazł stały chlorek żelaza w dwóch dalszych meteorytach żelaznych (Tazewell i Deep Springs). Potwierdził to potem w 1857 roku wybitny niemiecki mineralog Karl Ludwig von Reichenbach. W 1877 roku francuski mineralog M. Daubree znalazł chlorek żelaza w żelazie Ovifak z Grenlandii i zaproponował, aby minerał nazwać lawrencytem dla uczczenia J. Lawrence Smitha. (Później okazało się, że Ovifak jest pseudometeorytem.) W porównaniu z dzisiejszymi standardami mineralodzy nie przeprowadzili ścisłych analiz chemicznych niezbędnych do właściwego opisania nowego minerału. Niemniej bez żadnych dalszych potwierdzeń (co rzadko zdarza się w kręgach naukowych) koncepcja występowania w meteorytach żelaznych zawierającego chlor lawrencytu została powszechnie przyjęta. Jest on odtąd wymieniany w literaturze jako minerał występujący w meteorytach.

Niedawno odwiedziłem w Smithsonian Institution dr Roya S. Clarke'a, Jr. i podczas rozmowy pojawił się temat lawrencytu. Są pewne „aksjomaty" w tym biznesie, które są święte dla każdego zajmującego się meteorytami. Masz problemy z rdzewieniem? Tak jak H3 na pewno ma chondry, twój meteoryt na pewno ma lawrencyt. Ostatecznie możemy go zobaczyć, jak rujnuje nasze najcenniejsze pallasyty, nieprawdaż? Clarke miał poważne wątpliwości co do istnienia lawrencytu jako meteorytowego minerału i irytowało go, że wciąż jest on obecny w literaturze. Aby dostarczyć pożywki dla ziarna wątpliwości, jakie we mnie zasiał, wręczył mi pracę, jaką opublikował wspólnie z Vagnem Buchwaldem w 1989 roku (zob. literatura). Tak zaczęło się bolesne wyrywanie lawren-

cytu z poczesnego miejsca na mojej liście meteorytowych minerałów.

Pozwolę sobie tu zauważyć, że dobrze znane reakcje chlorku żelazawego i jego utlenionego kompana, chlorku żelazowego z żelazem meteorytowym nadal występują i ich skutki łatwo zaobserwować. To, co może nie być prawdą, to występowanie lawrencytu jako pozaziemskiego składnika meteorytów. Nikt nie kwestionuje obecności chloru w meteorytach. Poddaje się natomiast w wątpliwość źródło chloru i postać jego nośnika. W połowie lat osiemdziesiątych Clarke, kustosz zbioru meteorytów w Smithsonian Institution, i Buchwald z politechniki w Danii, podjęli badania antarktycznych meteorytów: 12 żelaznych i 8 kamiennych, w różnych stadiach wietrzenia i korozji. Przy pomocy mikrosondy elektronowej znaleziono cztery produkty korozji: akaganeit [β-FeO(OH)]; goethyt [α-FeO(OH)]; lepidokrokit [γ-FeO(OH)]; maghemit [g-Fe_2O_3]. Nie było natomiast śladu lawrencytu. Z tych czterech minerałów głównym nośnikiem chloru jest akaganeit zawierający od 0,3% do 5,4% chloru wagowo. (Akaganeit odkryto jako minerał w kopalni limonitu Akagane w Japonii na początku lat sześćdziesiątych, a w meteorycie żelaznym opisała go Ursula Marvin w 1963 roku.). Chlor nie jest składnikiem meteorytu, ale pochodzi z ziemskiego środowiska. Elektrochemiczna natura stopów żelaza i niklu działa jako anoda łatwo przyciągająca każdy atom chloru z antarktycznego lodu czy gleby.

Badacze znaleźli obwieszony chlorem akaganeit w szczelinach między płytkami kamacytu, przy czym zawartość chloru jest największa na styku ze świeżym, nieskorodowanym metalem. W tym miejscu kamacyt jest przekształcany bezpośrednio w akaganeit. Jeśli korodujący meteoryt doznaje w ciągu roku umiarkowanego ogrzewania i zmian wilgotności, to jon OH^- może wymieniać się z jonem Cl^- uwalniając chlor, który wędruje w inne miejsca lub jest wymywany z meteorytu. Minerał staje się wtedy niestabilny i rozpada się na goethyt i maghemit (minerał podobny do hematytu).

To czy chemiczny nośnik jonu chloru nazywa się lawrencyt czy akaganeit może wydawać się kwestią akademicką o małym praktycznym zastosowaniu. Rezultat jest w zasadzie ten sam — meteoryt rdzewieje. Jednak, jak wskazują Buchwald i Clarke, zrozumienie procesu korozji włącznie z identyfikacją czynnika niosącego chlor, jest istotnym krokiem w opracowaniu metod pozwalających zmniejszyć lub nawet wyeliminować tragiczną destrukcję meteorytów w zbiorach naukowych i muzealnych. Każdy z nas chętnie zobaczyłby niezawodny sposób przechowywania zawierających żelazo meteorytów, obojętne jaki czynnik powoduje korozję.

Literatura

Jackson, C.T., (1838), Chemical analysis of meteoritic iron from the Clairborne, Clarke Co., Alabama. *American Journal of Science*, Vol. 34, p. 332-337.

Jackson, C.T., Hayes, A.A., (1844), Remarks on the Alabama meteorite iron, with a chemical analysis of the drops of green liquid which exude from it. *American Journal of Science*, Vol. 48, p. 145-156.

Buchwald, V.F., Clarke, Jr., R.S., (1988), Akaganeite, not lawrencite corrodes Antarctic meteorites (abs.), *Meteoritics*, Vol. 23, p 261.

Buchwald, V.F., Clarke, Jr., R.S., (1989), Corrosion of Fe-Ni alloys by Cl-containing Akaganeite (β-Fe-OOH): The Antarctic meteorite case, *American Mineralogist*, Vol. 74, p 656-667.

Metodologia usuwania rdzy i konserwowania meteorytów żelaznych

Henry Silverstein

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

Metody stosowane obecnie w American Museum of Natural History okazały się skuteczne jeśli chodzi o usuwanie rdzy i powstrzymywanie rdzewienia meteorytów żelaznych, pallasytów i mezosyderytów. Należą do nich mechaniczne i chemiczne procesy usuwania rdzy i wykorzystywanie szczelnie zamkniętych gablot i żelu krzemionkowego do zahamowania utleniania.

Rdzewienie stanowi poważny problem dla każdego zbioru meteorytów żelaznych, a także pallasytów i mezosyderytów. W przeszłości podejmowano wiele prób (n.p. Bagnall, 1991) znalezienia łatwo dostępnych, niedrogich i skutecznych sposobów zabezpieczania przed rdzewieniem i usuwania rdzy. Podczas prób rozwiązania tego problemu w przypadku kolekcji meteorytów American Museum of Natural History stosowano różne sposoby usuwania, hamowania i zapobiegania tworzeniu się uwodnionych tlenków żelaza (rdzy). Metody te okazały się skuteczne i celem tej publikacji jest zaprezentowanie ich meteorytowej społeczności, aby mogły być powszechnie stosowane.

Natura rdzy na meteorytach żelaznych

Pojęcie rdzy odnosi się do różnych uwodnionych tlenków żelaza i wodorotlenków tworzących się w wyniku utleniania się żelaza w wilgotnej atmosferze Ziemi. Te uwodnione tlenki żelaza określa się ogólną nazwą limonitu. Minerały składające się na rdzę w meteorytach żelaznych

to akaganeit, goethyt, lepidokrokit i maghemit (Buchwald i Clarke, 1989). Można je przedstawić następującymi wzorami chemicznymi: akaganeit — beta Fe^{3+}(O,OH,Cl), goethyt — alfa $Fe^{3+}O(OH)$, lepidokrokit — gamma $Fe^{3+}O(OH)$, maghemit — gamma Fe_2O_3 (Fleischer i Mandarino, 1995).

Akaganeit jest głównym produktem wietrzenia w meteorytach żelaznych (Buchwald i Clarke, 1989). Nawet, gdy w meteorytowej rdzy występują tylko niewielkie jego ilości, obecność w jego składzie chloru sprawia, że jest on silnie destrukcyjny na powierzchni styku metalu i rdzy. Szybkość rdzewienia meteorytu żelaznego zależy od ilości Cl w środowisku, w którym meteoryt znajdował się od momentu spadku na Ziemię. Im większa zawartość Cl, tym więcej wytworzyło się akaganeitu i tym szybszy był proces rdzewienia. Chlor występuje w większości ziemskich środowisk, tak więc im dłużej meteoryt leży w ziemi, tym mniej z niego zostaje, gdy zostanie znaleziony. Zatrzymanie, lub przynajmniej znaczne spowolnienie tego procesu po znalezieniu meteorytu jest podstawowym problemem przy jego przechowywaniu.

Metody usuwania rdzy

Mechaniczna

Gdy uwodnione tlenki żelaza tworzą cienką warstwę na powierzchni meteorytu żelaznego, najszybszą metodą ich usunięcia jest zeszlifowanie rdzy papierem ściernym na sucho lub na mokro. Robi się to papierem o gradacji 320, 400 i 600 a końcowe polerowanie wykonuje się stosując 1m lub 5m tlenek glinu. Można to robić ręcznie lub szybciej mechanicznie. Ponieważ szlifowanie na sucho wytwarza ciepło, co może powodować pękanie niektórych meteorytów i niszczenie struktury metalograficznej, należy unikać długotrwałego szlifowania. Stosowanie cieczy chłodzącej, takiej jak woda czy etanol, chroni przed przegrzaniem. Meteoryt musi być jednak dokładnie wysuszony, ponieważ zmoczenie zwiększa szanse na dalsze rdzewienie.

Rdza, która wniknęła w szczeliny meteorytu żelaznego, może być usunięta wiertarką z wiertłem diamentowym Aby chronić ostrze przed przegrzaniem można użyć do chłodzenia wodę lub etanol, ale także trzeba pamiętać o dokładnym wysuszeniu okazu. Sposób ten stosowano w przeszłości, ale obecnie unika się go, ponieważ niektóre meteoryty podczas wiercenia rozpadały się.

Generalnie mechaniczne usuwanie rdzy nie jest dobrą metodą. Główną wadą jest nieuchronna strata materii meteorytu. Metoda ta jest zalecana, gdy zniszczenie części meteorytu jest dopuszczalne, ponieważ jest najszybsza i nie wymaga stosowania trujących i żrących chemikaliów.

Chemiczne usuwanie rdzy

Uwodnione tlenki żelaza można rozpuścić środkami chemicznymi. W przypadku meteorytów kamiennych rdzę na powierzchni i w szczelinach można usunąć stosując środki o obojętnym lub kwaśnym pH (King, 1982). W stosunku do meteorytów żelaznych wypróbowano kilka metod i te najbardziej skuteczne opisano niżej.

1. Obojętne pH

Główną zaletą metod usuwania rdzy przy obojętnym pH jest to, że pozostawiają one nietknięte powierzchniowe struktury meteorytu. Działają one tylko na uwodnione tlenki żelaza. Następującą metodę z obojętnym pH zaadaptował Waller (1980) na podstawie Mehry i Jacksona (1958) i nazywamy ją metodą Wallera. Redukuje ona żelazo trójwartościowe do dwuwartościowego i uwodniony tlenek żelazawy jest znacznie łatwiej rozpuszczalny w wodzie od tlenku żelazowego. W rezultacie rdzę można znacznie łatwiej wypłukać. Jako czynnik redukujący stosuje się siarczyn sodowy ($Na_2S_2O_4$), cytrynian sodu jest używany do odseparowania jonów żelaza dwuwartościowego, a kwaśny węglan sodu buforuje roztwór utrzymując optymalne pH 7,3. Wcześniej można przygotować roztwór składający się z 71 g. cytrynianu sodu i 8,5 g. $NaHCO_3$ na litr destylowanej wody i przechowywać go, aż będzie potrzebny.

Aby usunąć rdzę z meteorytu żelaznego należy go całkowicie zanurzyć w odpowiedniej wielkości naczyniu z przygotowanym roztworem. Naczynie trzeba umieścić pod wyciągiem i dodać 1 g. siarczynu sodowego na każde 50 ml roztworu. Siarczyn sodowy jest związkiem wybuchowym, gdy staje się wilgotny, a także wydziela trujące opary. Dlatego trzeba go przechowywać w suchym i chłodnym miejscu i dodawać do roztworu pod wyciągiem. Aby rozpuścić 0,5 grama tlenku żelaza potrzeba pięćdziesiąt mililitrów roztworu. Bardzo zardzewiały meteoryt wymaga kilkakrotnego traktowania roztworem, a każde może trwać nawet dwanaście godzin. Po dwunastu godzinach trzeba zrobić świeży roztwór, ponieważ w ciągu takiego czasu kwaśny siarczyn sodu całkowicie się utlenia. Aby przyspieszyć reakcje chemiczne można użyć wibrator ultradźwiękowy. Gdy rdza rozpuszcza się, roztwór staje się żółty. Gdy reakcje chemiczne zakończą się, świeży roztwór nie zmieni barwy.

Po usunięciu rdzy należy kilkakrotnie wypłukać meteoryt w destylowanej wodzie, a następnie kilka razy w etanolu. Wszystkie związki chemiczne muszą zostać wypłukane, aby nie powodowały dalszego rdzewienia i powstawania siarczków. Na koniec suszymy dokładnie meteoryt w temperaturze nie przekraczającej 75°C.

Poważną wadą metody Wallera jest to, że powoduje ona powstawanie czarnego osadu na powierzchni meteorytu żelaznego i w szczelinach. Osad ten jest prawdopodobnie rodzajem siarczku żelaza i jest prawdopodobnie skutkiem nadmiaru kwaśnego siarczynu sodu, lub zbyt długiego działania chemikaliów. Osad ten bardzo trudno usunąć i aby zapobiec jego powstawaniu Waller (prywatna informacja, 1993) zaleca dokładne odmierzanie chemikaliów i uważne obserwowanie przebiegu reakcji.

2. Stosowanie kwasów

King (1982) opisuje szereg metod rozpuszczania rdzy w kwasach. Stosuje się do tego celu kwas szczawiowy lub solny. Odradza jednak używanie kwasów, ponieważ mogą one niszczyć minerały poboczne. Opisane metody są więc odrzucane jako potencjalnie szkodliwe dla meteorytów żelaznych.

Próbowano także stosować do rozpuszczania rdzy słabsze kwasy, takie jak octowy i fosforowy. Kwas octowy okazał się nieskuteczny, ale 10% roztwór kwasu fosforowego

działał dobrze. Szybko i skutecznie działa też Naval Jelly, stosunkowo niedrogi środek dostępny w handlu, zawierający kwas fosforowy w obojętnym ośrodku. Okazało się, że nie reaguje z minerałami FeNi i wrostkami krzemianowymi i jest idealny do rozpuszczania uwodnionych tlenków żelaza.

Aby usunąć rdzę przy pomocy Naval Jelly umieszcza się okaz w naczyniu odpornym na kwasy. Natryskuje się Jelly na zardzewiałe powierzchnie, pozostawia na ponad godzinę, po czym wyciera się papierowym ręcznikiem. Proces powtarza się do całkowitego usunięcia rdzy. Głębiej ulokowaną rdzę usuwa się miękką szczoteczką do zębów umoczoną w Naval Jelly. Meteoryt żelazny myje się następnie dokładnie etanolem i starannie suszy.

Metody zapobiegania rdzewieniu

Powłoki ochronne

Przezroczyste powłoki ochronne natryskiwane na całą powierzchnię meteorytu żelaznego chronią często metal przed działaniem tlenu i innych gazów powodujących korozję. Różni praktycy zalecają werniks, lakier lub powłoki akrylowe. Stwierdziliśmy, że najlepsze są bezbarwne farby akrylowe takie jak Krylon Clear Spray, ponieważ szybko wysychają i nie żółkną z czasem. Są one idealnie przezroczyste i skutecznie izolują okazy. W American Museum of Natural History nieustannie obserwujemy pokryte nimi okazy i stwierdziliśmy, że jeśli rdza została usunięta i okaz jest właściwie przechowywany, to powłoka chroni przed dalszą korozją.

Przechowywanie

Rdzewienie meteorytów żelaznych następuje szybciej w środowisku o wysokiej wilgotności. Najlepszym rozwiązaniem jest przechowywanie tej wrażliwej na wilgoć materii w szczelnie zamkniętych gablotach z urządzeniami kontrolującymi wilgotność. Tego typu gabloty oferuje kilka firm w USA. Urządzenia klimatyzacyjne wypompowują powietrze z gablot, osuszają je i wpompowują z powrotem (Sease, 1990). Przy ich pomocy utrzymuje się względną wilgotność poniżej 40%. Gabloty z klimatyzacją kosztują kilkadziesiąt tysięcy dolarów i są najlepszym sposobem przechowywania, jeśli jest to możliwe. Dostanie się do gabloty, aby obejrzeć okazy, jest jednak dość niewygodne.

Najbardziej skuteczny sposób przechowywania wykorzystuje atmosferę suchego azotu. Jest on stosowany w NASA — Johnson Space Center i w Smithsonian Institution (Clark, prywatna informacja, 1998). Ze względu na wysoki koszt utrzymania takiego systemu i trudności z dostępem do okazów, nie jest to praktyczna metoda dla większości kolekcji.

Nasze muzeum stosuje alternatywną, mniej kosztowną metodę. Każdy meteoryt żelazny umieszczamy w trzech szczelnie zamykanych woreczkach polietylenowych odpowiedniej wielkości, tak że meteoryt w pierwszym woreczku można umieścić w drugim, większym woreczku, a ten w trzecim, jeszcze większym. W drugim woreczku umieszcza się 10 do 100 gramów żelu krzemionkowego zależnie od wielkości meteorytu i drugiego woreczka. Pierwszy woreczek otwiera się, a drugi zamyka. Żel krzemionkowy pochłania parę wodną, aż względna wilgotność w obu woreczkach osiągnie 40%. Trwa to od 1 do 5 minut. Następnie zamyka się także pierwszy woreczek. W ten sposób meteoryt żelazny jest cały czas wystawiony na działanie żelu nie stykając się jednak z samym żelem. Stwierdziliśmy bowiem, że gdy żel styka się z meteorytem, to w miejscu zetknięcia rdzewienie meteorytu zostaje przyspieszone.

Oba woreczki zamknięte są w trzecim, dodatkowo izolującym od zewnętrznej atmosfery. Zawiera on etykietkę z informacją o meteorycie. Żel krzemionkowy można użyć powtórnie po podgrzaniu go w piecu do 120°C. Utrzymuje on niską wilgotność póki woreczki są zamknięte.

Podziękowania

Autor dziękuje Robertowi Wallerowi z Canadian Museum of Nature w Ottawie i pracownikom Art Preservation Services za pomoc i rady. Martin Prinz, kustosz kolekcji meteorytów, ściśle współpracował ze mną przy opracowaniu metod wspomnianych w tym artykule. Jego uwagi przy pisani tej pracy były bardzo cenne. Roy Clark przejrzał artykuł i jego uwagi pomogły go poprawić.

Literatura

Art Preservation Services (1998). Podstawowe informacje o Arten Silica Gel i Arten Silica Gel Trays and Tiles. Ulotka informacyjna o wyrobach. Art Preservation Services, 223 E. 85th St., New York, NY 10028, 3 p.

Bagnall P. M. (1991). *The Meteorite and Tektite Collector's Handbook.* Willmann-Bell, Inc. Richmond, V.A., 160 p.

Buchwald V.F., Clarke Jr. Roy S. (1989). Corrosion of Fe-Ni alloys by Cl-containing akaganeite (b-FeOOH): The Antarctic meteorite case. *Am. Min.* **74**, 656-667.

Fleischer M., Mandarino J.A. (1995). Glossary of Mineral Species 1995. *The Mineralogical Record Inc.*, Tucson, 280 p.

King R.J. (1983). The care of minerals, Pt II. *Jour. Russell Soc.* **1**, 54-77.

Mehra O.P., Jackson M.L. (1958). Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered by sodium bicarbonate. W Mon. No. 5, *Earth Science Services* (red. A. Swineford), Pergamon Press, 317-327.

Sease C. (1990). A new means of controlling relative humidity in exhibit cases. *Collection Forum* **6**, 12-20.

Waller, R. (1980). A rust removal method for mineral specimens. *Min. Record* **11**, 109-110., Wydział Nauk o Ziemi i Planetach, American Museum of Natural History, New York, NY 10024

Meteoryty w Sieci!

Oto adresy kilku polskich stron internetowych poświęconych w części lub całości meteorytom:

www.minerals.inpoland.com

www.uni.torun.pl/~scibior

friko5.onet.pl/ka/jba1/

rhea.ids.pl/space/tnp/meteorites.html

Prosimy o informacje na temat innych, nowych stron.

Wyprawa do Moraska

Gdy dowiedziałem się o tej wyprawie, postanowiłem, że za nic nie mogę jej przegapić, toteż z niecierpliwością oczekiwałem dnia wyjazdu. Gdy wreszcie nadszedł wyczekiwany dzień, tj. czwartek 13 maja, wystarczyło pokonać 430 km by znaleźć się na miejscu. Niestety. Gdy przyjechałem do Poznania pogoda była fatalna. Niebo zasnute ciężkimi chmurami i ulewny deszcz nastawiały raczej pesymistycznie. Postanowiłem jednak się nie poddawać i szybko dotarłem do schroniska młodzieżowego w Morasku. Niestety przybyłem „troszeczkę" za wcześnie i musiałem czekać niecałe 3 godziny na jego otwarcie, gdyż między 10:00 a 17:00 nie ma w nim nikogo. Pierwszym uczestnikiem wyprawy, którego poznałem, był Krzysztof Socha. Jak przystało na zawodowego poszukiwacza meteorytów, który nie marnuje ani chwili czasu, wracał właśnie z całodniowego poszukiwania. Następnie zjawił się Jarosław Bandurowski oraz Kazimierz Mazurek. Nie byłoby w tym nic niezwykłego, gdyby nie fakt, że z Jarkiem znaliśmy się już od dość dawna, ale jeszcze nigdy się nie widzieliśmy. Takie właśnie sytuacje stwarza dzisiejsza technika komputerowa i powszechność Internetu (Jako twórcy stron WWW poświęconych meteorytom często pisaliśmy do siebie za pomocą poczty elektronicznej). Przywitaliśmy się jak starzy znajomi, bo w gruncie rzeczy byliśmy nimi. Gdy już wszyscy mieli gdzie spać, nie pozostało nic innego jak spędzenie reszty wolnego czasu na rozmowach. Należało też poczekać na państwa Pacerów i pana Petera, którym korki na granicy nie pozwalały na szybki i bezproblemowy dojazd. Na szczęście nie trwało to zbyt długo (w końcu mieliśmy całą noc). Gdy tylko zjawili się oni w naszym pokoju atmosfera znacznie się zagęściła, gdyż wszyscy z niecierpliwością oczekiwali na okazy meteorytów, które miał z sobą przywieźć pan Pacer. Gdy tylko na stole zaczęły pojawiać się pudełeczka z okazami wszystko inne przestawało być ważne. Ze znakomitości mogę wymienić np. Mt. Tazerzait, Imilac, Camel Donga, woreczek z prześlicznymi małymi Pułtuskami które z kolei przywiózł Krzysztof Socha. W takiej to przemiłej atmosferze wytrzymaliśmy do około 2:00, po czym wszyscy padli ze zmęczenia po tak wyczerpującym dniu. Nie wiedzieliśmy wtedy, że następny dzień zapowiada się znacznie bardziej interesująco.

Dzień 1 piątek

Jak przystało na członków poważnej wyprawy nie było mowy o leniuchowniu, tak więc wszyscy bez marudzenia wstaliśmy około 6:00, by o godzinie 7:00 wyruszyć samochodem państwa Pacerów. Pierwszym i zarazem obowiązkowym punktem programu było zwiedzenie 3 kraterów, które powszechnie uważa się za kratery uderzeniowe, powstałe w wyniku spadku meteorytu Morasko. Ponieważ zaś pogoda była całkiem dobra, należało, nie tracąc czasu, rozpocząć poszukiwania. Zaczęliśmy w bezpośrednim sąsiedztwie owych kraterów. Teren był w miarę dobry, gdyż znajdowało się tu duże, nie zasiane pole oraz znacznych rozmiarów łąka. I tak przez następnych kilka godzin najpierw „taplaliśmy się" w błocie na polu, a następnie tonęliśmy w gęstej i wyjątkowo mokrej trawie sięgającej kolan. To doświadczenie uświadomiło nam, że prowadzenie poszukiwań nie jest ani łatwe, ani też przyjemne. Te kilka godzin pokazały nam także, jak kiepsko jesteśmy przygotowani, gdyż wszyscy, poza Krzysztofem i Peterem mieli doszczętnie przemoczone nogi, a chlupocząca w butach woda towarzyszyła nam przez resztę dnia. Niezapomniane uczucie. Gdy jednak znajdowanie starych, kwadratowych gwoździ, ułamanych kawałków pługów i innych dziwnych rzeczy nas znudziło, postanowiliśmy się przenieść w inne miejsce. Niestety w tym momencie tj. około godziny 12:00 Jarek Bandurowski i Kazimierz Mazurek postanowili nas opuścić i wybrać się niezwłocznie w długą drogę powrotną. Natomiast reszta grupy postanowiła przeszukać sosnowy las, który rósł jakieś 500 m dalej. Pomimo naszej wytrwałości tam także nie znaleźliśmy niczego, z czego bylibyśmy dumni. Zresztą nie ma się czemu dziwić. Krzysztof szukając meteorytów nie znajduje żadnego okazu nawet całymi tygodniami. Tak więc po raz kolejny zdecydowaliśmy się szukać szczęścia w innym miejscu. Tym razem poszliśmy na całość i poszukiwania rozpoczęliśmy na terenie poligonu wojskowego. Wybraliśmy szeroką na około 30 m łąkę graniczącą z jednej strony z lasem, a z drugiej z wciąż rozrastającym się wysypiskiem śmieci. Pomimo iż nasze „systematyczne" przeszukiwanie terenu przypominało raczej chaotyczny ruch atomów, to jednak obok amunicji, odłamków i części gąsienic, znalezliśmy kilka rzeczy, które oderwały wszystkich od monotonii machania wykrywaczem

Czwartek, już późno, a my wciąż gadamy i oglądamy meteoryty

Przy jednym z kraterów w Morasku (z lewej tablica informacyjna)

w lewo i w prawo. Najpierw ja oraz Krzysiek dokopując się do kolejnego „meteorytu" znaleźliśmy niespodziewanie miny przeciwczołgowe, które były zakopane w wojskowej skrzyni na głębokości około 50 cm. Ponieważ Krzysiek był w wojsku saperem, więc gdy tylko zobaczył co zawiera skrzynia, zaczął z zapałem kopać i wyciągać kolejne sztuki. 2 pierwsze okazały się minami ćwiczebnymi gdyż świadczył o tym namalowany na nich biały pasek. Ale gdy 3 i 4 już go nie miały, zaczęło być niewesoło i czym prędzej zakopaliśmy całe znalezisko. Na szczęście na tym atrakcje się nie skończyły. Na wspomnianej łące pan Pacer znalazł 45-gramowy kawałek metalu, który później okazał się autentycznym meteorytem Morasko, natomiast pan Peter znalazł dość sporych rozmiarów okaz (około 1 kg), który, niestety, po przecieciu okazał sie tylko zwykłym złomem. Lecz dzięki tym znaleziskom dzień był bardzo ciekawy i serwował dużą dawkę emocji. No i było o czym dyskutować do późnych godzin nocnych. Tak więc po przeszukaniu sporego obszaru postanowiliśmy czym prędzej udać się do schroniska. Słowa „czym prędzej" mają tu dość „bolesne znaczenie". Otóż już w czwartek dowiedzieliśmy się od Krzyśka, ze „w terenie" wykluły się jakieś muszki, które nie dość, że były bardzo liczne, to jeszcze okazały bardzo głodne. Tak wiec każdy z nas miał poza wykrywaczem także nieodłączną setkę tych wrednych natrętów wokół siebie. Pozostawanie w bezruchu dłużej niż 2 sekundy groziło ciężkim kalectwem, toteż każdy raźno machał swoim wykrywaczem czasami tuż nad ziemią, a czasami ponad głową odpędzając to i owo.

Wieczorem dołączył do nas jeden pan z żoną i dzieckiem. Niestety, nie wiem jak się on nazywa. Wiem, że jest kustoszem w jednym z muzeów. Jest na zdjęciu, na którym stoimy wszyscy z wykrywaczami koło auta Pacera. Jest też tam taksówkarz, który przywiózł tego gościa do Moraska. W sobotę szukali razem z nami.

Dzień 2 sobota

Następnego dnia z podobnym zapałem i nadzieją, że tym razem los się do nas uśmiechnie, wszyscy wcześnie zerwali się z łóżek i zaczęli się przygotowywać do kolejnego, ciężkiego dnia. Pomni przykrych doświadczeń z dnia poprzedniego, wszyscy tym razem przywiązali o wiele więcej wagi do tego w czym zamierzają spędzić cały dzień. Ja akurat nie miałem wielkiego wyboru w doborze garderoby, gdyż miałem tylko jedną parę butów i jedne spodnie. Na szczeście przyszły mi z pomocą woreczki foliowe, którymi mogłem oddzielić nogi od przemoczonych butów. Na pierwszy rzut wzięliśmy ogromną łąkę ograniczoną z 3 stron lasem. Krzysiek oznajmił, że dokładne przeszukanie tego obszaru zajęło by mu dobre kilka dni. My postanowiliśmy zrobić to samo w kilka godzin. Toteż na hasło „idziemy tyralierą" każdy poszedł w inną stronę i na tym się skończyła kolejna próba usystematyzowania naszych poszukiwań. Po jakimś czasie panu Pacerowi udało się dokonać kolejnego odkrycia. Otóż w jednej z kolejnych, własnoręcznie wykopanych dziur znalazł monetę z ~1600 roku oraz metalowy krzyżyk. Gdy jednak znudziło nas chodzenie po tym terenie, postanowiliśmy wrócić na miejsce wczorajszych, owocnych poszukiwań. Istniała szansa, że znów znajdziemy coś ciekawego. Niestety. Nie dość, że nie mieliśmy takiego szczęścia jak w poprzednim dniu, to jeszcze pogoda stawała się coraz cięższa do zniesienia. Deszcze, które normalnie dopadały nas co 1–2 godziny, teraz stawały się coraz częstsze i dłuższe. Gdy natomiast około godziny 18:00 całkowicie się rozpadało, a niebo zasnuło ciężkimi chmurami, postanowiliśmy dać za wygraną i wrócić do schroniska. Przedtem jednak wstąpiliśmy do restauracji, aby zjeść coś porządnego i troszeczkę odpocząć.

Dzień 3, ostatni

Tego ranka już nikt niestety nie myślał o poszukiwaniach. Nastał bowiem moment w którym należy spakować swoje rzeczy i wracać w domowe pielesze. Tak więc od rana, już bez pośpiechu, z pewnym smutkiem, każdy z nas włóczył się po schronisku, lub też powoli zaczynał pakować swoje rzeczy. Pomimo iż nasza wyprawa była dosyć krótka, to jednak była bardzo udana. I nie ma znaczenia ilość znalezionych okazów meteorytu, bo w gruncie rzeczy przede wszystkim było to spotkanie towarzyskie, oraz swego rodzaju wycieczka krajoznawcza i rekreacyjna. Nawet dość kiepska pogoda nie zdołała ani na chwile zepsuć pogodnej i miłej atmosfery. Mam tylko nadzieję, że na tej jednej wyprawie się nie skończy i jeszcze będzie okazja do odwiedzenia jakiegoś ciekawego i meteorytonośnego miejsca w Polsce. Natomiast narazie odliczam dni pozostałe do spotkania, jakie odbędzie się w domu państwa Pacerów pod koniec sierpnia.

Był, zobaczył i opisał
Marcin Cimała
beeper@alpha.pl
http://www.minerals.inpoland.com

Sobota, przed rozpoczeciem poszukiwan w terenie

Znalezione miny

Wewnętrzne struktury i gęstości planetoid

Planetoidy 243 Ida i 253 Matylda oraz księżyce Marsa Fobos i Deimos, także uważane za byłe planetoidy, zostały zbadane przez statki kosmiczne z dostatecznie bliskiej odległości, aby można było wyznaczyć ich masy i rozmiary, a więc i gęstości z dokładnością do 10%. Wszystkie te obiekty mają znacznie mniejszą gęstość niż meteoryty, których skład chemiczny jest najbardziej zbliżony do składu chemicznego ich powierzchni ocenionego na podstawie analizy widma. Przyczyną tego mogą być dwa procesy, zachodzące niezależnie lub łącznie. Jeden, to zderzenia, które mogą dotyczyć wszystkich typów planetoid, a drugi, to przeobrażenia pod działaniem wody występujące tylko na niektórych typach małych planetoid.

Fobos i Deimos nie mają meteorytowych odpowiedników. Mogą być podobne do niektórych typów chondrytów węglistych, ale zawierają większe ilości materii organicznej. Przy ocenie ich porowatości przyjęto założenie, że gęstości ziaren ich minerałów są zbliżone do gęstości ziaren w chondrytach typu CI i CM. Planetoida 253 Matylda należy do typu widmowego C odpowiadającego chondrytom węglistym CM. Planetoida 243 Ida należy do typu S odpowiadającego chondrytom zwyczajnym i do oceny porowatości przyjęto, że ziarna jej minerałów mają taką gęstość, jak ziarna w chondrytach zwyczajnych.

Wyliczone przy takich założeniach porowatości planetoid okazały się od dwóch do czterech razy większe od porowatości odpowiadających im chondrytów. Fakt, że meteoryty docierające na powierzchnię Ziemi mają większą gęstość niż planetoidy, z których pochodzą, nie jest zaskakujący. Naprężenia powstające podczas zderzeń uwalniających meteoryty z ciała macierzystego, a także podczas spadania przez ziemską atmosferę, powodują pękanie wzdłuż szczelin i pustych obszarów stanowiących źródło większej porowatości ciał macierzystych.

Główną przyczyną wysokiej porowatości planetoid jest prawdopodobnie to, że składają się one z fragmentów po zderzeniach, które połączyły się ponownie w jeden obiekt. O tym, że zderzenia są zjawiskiem powszechnym, świadczą liczne kratery na powierzchni wszystkich planetoid, które obserwowano z bliska, a także fakt, że większość chondrytów, to brekcje zderzeniowe. Największe kratery na planetoidach zwykle osiągają rozmiary wskazujące, że energia pocisków, które je wytworzyły, wystarczała do całkowitego zgruchotania planetoidy. Niedawne modelowanie przebiegu takich zderzeń pokazało, że łatwiej jest pogruchotać planetoidę o średnicy przekraczającej 1 kilometr niż rozbić ją na kawałki, które osiągną prędkość ucieczki. Nie analizowano jednak, w jaki sposób fragmenty łączą się ponownie w jedno ciało, gdy pierwotna planetoida zostaje całkowicie rozbita, ale odłamki nie ulegną rozproszeniu.

Autorzy omawianej pracy podjęli próbę przeprowadzenia takiej analizy wykorzystując dane z doświadczeń, jakie przeprowadzili Japończycy analizując rozkład prędkości i rozmiarów odłamków powstających podczas zderzeń kawałków bazaltu z prędkościami 3 do 4 km/s. Prędkości zderzeń planetoid są prawdopodobnie tego samego rzędu, więc głównym problemem było przeskalowanie wielkości doświadczalnych obiektów na rozmiary planetoid. Przyjęto, że obiekt o rozmiarach 3 km uderza w planetoidę o średnicy 30 km i na podstawie danych doświadczalnych oceniono wielkości, kształty, początkowe położenia i wektory prędkości 165 największych fragmentów, które powstały wskutek rozbicia planetoidy stanowiącej tarczę. Fragmenty te stanowiły 80% całkowitej masy planetoidy. Pozostałe, mniejsze fragmenty zostały wyrzucone z większymi prędkościami i nie miały istotnego wpływu na ruch głównej części materii. Obliczono dla tych 165 fragmentów trajektorie względem punktu zderzenia z uwzględnieniem ich wzajemnego przyciągania. Przy każdym kroku całkowania sprawdzano, które fragmenty zderzają się wzajemnie i uwzględniano wpływ tych zderzeń na ich dalszy ruch. Założono mały współczynnik elastyczności, tak że na ogół po zderzeniu fragmenty zlepiały się.

Z obliczeń wynikało, że ponowne zlepienie się planetoidy następowało w ciągu około 40 minut i odbywało się stopniowo w taki sposób, że najpierw łączyły się z rosnącą planetoidą większe fragmenty, a potem coraz mniejsze. Podobną korelację zaobserwowano w mniejszej skali przy modelowaniu opadania wyrzuconych przy zderzeniu fragmentów na Idę podczas symulacji powstania księżyca tej planetoidy, Daktyla. W ciele utworzonym w wyniku ponownego zlepienia się fragmentów całkowicie rozbitej planetoidy występuje więc bardzo silna korelacja między wielkością i położeniem fragmentu.

Wirowanie fragmentów podczas lotu i ich wydłużone kształty (z reguły stosunki w trzech głównych osi są równe $1:\sqrt{2}:2$) gwarantują, że nie układają się one ściśle. Aby przeanalizować skutki tego, autorzy przeprowadzili szereg eksperymentów polegających na łączeniu modeli fragmentów planetoid w rozmaity sposób zorientowanych, ale zgodnie z rozmiarami i odległościami od środka wynikającymi z modeli numerycznych. Wielokrotne powtarzanie tego upakowywania dawało porowatość mieszczącą się w przedziale od 20 do 40%. Zdaniem autorów dodanie małych fragmentów na sam koniec procesu ponownego łączenia się ma niewielki wpływ na porowatość całości, natomiast powoduje, że powierzchnia tworzącego się ciała staje się bardziej wygładzona.

Wiele obserwacji wskazuje, że większość planetoid doświadczyła całkowitego rozbicia wskutek zderzenia, po którym następowało ponowne łączenie się fragmentów, z czego wynika, że większość współczesnych planetoid, to słabo związane sterty gruzu. Autorzy sądzą, że porowatość około 40% wynikająca z ich modeli może być typowa. Po uformowaniu się planetoidy porowatość nie zmniejszy się w istotny sposób w wyniku dalszych zderzeń,

ponieważ w takiej stercie luźno związanych fragmentów energia zderzenia jest skutecznie rozpraszana.

Z opublikowanych ostatnio prac wynika, że istniał drugi mechanizm, który mógł doprowadzić do znacznej porowatości planetoid składających się z materii chondrytów węglistych pod warunkiem, że ich średnica nie przekraczała znacznie 50 kilometrów. Planetoidy takie powstawały jako mieszaniny ziaren krzemianów i lodu. W wielu z nich lód stopił się, a powstała woda wchodziła w różne reakcje z krzemianami, przeważnie silnie egzotermiczne, w wyniku których uwalniały się znaczne ilości gazów, głównie wodoru. Działanie wody na związki organiczne mogło także powodować uwalnianie się metanu i dwutlenku węgla.

Niewielka przepuszczalność materii we wnętrzach planetoid oraz zatkanie porów w zewnętrznych warstwach planetoidy przez niestopiony lód powodowało, że gazy powstawały szybciej niż mogły rozchodzić się wewnątrz planetoidy czy na zewnątrz. Powodowało to wzrost ciśnienia do wartości przekraczających sprężystość materii i w rezultacie powstawanie szczelin.

Spękania powstające w zimnych, zewnętrznych warstwach umożliwiały ucieczkę gazu w kosmos. W przypadku planetoid o średnicach mniejszych niż 50 kilometrów prędkość strumieni gazu była dostatecznie wysoka, aby unoszone przez nie okruchy materii o średnicach mniejszych niż kilka dziesiątych milimetra mogły uzyskać prędkość ucieczki. W zewnętrznych warstwach planetoidy była zbyt niska temperatura, aby mogło następować topnienie i odgazowanie. W rezultacie tworzyła się planetoida składająca się z silnie spękanej, ale stosunkowo gęstej skorupy i bardzo porowatego wnętrza. Niewątpliwie występowało w pewnym stopniu osiadanie i częściowe zagęszczanie wnętrza, ale ogólna porowatość pozostawała wysoka. Jest nawet możliwe, że ten mechanizm mógł wytworzyć planetoidy o większej porowatości niż dotąd zaobserwowano, ale późniejsze zderzenia mogły spowodować jej zmniejszenie.

Na podstawie artykułu „The internal structures and densities of asteroids" L. Wilsona, K. Keila i S.J. Love'a z *Meteoritics & Planetary Science* Vol. 34 (1999) str. 479-483, opracował A.S. Pilski.

Meteoryt dr Francii

Oscar Alfredo Turone

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 2.
Copyright © 1999 Pallasite Press)

Mówi się często, że nie słyszano, aby w Paragwaju spadły meteoryty, ale takie twierdzenie nie wydaje się logiczne. Wiadomo, że są na świecie miejsca, gdzie często znajduje się meteoryty, jak w przypadku Argentyny obszar zwany Campo del Cielo (Niebiańskie Pole) w prowincji Chaco. Bliskość Paragwaju sugeruje, że nie ma żadnego powodu, by sądzić, że takie samo zjawisko tam nie występuje. Rzeczywiście jest zdarzenie historyczne, dobrze znane większości Paragwajczyków, które dowodzi, że mam rację: spadek meteorytu w ubiegłym stuleciu, w pierwszym roku rządów dr Francii.

Jose Gaspar Garcia Rodriguez de Francia urodził się w Asuncion 6 stycznia 1766 roku. Był synem Josefa Fabiana Velazco y Yegros, według niektórych przystojnego młodzieńca z wyższych sfer, który urodził się w Marianie, w wicekrólestwie Rio de Janeiro i przybył do Paragwaju w 1750 roku. Jego syn uczył się u ojców Franciszkanów, a potem na uniwersytecie w Cordobie, gdzie uzyskał doktorat z teologii w 1785 roku. Zajmował się nauczaniem, potem przerzucił się na prawo, aż wreszcie zajął się polityką aż do śmierci.

Zgromadzenie w październiku 1814 roku mianowało go dyktatorem na okres 4 lat, ale dwa lata później (maj 1816) Kongres ogłosił go „Wiecznym Dyktatorem" dając początek temu, co nazwano „rządami terroru". Było to pierwsze totalitarne państwo w dzisiejszym rozumieniu tego określenia. Dr Francia przyjął tytuł „Najjaśnieszego Dyktatora Republiki Paragwaju", który nosił aż do śmierci w wieku 74 lat.

Na początku tych rządów, gdy siła dyktatora była umacniana przez okrucieństwa i niezliczone egzekucje przeciwników, zdarzyło się coś, co zmieniło okrutną codzienność zbrodni: około 100 leagues od Asuncion spadł meteoryt. Wiele osób widziało to zjawisko, ale miejsce określono dość nieprecyzyjnie. Dr Francia wysłał wojskowy oddział poszukiwawczy. Wielu żołnierzy zginęło, gdy napotkano dzikie plemiona Chaco Boreal, a innych pokonały drapieżne zwierzęta. Meteoryt odnaleziono wiele lat później i okazało się, że waży 100 000 kilogramów. Postanowiono przetransportować go na prawy brzeg rzeki Paragwaj. Użyto do tej operacji tysiąc wołów i taką samą liczbę żołnierzy, ale okazało się, że to za mało, by przetransportować meteoryt. Wiele łodzi i tratew zatonęło podczas licznych prób podejmowanych na rozkaz „El Supremo", aż zdarzyło się dziwne zjawisko, które dr Francia uznał za dar Boga: najniższy poziom rzeki Paragwaj od 100 lat. Zbudowano specjalne urządzenia i przewieziono ogromną bryłę na prawy brzeg i do Asuncion. Pięć długich lat trwało przedsięwzięcie nakazane przez „El Supremo".

W Asuncion Dr Francia kazał umieścić meteoryt w pałacu rządowym. Konieczne okazało się rozbicie ściany. Pomysłowość dr Francii kazała odciąć kawał meteorytu, z którego rusznikarz wykonał strzelby, które okazały się niezniszczalne; ich jakość została potwierdzona, gdy użyto je do egzekucji konspiratorów z rewolty 1820 roku. Francia stał się paranoicznym bluźniercą i mówiono, że w nocy złorzeczył Bogu mówiąc „Dlaczego nie zsyłasz mi więcej takich meteorytów do wykonania broni, która pozwoli podbić świat?" Ale Bóg go nie słuchał.

Meteoryt, który spadł w Paragwaju, zawierał dużo niklu i innych zanieczyszczeń, co pozwoliło na wykonanie luf strzelb, które nie przegrzewały się, ani nie ścierały. W końcu „Wieczny Dyktator" zużył całą kosmiczną materię na wykonanie broni do zniszczenia swych przeciwników i wielu bogu ducha winnych ofiar, potwierdzając — przynajmniej tym razem — stare łacińskie przysłowie: *Homo homini lupus est* (Człowiek człowiekowi wilkiem).

Nowe meteoryty trafiają do tych, którzy czekają: Nowy oktaedryt drobnoziarnisty z Argentyny

Martin Horejsi & Marlin Cilz

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

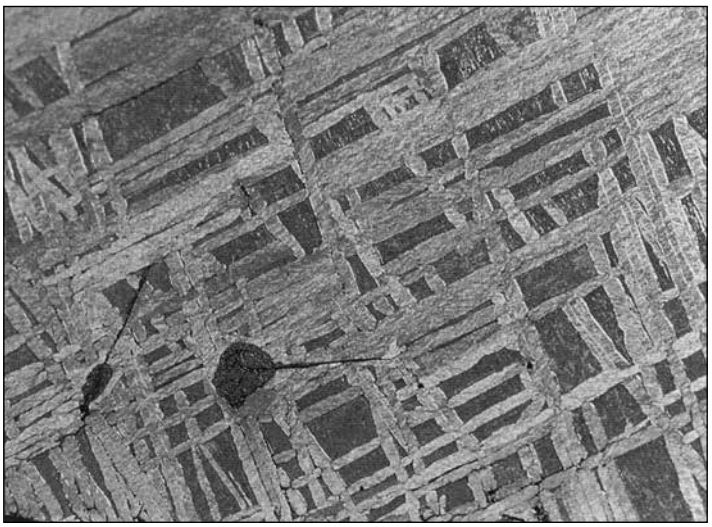
Przed mniej więcej 15 laty pewne małżeństwo, zbierające szyszki w regionie Rio Chubut w Argentynie, natknęło się na duży kawał żelaza. Był on na tyle interesujący, by go zabrać, ale niewiele wiedzieli oni o jego kosmicznym pochodzeniu. Przez ponad 10 lat pięknie rzeźbiona bryła żelaza pozostawała w prywatnych rękach w Argentynie zanim stwierdzono, że prawdopodobnie jest to meteoryt.

Wraz z nowym statusem bryły jako ewentualnego meteorytu pojawił się fakt, że ten szczególny obiekt może być wart znaczną sumę. Podczas rutynowych poszukiwań w terenie pewien handlarz meteorytów uznał, że ten kawał żelaza może zainteresować jego kolegów w USA. Tak zaczął się wyścig o umieszczenie meteorytu na rynku, przebiegający jednak w żółwim tempie.

Dwugramowy fragment nowego meteorytu i kilka zdjęć trafiło do domu Jima Schwade w Stanach Zjednoczonych. Schwade, jeden z czołowych kolekcjonerów meteorytów na świecie, obejrzał mały, wytrawiony fragment i wysłał go do Marlina Cilza z Montana Meteorite Laboratory. Marlin był pewien dwóch istotnych rzeczy: Po pierwsze ten kawałek był meteorytem, a po drugie nie był to Gibeon, co zwykle podejrzewa się, gdy pojawia się nowy meteoryt żelazny wyglądający na oktaedryt drobnoziarnisty.

Często gdy ktoś oferuje nowy meteoryt żelazny, pojawia się podejrzenie, że w istocie okaz pochodzi ze znanego już obszaru, jak Canyon Diablo, czy Odessa. Gdy meteoryt jest oktaedrytem drobnoziarnistym, podejrzewa się zwykle, że to Gibeon. Jednak w tym przypadku jedno spojrzenie na wytrawioną powierzchnię wystarczyło, by stało się oczywiste, że ten nowy meteoryt nie jest Gibeonem. Jeśli chodzi o szczegóły, pola plessytu wyglądały zupełnie inaczej — były znacznie ciemniejsze niż te w Gibeonie, a zawartość niklu była wyższa.

Jim i Marlin zaoferowali wspólnie znaczną sumę za ten meteoryt. Z Argentyny wróciła krótka odpowiedź wyjaśniająca, że cena meteorytu jest dwukrotnie wyższa od oferowanej, a ponadto pieniądze należało wpłacić, zanim meteoryt opuści Argentynę. Jim i Marlin postanowili poczekać.



Figury Widmanstättena nowego argentyńskiego meteorytu żelaznego. Szerokość pola widzenia 2 cm

Ponad rok później, na ostatnich targach w Tucson, wystawiła ten meteoryt na sprzedaż inna osoba, ponieważ pierwszy oferent siedział już w więzieniu za inną sprawę. Jeden z przyjaciół powiadomił o tym Jima i Marlina, którzy szybko skierowali się do Tucson z nadzieją, że zostaną nowymi właścicielami meteorytu.

Dobito targu i meteoryt miał zostać wysłany prosto z Argentyny do Tucson. Wydawało się, że długie oczekiwanie się skończyło i meteoryt jest ich. Jednak meteoryt miał lecieć American Airlines, a tam właśnie zaczął się strajk. Długie oczekiwanie jeszcze się wydłużyło.

W końcu meteoryt wylądował w Tucson i wyruszył na północ do Montana Meteorite Laboratory. Ważący 83 kg okaz pokryty doskonale widocznymi regmagliptami, a miejscami nawet skorupą obtopieniową, był zdumiewająco ładny. Meteoryt zbadano w UCLA i sklasyfikowano jako oktaedryt drobnoziarnisty IVA. Najlepsze miało jednak dopiero nadejść.

Cięcie meteorytu nie było tak trudne jak w przypadku wielu meteorytów żelaznych, ale był on twardszy niż Gibeon. Po przecięciu ukazały się piękne, brązowe wrostki troilitu i niezwykłe, igiełkowate struktury. Później, po wytrawieniu, pojawiły się uderzająco wyraźne figury Widmanstättena. Ich wyrazistość była dodatkowo wzmocniona przez kontrastowe jasne i ciemne płyty. Niezwykle ostry rysunek figur po wytrawieniu sprawia, że ten meteoryt jest jednym z najbardziej efektownych przykładów oktaedrytu drobnoziarnistego.

W momencie pisania meteoryt nie miał jeszcze oficjalnej nazwy. Ewentualnym kandydatem jest Gan Gan. Niezależnie od nazwy ten nowy meteoryt żelazny dołączył do mniej więcej 70 innych argentyńskich meteorytów i około 100 oktaedrytów drobnoziarnistych znalezionych poza Antarktydą. Znajduje się on w dobrym towarzystwie innych słynnych argentyńskich meteorytów jak Campo del Cielo, La Criolla, Laguna Manantiales i najsłynniejszy argentyński meteoryt, Esquel.

VIII Seminarium Meteorowo-Meteorytowe

Andrzej S. Pilski

Pułtusk przywitał gości piękną pogodą, nie dopisali natomiast uczestnicy. Zawiedli przede wszystkim ci, którzy mieli najbliżej: meteoryciarze z Warszawy i okolic. Reprezentacja tubylców także była więcej niż skromna. Spotkanie odbyło się więc w bardzo kameralnym gronie, co było nieco deprymujące dla prelegentów, ale miało także swoje zalety, co okazało się później.

Po interesujących referatach dr Mariana Stępniewskiego, mgr Janusza W. Kosinskiego i dr Walentina I. Cwietkowa, których nie będę omawiał szczegółowo, gdyż planowana jest publikacja materiałów Seminarium, uczestnicy wdrapali się na wieżę na środku rynku, w której mieści się Muzeum Regionalne, a w nim czasowa wystawa meteorytów ze zbiorów Michała Gregorczyka i Andrzeja S. Pilskiego. Później obejrzeliśmy Dom Polonii na jednym końcu słynnego, długiego rynku i rzekome meteoryty w kościele na przeciwnym końcu rynku.

Ponieważ wszyscy uczestnicy zmieścili się w samochodach, postanowiono zmienić program i wyruszyć na teren spadku. Stwierdziliśmy, że na polach w pobliżu wsi Obryte wciąż jest wiele kamieni, ale żaden nie wyglądał na meteoryt, choć niektóre przyciągały magnes. Rozglądając się za meteorytami zlustrowaliśmy kamienny murek wokół kościoła w Zambskach Kościelnych, a potem przez Gostkowo, Rozdziały i Sokołowo udaliśmy się do Wyszkowa.

Gwoździem programu wieczornego spotkania kolekcjonerów okazały się, przywiezione przez dr Cwietkowa fragmenty chondrytu Tsarev L5, a zwłaszcza ich niska cena: 10 zł za kilkunastogramową płytkę. Nic dziwnego, że natychmiast zostały rozdrapane. Rozmowy przeciągnęły się do późnej nocy.

Ponieważ okazało się, że spośród i tak niedużej grupy uczestników spora część się spieszy, postanowiono zrezygnować z kontynuowania Seminarium drugiego dnia, tym bardziej, że do wyruszenia na teren spadku zniechęcała deszczowa pogoda. Seminarium zakończyło się więc krótkim porannym spotkaniem.

Zorganizowanie Seminarium zawdzięczamy Januszowi W. Kosinskiemu, któremu tą drogą chciałbym serdecznie podziękować. Za część pułtuską dziękuję pani dyrektor Muzeum Regionalnego, mgr Annie Henrykowskiej, oraz dyrekcji pułtuskiego Domu Kultury. Niewielka liczba uczestników nie zniechęciła jednego z kolekcjonerów, Stanisława Jachymka, który zaprosił miłośników meteorytów na seminarium w roku 2000 do swojej zagrody turystycznej w Guciowie. Tym, którzy chcieliby rozpoznać teren i wybrać się w tym roku na wczasy na Roztocze z możliwością rozmów o meteorytach, podaję adres: Stanisław Jachymek, Guciów 19, 22-470 Zwierzyniec.

Uczestnicy Seminarium pod kamienicą na pułtuskim rynku, w której mieszkał Napoleon.
Fot. Marian Stępniewski

Drugi Piknik meteorytowy

Grzegorz Pacer ponownie zaprasza kolekcjonerów meteorytów do Rudnika Wielkiego, koło Częstochowy. Aby kolekcjonerzy mogli spotkać się i porozmawiać, proponujemy termin: sobota, 28 sierpnia. Można jednak przyjechać nieco wcześniej lub później albo na kilkudniowy pobyt. Są zarezerwowane niedrogie noclegi w prywatnych kwaterach. Okolica jest ładna: lasy; miejscami wystają wapienne skałki.

Ponieważ Grzegorz zaprasza nie tylko na meteoryty, ale i na poczęstunek, prosi o wcześniejsze zgłoszenie przyjazdu, szczególnie gdy potrzebny będzie nocleg. Liczba miejsc jest ograniczona. Zgłosić się można telefonicznie (0-049-171-43-078-34), listownie (Gregor Pacer, Spitalstr. 10, 79539 Lörrach, Deutschland), lub pocztą elektroniczną (PacerMet@aol.com). Można także zamówić wymarzony meteoryt, albo wykrywacz metali. Zgłoszenia można przekazać również za pośrednictwem redaktora.

Spytaj geologa

Publikacja z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 2.
Copyright © 1999 Pallasite Press

1. *Jaka jest różnica między zlepieńcem a brekcją?*

Na pierwszy rzut oka główna różnica między tymi typami gruboziarnistej skały okruchowej wydaje się teksturalna, to znaczy pierwszy składa się z zaokrąglonych, a drugi z kanciastych fragmentów. Są jednak pewne konsekwencje różnic pochodzenia w tym sensie, że konwencjonalne definicje zlepieńca wspominają o transportowaniu przez wodę, co uważa się za czynnik odpowiedzialny za zaokrąglanie okruchów albo przez transport w rzece, albo przez działanie fal na brzegu. Niemniej trzeba zauważyć, że jest możliwe uzyskanie zaokrąglonych kamyków w wyniku abrazji w bezwodnym środowisku, na przykład gdy okruchy są ścierane wskutek przemieszczania się uskoku. Założenia dla brekcji są znacznie mniej restrykcyjne, z wyjątkiem tego, że kanciastość okruchów wyklucza długotrwałe obtaczanie w wysokoenergetycznym środowisku. Termin „brekcja" pochodzi od włoskiego „breccia" oznaczającego „pokruszony kamień". Podobnym określeniem jest „aglomerat" stosowany do okruchów skalnych zgromadzonych przez procesy wulkaniczne.

2. *Jak tworzą się obwódki metalu wokół niektórych chondr?*

Metalowe obwódki ma stosunkowo niewiele chondr, niemniej zidentyfikowano trzy różne ich odmiany.

(1) Wiele chondr w chondrytach typu 3 (niezrównoważonych) jest otoczonych drobnoziarnistymi obwódkami z materii krzemianowej. W chondrytach zwyczajnych obwódki te mają zwykle grubość 10–30 μm i składają się z ziaren oliwinu o wielkości poniżej mikrometra, piroksenu, amorficznej materii o składzie plagioklazu i różnych ilości metalicznego Fe-Ni i siarczku. Poprzedniki chondr w mgławicy słonecznej mogły znajdować się w bardzo porowatym, drobnoziarnistym pyle krzemianowym. Jakiś czas po utworzeniu się chondr te porowate struktury zapadły się i osiadły wokół chondr tworząc drobnoziarniste obwódki krzemianowe. W kilku przypadkach świeżo utworzone, wirujące chondry odrzuciły zawarte w nich kropelki płynnego metalu pod działaniem siły odśrodkowej. Ten stopiony metal został schwytany przez porowaty pył. Późniejsze zgęszczenie struktur porowatego pyłu wytworzyło wokół niektórych chondr drobnoziarniste obwódki ze znaczną ilością metalu. Chondry z obwódkami bogatymi w siarczek utworzyły się prawdopodobnie w analogiczny sposób.

(2) Niektóre chondry w chondrytach typu 3 mają obwódki z nieprzezroczystych minerałów zawierające metal z niską i wysoką zawartością niklu, bogaty w nikiel siarczek, magnetyt i węglik żelaza. Uważa się, że powstały one w wyniku przeobrażania przez wodę metalu i siarczku wokół chondr na macierzystej planetoidzie chondrytów już po utworzeniu się chondr i zlepieniu się skały chondrytowej. Sam metal i siarczek mógł być schwytany do obwódek przez mechanizm (1) towarzyszący powstawaniu chondr.

(3) Chondryt enstatytowy EH, Abee, zawiera wiele chondr otoczonych przez metal. W 1997 roku opublikowałem, razem z Edem Scottem z Hawajskiego Uniwersytetu, w *Geochimica et Cosmochimica Acta* pracę przedstawiającą chondryt Abee jako brekcję stopioną podczas zderzenia. W takim przypadku chondry z obwódkami metalu są obiektami reliktowymi (nie stopionymi), które były zanurzone w wytworzonym przez zderzenie stopie bogatym w metal, który zakrzepł, zanim chondry zdążyły się stopić.

(Odpowiedź dostarczył Alan Rubin)

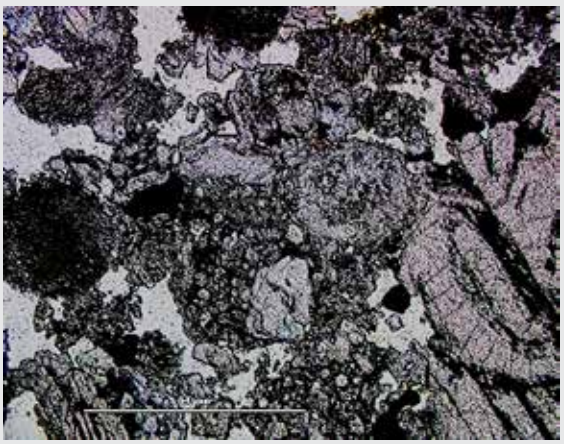
3. *Dlaczego tak jest, że Ni jest następnym pod względem ilości metalem po Fe w meteorytach żelaznych?*

Meteoryty żelazne zawierają od 5 do 20% niklu. Jeśli zgodzimy się, że te meteoryty są fragmentami jąder planetoid, to możemy także powiedzieć, że muszą one być wynikiem dyferencjacji, podczas której minerały o większej gęstości opadały, w wyniku grawitacji, do środka ciała. Z samego porównania gęstości żelaza i niklu jest oczywiste, że ten proces musi prowadzić do gromadzenia się razem obu pierwiastków. To jednak nie wszystko. Pierwiastki można podzielić na cztery grupy ze względu na szczególne powinowactwo z innymi pierwiastkami. Ta geochemiczna cecha zależy od konfiguracji elektronów w ich atomach.

Pierwiastki o podobnej konfiguracji elektronów mają tendencję do występowania razem i wchodzenia w podobne reakcje chemiczne. Nikiel i żelazo należą do grupy pierwiastków syderofilnych (lubiących żelazo), która obejmuje także, między innymi, złoto, kobalt i znany wskaźnik uderzeń meteorytów — iryd. Dodatkowym powodem występowania niklu łącznie z żelazem jest ich rozpowszechnienie w kosmosie. Żelazo i nikiel, to najobficiej występujące pierwiastki syderofilne we wszechświecie zajmujące „wierzchołek żelaza" na wykresie kosmicznego rozpowszechnienia pierwiastków.

Uważa się, że pierwiastki wytworzyły się we wnętrzach gwiazd poprzez przekształcanie wodoru i helu. Po początkowym okresie spalania wodoru następują kolejne fazy, w których osiągają stan równowagi następne reakcje jądrowe, podczas których wytwarzane są chrom, mangan, żelazo, kobalt i nikiel, przy czym wytwarzanie żelaza i niklu dominuje w tych procesach.

Baszkowka pod mikroskopem



Kilka chondr, które składają się na agregat utworzony niewątpliwie przed powstaniem macierzystej planetoidy Baszkówki. Chondry w obrębie agregatu są ze sobą silniej związane niż agregat z pozostałą częścią skały. Otaczają agregat liczne pustki. 1 nikol, światło przechodzace.

Fot. Tadeusz Przylibski, Paweł Zagożdżon