BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 2 (38) Czerwiec 2001

Seminarium Meteorytowe – Olsztyn 2001

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
e-mail: aspmet@wp.pl

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2001 roku 20 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:

Było to niezwykłe spotkanie. W Olsztyńskim Planetarium zebrali się niemal wszyscy, którzy mają coś do powiedzenia w polskiej meteorytyce. Były interesujące referaty, burzliwe dyskusje i ciekawe rozmowy kuluarowe. Od dłuższego czasu było wiadomo, że w Polsce zajmuje się meteorytami spora grupa naukowców, ale przeważnie każdy osobno; w najlepszym przypadku w małych grupach. Fakt, że znaleźli oni czas, by spotkać się i podyskutować, dobrze wróży na przyszłość.

Sukcesem organizatorów Seminarium Meteorytowego w Olsztynie jest także doprowadzenie do spotkania astronomów i geologów zajmujących się ciałami Układu Słonecznego. Obie strony popatrywały na siebie wprawdzie z pewną rezerwą, mówiły trochę innymi językami, ale przynajmniej mogły dowiedzieć się, co ich koledzy myślą o materii krążącej wokół Słońca. Miejmy nadzieję, że będzie to zaczątek bardziej ożywionej współpracy z korzyścią dla nauki, tak jak to się dzieje od pewnego czasu w innych krajach, jak USA, czy bliskie nam Czechy.

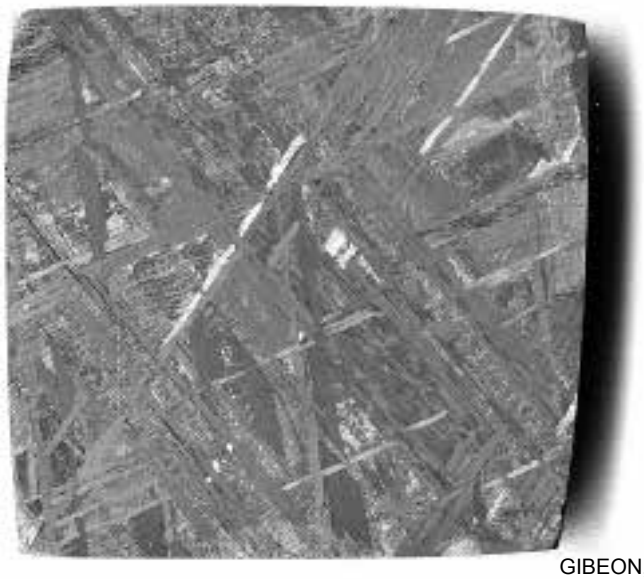
Nie tylko kolekcjonerzy ale i naukowcy wyrażali pewne rozczarowanie brakiem „żywych" meteorytów na Seminarium. Były one wprawdzie obecne na wystawie w Planetarium, ale do ręki można było wziąć tylko nieliczne okazy. Okazało się, że nie tylko kolekcjonerzy, ale i bardzo utytułowani naukowcy lubią przyglądać się meteorytom dla przyjemności, choć z nadzieją zauważenia czegoś niezwykłego.

Tuż przed Seminarium okazało się, że niezwykłe rzeczy trafiają się także w dobrze znanych meteorytach. W Morasku natrafiono na inkluzję krzemianową. Niestety większa jej część została zniszczona podczas nieudolnego przecinania w firmie, która na wyrost nosi nazwę „Zakładu Mechaniki Precyzyjnej". To, co ocalało, bada dr Stępniewski z Państwowego Instytutu Geologicznego.

Z przyjemnością zwracam uwagę na dwa artykuły naszych autorów mając nadzieję, że zachęci to do pisania także innych miłośników meteorytów. Wprawdzie dla redaktora nowy artykuł stwarza więcej pracy niż tłumaczenie z „Meteorite", ale też daje większą satysfakcję.

Smutek wywołuje natomiast wspomnienie o profesorze O'Keefe. Z jego odejściem spory o pochodzenie tektytów przejdą prawdopodobnie do historii, może nie tyle z powodu braku głównego oponenta, ile pod naporem argumentów świadczących o powstaniu tektytów przy zderzeniach wielkich meteorytów z Ziemią. Niemniej teoria ich księżycowego pochodzenia była tak miła dla meteoryciarzy, że z żalem ją żegnamy wraz z jej głównym orędownikiem.

Andrzej S. Pilski



GIBEON, fot. J.D.

NOWINY

Aminokwasy znalezione w Orgueil

tłum. Magdalena Pilska-Piotrowska

Obiekt, który spadł na Ziemię ponad 136 lat temu, ujawnił nowe wskazówki dotyczące pochodzenia meteorytów w kosmosie i nowe informacje o tym, jak rozwinęło się życie na młodej Ziemi. Nowe badania prowadzone przez naukowców w Scripps Institution of Oceanography na Uniwersytecie Kalifornijskim, w San Diego, i ich kolegów pokazują, że meteoryt Orgueil, który spadł we Francji w 1864 roku, może być pierwszym meteorytem pochodzącym raczej z komety niż z planetoid, powszechnie uznawanych za źródła meteorytów.

Jak mówią badania, składniki wnętrza meteorytu Orgueil mogą być rodzajem podstawowych składników potrzebnych, aby pomóc narodzić się życiu na Ziemi. Naukowcy wierzyli na ogół, że do narodzin życia na Ziemi była potrzebna duża różnorodność aminokwasów.

„Ostatnie badania sugerują jednak, że potrzebnych było tylko kilka typów prostych aminokwasów, i to jest dokładnie to, czego obecność stwierdziliśmy w meteorycie Orgueil" powiedział Jeffrey Bada profesor chemii morskiej w Scripps.

Praca, której autorami byli Bada, Daniel Glavin i Oliver Botta ze Scripps, Pascale Ehrenfreund z Leiden Observatory w Holandii i George Cooper z NASA Ames Research Center ukazała się w numerze *Proceedings of the National Academy of Sciences* z 27 lutego.

Pomimo, że meteoryt Orgueil nazwany od francuskiego miasta, w pobliżu którego spadł w 1864 roku, był badany dziesiątki lat temu, Bada i koledzy przeprowadzili nowe badania używając nowoczesnych technik i instrumentów przeznaczonych do wykrywania śladowych ilości aminokwasów. Aminokwasy są podstawowymi składnikami białek i są syntetyzowane w żywych komórkach.

Po uzyskaniu pierwotnego kawałka z wewnętrznej części meteorytu Orgueil, naukowcy odkryli, że zawiera on stosunkowo prostą mieszaninę aminokwasów, składającą się głównie z glicyny i beta-alaniny. Przeanalizowali także koncentrację izotopów węgla w próbkach i odkryli, że aminokwasy nie pochodzą z ziemskich zanieczyszczeń.

„Odkryliśmy, że aminokwasy w meteorycie Orgueil są abiotycznego pochodzenia. Zostały uformowane bez pomocy biologii, tylko przez chemiczne reakcje" powiedział współautor Botta. „Sądzimy, że te aminokwasy zostały zsyntetyzowane w kosmosie".

Grupa badaczy porównała następnie swoje wyniki z trzema innymi meteorytami: Murchison i Murray, które zostały wszechstronnie przebadane, i Ivuna, meteorytem, który spadł w Tanzanii w Afryce w 1938 roku i nie był analizowany pod względem aminokwasów.

Naukowcy podzielili meteoryty na dwie klasy. Meteoryty Murchison i Murray zostały umieszczone w kategorii meteorytów zawierających mieszaninę aminokwasów utworzoną przez ponad 70 różnych typów aminokwasów. Meteoryty Orgueil i Ivuana zostały umieszczone w kategorii z prostszą kompozycją złożoną głównie z tylko dwóch aminokwasów.

Opierając się na unikalnej kompozycji aminokwasów w meteorycie Orgueil, naukowcy mogli wywnioskować informacje dotyczące przeszłości meteorytów. Wierzy się powszechnie, że meteoryty Murchison i Murray są kawałkami planetoidy, jak właściwie wszystkie przebadane przez naukowców meteoryty. Jednak ta praca sugeruje, że meteoryty Orgueil i Ivuna ukazują dowody, że prawdopodobnie pochodzą od komet. Cechy aminokwasów z meteorytów Orgueil i Ivuna sugerują, że te związki były prawdopodobnie zsyntetyzowane ze składników takich jak cyjanowodór, który był ostatnio obserwowany w kometach Hale-Bopp i Hyakutake.

„To sugeruje nam, że to co obserwowaliśmy w meteorytach Orgueil i Ivuna jest produktem reakcji która zaszła w jądrze komety" powiedział Bada.

„Jeśli jest to prawdą, byłby to pierwszy raz kiedy zidentyfikowano meteoryt pochodzący z jądra komety" powiedział współautor Galvin. „Jeszcze wiele kwestii dotyczących chemii jąder kometarnych pozostaje dla nas niezrozumiałych i to byłoby nasze pierwsze wejrzenie".

Tak więc ta praca sugeruje, że aminokwasy, które pomogły w powstaniu życia na Ziemi, mogły zostać dostarczone przez meteoryty pochodzące z resztek komet.

Scripps Institution
of Oceanography
University of California,
San Diego

Czy meteoryty Nakhla i Shergotty również zawierają robaki?

tłum. Magdalena Pilska-Piotrowska

Naukowcy, którzy w 1996 roku oszołomili świat wiadomością, że marsjański meteoryt zawiera dowody pradawnego życia na czerwonej planecie, przedstawili nowe dowody, które umocniły ich pierwotną hipotezę i uciszyły wiele krytycznych głosów skierowanych pod adresem pierwszego artykułu.

W najnowszym artykule, opublikowanym w naukowym czasopiśmie *Precambrian Research* 17 lutego, przebadano dwa dodatkowe meteoryty marsjańskie — Nakhla i Shergotty, odpowiednio mające 1,3 miliarda i 165 do 175 milionów lat. Oba młodsze meteoryty ukazują te same dowody na mikroskamieniałości i inne szczątki pierwotnego życia, co pierwotny meteoryt, liczący 4,5 miliarda lat ALH84001. „Jeśli zostanie potwierdzone, że osobliwości zaobserwowane w dwóch młodszych meteorytach marsjańskich są biogenicznego pochodzenia, to życie mogło istnieć na Marsie od 3,9 miliarda do tak niedawna jak 165 do 175 milionów lat temu" powiedział Everett K. Gibson, geochemik z NASA Johnson Space Center w Houston i starszy autor artykułu.

Grupki bardzo małych kulek znalezionych w tych dwóch młodszych meteorytach są bardzo podobne do tych obserwowanych w zawierających bakterie próbkach z dużych głębokości poniżej powierzchni Ziemi w Columbia River Basalts we wschodnim Washington. Czy te kulkopodobne struktury są rzeczywiście biomarkerami czy też nie, jeszcze dotąd nie zdecydowano, lecz fakt iż są one osadzone w iłach lub pokryte iłami, które bez wątpliwości są marsjańskiego pochodzenia sugeruje, że one też zostały uformowane na Marsie.

Badania przy użyciu transmisyjnego mikroskopu elektronowego dostarczyły dalszych dowodów na skamieniałości występujące w pierwotnym marsjańskim meteorycie, ALH84001. Dowody te występują w postaci maleńkich kryształów magnetytu, identycznych z tymi, które używane są przez wodne bakterie na Ziemi jako kompasy w celu znalezienia pożywienia i energii. Magnetyt (Fe_3O_4) jest produkowany na Ziemi nieorganicznie, lecz kryształy magnetytu produkowane przez magnetotaktyczne bakterie są inne — są chemicznie czyste i pozbawione defektów, o konkretnym rozmiarze i kształcie. Wewnątrz komórek magnetotaktyczne bakterie układają kryształy magnetytu w łańcuchy.

Dodatkowe badania pokazały, że znaczna część węglowodorów znalezionych w meteorytach była tam, gdy opuszczały one Marsa i nie jest wynikiem ziemskich zanieczyszczeń. Są także poważne dowody, iż większość węglanów we wszystkich trzech meteorytach została uformowana w czasie, kiedy Mars był cieplejszy i bardziej wilgotny — środowisko o wiele bardziej sprzyjające dla życia niż obecna powierzchnia Marsa.

Ziemskie zanieczyszczenia pozaziemskich próbek są kwestią dotyczącą nie tylko tych meteorytów, według autorów, ale także są badane w odniesieniu do przyszłych próbek przywiezionych z Marsa. „Jest jasne, że potrzebujemy lepszego zrozumienia bioznaczników ziemskich i pozaziemskich próbek i dlatego kiedy marsjańskie próbki zostaną ostatecznie przywiezione na Ziemię, będziemy mogli określić obecność lub brak życia z pewnością," powiedział Gibson. „Jednakże, jeśli woda występuje pod powierzchnią Marsa, to dlaczego nie mogłoby istnieć życie na Marsie obecnie?"

Bardziej szczegółowe omówienie tej pracy można znaleźć na stronie:

http://ares.jsc.nasa.gov/astrobiology/biomarkers/recentnews.html

Catherine E. Watson
Johnson Space Center, Houston, TX

Mikrobiologiczne życie na Marsie?

tłum. Magdalena Pilska-Piotrowska

Międzynarodowy zespół naukowców odkrył nieodparty dowód, że kryształy magnetytu występujące w marsjańskim meteorycie ALH84001 są biologicznego pochodzenia.

Naukowcy stwierdzili, że kryształy magnetytu wbudowane w meteoryt są ułożone w długie łańcuchy, które jak twierdzą mogły zostać uformowane tylko przez żyjące organizmy. Ich wyniki są przedstawione w numerze *Proceedings of the National Academy of Sciences* z 27 lutego.

„Łańcuchy, które odkryliśmy, są biologicznego pochodzenia" powiedział dr Imre Friedmann, NRC senior research fellow w NASA Ames Research Center w Dolinie Krzemowej w Kaliforni i kierownik zespołu badaczy. „Taki łańcuch magnesów poza organizmem natychmiast zbiłby się w bryłę dzięki siłom magnetycznym".

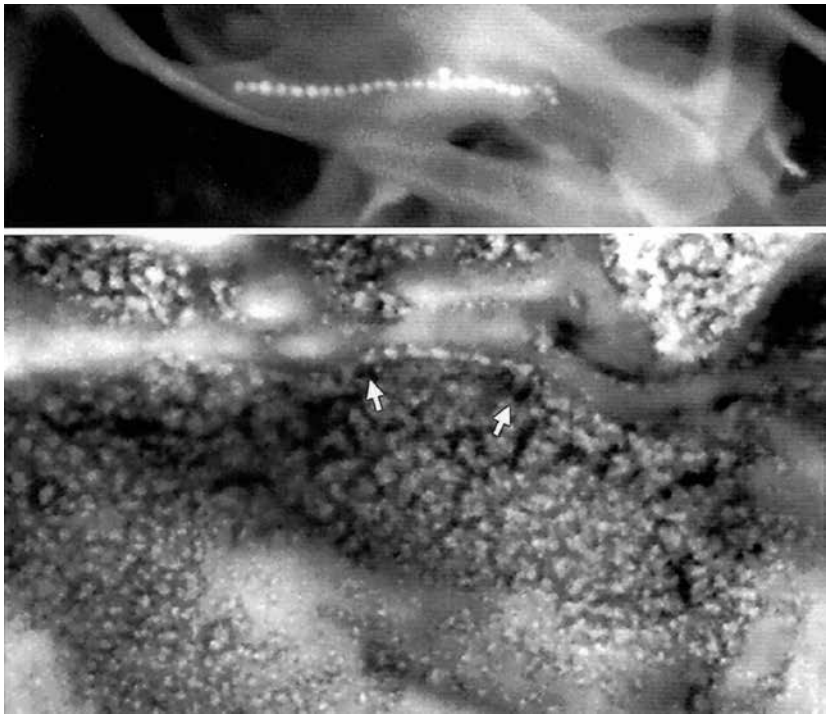
Łańcuchy zostały uformowane wewnątrz organicznej materii, której struktura trzymała kryształy razem. „Końcowym rezultatem było coś na kształt sznura pereł" zauważył Friedmann. Każdy kryształ magnetytu jest mikroskopijnym magnesem o średnicy blisko jednej milionowej cala. Magnetyt jest tlenkiem żelaza podobnym do rdzy.

Łańcuchy te mogły służyć jako kompasy gospodarzowi, magnetotaktycznej bakterii, nazwanej tak, ponieważ orientowała się w środowisku dzięki łańcuchom kryształów magnetytu znajdujących się wewnątrz jej ciała,. Łańcuchy zachowały się w meteorycie na długo po śmierci i rozkładzie samych bakterii.

Naukowcy twierdzą, że łańcuchy magnetytu wpłynęły do mikroskopijnych szczelin wewnątrz marsjańskiej skały po tym, jak została ona rozkruszona przez uderzenie planetoidy blisko 3,9 miliarda lat temu. Ten kataklizm na powierzchni Marsa mógł także zabić bakterie. To samo lub późniejsze uderzenie planetoidy wyrzuciło skałę, obecnie meteoryt, w kosmos.

Kolejna grupa naukowców z NASA, kierowana przez Kathie Thomas-Keprta z NASA Johnson Space Center, opublikowała w tym samym numerze *PNAS*, że kryształy magnetytu z wnętrza meteorytu są podobne do formowanych przez współczesne magnetotaktyczne bakterie obecnie żyjące na Ziemi. Jednak grupa badała tylko pojedyncze kryształy a nie nietrwałe łańcuchopodobne struktury.

Grupa Friedmanna odkryła łańcuchy kryształów dzięki zastosowaniu techniki, która pozwalała „zobaczyć" mikroskopijne łańcuchy wewnątrz meteorytu bez jego zniszczenia. Poza łańcuchopodobnymi formami, grupa odkryła, że pojedyncze kryształy są podobnego rozmiaru i kształtu, nie



Górne zdjęcie: Współczesna bakteria magnetotaktyczna prezentująca łańcuch kryształków magnetytu, widoczna pod skanningowym mikroskopem elektronowym.
Dolne zdjęcie: Kryształki magnetytu i łańcuchy tych kryształków w marsjańskim meteorycie ALH84001 pod skaningowym mikroskopem elektronowym. Jeden wyraźnie widoczny łańcuch wskazują strzałki. Średnica pojedynczego kryształka wynosi około milionowej części cala.

dotykają do siebie i że same łańcuchy są elastyczne, dalsze dowody biologicznego pochodzenia. Następnym krokiem jest odnalezienie pozostałości samych bakterii.

Fakt, że mały (około 2 kg) meteoryt z planety zawiera znaczną ilość bakterii sugeruje, że takie bakterie były rozpowszechnione na powierzchni Marsa, twierdzą naukowcy. Kamień podobnego rozmiaru pochodzący z Ziemi zawierałby wiele bakterii.

Ponadto, ponieważ magnetotaktyczne bakterie wymagają niskiego poziomu tlenu, odkrycie to wskazuje, że fotosyntetyzujące organizmy, źródło tlenu w atmosferze, musiały być obecne i aktywne na Marsie 3,9 miliarda lat temu.

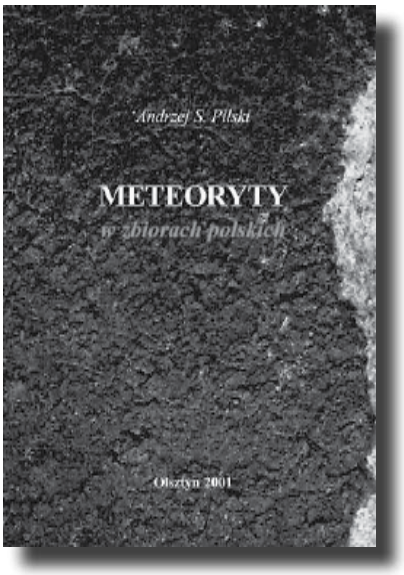
NASA

Jest katalog!

Po blisko sześciu latach od ukazania się katalogu „Meteoryty w zbiorach polskich" kolekcjonerzy doczekali się jego nowego, rozszerzonego wydania. Impulsem do jego przygotowania była propozycja Olsztyńskiego Planetarium, które uznało, że wydanie katalogu, w niewielkim nakładzie, może być dobrym akcentem uświetniającym konferencję meteorytową i da się zmieścić w budżecie przewidzianym na przygotowanie konferencji. Gdyby nie inicjatywa Olsztyńskiego Planetarium, trudno powiedzieć, jak długo kolekcjonerzy czekaliby jeszcze na katalog. Z drugiej jednak strony presja na przygotowanie katalogu na określony termin miała ujemny wpływ na jego jakość.

Jak poprzednio katalog jest wyrazem dobrej woli właścicieli zbiorów. Nie odzwierciedla on w pełni stanu posiadania polskich kolekcji, gdyż nie ma możliwości nakłonienia posiadaczy meteorytów, aby informowali o zasobności swych zbiorów, zwłaszcza gdy chodzi o zbiory prywatne. Tym razem przyjęto zasadę, zgodną zresztą z obowiązującym prawem, że w katalogu znajdą się tylko te zbiory prywatne, których właściciele wyrazili pisemną zgodę na opublikowanie informacji. Nie ma w katalogu co najmniej kilku sporych prywatnych kolekcji, których właściciele wolą zachować anonimowość, nie licząc sporej liczby drobnych kolekcjonerów, których istnienie można podejrzewać obserwując zakupy na giełdach minerałów.

Przygotowanie katalogu ogromnie ułatwiło ukazanie się piątego wydania brytyjskiego „Catalogue of Meteorites".



Utrudnieniem był natomiast „wysyp" pustynnych meteorytów, które docierały do polskich kolekcjonerów jednocześnie z opublikowaniem informacji o nich w „Meteoritical Bulletin", a czasem nawet wcześniej. Stąd w katalogu spora grupa meteorytów o wątpliwych nazwach. Zachowano układ poprzedniego katalogu, aby ułatwić porównywanie. Ponieważ wadą tego układu była trudność szybkiego odnalezienia interesującego meteorytu, dodano alfabetyczny spis meteorytów.

Graficzny kształt katalogu jest zasługą benedyktyńskiej pracy Jacka Drążkowskiego, który mnóstwo czasu poświęcił zdobyciu i opracowaniu ilustracji. Efekt jego pracy w dużym stopniu zniweczyła drukarnia, która tak oszczędzała farbę, że większość zdjęć jest nieczytelna, a ponadto zbyt cienki papier powoduje przebijanie tekstu i zdjęć dodatkowo zamazując obraz. Wybitnym przykładem drukarskiego partactwa jest zwłaszcza strona 107 katalogu.

Katalog jest do nabycia w Olsztyńskim Planetarium i u autora. Nakład jest mniejszy, niż za pierwszym razem, więc zainteresowani kolekcjonerzy nie powinni zwlekać z zakupem. Dodruk, ze względu na jakość drukarni, nie jest przewidywany. Zamiast tego planowane jest przygotowanie kolejnego wydania, być może na dwusetną rocznicę deszczu meteorytów w L'Aigle.

Andrzej S. Pilski
(autor)

Meteoryt zabójca

Wieczorem, 15 października 1972 r., na farmie El Tinajero w Wenezueli zaobserwowano jasne światło, któremu towarzyszył głośny hałas. Następnego ranka dr Arginiro Gonzales i jego gość Juan Dionicio Delgado odkryli spory kamień, który najwidoczniej zabił krowę. Kamień rozbił się na trzy części ważące 38 kg, 8 kg i 4 kg. Największy fragment, pozostawiony na podwórzu, uległ znacznemu zwietrzeniu. Dopiero niedawno meteoryt ten zakupił Darryl Pitt i doprowadził do sklasyfikowania go. Jest to chondryt zwyczajny L5 przeobrażony szokowo. Otrzymał nazwę Valera.

Zmiana w the Meteoritical Bulletin

Dr Jeff Grossman powiadomił, że od 1 czerwca rezygnuje z redagowania the Meteoritical Bulletin. Zastąpią go Sara Russell i Monica Grady z Natural History Museum w Londynie. Saharyjskimi meteorytami zajmować się będzie nadal Jutta Zipfel.

Krzemianowa inkluzja w Morasko

Przy przecinaniu okazu Moraska, znalezionego kilka lat temu przez Krzysztofa Sochę, natrafiono na niewielki kamienny wrostek na brzegu inkluzji troilitu. Niestety podczas cięcia większa jego część wykruszyła się. To, co pozostało, sprawia wrażenie, jakby inkluzję tworzyła mieszanina materii indochinitów i wełtawitów. Mowa tu o wyglądzie i barwie, a nie składzie chemicznym i mineralnym, który dopiero trzeba ustalić. Zajmuje się tym dr Marian Stępniewski w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie. Obecność kamiennego wrostka w Morasku nie jest zaskoczeniem, gdyż znajdowano je w innych meteorytach tego typu. W Morasku zdarzyło się to jednak po raz pierwszy.

ASPMET **zaprasza**

do odwiedzania sklepiku z meteorytami goszczącego na stronach Polskiego Serwisu Meteorytowego (http://republika.pl/jba1). Nie trzeba koniecznie kupować, ale można obejrzeć okazy oferowane na sprzedaż. Ich powiększone zdjęcia są często ładniejsze od samych okazów.

Seminarium Meteorytowe
Olsztyn, 26–27 kwietnia 2001 r.

Szymon Kozłowski, Marta Zub

Wstęp

Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie oraz Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne zaprosili wszystkich zainteresowanych meteorytami do Olsztyna na Seminarium Meteorytowe. Przybyli niemal wszyscy, którzy w Polsce aktywnie zajmują się tą tematyką; zarówno zawodowi astronomowie, fizycy, chemicy i geolodzy, jak i amatorzy–meteorytofile. Nie zabrakło oczywiście takich znakomitości w dziedzinie meteorytów jak prof. dr hab. Andrzej Manecki, prof. dr hab. Łukasz Karwowski, dr Walentin Cwietkow, dr Marian Stępniewski, mgr Andrzej S. Pilski

Szefowa OPiOA wygląda na zadowoloną.

i inni, wymienieni niżej przy omawianiu prezentowanych referatów. Z kolekcjonerów meteorytów pojawili się między innymi: Kazimierz Mazurek — właściciel największej prywatnej kolekcji meteorytów w Polsce, Jarosław Bandurowski — autor Polskiego Serwisu Meteorytów (PSM), Marcin Cimała – autor strony Minerały & Meteoryty, Jacek Drążkowski — autor strony Kolekcja dydaktyczna meteorytów, Szymon Kozłowski — autor serwisu: Meteoryty–Tektyty–Impaktyty (MTI), Jerzy Strzeja, a także astronom, prof. dr hab. Michał Ostrowski. Wśród uczestników był także Stanisław Jachymek — znalazca meteorytu Zakłodzie oraz Tadeusz Niedopytalski wraz ze swoim „przenośnym" sklepikiem meteorytów. Szkoda, że Andrzej S. Pilski nie przywiózł żadnych meteorytów na sprzedaż, ale zrobił za to miłą niespodziankę wszystkim meteorytofilom (i nie tylko) nowym wydaniem katalogu „Meteoryty w zbiorach polskich" Olsztyn 2001.

Przenośny sklepik meteorytowy otwarty.

Dzień pierwszy

Seminarium Meteorytowe rozpoczęło się około godziny 9:00, a jego otwarcie ogłaszały aż cztery osoby: dr Jadwiga Biała — dyrektor Olsztyńskiego Planetarium, Zbigniew Karpowicz — wiceprezydent Olsztyna, prof. dr hab. Andrzej Manecki — przewodniczący komitetu organizacyjnego oraz dr Marian Stępniewski reprezentujący Państwowy Instytut Geologiczny. Po tym prawie półgodzinnym przywitaniu przyszła pora na wykłady. Rozpoczął prof. dr hab. Andrzej Manecki (okładka, u dołu z prawej) prezentując wybrane problemy kosmomineralogii. Ciekawymi punktami tego wykładu były m.in. przeźrocza chondr pod mikroskopem

Autorzy relacji pilnie słuchają i notują.

polaryzacyjnym. Następnie dr Jadwiga Biała przedstawiła „Nowy obraz Układu Słonecznego" omawiając najnowsze doniesienia na temat ciał oraz budowy naszego Układu. Ostatnie wystąpienie przed przerwą miał dr Marian Stępniewski na temat „Z historii meteorytyki". Przedstawił on genezę tej dziedziny nauki oraz krótko przypomniał sylwetkę Chladniego — ojca meteorytyki.

Po przerwie rozpoczęła się druga sesja poświęcona planetom, jak je odkrywamy (mgr Elżbieta Plucińska), jakie mamy z nimi problemy (dr Jadwiga Biała) i czy są one ubocznym produktem ewolucji gwiazd (doc. dr hab. Tadeusz Jarzębowski). Tematy te były interesującym wprowadzeniem, ale większość czekała na danie główne, czyli najnowsze polskie meteoryty. Dlatego atmosferę ożywił niezapowiedziany wykład mgr Marka Łodzińskiego (ucznia prof. Maneckiego) na temat minerałów meteorytu Zakłodzie.

Tak, to było bardzo dobre....

Sesja poobiednia — trzecia — traktowała o pyle kosmicznym (prof. dr hab. Hieronim Hurnik, dr Bogusława Hurnik) przypominając tym samym, że małe jest piękne, a także o astronomii meteorowej (dr Tadeusz Jan Jopek). Niezapomnianych wrażeń dostarczyła prelekcja dr Walentina Cwietkowa na temat fragmentacji meteoroidów w atmosferze ziemskiej — po rosyjsku. Po wszystkich wykładach uczestnicy Seminarium Meteorytowego mogli zwiedzić Obserwatorium Astronomiczne. Dzień oficjalnych imprez zakończyła uroczysta kolacja, w czasie której to, toczyły się dyskusje na tematy związane — oczywiście — z meteorytami.

Wieczór dzień pierwszy

Najciekawsza część dla kolekcjonerów odbyła się wieczorem w pewnym pokoju pewnego hotelu, gdzie przy piwie toczyły się rozmowy. Po pokoju krążyły takie cudeńka jak prawie 3 kg płyta meteorytu Morasko, około 100 g fragment źle przyciętego Zakłodzia (wywołało to burzę dyskusji na temat cięcia meteorytów), duże płyty Moraska po około 1 kg, a także: Imilaki, Faith, Big Rock Donga,

Nareszcie trochę „żywych" meteorytów…

Miles, Wolf Creek, Ghubara, Chamberlin, ..., Moldawity, Indochinity, Kolumbity. Dr Walentin Cwietkow wyjął z kieszeni garstkę (~7) dwudziestokilkugramowych Sikhote-Alinów, a także przepiękny 83 g ataksyt Chinga. Tak oto zakończył się pierwszy dzień Seminarium Meteorytowego.

Dzień drugi

Drugi dzień Seminarium Meteorytowego zaplanowany został na tematykę specjalistyczną dotyczącą badań meteorytów. Na porannej sesji zaprezentowano wyniki przeróżnych badań wykonywanych na meteorytach Baszkówka i Mt. Tazerzait. Prelekcje na te tematy wygłaszali m.in. prof. dr hab. Rajmund Dybczyński, doc. dr Jerzy Borucki, dr Jacek Siemiątkowski oraz dr Tadeusz Przylibski. Kolekcjonerzy mieli okazję posłuchać, co specjaliści zauważyli w tych meteorytach i jak spierają się

I jeszcze jedna pamiątkowa fotka…

na temat interpretacji uzyskanych wyników. Baszkówka była zdecydowanie pierwszą damą Seminarium, co podkreślał dr Siemiątkowski rozważając jeszcze po przerwie w swoim wystąpieniu czy meteoryt Baszkówka może być dowodem na protoplanetarny dysk bądź na istnienie chondrytowych planetoid. Na kolejnych dwóch wykładach prof. dr hab. Łukasz Karwowski z właściwym sobie poczuciem humoru analizował budowę meteorytu Zakłodzie oraz zastanawiał się nad zmianą skali wielkości chondr na przykładzie meteorytu Gujba (czyt. guźba), wszystko — ku radości słuchaczy — okraszając barwnymi foliami. Ten ostatni meteoryt spadł wprawdzie w Nigerii, ale poza Nigerią największe jego fragmenty są w Polsce i tu są badane.

Na popołudniowej sesji prof. dr hab. Wojciech Stankowski przedstawił uwarunkowania geologiczne terenu spadku meteorytu Morasko. Zapoznał także uczestników Seminarium Meteorytowego z potencjalnymi obszarami występowania kraterów meteorytowych w Wielkopolsce. Przyprawił on tym samym wszystkich meteorytofilów o szybsze bicie serca. Kolejne wystąpienia poświęcone były mikromorfologii powierzchni trawionych meteorytów (dr Marian Szurgot) oraz pomiarowi zawartości potasu w meteorytach metodą rozcieńczenia izotopowego (Piotr Mackiewicz), czyli jak znęcając się nad me-

Pastor Puszcz zachwyca się Moraskiem.

teorytami wydobyć z nich informacje. Na zakończenie dr Marian Stępniewski przypomniał w swoim referacie o istnieniu również meteorytów kopalnych oraz o potencjalnym zagrożeniu, jakie dla ludzkiej cywilizacji stwarzają kolizje z dużymi meteoroidami. Po wykładach wywiązała się dyskusja na temat domniemanych nowych meteorytów. Oficjalnego zamknięcia Seminarium Meteorytowego dokonał prof. dr hab. Andrzej Manecki, po czym wszyscy uczestnicy spotkali się na projekcji astronomicznej pod kopułą planetarium. Z podróży po świecie gwiazd i planet zawrócił słuchaczy głos dr Jadwigi Białej, która interesująco opowiadała m.in. o działalności planetarium i przyszłości astronomii (i meteorytyki) w Polsce. Dzień drugi Seminarium Meteorytowego zakończyła kolacja, w czasie której meteorytofile (i nie tylko) mogli się wykazać znajomością ziemskich i pozaziemskich skał, przeglądając różnego rodzaju kamienie nadesłane do planetarium.

Podziękowania

Chcielibyśmy serdecznie podziękować Organizatorom Seminarium Meteorytowego za profesjonalnie zorganizowane spotkanie naukowców i meteorytofilów. Wynieśliśmy z niego wzbogaconą wiedzę oraz wskazówki na przyszłość. Cieszy nas fakt, że na prelekcjach mogli się spotkać ludzie różnych profesji, w różnym stopniu związani z meteorytyką. Stanowi to bazę do dalszej współpracy. Pomysł zorganizowania II Seminarium Meteorytowego w 2003 roku (w 200 rocznicę spadku meteorytu L'Aigle, od którego meteorytyka stała się prawdziwą nauką, a kamienie spadające z nieba zaczęto traktować poważnie) wydaje się być bardzo dobry.

Zapraszamy wszystkich zainteresowanych do odwiedzenia stron meteorytowych, na których można znaleźć fotoreportaże, a także informacje na temat Seminarium Meteorytowego:

Polski Serwis Meteorytów (PSM): http://republika.pl/jba1/seminarium.htm

Kolekcja dydaktyczna meteorytów: http://www.szkoly.edu.pl/~jdrazkow/fotki/SemMet/

Meteoryty–Tektyty–Impaktyty (MTI): http://astro.ca.wsp.zgora.pl/~simkoz/meteoryt/olsztyn1.html

Mineraly&Meteoryty (M&M): http://www.meteoryt.net/meteors/index.htm (w dziale relacje z...)

A trzeciego dnia…

…była wycieczka śladami Mikołaja Kopernika. Trasa wiodła przez Lidzbark Warmiński do Fromborka.

Trochę za mało niklu w tych żelaznych mieczach, ale jest na co popatrzeć!

Część uczestników Seminarium w tym czasie próbowała szczęścia pod Pułtuskiem… (*przyp. – J.D.*)

Oj, przydałby się wykrywacz metalu!

Zdjęcia: Jarek Bandurowski; Marcin Cimała; Jacek Drążkowski; Szymon Kozłowski.

Portales Valley — nie tak zwyczajny chondryt zwyczajny

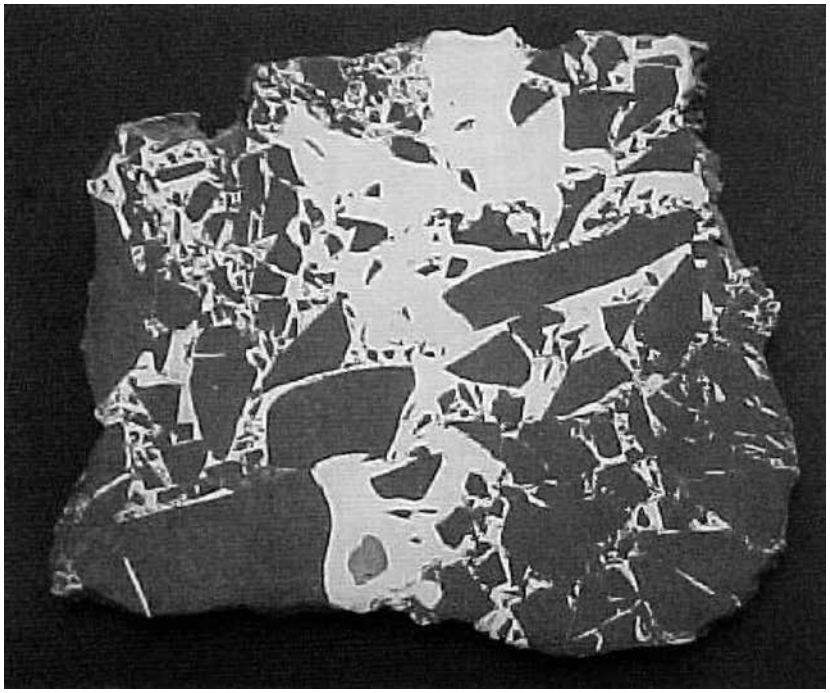
Robert Woolard

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 2. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Trzynastego czerwca 1998 roku zderzył się z Ziemią jeden z najciekawszych pod względem naukowym i swoiście urodziwych meteorytów, jakie kiedykolwiek widziano. Tych, którzy mieli szczęście obserwować przybycie meteorytu Portales Valley (PV), uraczono widowiskowym bolidem, któremu towarzyszyły gromy dźwiękowe, eksplozje i pyłowy ślad skręcający się spiralnie. Świadkowie rzeczywiście widzieli kawałki uderzające w ziemię. Jeden uszkodził stodołę, a drugi dosłownie wrył się w brukowaną drogę. Nawet obszar rozrzutu był nietypowy, gdyż największe okazy spadły pierwsze, a nie ostatnie. Można by to wyjaśnić bardzo późnym rozpadem bryły, czy brył, w atmosferze.

Od samego początku wyjątkowa natura PV była widoczna nawet przy najbardziej pobieżnych oględzinach. Prawdziwe piękno ujawniło się jednak dopiero po pocięciu bogatego w metal meteorytu. Pocięty wstęgami i „arkuszami" metalu po prostu nie jest podobny do żadnego innego meteorytu. Nie trzeba wyjaśniać, że samo obejrzenie nie wystarcza do sklasyfikowania meteorytu. W większości przypadków jednak wygląd daje wstępne sugestie, do jakiej grupy może należeć meteoryt; czy jest to chondryt, mezosyderyt, pallasyt, żelazny itd. W przypadku PV nadmierna ilość metalu widocznego nawet na powierzchni jako „guzy" lub grube „żyły" była bardzo zagadkowa. Pierwszą myślą było, że ten jeden spadek meteorytu dostarczył jednocześnie wszystkie trzy ich rodzaje: kamienne, żelazne i żelazno-kamienne. Potem zaczęto domniemywać, że może to być albo meteoryt żelazny z krzemianami, albo nietypowy meteoryt żelazny z chondrytowymi wrostkami. Ku zaskoczeniu większości ogłoszono w końcu, że Portales Valley jest chondrytem zwyczajnym.

Trzeba przyznać, że szczegóły ścisłych testów chemicznych i fizycznych wymaganych do sklasyfikowania meteorytu są mało zrozumiałe dla większości osób nim zainteresowanych. Warto jednak zauważyć, że w przypadku PV nawet eksperci nie wydają się całkowicie pewni, czym on w istocie jest. Świadczą o tym ich wypowiedzi w rozmaitych publikacjach.



Okaz Portales Valley 300x300x7 mm. Fot. Robert Woolard.

Dr. David Kring, który był jednym z pierwszych badaczy komentujących publicznie spadek tego meteorytu, pisał m. in. że: „Meteoryt Portales Valley jest wyjątkowy"[3]; „niezwykła mieszanina metalu i kamiennej materii"[1]; „zawiera wyjątkowo dużą ilość metalu"[2]; „ten meteoryt jest poprzecinany niezwykłą ilością żył metalu"; „meteoryt Portales Valley jest wyjątkowy, ponieważ ma niezwykle duże żyły i łaty metalu"[3]. Meteorytyk z Uniwersytetu Nowego Meksyku Adrian Brearley powiedział podobno, że: „gdy zobaczyłem go po raz pierwszy, zaskoczyły mnie grube żyły metalu przecinające próbkę; byłem naprawdę zdumiony jego wyglądem; nie był podobny do żadnego z meteorytów, które dotąd widziałem."[12].

Wśród stwierdzeń padających na XXX Konferencji Naukowej na temat księżyca i planet w 1999 roku znajdziemy: „jest coś niezwykłego w PV"; „pocięty uderzającymi żyłami"; „w żadnym chondrycie dotąd tego nie widziano"; „niezwykły jak na chondryt"; „nie ma precedensu w chondrytach typu H"[4]. Instytut Mineralogii i Petrografii Szwajcarskiej Politechniki w Zurichu stwierdza, że: „być może jednym z najbardziej efektownych meteorytów jest anomalny chondryt Portales Valley" i że „jego niezwykła tekstura jest frapująca"[5].

W pracy zatytułowanej *PV — termiczna historia naprawdę wyjątkowego meteorytu* Haack z kolegami opisuje PV takimi zdaniami jak „PV jest naprawdę wyjątkowy" i „Wyjątkowe cechy charakterystyczne PV"[10]. Ruzicka z kolegami w pracy *Portales Valley — to nie jeszcze jeden chondryt „zwyczajny"* twierdzi, że „PV nie jest podobny do żadnego ze znanych chondrytów zwyczajnych"[11].

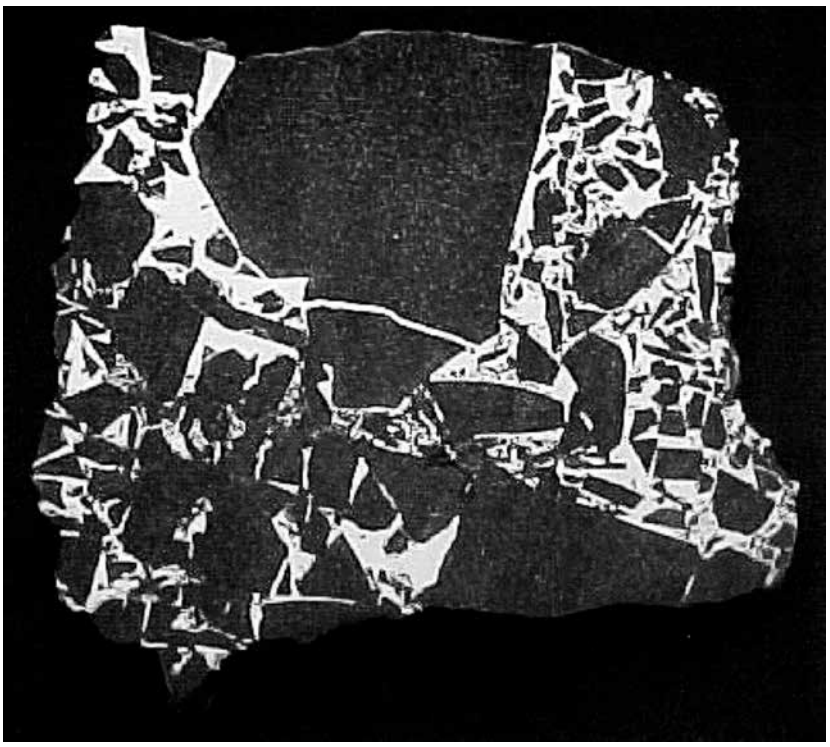
Praca Rubina i jego kolegów[9] podaje wyniki analiz PV i stwierdza, że

„większość parametrów klasyfikacyjnych wskazuje, że PV należy do chondrytów typu H". Większość, ale nie wszystkie. Zawartość kilku pierwiastków śladowych nie pasuje do danych z innych chondrytów. W pracy stwierdza się także, że gęstość PV jest ok. 4,2 g/cm^3 czyli „znacznie wyższa niż w typowych chondrytach H. W istocie gęstość waha się od 2,45 do 4,75 g/cm^3. Autorzy dochodzą do wniosku, że „Portales Valley prawdopodobnie uformował się na porowatej planetoidzie chondrytów H o małej gęstości w wyniku wysokoenergetycznego zderzenia, które spowodowało kruszenie i stopienie; materia uderzonego ciała została pogrzebana dostatecznie głęboko, aby stygnąć powoli. Do meteorytów, które prawdopodobnie powstały, przynajmniej częściowo, w wyniku analogicznych procesów, należą meteoryt żelazny z krzemianami IIE Netschaëvo i chondryt enstatytowy EL6 Blithfield".

Inną intrygującą cechą PV jest obecność figur Widmanstättena. David Kring pisze, że „PV jest szczególnie interesujący, ponieważ mają one (żyły metalu) figury Widmanstättena"[2] i że „PV jest pierwszym znanym chondrytem zwyczajnym z figurami Widmanstättena"[3]. Derek Sears pisze „to, co sprawia, że meteoryt PV jest wyjątkowy, to obfitość centymetrowej wielkości żył metalu i obecność w tych żyłach figur Widmanstättena — normalnie występujących w meteorytach żelaznych i wskazujących na bardzo wolne stygnięcie"[6], natomiast Haack z kolegami dochodzi do wniosku „PV (jest) jedynym chondrytem z figurami Widmanstättena"[11].

Jeśli chodzi pochodzenie i klasyfikację PV Haack z kolegami zaobserwował, że: „PV ma z grubsza chondrytową zawartość skalenia, ale w porównaniu z chondrytami H zawiera mniej oliwinu i klinopiroksenu a więcej ortopiroksenu i fosforanu. Najwidoczniej PV doznał procesów metamorficznych podobnych do występujących w mezosyderytach." I dalej „Chociaż meteoryty żelazne IIE, które także wykazują pokrewieństwo z chondrytami H, mają zupełnie odmienną budowę, to niektóre z nich mają podobny wiek wyznaczony metodą argonową i mogą być spokrewnione z PV"[10]. Ruzicka z kolegami stwierdza, że „na diagramie Ureya-Craiga kierunki PV i chondrytów H są zupełnie inne" i że „Dane PV biegną od chondrytów H w kierunku meteorytów żelaznych IIE zwiększając możliwość, że PV jest przejściowy między tymi typami meteorytów"[11]. W innej pracy Ruzicka z kolegami nazywa PV „nietypowym rodzajem skały, która znajduje się na taksonomicznej granicy między zmetamorfizowanym chondrytem, a meteorytem żelaznym z krzemianami" i dochodzi do wniosku, że „Ze względu na wysoką zawartość metalicznego żelaza niklonośnego i powiązanie z chondrytami typu H, PV może należeć do pierwotnej grupy meteorytów żelaznych IIE"[8]. Wreszcie Chen z kolegami stwierdza w swej pracy, że „dochodzimy do wniosku, że dane Portales Valley są zgodne z przebiegiem ewolucji meteorytu żelaznego, ale w szczegółach wskazują na bardziej złożoną historię"[7]. Ta linia rozumowania może być wsparta niedawnym odkryciem wrostków grafitu o średnicy ponad 2 cm w płytach metalu na przekrojach największych brył Portales Valley.

W pracy na ten temat Ruzicka z kolegami[13] stwierdza: „Informujemy o odkryciu dużej (17 x 25 mm) inkluzji grafitu w chondrycie Portales Valley. Chociaż węgliki i bogate w węgiel skupienia są częste w niektórych chondrytach zwyczajnych, to nie zawierają one dużo grafitu i występują głównie w słabo zmetamorfizowanych chondrytach. Sam grafit jest w chondrytach stosunkowo rzadki. Dotychczas, o ile nam wiadomo, nie stwierdzono w żadnym chondrycie zwyczajnym dużej inkluzji grafitu i obecność takiej materii w Portales Valley dodatkowo świadczy o niezwykłych cechach tego bardzo „niezwyczajnego" chondrytu zwyczajnego."



Okaz Portales Valley 300x300x7 mm. Fot. Robert Woolard.

Jak zatem mógłby wyglądać opis Portales Valley, gdyby wykorzystać niektóre zdania wspomnianych wyżej badaczy? Może mniej więcej tak:

Portales Valley jest wyjątkowym meteorytem. Zawiera wyjątkowo dużo intrygujących żył metalu. Szczególnie interesujące jest to, że te żyły mają figury Widmanstättena, których dotąd w chondrytach zwyczajnych nie obserwowano. Niektóre z tych żył łączą się w duże kieszenie metalu o średnicy do 10 cm, z których kilka zawiera duże

Duży wrostek grafitu (ok. 17x25 mm) w głównej masie meteorytu Portales Valley.
Fot. Steve Arnold.

wrostki grafitu. Wydaje się, że PV jest na granicy między chondrytami H a meteorytami żelaznymi z krzemianami i może być spokrewniony z meteorytami żelaznymi IIE.

Dyskusja nad dokładną naturą i klasyfikacją Portales Valley trwa. XXX Konferencja Naukowa na temat Księżyca i Planet wypracowała opinię, że: „potrzeba znacznie więcej badań PV. Praca jest ważna ponieważ może całkowicie zmienić nasz pogląd na geologiczne historie planetoid, na których uformowało się kilka typów meteorytów"[4]. Bez względu na to, jakie sekrety możemy w końcu wydobyć z tego tajemniczego meteorytu, jedna rzecz jest już teraz zupełnie jasna. Portales Valley jest zdecydowanie niezwyczajnym chondrytem zwyczajnym.

Literatura

1. Public Helps Make Portales Valley Meteorite Official, 1998, *UniSci Science and Research News*, 1-3.
2. Kring D.A., Nov. 1998, Portales Valley Meteorite Fall, *Meteorite!*, 5-6.
3. Kring D.A., Hill D.H., Gleason J.D., 1999, Portales Valley Meteorite: The Brecciated and Metal-Veined Floor of a >20 km Diameter Crater on an H-Chondrite Asteroid, *Lunar and Planetary Laboratory*, University of Arizona, 1-2.
4. *Lunar and Planetary Science Conference XXX*, 1999, A Unique But Important Meteorite, 7-8.
5. Institute of Mineralogy and Petrography Swiss Technical Institute of Zurich, May 1999, Phosphates in Portales Valley, *Meteorite!*, 14.
6. Sears D.W., 2000, Meteorites, *Geotimes*, 1-3.
7. Chen J.H., Papanastassiou D.A., Wasserburg G.J., 1999, Re-Os and Pd-Ag Systematics in the Metal-Rich Chondrite Portales Valley, *Lunar and Planetary Science Conference XXX*, 1999, 1-2
8. Ruzicka A., Snyder G.A., Prinz M., Taylor L.A., 1999, Portales Valley: A New Metal-Phosphate-Rich Meteorite With Affinities to Netchaevo and H-Group Chondrites, *Planetary Geosciences Institute*, 1-2.
9. Rubin A., Ulff-Moller F., Wasson J.T., Carlson W.D., 2000, The Portales Valley Meteorite Breccia: Evidence For Impact-Induced Metamorphism of An Ordinary Chondrite, *Geochim. Cosmochim. Acta*, w przygotowaniu.
10. Haack H., Pedersen T.P., Rasmussen K.L., 2000, Portales Valley — Thermal History of A Unique Meteorite, 63rd Annual Meteoritical Society Meeting, 5077.pdf
11. Ruzicka A, Killgore M., Boesenberg J., Prinz M., 2000, Portales Valley — Not Just Another „Ordinary" Chondrite, 63rd Annual Meteoritical Society Meeting, 5295.pdf
12. Yulsman T., March 2001, In Search of Fresh Fall, *Astronomy*, 53.
13. Ruzicka A. et al., 2000, Portales Valley: Discovery of A Large Graphite Nodule, 63rd Annual Meteoritical Society Meeting.

Metody jądrowe stosowane przy rozpoznawaniu i datowaniu meteorytów

Zbigniew Tymiński

Metody fizyki jądrowej są stosowane w różnych dziedzinach naszego życia, począwszy od chemii, poprzez medycynę i ochronę środowiska a skończywszy na konserwowaniu żywności. Stosowane są także w różnych dziedzinach nauki jako pomoc przy odkrywaniu historii zawartej w badanych obiektach, a więc w archeologii, geologii i meteorytyce. Powszechnie wiadomo, że meteoryty zbudowane są z najstarszej materii, jaką możemy spotkać na Ziemi. Powstała ona na początku tworzenia się Układu Słonecznego, jest więc najbardziej pierwotnym zestalonym jego budulcem. W artykule tym postaram się przybliżyć Państwu niektóre metody fizyki jądrowej, mające znaczenie przy określaniu fizycznych i chemicznych własności materii meteorytowej, jak również przy odczytywaniu jej wieku.

1. Rozpoznawanie materii meteorytowej

Otaczająca nas materia zbudowana z jest z atomów (jąder, wokół których poruszają się elektrony), wchodzących w skład ogromnej ilości związków chemicznych. Jądra atomowe zbudowane są z neutronów i specyficznej liczby protonów określających rodzaj pierwiastka, tzn. jego właściwości chemiczne. Atomy tego samego pierwiastka mogą mieć różną masę zależną od ilości posiadanych neutronów. Takie atomy nazywamy izotopami danego pierwiastka.

Wyniki badań wszystkich meteorytów jednoznacznie wskazują, że żelazo pochodzenia kosmicznego zawiera więcej niż 4% niklu. Najprostszą metodą, którą można sprawdzić znalezisko, jest więc test na zawartość tego pierwiastka. Jeżeli znaleziony okaz jest żelazny lub kamienny (a wewnątrz są widoczne ziarna metalu), wykonuje się wstępny test chemiczny (np. opisany w [Pil99]). Po otrzymaniu pozytywnego wyniku możemy przystąpić do dokładniejszych badań, stosując np. metodę PIXE (ang. Proton Induced X-ray Emission).

Do takich badań konieczny jest akcelerator (np. Van de Graaffa), czyli urządzenie, które rozpędza wiązkę naładowanych cząstek w silnym polu elektrycznym do znacznych energii, rzędu kilku MeV[1)] (mogą to być protony lub cząstki α[2)]). Potrzebny jest także układ ogniskujący: soczewkami dla cząstek naładowanych są dobrane odpowiednio pola elektryczne i magnetyczne

[1)] *1eV to energia jaką uzyskuje elektron przyśpieszany w potencjale 1V 1MeV = 10^6 eV*

[2)] *symbolem α oznaczane jest jądro helu*

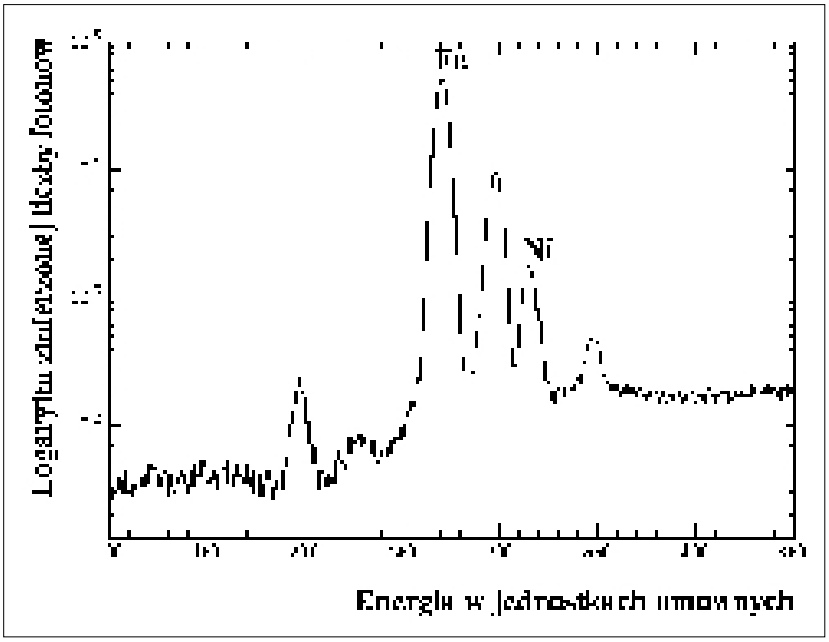
skupiające wiązkę i prowadzące ją w kierunku badanej próbki.

Rozpędzone w ten sposób protony zderzają się z atomami próbki, wzbudzając je lub jonizując. Oznacza to, że elektrony w atomach podczas zderzeń z protonami przechodzą na wyższe stany wzbudzone (wyższe orbity) lub mogą być wybijane z atomu (tzw. elektrony δ). Niższe stany nie mogą jednak pozostawać nieobsadzone i dlatego elektrony wracają do stanów podstawowych, pozbywając się nadmiaru energii. Deekscytując, emitują fotony o energii równej różnicy energii między poziomami. Energia wyświecanych fotonów jest charakterystyczna dla każdego pierwiastka (stąd nazwa: „promieniowanie charakterystyczne"). Promieniowanie to potrafimy mierzyć za pomocą specjalnych detektorów. Znając energie orbit wszystkich atomów, szukamy w naszych pomiarach linii niklu, mówiących o kosmicznym pochodzeniu próbki. Należy tu dodać, że metoda ta nie niszczy badanej próbki, co w przypadku cennych dla nauki obiektów jest szczególnie istotne. Przykład widma wykonanego dla meteorytu Gibeon z kolekcji autora przedstawia Rysunek 1. Stosunek liczby zliczeń pod liniami żelaza i niklu po uwzględnieniu dodatkowych czynników, np. przekroju czynnego na zderzenie z protonem lub α, mówi o zawartości niklu w żelazie.

2. Wiek meteorytów

Każdy, kto interesuje się meteorytyką, wie, że rozróżnia się trzy okresy w życiu meteorytów. Pierwszy to czas, jaki upłynął od „związania się" materii, z której jest zbudowany. Możemy przyjąć, że to czas powstania meteorytu. Drugi — wiek kosmiczny, czyli czas przebywania w przestrzeni okołosłonecznej po oddzieleniu od ciała macierzystego. I ostatni — czas przebywania na Ziemi. Przy wyznaczaniu każdego z trzech wieków stosuje się różne metody jądrowe, lecz zawsze mierzy się zawartość izotopów pewnych pierwiastków (zależnie od okresu, który chcemy wyznaczyć) w meteorycie.

O własnościach fizycznych izotopów decyduje liczba neutronów. Jedne izotopy są stabilne a inne radioaktywne, tzn. spontanicznie rozpadają się do lżejszych pierwiastków (o mniejszych liczbach masowych), emitując cząstki z jądra. Przemiana ta zachodzi zgodnie



Rys. 1. Widmo promieniowania rentgenowskiego pierwiastków występujących w meteorycie żelaznym uzyskane metodą PIXE; opisano linie pochodzące od żelaza i niklu.

z prawem rozpadu mówiącym, że ilość radionuklidu o początkowej liczbie N_0 maleje w sposób wykładniczy z upływającym czasem na rzecz pierwiastka wytwarzanego tak, że po czasie t pozostaje N radionuklidów:

$$N = N_0 \exp\{-\lambda t\}, \quad (1)$$

Znając to prawo, początkową wartość N_0 oraz czas połowicznego rozpadu dla danego izotopu $T_{½} = 0{,}693/\lambda$ (λ określa stałą rozpadu izotopu), możemy wyznaczyć czas T, jaki upłynął od momentu utworzenia się nowych pierwiastków. Radioizotopy są zatem swoistego rodzaju zegarem mierzącym upływ czasu.

Czas połowicznego rozpadu $T_{½}$ jest charakterystyczny dla danego izotopu. Określa on czas, po jakim pozostaje połowa badanego radionuklidu. Jedne radionuklidy mają większy czas $T_{½}$, czyli pozostają dłużej w meteorycie, np. $T_{½}$ (^{235}U) — 4,5 mld lat a inne zaś krócej, np. $T_{½}$ (^{14}C) — 5730 lat.

2.1 Wiek kosmiczny

W skład promieniowania kosmicznego wchodzą cząstki i fotony wysokoenergetyczne (kwanty γ), pochodzące z wnętrza naszej Galaktyki. Od czasu do czasu niewielki przyczynek dają także wybuchy na Słońcu, podczas których wyrzucane są duże ilości cząstek, tworzące wiatr słoneczny. Promieniowanie to może oddziaływać z materią meteoroidu, produkując stabilne i radioaktywne izotopy przy jego powierzchni. Mierząc stosunek zawartości stabilnych izotopów $\rho(^{n}X)$ do tempa ich produkcji $V_{prod.}(^{n}X)$ (tempo produkcji zależy od rodzaju wytwarzanego pierwiastka ^{n}X), można wyznaczyć czas, jaki meteoroid przebywał w przestrzeni kosmicznej. Do tego celu służą pierwiastki, których pierwotna zawartość w meteorytach jest znikoma, np. neon ^{21}Ne:

$$T_{cosm.} = \rho(^{21}Ne)/V_{prod.}(^{21}Ne). \quad (2)$$

Do wyznaczania małych ilości pierwiastków służy spektrometr masowy. Jest to urządzenie separujące pierwiastki o różnych masach. Aby to uczynić, należy wcześniej stopić niewielki fragment meteorytu. Otrzymuje się w ten sposób wolne zjonizowane pierwiastki, które następnie rozpędza się w akceleratorze. Przyśpieszane i ogniskowane w polu elektrycznym oraz zakrzywiane w magnetycznym jony zostają ostatecznie rozseparowane i zebrane w kolektorze. W ten sposób w zależności od położenia jonów w kolektorze otrzymujemy różne izotopy pierwiastków.

Do badań meteorytów kamiennych stosuje się przede wszystkim ^{3}He, ^{21}Ne i ^{38}Ar. Analiza wyników otrzymanych tą metodą pokazuje, że większość chondrytów typu H ma wiek kosmiczny równy 5,5 mln lat. Meteoryty typu L i LL mają natomiast bardzo szerokie rozkłady wieku kosmicznego z maksimum w ok. 20 mln lat. Rekordziści, do których zalicza się także polska Baszkówka, dryfowały w kosmosie nawet 70 mln lat.

Dużo dłuższy wiek kosmiczny ob-

serwuje się dla meteorytów żelaznych. Wyznaczony za pomocą ^{41}K zawiera się w przedziale od 200 do 1000 mln lat. Jest to zrozumiałe, gdyż żelazo o wiele trudniej ulegało fragmentacji podczas kolizji w Pasie Planetoid. W grupie tej wyróżniają się dwie klasy meteorytów: IIIAB mające średni wiek ok. 650 mln lat oraz IVA z wiekiem równym ok. 400 mln lat. [Was85]

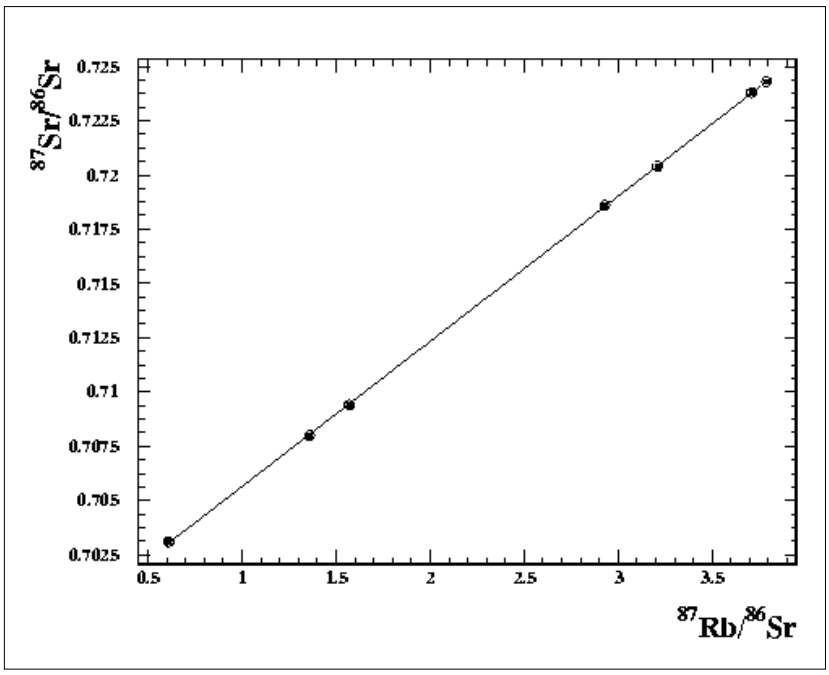
2.2 Wiek ziemski

Atmosfera Ziemi osłania nas przed promieniowaniem kosmicznym. Podobnie dzieje się z meteorytami, w których po spadku wszelkie procesy wytwarzające radionuklidy ustają (może nastąpić jedynie wzbogacanie w ziemski potas ^{40}K). Od tego momentu zawartość radionuklidów kosmogenicznych będzie malała zgodnie z prawem rozpadu (1). Szacując początkową ich ilość z pomiarów „świeżo spadłych" meteorytów i porównując z wynikami otrzymanymi dla znalezionych okazów, można wyznaczyć czas, jaki upłynął od spadku. W tym przypadku do badań wykorzystuje się izotopy radioaktywne ^{39}Ar, ^{14}C, ^{36}Cl i ^{40}K, a pomiary wykonuje się przy pomocy czułych detektorów germanowych. Otrzymywane w ten sposób widma przypominają rozkłady z Rysunku 1.

Badając tą metodą meteoryty z Antarktydy, oszacowano, że najstarszy tam znaleziony liczył sobie 700 000 lat ziemskich. Do najstarszych na Ziemi zalicza się meteoryt żelazny Tamarugal, IIIAB znaleziony na pustyni Atakama w Chile — 1,5 mln lat. Najstarsze meteoryty kamienne liczą sobie natomiast 100 000 lat (Potter, L6 z Nebraski w USA) [Was85]. Jak widać, najdłużej mogą przetrwać meteoryty pozostające w warunkach minimalnej wilgotności, czyli te, które spadły na pustyniach.

2.3 Wiek powstania materii meteorytowej

Jednym z izotopów stosowanym do wyznaczania wieku meteorytów jest rubid ^{87}Rb. Rozpada się on bezpośrednio do strontu ^{87}Sr z czasem połowicznego zaniku, wynoszącym 48,8 mld lat. Zawartość stabilnego strontu ^{87}Sr w meteorytach można mierzyć za pomocą spektrografów masowych. Należy jednak pamiętać, że pomiar ten obejmuje nie tylko produkty rozpadu rubidu w meteorycie, lecz także nieznany dodatek strontu, pochodzący z materii, z której meteoryt powstawał.



Rys. 2. Izochrona uzyskana dla czeskiego chondrytu Tieschitz, poszczególne punkty reprezentują różne minerały wyseparowane z meteorytu; nachylenie prostej wyznacza wiek 4,52±0,03 mld lat.

Możemy zatem zapisać, że ilość obecnie mierzonego w meteorycie $^{87}Sr_{obecny}$ jest sumą strontu pierwotnie występującego w Mgławicy Słonecznej $^{87}Sr_{pierwotny}$ oraz produktów rozpadu rubidu pierwotnego ($^{87}Rb_{pierwotny}$) w ciele meteorytu oznaczonych $^{87}Sr_{produkt}$

$$^{87}Sr_{obecny} = {}^{87}Sr_{pierwotny} + {}^{87}Sr_{produkt} = {}^{87}Sr_{pierwotny} + ({}^{87}Rb_{pierwotny} - {}^{87}Rb_{obecny}). \quad (3)$$

Korzystając z wcześniej wprowadzonego prawa rozpadu (1), które w naszym przypadku ma postać

$$^{87}Rb_{pierwotny} = {}^{87}Rb_{obecny} \times e^{\lambda T}, \quad (4)$$

możemy, podstawiając to równanie do (3), zapisać

$$^{87}Sr_{obecny} = {}^{87}Sr_{pierwotny} + {}^{87}Rb_{obecny} \times (e^{\lambda T} - 1). \quad (5)$$

Ponieważ w pomiarze mierzymy stosunki pierwiastków w różnych obszarach meteorytu, musimy podzielić równanie (5) przez zawartość „odpowiedniego" pierwiastka. W naszym przypadku będzie to ^{86}Sr, który jest stabilny, nie jest produktem rozpadu ani pierwiastkiem kosmogenicznym, czyli powstającym poprzez oddziaływanie promieniowania kosmicznego:

$$^{87}Sr_{obecny}/{}^{86}Sr = {}^{87}Sr_{pierwotny}/{}^{86}Sr + {}^{87}Rb_{obecny}/{}^{86}Sr \times (e^{\lambda T} - 1). \quad (6)$$

Otrzymaliśmy w ten sposób równanie prostej postaci $y=(e^{\lambda T} - 1)x + b$, gdzie $(e^{\lambda T} - 1)$ mówi o nachyleniu prostej oraz wyraz wolny b wyznacza punkt przecięcia z osią OY. Zmierzone stosunki $^{87}Sr_{obecny}/^{86}Sr$ oraz $^{87}Rb_{obecny}/^{86}Sr$ w różnych minerałach meteorytu po naniesieniu na wykres i połączeniu prostą (izochroną) pozwalają wyznaczyć współczynnik nachylenia prostej, a stąd szukany czas powstania meteorytu T [Hał80] [Hur98]. Przykład takiego wykresu został zamieszczony na Rysunku 2.

Większość badanych tą metodą meteorytów ma wiek co najmniej 4,5 mld lat. Wynika z tego, że ich planetki macierzyste były intensywnie ogrzewane i topione w pierwszych 100 mln lat powstawania Układu Słonecznego. Od tej reguły odstaje część meteorytów (np. Kapotea, Millbillillie), które wykazują w pomiarach późniejszy wiek powstania. Świadczy to o kilkakrotnym wtórnym ich ogrzaniu zapewne podczas wzajemnych kolizji lub za sprawą absorpcji energii wytworzonej podczas rozpadu pierwiastków radioaktywnych (np. ^{26}Al) we wnętrzu planetki.

Literatura:

[Pil99] — Andrzej S. Pilski, Nieziemskie Skarby, Prószyński i S-ka, 1999

[Was85] — John T. Wasson, Meteorites, 1985

[Hał80] — Stanisław Hałas, Izotopowe badania meteorytów, Urania, 1980

[Hur98] — Jim Hurly, strona www, 1998

Nowy niezrównoważony chondryt zwyczajny z Namibii

Ronnie S. McKenzie

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 2. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Wstęp

Namibia jest powszechnie znana z powodu meteorytów żelaznych, szczególnie ogromnego, ważącego 60 ton meteorytu Hoba (Spencer and Hey, 1932) oraz licznych i często efektownych meteorytów Gibeon (Buchwald 1969). Chociaż meteoryty Gibeon są dość pospolite i dostępne we wszystkich kształtach i rozmiarach na rozmaitych targach minerałów całego świata, pozostają jednym z najpopularniejszych, dostępnych meteorytów żelaznych. Popularność zawdzięczają one interesującym kształtom, wyraźnym figurom Widmanstättena i temu, że mają bardzo zwartą strukturę z niewielką liczbą wrostków. W rezultacie nie rdzewieją tak bardzo, jak wiele innych meteorytów żelaznych i ładnie ucięty i wypolerowany meteoryt Gibeon może leżeć nieruszany i nielakierowany przez wiele lat bez śladu rdzy.

Meteoryty Gibeon znajdowane są w sąsiedztwie miasteczka Gibeon w Namibii (Fig. 1), chociaż obszar, na którym są znajdowane, okazuje się znacznie większy niż początkowo sądzono. Regularnie odnajdywane są meteoryty nawet tak daleko jak w Maltahoe, ok. 100 km od Gibeona, i Keetmanshoop oddalonym o 200 km. Mają one taką samą strukturę krystaliczną jak oryginalne okazy z Gibeon. Czasem znajdowane są nietypowe meteoryty żelazne, mające inną budowę wewnętrzną, a niektóre okazy po wytrawieniu nie mają figur. Różnice występujące w meteorytach żelaznych z obszaru Gibeona są prawdopodobnie warte szczegółowego zbadania, ale nie będziemy tego omawiać w dalszej części artykułu [Uwaga redaktora *Meteorite*: Będzie to omawiane w artykule w następnym numerze].

Aby odnaleźć meteoryty żelazne na tak ogromnym obszarze tubylcy poszukują na powierzchni oznak „materii skorupy", która często wskazuje obecność meteorytu żelaznego gdzieś pod powierzchnią. Ta materia skorupy jest ciężka, czarna i magnetyczna, z reguły ma ok. 10 mm grubości i rozmiary do ok. 100 na 50 mm. Pochodzi prawdopodobnie z wietrzenia meteorytów Gibeon przez wiele tysięcy lat i w końcu odłupała się od głównej masy i trafiła na powierzchnię. Jest użytecznym wskaźnikiem ułatwiającym odnajdowanie meteorytów Gibeon zakopanych często na kilka stóp pod ziemią. Dla geologa materia skorupy to magnetyt i hematyt nie zdradzające żadnych oznak pozaziemskiego pochodzenia.

Podczas poszukiwań meteorytów żelaznych w 1996 r. miejscowy farmer znalazł dość dużą ilość „materii

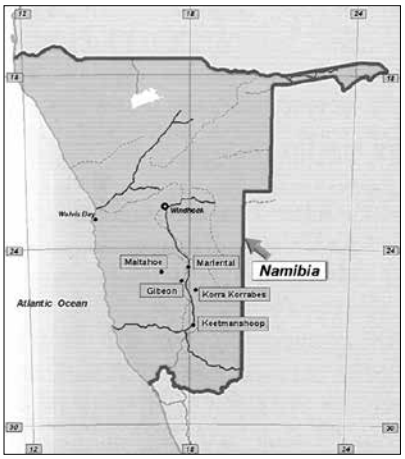


Fig. 1. Mapa znalezisk.

skorupy" w sąsiedztwie farmy Korra Korrabes (Fig. 1). Przetransportował materiał do domu, gdzie leżał on aż do roku 1998, kiedy to miejscowy poszukiwacz minerałów zabrał go do Windhoek jako ciekawostkę, ponieważ fragmenty były grubsze i większe niż znajdowane wcześniej kawałki materii skorupy. W Windhoek materiał leżał do roku 1999, kiedy to wysłano go do Pretorii wraz z kamieniami przeznaczonymi do ozdoby ogródków. Dopiero w sierpniu 2000 r. autor przeciął jeden z kamieni i zauważył, że może on pochodzić spoza Ziemi.

Próbki wysłano do profesora Ashwala z Rand Afrikaans University w Johannesburgu uważanego za jednego z najlepszych specjalistów od meteorytów w Południowej Afryce. Profesor Ashwal natychmiast potwierdził, że okazy są meteorytami i zajął się badaniem i klasyfikowaniem znaleziska.

Korra Korrabes — chondryt H3

Profesor Ashwal przeprowadził w listopadzie 2000 r. szereg szczegółowych analiz nowego meteorytu i potwierdził, że jest to jeden z największych niezrównoważonych chondrytów zwyczajnych na świecie. Nazwano go Korra Korrabes od nazwy farmy, na której go znaleziono. Nazwa ta oznacza „luźne kamienie", ponieważ na tej farmie jest wiele kamienistych terenów wyglądających, jakby były pozaziemskiego pochodzenia (Fig. 2). Niestety są ziemskie i do dziś nie znaleziono tam żadnego innego meteorytu kamiennego.

Profesor Ashwal napisał ostatnio obszerną pracę na temat nowego meteorytu Korra Korrabes, z której zaczerpnięto większość szczegółów wspomnianych w tym artykule. Po dalsze informacje kierujemy czytelnika do wymienionej pracy (Ashwal 2001).

Odnajdowanie materiału

Początkowo, w 1996 r., zebrano ok. 40 kg materii. Z tego jeden kamień 24 kg został zacementowany w murku otaczającym pewien ogród w Namibii. Pozostałe 18 kg składało się z 31 pojedynczych okazów o masie do 1 kg (Fig 3). Na żadnym kamieniu nie było widać skorupy obtopieniowej, chociaż kilka okazów miało gładką powierzchnię, co mogło wskazywać na obecność zwietrzałej skorupy. Kamień 24 kg wydobyto z muru i przecięto na trzy części po mniej więcej 7 kg każda.

Po powrocie na miejsce znalezienia z wykrywaczami metalu w ciągu czterech miesięcy znaleziono dalsze 100 kg. Wszystkie nowe okazy znaleziono w promieniu 100 m od pierwszych znalezisk na głębokości nie prze-

kraczającej metra. Większość znalezionych okazów była bardzo zwietrzała i w wielu przypadkach bardzo porowata. Mniej więcej połowa nowych znalezisk była zwarta, a większość z tego miała postać małych bryłek o masie 10 do 50 gramów. Większych okazów, do 500 g., znaleziono tylko kilka.

Łącznie zebrano 140 kg materii, a niedawne poszukiwania nie dostarczyły już nowych okazów. Z tych 140 kg mniej więcej połowa jest niskiej jakości i porowata, podczas gdy reszta jest zwarta i nadaje się do cięcia i polerowania.

Warto zauważyć, że z 140 kg Korra Korrabes jest czwartym co do wielkości niezrównoważonym chondrytem zwyczajnym po Clovis (283 kg, Nowy Meksyk, H3-6), Dimmitt (200 kg., Teksas, H3-7) i Zag (175 kg, Sahara Zachodnia, H3-6).

Budowa

Z meteorytu Korra Korrabes zrobiono ok. 30 płytek cienkich, na podstawie których profesor Ashwal dokonał pierwszej klasyfikacji. Chondry łatwo zauważyć nawet na nieprzeciętych okazach, ale dopiero pod mikroskopem meteoryt staje się bardzo interesujący. Profesor Ashwal umieścił w swej pracy liczne zdjęcia wraz z pełną analizą chemiczną i opisem. Kilka przykładowych zdjęć chondr pokazano na Fig.4.

Okazy meteorytu Korra Korrabes są ciemne, zwarte i łatwo przyciągają magnes. Powierzchnie okazów są z reguły nieregularne i pokryte cienką warstwą tlenku lub wodorotlenku żelaza. Na wielu większych okazach widać nieregularne spękania sięgające kilka centymetrów w głąb, które prawdopodobnie powstały wskutek skrajnych różnic temperatur występujących w okolicy Korra Korrabes. W zimie temperatura zmienia się od kilku stopni poniżej zera w nocy do ponad 30 stopni w ciągu dnia. Skutkiem takich skrajnych zmian mogą być spękania, które z kolei przyspieszają proces wietrzenia.

Na niektórych z ostatnio znalezionych okazów widać typową ciemnoszarą i czarną skorupę obtopieniową, a w kilku przypadkach jest wyraźnie widoczny częściowy rozpad skorupy. Nie ma żadnych śladów polewy pustynnej, którą obserwowano na kilku innych meteorytach z Namibii takich jak Gobabeb (Fudali and Noonan, 1975).

Fig. 2. Typowe wychodnie kamieni w okolicy Korra Korrabes.

Naturalne powierzchnie i powierzchnie przekroju różnych okazów znacznie się różnią. Niektóre okazy są dość jednorodne podczas gdy na innych wyraźnie widać przynajmniej dwa różne rodzaje materii (Fig. 5). Profesor Ashwal stwierdził, że meteoryt zawiera liczne okruchy o wielkości nawet do kilku centymetrów. Wiele z nich ma jaśniejszy brązowy kolor w porównaniu z ciemniejszą skałą macierzystą, co przypomina tak zwane „jasno-ciemne brekcje" często spotykane wśród chondrytów zwyczajnych. W innych okazach jednak okruchy są wyraźnie ciemniejsze od skały macierzystej i zawierają bardzo dużo metalicznego żelaza niklonośnego.

Z punktu widzenia kolekcjonera pewne przekroje są ciekawsze od innych. W niektórych okazach widać żelazo niklonośne lub siarczek żelaza pojawiające się na powierzchni przekroju jako ziarenka wielkości łebka szpilki. Czasem te ziarna łączą się tworząc nietypowe większe „bryłki" żelaza niklonośnego o średnicy sięgającej 10 mm. Inne fragmenty prawie nie mają widocznego metalu i widać na nich więcej okruchów niż na okazach zawierających dużo żelaza.

Badając różne okazy łatwo odnieść wrażenie, że materia pochodzi z przynajmniej dwóch różnych meteorytów. Jest jednak kilka okazów, w których wyraźnie widać oba różne rodzaje materii w jednym meteorycie, co potwierdza, że różna materia pochodzi z tego samego meteorytu.

Przy polerowaniu tego meteorytu trzeba uważać, gdyż jego materia ma tendencję do ciemnienia przy szlifowaniu drobniejszym proszkiem niż 150 czy 300. Często po cięciu lepiej zostawić okaz niepolerowany, jeśli chcemy, by chondry i okruchy pozostały wyraźnie widoczne. Niektóre okazy po wypolerowaniu przybierają intensywnie brązowy kolor, podczas gdy inne zyskują barwę ciemnobrązową, na

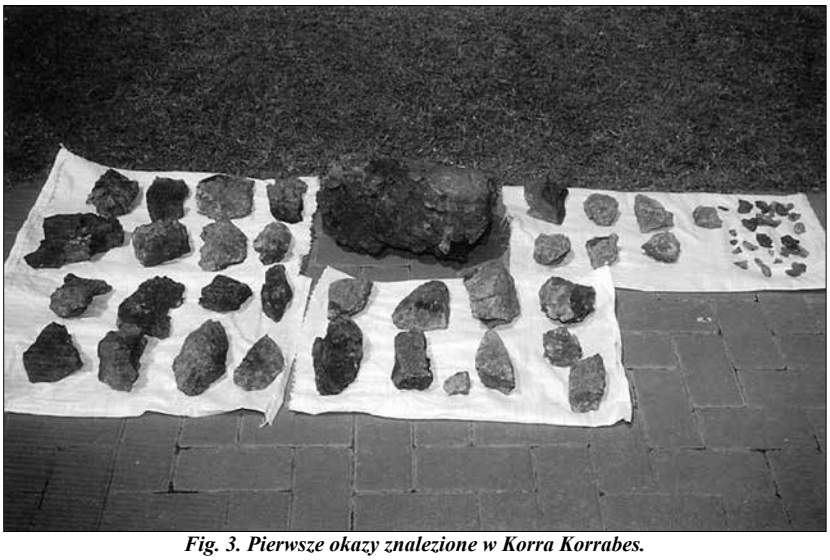


Fig. 3. Pierwsze okazy znalezione w Korra Korrabes.

której tle chondry trudno zobaczyć bez lupy. Właściwie pocięte i wypolerowane okazy mogą być bardzo efektowne, szczególnie te, które zawierają dużo metalicznego żelaza z niklem.

Obserwacje petrograficzne (z Ashwal 2001)

Po obejrzeniu wypolerowanych płytek cienkich widać, że większość materii Korra Korrabes (z wyjątkiem okruchów) składa się z okrągłych i nieregularnych chondr i ziaren minerałów oraz nieregularnych ziaren metalicznego żelaza z niklem i siarczku w bardzo drobnoziarnistym, prawie nieprzezroczystym cieście skalnym o różnym stopniu utlenienia. Rozpoznano następujące rodzaje chondr w kolejności malejącej obfitości:

— porfirowe oliwinowe (PO)
— porfirowe oliwinowo-piroksenowe (POP)
— porfirowe piroksenowe (PP)
— pasiaste oliwinowe (BO)
— ekscentryczno-promieniste piroksenowe (RP)
— granularne piroksenowe (GP)

Chondry porfirowe (PO, POP i PP) na ogół zawierają euhedralne i subhedralne fenokryształy oliwinu i piroksenu osadzone w szkliwie lub rzadziej w skrytokrystalicznym mezostazis. Kształty i rozmiary fenokryształów różnią się znacznie i w chondrach i między nimi podobnie jak stosunek kryształów do szkliwa.

Profesor Ashwal uważa, że liczna obecność dobrze zachowanego szkliwa w wielu chondrach meteorytu Korra Korrabes, a w niektórych przypadkach ich nietypowy skład, są warte dalszych badań. Wskazuje on, że różowe szkliwa i pozbawione wapnia oraz silnie alkaliczne chondry są szczególnie interesujące, ponieważ nie są w równowadze z wydłużonymi, bogatymi w magnez i zawierającymi wapń klinoenstatytami, które przypominają oziębione kryształy. Podobnie wskazuje, że pozbawione wapnia szkliwo w niektórych chondrach reprezentuje ciecz, która nie mogła skrystalizować w klinopirokseny glinowo-wapniowe stanowiące resztę chondry. Profesor Ashwal stwierdza, że meteoryt Korra Korrabes jest idealnym przedmiotem dalszych badań, ponieważ zawiera liczne anomalie w stosunku do ogólnych procesów formowania się chondr i chondrytów.

Podziękowanie

Autor pragnie podziękować profesorowi Ashwalowi za wszystkie jego wysiłki, aby zbadać, nazwać i sklasyfikować nowy meteoryt Korra Korrabes.

Literatura

Ashwal L.D. (2001). Korra Korrabes: A new large H3 chondrite meteorite from Namibia. *Meteoritics & Planetary Science* (w przygotowaniu)

Buchwald V.F. (1969). Bushman Land and Karasburg, two new iron meteorites from SW Africa. *Meteoritics* Vol. **4** pp 265-266.

Fudali R.F. and Noonan F. (1975). Gobabeb, a new chondrite: the coexistence of equilibrated silicates and unequilibrated spinels. *Meteoritics* Vol. **10**, pp 31-39.

Spencer L.J. and Hey M.H. (1932). Hoba (South West Africa), the largest known meteorite. *Mineral Magazine*, Vol. 23 pp 1-18.

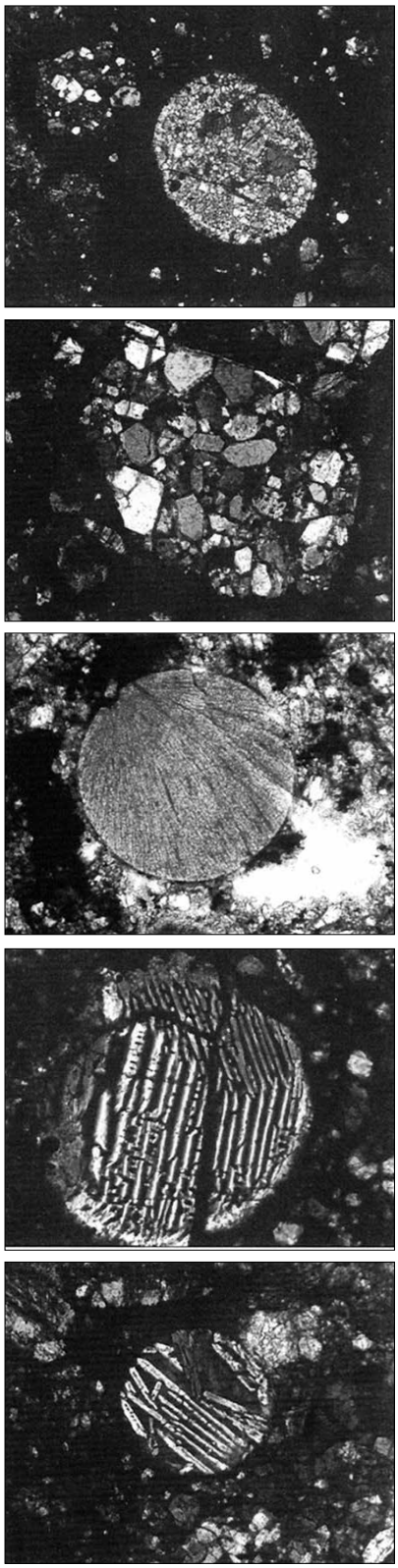


Fig. 4. Kilka typowych chondr z meteorytu Korra Korrabes.

Dr Ronnie Mckenzie
PO Box 95403
Waterkloof, 0145
South Africa
mckenzie@global.co.za

Prof. L Ashwal
lda@na.rau.ac.za

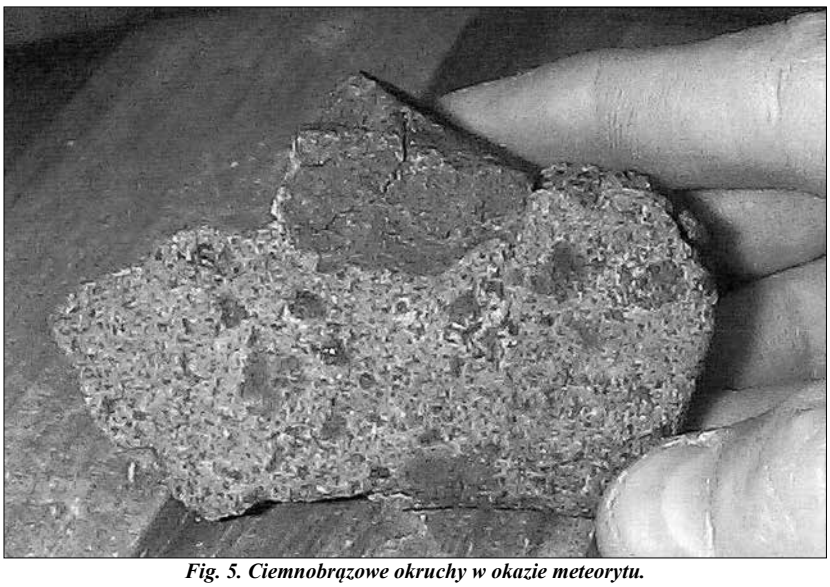


Fig. 5. Ciemnobrązowe okruchy w okazie meteorytu.

Targi meteorytowe Tucson 2001

O. Richard Norton

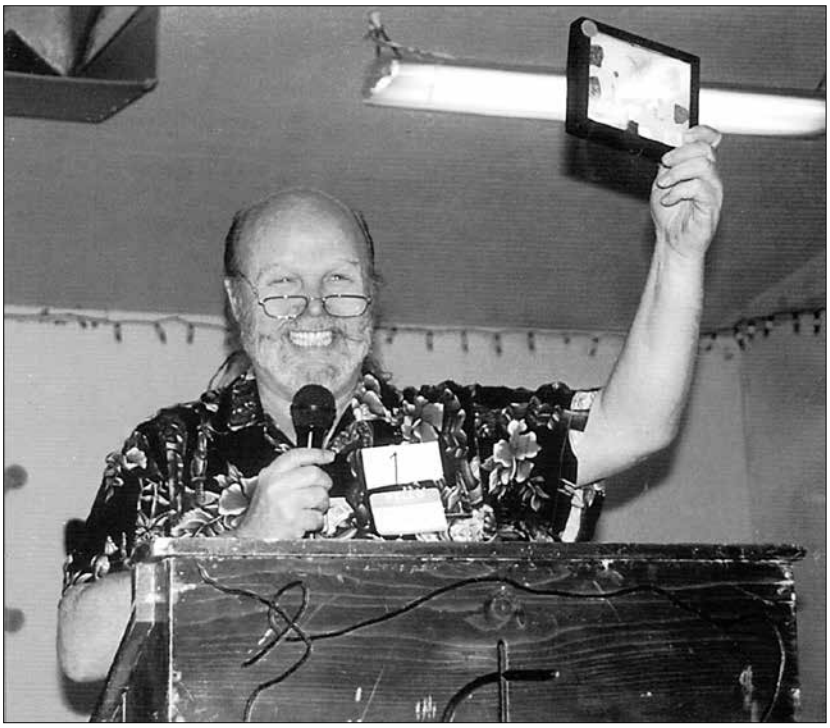
(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 2. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Aukcje

Był to rok aukcji meteorytów. W zeszłym roku pierwszą aukcję meteorytów prowadził Michael Blood. Tłumnie przybyli na nią sprzedający, a kupujących było niewielu. Tego roku było inaczej. Sala była wypełniona potencjalnymi nabywcami, a liczba okazów zapowiadała, że aukcja potrwa wiele godzin. Michael Blood biorąc kolejne okazy zaczynał zwykle od komentarza, który miał przyciągnąć uwagę. „Kto chce ten szkaradny meteoryt?" albo „Kto zacznie licytację od 300 dolarów? Chyba nikt. To może od 30 dolarów?" Jeden po drugim meteoryty i płytki cienkie trafiały do rąk kupujących, zupełnie inaczej niż rok temu. Niespodziewanie Blood uniósł w górę okaz amonitu. Przypadkowa pomyłka? Nic podobnego. Potem przyszła kolej na belemnity, potem perły. Co gorsza pojawiły się kosmiczne odpadki — części X-15 z wypadku w latach 60-tych, a potem znów pancerze żółwi, skorupy jaj dinozaurów i w końcu perły z egipskiej mumii. Najciekawsze było to, że te okazy, nie mające nic wspólnego z meteorytami, znajdowały nabywców.

Gdy nadciągnął wieczór, w barze na końcu sali zaczęło płynąć piwo i tłum stał się bardziej hałaśliwy. Aukcja jednak jakoś trwała, póki do sprzedania nie pozostało już nic z wyjątkiem karty uczestnictwa numer 1 Michaela Blooda (tak, prowadzący aukcję także uczestniczył w licytacji — ciekaw jestem, co sądzi o tym Sothebey). Kupił ją Steve Arnold za 11 dolarów. Potem wszyscy pognali odebrać sprzedane okazy. Kompletny chaos. Bez dowodów zakupu, bez pudełek do ochrony delikatniejszych okazów, bez rachunków za okazy. (Jakimś cudem nabyłem mały kawałek czegoś, co wyglądało na impaktyt z Sudbury). Była to aukcja w tucsońskim stylu. Mimo to muszę przyznać, że była to wspaniała zabawa, a Michael wykonał godną podziwu robotę.

Natępnego dnia przyszła kolej Darryla Pitta. Zajął on dawną salę Michaela Caspera i wystawił na aukcję absolutnie wyjątkowe okazy z kolekcji Macovicha. Było tam dużo historycznych meteorytów: Wold Cottage, Ensisheim, Lafayette, Governador Valadares, Cold Bokkeveld, Divnoe, Ornans, Tucson Ring i wiele innych. Doprawdy marzenie historyka meteorytów. Były także meteoryty saharyjskie, jak rzadko spotykany Hammadah al Hamra 237 (chondryt typu Bencubbin). Historyczne meteoryty jednak dominowały. Aukcja Blooda i Darryla Pitta różniły się jak dzień i noc. Krzesła rozstawiono na trawie nad basenem. Gości poczęstowano kawą i ciastkami. Był stół recepcyjny, gdzie otrzymywało się kartę uczestnika i obszerną listę okazów wystawionych na licytację. Można było ją przejrzeć i zaznaczyć te okazy, bez których nie można żyć, aby przygotować się do licytacyjnej walki. Była mniej więcej godzina przed aukcją na obejrzenie okazów wystawionych w gablotach w sali Pitta. Było to wyszukane, delikatne, kontrolowane, spokojne (kupowanie meteorytów za tysiące dolarów wymaga spokoju), jak prawdziwe interesy. Do wielu meteorytów Darryl dodał historie powiększające ich tajemniczość. Był to poważny biznes i Darryl zrobił to po mistrzowsku, chociaż przyznał się potem, że prowadzenie aukcji meteorytów było dla niego nowością, ale miał znaczne doświadczenie z jednym z największych domów aukcyjnych w Stanach Zjednoczonych. Była to aukcja w stylu nowojorskim.



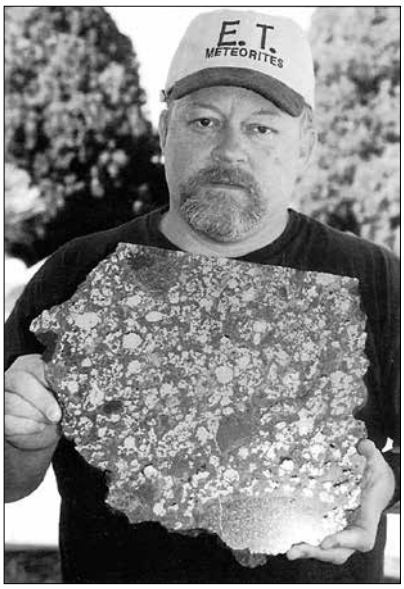
Michael Blood prowadzący drugą doroczną aukcję meteorytów w Tucson trzyma pudełko z okazami meteorytów wystawionymi na licytację.

Z gorących pustyń

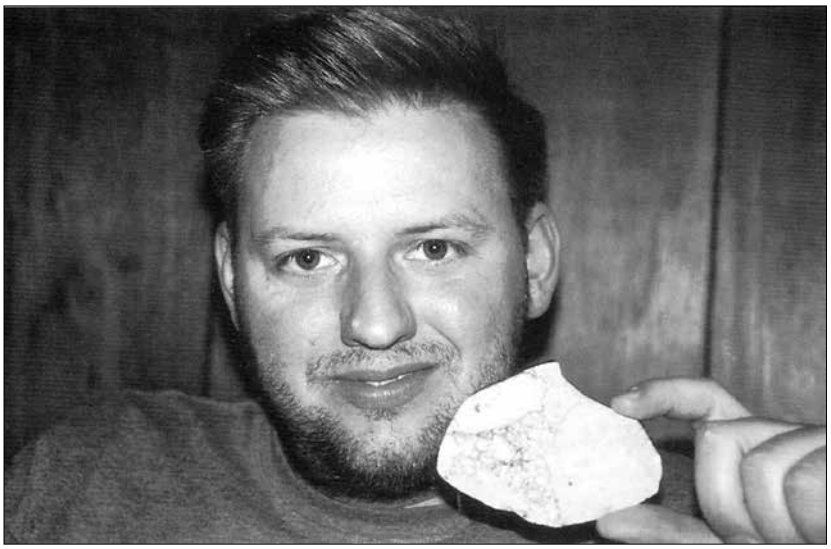
Z wyjątkiem aukcji Pitta większość okazów na tych targach pochodziła z pustyń Maroka i Libii, zwłaszcza z tych pierwszych. W istocie było tak dużo okazów, że niektóre z nich rozdawano. Nigdy w historii meteorytyki nie pojawiło się tyle chondrytów zwyczajnych, przynoszonych wiadrami, o wiele za dużo, by je ciąć i obrabiać nie mówiąc o poważnych badaniach i klasyfikacji. Stawało się coraz bardziej oczywiste, że Marokańczycy szukając meteorytów przesiewali każdą stopę kwadratową pustyni. Większość tych okazów była bardzo zwietrzała ze

szczelinami, którymi woda docierała do wnętrza mimo, że rocznie spada tam tylko ze trzy centymetry deszczu. Były one brązowe wewnątrz i na zewnątrz. Grzebiąc w skrzynkach z tymi sierotami miało się zawsze nadzieję na znalezienie czegoś niezwykłego i rzadkiego. Poszukiwacze byli jednak wykształceni. Wiedzieli, czego szukać. Zdarzył się jednak wyjątek. Marokańczycy znaleźli spory achondryt i najwidoczniej mieli problemy z jego identyfikacją. Był to wspaniale orientowany okaz z głębokimi wyżłobieniami. Odcięcie fragmentu ukazało strukturę przypominającą zbrekcjowany eukryt. Mike Farmer zaryzykował i zaproponował cenę nie do odrzucenia sądząc cały czas, że jest to eukryt. Nie był. Ten oszust okazał się meteorytem księżycowym, którego nikt nie rozpoznał, póki nie został zbadany w USA. Chodzą teraz plotki, że w Maroku wyznaczono cenę za głowę Farmera. Powiedziałbym, że to kiepski żart. Chyba nie mówią tego poważnie?

Wszystkie te niesklasyfikowane marokańskie meteoryty wprowadziły nowy element do kolekcjonowania meteorytów. Meteorytów tych nawet nie przecięto, aby ocenić ich typ przynajmniej na oko. Badamy tu nieznane terytorium. Co kryje się pod rdzawą skorupą? Kilku dealerów pytało mnie, czy nie zrobiłbym takiej wstępnej oceny garstki fragmentów chondrytów zwyczajnych. Jak dziecko w sklepie z meteorytowymi cukierkami nie mogłem się oprzeć pokusie. Przyznam się, że zabrałem z tuzin takich sierot



Edwin Thompson (E.T.) trzyma największą na świecie płytę mezosyderytu Estherville.



Michael Farmer z dumą prezentuje płytkę odciętą z niedawno kupionego meteorytu księżycowego NWA 482.

po prostu dla przyjemności zbadania, co kryją w środku. Mogą być wszystkie typu 6, czyż nie? Gdzieś musi być trochę trójek i czwórek. Z pewnością będzie kilka niespodzianek.

Nie tak zwyczajne meteoryty

Można zawsze liczyć na to, że u Edwina Thompsona będzie coś wspaniałego. Pamiętacie Lake Murray? Tym razem E.T. miał największą płytę mezosyderytu Estherville, jaka kiedykolwiek istniała. A cena? Powiedzmy po prostu, że jeśli ktoś musi pytać o cenę, to nie stać go na zakup. Mogę powiedzieć, że była pięciocyfrowa.

Nigdy nie pominę okazji do odwiedzenia sali Alaina Cariona. Specjalizuje się on w impaktytach z kilku dobrze znanych kraterów. Oczywiście trudno docenić te okazy póki nie zrobi się płytek cienkich i nie poszuka oznak metamorfizmu szokowego. Miał on materiał z Gardnos, Sudbury, Rochechouart, Steinheim i Ries, by wymienić tylko kilka. Kupiłem próbki, zrobiłem szlify i co powiecie, znalazłem planarne spękania, mozaikowość i deformacje planarne dokładnie tak, jak piszą w książkach. Alain miał także małe czarne kulki z Wabaru i stożki uderzeniowe z kilku kraterów. Jeśli ktoś nie miał ochoty przechodzić przez poważne problemy ze zrobieniem własnych szlifów, Alain miał także niezły wybór płytek cienkich z materii impaktowej i meteorytów.

„Brakujące ogniwo"

Wszędzie na targach słyszałem pogłoski o okazie stanowiącym „brakujące ogniwo". Wiodły one do sali Bruno Fectaya. Pamiętam, jak dwa lub trzy lata temu spotkałem Bruno i jego towarzyszkę Carine Bidaut w dużym namiocie, gdzie trzymali fragmenty jednego dużego meteorytu zwanego Zegdou, które wszystkie pasowały do siebie. Potem ostrożnie, niemal z niechęcią, zaprowadzili mnie do bagażnika ich samochodu, by pokazać więcej nowych meteorytów ze środkowego wschodu. Miałem wówczas podejrzenie, że na tę młodą, energiczną parę warto zwrócić uwagę. Miałem rację. Wszedłem nonszalancko do ich sali spodziewając się, że zobaczę jeszcze większą stertę zardzewiałych szczurów pustynnych, ale przywitała mnie energiczna, pewna siebie para, która pokazała mi kilka najbardziej niezwykłych nowych znalezisk, jakie kiedykolwiek widziałem. Równie niezwykła była transformacja, jaka zaszła w ciągu ostatnich trzech lat. W tym krótkim czasie Bruno zdobył wiedzę o meteorytach znacznie większą od przeciętnego dealera i w tym samym czasie wykształcił eleganckie podejście do meteorytów.

Przez mniej więcej godzinę para oprowadzała mnie po nowych okazach wszelkich typów nabytych od Marokańczyków. Wiele było nowymi okazami (być może nowych podtypów) badanych aktualnie w kilku laboratoriach. Był tam nowy nakhlit (kiedy to ostatni raz słyszeliście o nowym nakhlicie?), największy ureilit świata (6,9 kg), chondryt CK4-5 z niebieskim ciastem skalnym, nowy, stopiony przy zderzeniu diogenit, nowy shergottyt podobny do Zagami i tak dalej i tak dalej. Bruno wiedział, że ważność tych

okazów wykracza poza ich wartość handlową. Zależało mu, by ta imponująca kolekcja została przebadana. Miał niezwykłe okazy, które na dzisiejszym rynku mogły uczynić go bogatym. Widać jednak było, że niewiele go to interesuje. Pasjonowała go nowa wiedza, którą będzie można zdobyć. Wracając do „brakującego ogniwa": Bruno otworzył sejf i wydostał mały kamień, w którym połyskiwały zielone i brązowe kryształy. Nie był to zwyczajny achondryt. Meteoryt ten był skałą ultrazasadową składającą się z dużych, brązowych kryształów piroksenu z wyraźnie widocznymi, akcesorycznymi zielono-brązowymi kryształami oliwinu. Gdyby kamień pochodził z Ziemi, nazwałbym go piroksenitem, albo, gdyby miał więcej oliwinu, dunitem — skałą z ziemskiego płaszcza. Jednak na wierzchu była skorupa obtopieniowa. To nie była ziemska skała. Brak w naszych kolekcjach skał z płaszczy ciał macierzystych achondrytów wprawia naukowców w zakłopotanie. Gdzie się podziewa skała z płaszcza? Być może jest właśnie tu, w mych rękach. Naprawdę niesamowita chwila.

Twink Monrad, współodkrywczyni meteorytów Gold Basin, prezentuje ciasto „Gold Basin" na przyjęciu meteorytowym u współodkrywcy Jima Kriegha podczas targów w Tucson. To unikalne ciasto ma etykietki wskazujące położenie nowych znalezisk.

Dzięki Tucson. Dziękuję wam dealerzy. Dziękuję kolekcjonerom. Razem stworzyliście niezapomniane widowisko. Gdy obserwowałem was wszystkich bawiących się na „meteorytowym" przyjęciu Jima Kriegha, wróciłem na chwilę myślami do roku 1969 i startu Apolla 11. Byłem otoczony setkami reporterów i delegatów z całego świata zebranych by być świadkami historycznego wydarzenia. Przemieszali się przyjaciele i wrogowie myśląc tylko o wspólnym celu, by wynieść Saturna w niebo. Stare spory przestały mieć znaczenie. Na tę krótką chwilę świat się zjednoczył. Czyż nie jest podobnie tu, gdzie wszystkich nas łączy zamiłowanie do kamieni z nieba?

Poszukiwanie meteorytu Tagish Lake

część III

Phil McCausland

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 2. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Kwiecień 20–23. Aż do południa 20 kwietnia wyprawa na poszukiwanie meteorytów była dla mnie niezwykłym, ale zabawnym doświadczeniem. Moje wcześniejsze prace terenowe w północno-zachodniej Kanadzie odbywały się zawsze w środku lata i nie miałem w zwyczaju wyruszać na ryby na ATV na zamarznięte jezioro w tej części kraju. Poszukiwania były jednak także frustrujące. Ponieważ Jim radził, by wykuwać dziury w lodzie, gdy tylko będziemy mieli obawy, czy jest on dostatecznie gruby, wraz z Peterem wyrąbywaliśmy „doły frustracyjne" pod koniec każdego dnia daremnych poszukiwań. Nie tylko pomagało to szybko rozwiać nasze obawy co do grubości lodu, ale niespodziewanie także poprawiało humor. Z każdym dniem nasze frustracyjne doły stawały się coraz głębsze.

Moje doświadczenie zmieniło się jednak tego dnia radykalnie. Po obiedzie Howard, Ed i ja szukamy na lodzie przy wschodnim brzegu trochę na południe od miejsca, gdzie Jim znalazł pierwsze meteoryty przed prawie trzema miesiącami, a Peter i Margaret szukają bardziej na zachód. Nadal niczego nie widać, ale po chwili Peter pędzi do nas swym ATV i krzyczy: „Zabieraj rzeczy i chodź! Znaleźliśmy właśnie duży okaz. Chodź tu!" Na miejscu znalezienia, gdy pozostali zaczynają chodzić wokół szukając w pobliżu innych meteorytów, zabieramy się z Peterem do pracy próbując znaleźć sposób wydobycia fragmentów, tak aby nie zanieczyścić ich i nie wymieszać ze śniegiem.

Najpierw wydobywamy większe okazy kładąc je na rozpostartym arkuszu folii aluminiowej, aby wyschły (Fig. 11). Jednak wiatr zaczyna unosić brzegi folii próbując ją zdmuchnąć wraz z meteorytami. Co możemy użyć do przytrzymania jej tak, by jej nie zanieczyścić? Czym możemy wygrzebać mniejsze kawałki z dołka i śniegu wokół niego? „Mówisz, że nie mamy żadnej łopatki?" pyta Peter z niedowierzaniem. Próbujemy coś zrobić dodatkową folią, ale widzimy, że prawie jej nie ma. Pełny rozmiar naszego nieprzygotowania do rzeczywistego odnajdywania meteorytów staje się aż nadto oczywisty dla wszystkich.

Podczas tej pierwszej próby

odnajdywania meteorytów wydobywamy z dołka około 30 gramów luźnej materii. Ciekawe, że towarzyszy jej otoczka okruchów tkwiących w pierwszym centymetrze lodu, „strefa rozprysku" powstała kiedy meteoryt uderzył w styczniu w lód i częściowo się rozkruszył. Dokładnie notujemy rozmiary i południową orientację tego utworu uderzeniowego i zbieramy ile tylko się da z niego do dużego, plastykowego worka na śmieci.

Biorę potem „siekierkę frustracyjną" i po raz pierwszy korzystam z niej z całą powagą rąbiąc wokół dołka i pod nim, aż w końcu otrzymuję nagrodę w postaci lodowego sześcianu o boku 30 cm. W jego wnętrzu widać więcej ciemnych okruchów meteorytu. Wsadzamy ten blok do innego worka na śmieci, ale zauważamy, że ich także mamy niewiele.

Tymczasem Howard Margaret i Ed zaczynają systematyczne poszukiwania na ATV w kierunku od nas na wschód. W krótkim czasie Margaret znajduje parę dołków meteorytowych, a potem Howard znajduje jeden. Peter i ja dostrzegamy jeszcze jeden i szybko uświadamiamy sobie, że trudno będzie nadążyć za poszukiwaczami; lepiej będzie działać razem. Zaczynamy wypracowywać system wydobywania materii, w którym dzielimy się pracą. Wkładam sterylne rękawiczki i „łowię ryby", a Peter znajduje narzędzia i przygotowuje folię aluminiową do odbierania materiału. Stwierdzam, że pomaga zrobienie drugiego dołka w lodzie tuż obok dołka z meteorytem, trochę głębszego i połączonego

Fig. 11. Wydobyte fragmenty meteorytów rozłożone do wyschnięcia na aluminiowej folii. Phil i Peter kontynuują wydobywanie, podczas gdy Margaret robi zdjęcia.

kanałem, który odprowadza wodę, co ułatwia wydobywanie meteorytów (Fig. 12).

Kończymy dzień sensacją — Peter znajduje grupę meteorytów (znów jadąc dość szybko), w sumie pięć dołków, które zaczynamy nazywać „piątką Petera". Robi się jednak już późno, więc po wydobyciu większych okazów z dwóch dołków i zaznaczeniu ich pozycji kierujemy się ku domowi. Dziś nie widzimy potrzeby kopania żadnego „frustracyjnego dołu".

Następnego dnia przybywamy na miejsce poszukiwań z samego rana wyposażeni we wszystkie nierdzewne łyżki i widelce oraz narzędzia ogrodnicze, jakie tylko wpadły nam w ręce, całą folię aluminiową i worki na śmieci, jakie tylko były. Wzięliśmy także pipetę, która okazała się bardzo przydatna do wyciągania z dołków małych fragmentów (Fig. 13), a nawet maszynkę do ugniatania ziemniaków (pojęcia nie mam, po co). Mamy zamiar być dziś przygotowani. Jim dostarczył nam także piłę łańcuchową i pokazał mi, jak wyciąć „podstawowy blok" z lodu. Powiedział nam jednak także, że ta metoda ma poważną wadę — zanieczyszcza miejsce pracy wiśniowo-czerwonym olejem łańcuchowym. Postanawiamy używać piłę tylko w ostateczności.

Nasze postanowienie jest wystawione na próbę niemal natychmiast po przybyciu do „Piątki Petera". Gdy przybywamy i zaczynamy rozkładać rzeczy przygotowując się do wydobywania okazów, Howard i Ed znajdują w pobliżu jeszcze dwa meteoryty. Ponadto większość dołków w nocy zamarzła, przez co trudniej jest wydostać meteoryty nie rozkruszając ich. Wyciągamy łyżką co się da i uruchamiamy piłę. Robię cztery cięcia w lodzie obejmujące największy okaz i z satysfakcją widzę, że metoda „podstawowego bloku" naprawdę działa. Wraz z Peterem wyciągam blok, wsadzam do worka na śmieci i zabieram się do następnego dołka. Piłę używamy, gdy dołki są zamarznięte, a gdy są otwarte, posługujemy się siekierką, by ograniczyć do minimum zanieczyszczenia.

Zaczyna robić się coraz cieplej i zaczynamy się zastanawiać, ile jeszcze mamy czasu na odnalezienie i wydobycie meteorytów. W południe dołki, które znajdujemy, są wszystkie rozmrożone i ciemna materia meteorytowa, często spłaszczona tak, że przypomina gruby naleśnik, niemal w oczach zagłębia się w lód podczas naszej pracy. Czas staje się dominującym czynnikiem w naszych planach.

Fig. 12. Peter wybiera wodę z dołka przylegającego do wgłębienia z meteorytem, a Phil przygotowuje się do wydobycia fragmentów meteorytu wyraźnie widocznych w lodzie.

Po obiedzie dyskutujemy, jak najlepiej szukać: jak szybko możemy jechać ATV, aby nie przeoczyć dołków z meteorytami? Jak daleko od siebie powinni być poszukiwacze? Jeśli chodzi o wydobyte okazy uświadamiamy sobie, że bloki lodu w workach trzeba trzymać w chłodzie, więc Peter znajduje dobrą zaspę na północnej stronie kawałka lądu i ukrywa je tam, podczas gdy my kontynuujemy pracę.

Czujemy, że bardzo potrzebne jest utrzymanie naszej wyprawy w tajemnicy, aby zrobić porządne badania naukowe i uchronić jezioro przed potencjalnie niebezpiecznym najazdem kolekcjonerów i dziennikarzy. Wobec wielu publikacji na temat bolidu i naszej widocznej obecności w Atlin jesteśmy zdumieni brakiem choć jednego człowieka na tym pięknym zamarzniętym jeziorze przez ostatnie pięć dni.

Jednak tego ranka nasze obawy, że inni wyruszą na lód i nas znajdą, w końcu się urzeczywistniają. Gdy z Peterem zabieramy się do wydobywania meteorytu na zachodniej stronie jeziora, zauważam dwa światła kierujące się ku nam od brzegu na północ. Spodziewamy się, że Jim i jego przyjaciółka Doreen Stangel będą jechać po lodzie samochodem późnym popołudniem, ale wygląda na to, że jadą wcześniej. Potem światła rozbiegają się nieprawdopodobnie daleko i uświadamiamy sobie, że to goście jadą do nas śnieżnymi pojazdami.

Pośpiesznie pakujemy nasz sprzęt i oddalamy się od miejsca, a Peter wrzeszczy na całe jezioro, by ostrzec innych, którzy właśnie znaleźli i oznaczają nowe miejsce. Obserwuję zbliżające się pojazdy śnieżne z obawą i ciekawością, czy kupią naszą opowieźć o „wędkarstwie lodowym". Dwaj mężczyźni zatrzymują się i wychodzę im na spotkanie.

Fig. 13. Peter demonstruje zręczność w posługiwaniu się pipetą. To zdjęcie zrobiono później, gdy lód zaczął krystalizować w igły.

„Dzień dobry" mówię głosem, który wydaje mi się spokojny i zrelaksowany.

„Hello" mówi większy z nich zsiadając z maszyny i podchodząc bliżej. „Wybraliście się na ryby?"

Dzięki Bogu, wzdycham; to ułatwia sprawę, „Tak, wpadliśmy tu na trochę, zrobiliśmy parę otworów. Nie znaleźliśmy jednak jeszcze dobrego miejsca." Czuję, że jest w tym trochę prawdy, ponieważ wciąż nie wiemy, gdzie są nalepsze „ryby".

„Jedziemy do Deep Bay" mówi wskazując na południe. „Wyjechaliśmy z Tagish. Znam parę dobrych miejsc w zatoce."

„Jeszcze tam nie byliśmy", mówię zgodnie z prawdą, „i nie sądzę, byśmy się tam dziś wybrali."

Wymieniamy parę uwag o pogodzie, ale potem zapada krępująca cisza. Mam nadzieję, że nie spytają mni o ryby — po raz pierwszy uświadamiam sobie, że zupełnie nie mam pojęcia o wędkowaniu pod lodem, ani jakie rodzaje ryb mogą zamieszkiwać zimowe jeziora w Kolumbii Brytyjskiej.

„Przyjechaliście z Atlin?"

Odpowiadam, że tak, ale jest jasne, że on ma na myśli dziś, bo pyta o stan lodu na jeziorze Atlin, które przejechaliśmy pięć dni temu naszymi ATV. Mówię mu, że zatrzymaliśmy się tu niedaleko w chacie, ale obawiam się, że jestem trochę zbyt ostrożny i że zaczyna coś podejrzewać.

Z pewnym przerażeniem zauważam, że jego oczy wędrują po nieprawdopobnym sprzęcie do łowienia ryb na moim ATV: pudełku z Centrum Kosmicznego Johnsona ze sterylnymi rękawiczkami lateksowymi i różnej wielkości zamykanymi torebkami, plastykowej skrzynce na mleko z pudełkami folii aluminiowej i workami na śmieci i na worku z naszym podstawowym sprzętem „wędkarskim" (kielnia, trochę wygiętych widelców i łyżek, kilka narzędzi ogrodniczych, pałeczki, parę cedzaków zrobionych z damskich nylonowych pończoch naciągniętych na pierścienie, pipeta i ugniatacz do ziemniaków). Z tyłu wisi piła łańcuchowa z plamami czerwonego oleju na obudowie.

Zaraz potem słyszę jęk nadjeżdżającego ATV Petera. „Przybywa kawaleria" mówię do siebie z wielką ulgą. Wspominam, że jesteśmy wszyscy na wycieczce z południowego Ontario i nigdy tu jeszcze nie byliśmy. Marszczy brew i kiwa głową — wydaje się, że to mu wszystko wyjaśnia.

Odwracamy się do Petera. Gdy ostro hamuje, pospiesznie go witam: „Hej Peter, jak tam ryby?"

Nie tracąc głowy odpowiada: „nieźle, nieźle. Mamy parę otworów, ale jeszcze nic nie złapaliśmy."

Wymieniamy dalsze uprzejmości z prawdziwymi wędkarzami lodowymi i wkrótce odjeżdżają oni w kierunku Deep Bay i nikną z oczu. Niewiele brakowało! Późnym popołudniem widzimy ich znowu, jak jadą na północ z powrotem na Tagish, może po udanym wędkowaniu. Zdumiewające, że były to jedyne osoby, jakie widzieliśmy na lodzie przez cały wielkanocny weekend.

Ciąg dalszy nastąpi...

Meteoryt żelazny Ziz

Martin Horejsi & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 2. Copyright © 2001 Pallasite Press)

W przypadku wielu nowych afrykańskich meteorytów kamiennych dokładne miejsce ich znalezienia bywa nieznane i mogą istnieć dziesiątki czy nawet setki innych okazów należących do tego samego spadku, ale przedstawianych jako nowe znalezisko.

Podczas gdy nietrudno uwierzyć, że jakiś meteoryt kamienny pochodzi z Afryki, wymagania wobec meteorytów żelaznych są znacznie wyższe. Jak mówi John Wasson z UCLA „zakładamy, że jest to Canyon Diablo, póki nie dowiedziemy, że jest inaczej".

Najnowszym przykładem jest meteoryt żelazny o proponowanej nazwie Ziz. Dwa okazy tego meteorytu przebyły niemal pół globu z Algerii do Montana Meteorite Lab. Jak jest w zwyczaju, odcięto fragment i wysłano do analizy do Johna Wassona w UCLA.

Patrząc na Ziz widzimy sztukę w najczystszej postaci. Wygląda jakby sam Michał Anioł posłużył się tym niezmiernie potężnym dłutem z naddźwiękowego strumienia powietrza, by wyrzeźbić delikatne, powtarzające się wgłębienia w najwspanialszym, ciemnym twardym drewnie. Ale UCLA dostało tylko mały kawałek.

Chemicznie, przynajmniej na pierwszy rzut oka, Ziz okazał się tak podobny do Canyon Diablo, że nie był wart dalszych badań. Nieznane miejsce pochodzenia Ziz wciąż go prześladowało. Wygląda na to, że nie brak w Północnej Afryce ludzi gotowych oferować dobrze znane okazy takie jak Canyon Diablo, Odessa czy Campo del Cielo jako świeżo znalezione meteoryty. Inaczej niż w przypadku ludzi system prawny w USA nie chroni tożsamości meteorytów żelaznych. Aby się odróżniać meteoryt żelazny musi udowodnić swą indywidualność drogą przykrej drobiazgowej analizy chemicznej.

Większą z dwóch znanych brył Ziz, ważącą około 24 kg pocięto na typowy komplet płytek i piętek. Przede wszystkim, o czym nie wiedzieli naukowcy z UCLA, wszystkie płytki Ziz miały doskonale widoczną obwódkę termiczną niemal na pełnym obwodzie. Niewiadomą dla naukowców z Kalifornii było także niezwykłe piękno rozległej powłoki doskonale ukształtowanych regmagliptów odciśniętych w dość świeżej skorupie obtopieniowej. Te dwie cechy nie występowały w przypadku okazów Canyon Diablo.

Obwódki termiczne nie są nieznane w przypadku meteorytów Canyon Diablo, ale zdarzają się rzadko. Dr Wasson przyznał, że „początkowe dane chemiczne wywołały mój sceptycyzm, ale gdy dostałem dodatkowe dane, stało się widoczne, że różni się on nieco od Canyon Diablo."

Obwódka termiczna wygląda tak, jakby obrzeże płyty było podczas trawienia oklejone taśmą nie pozwalającą, aby kwas wyczarował figury Widmanstättena. Obwódki te mogły powstać w wyniku niezwykle silnego zderzenia z Ziemią, jak w przypadku Canyon Diablo, albo, jak w przypadku Ziz, wskutek znacznego podskórnego ogrzania w trakcie lotu przez atmosferę do Algerii.

Odciski kciuka to bardziej popularne i obrazowe określenie niż regmaglipty, ale opisuje te same utwory. Określenie „odciski kciuka" ma jednak także głębsze znaczenie, bardziej podobne do prawdziwych odcisków kciuka niż by się mogło wydawać. Podobnie jak ludzki odpowiednik wykorzystywany przez policję odciski kciuka na meteorycie mówią coś o napędzanym grawitacją pociągu, którym nieziemski wagabunda zjechał do miasta. Odciski kciuka na meteorycie nie są przypadkowymi wgłębieniami, lecz przemyślanymi modyfikacjami utrwalonymi na powierzchni meteorytu w wyniku zetknięcia żelaza niklonośnego z fizyką.

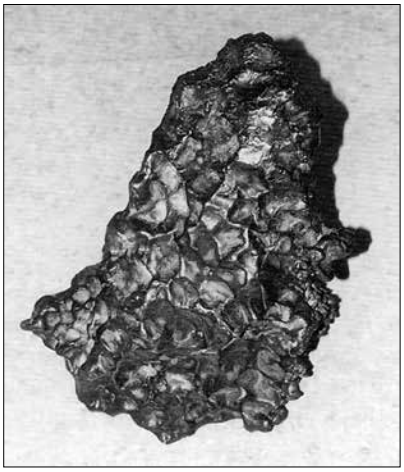
Jeśli meteoryt żelazny koziołkuje spadając przez atmosferę, regmaglipty mają najczęściej jednakową długość i szerokość; symetrię zrodzoną przez turbulencję. Jeśli jednak meteoryt podczas spadania zachowuje mniej więcej stałą orientację, to regmaglipty są wydłużone w kierunku ruchu tworząc kształty pozwalające wyróżnić przód i tył meteorytu.

Średnice regmagliptów stanowią zwykle mniej więcej jedną dziesiątą średnicy meteorytu, na którym regmaglipty się znajdują. Fakt ten wyjaśnia wielkość pogmatwanych wgłębień na okazach Sikhote-Alin ważących zaledwie kilka gramów. Tłumaczy także dołki wielkości piłki futbolowej na 22-tonowym meteorycie Bacubirito wyglądające, jakby ktoś w ciężkich buciorach odcisnął ślady na jego powierzchni jak w błocie.

Regmaglipty tworzą się wcześnie podczas spadania meteorytu. Jeśli meteoryt żelazny ma przez pierwszych kilka sekund nurkowania w atmosferę prędkość większą niż 10 kilometrów na sekundę, to regmaglipty dojrzewają zwiększając głębokość i gęstość. Obie cechy obficie widać na Ziz.

Ponieważ sceptycyzm nadal przytłumia podniecenie odkrywaniem nowych meteorytów, zawsze szukamy takiej opinii, której możemy zaufać. W tym przypadku Ziz mówi sam za siebie.

Od redaktora: Obwódki termiczne bywają widoczne także w okazach meteorytu Morasko, nawet mimo grubej warstwy zwietrzeliny. Oznaczają one, że temperatura meteorytu przekroczyła tam 400° C, co spowodowało zniszczenie linii Neumanna i zmianę krystalicznej struktury metalu.



Ważący 21 kg okaz meteorytu Ziz (proponowana nazwa) z Algerii. Obwódka termiczna leży tuż pod zewnętrzną powierzchnią gęsto pokrytą regmagliptami. Jedno i drugie świadczy o ponadprzeciętnej prędkości meteorytu w atmosferze.

Meteoryt Morasko widziany pod skaningowym mikroskopem elektronowym

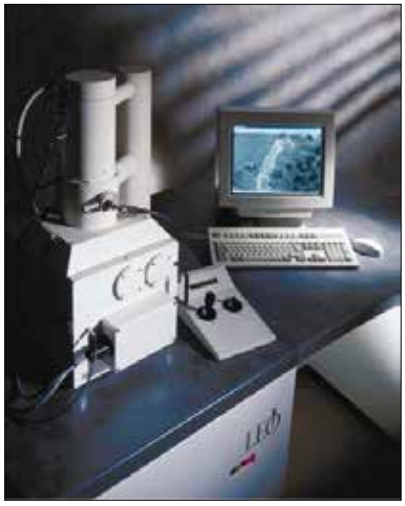
Mateusz L. Donten

Od wieków meteoryty, tajemnicze kamienie spadające z nieba, budziły ciekawość ludzi. Dawniej stanowiły one głównie obiekty zainteresowań kolekcjonerów, a nauka nie umiała jeszcze odczytać informacji w nich zawartych. Obecnie badacze dysponują tak zaawansowanym sprzętem analitycznym, że określenie składu i struktury meteorytów, będące kluczem do poznania ich historii, nie stanowi żadnego problemu.

Moje zainteresowanie meteorytami zaczęło się, gdy dotarł do mnie „kamień" o strukturze niepodobnej do kamieni ziemskich. Przeprowadziłem jego analizę i okazało się, że zbudowany jest z żelaza i chromu oraz niewielkich ilości krzemu. Taki skład był inny niż znanych meteorytów i niestety obiekt ten okazał się jedynie żelazochromem używanym w hutnictwie do produkcji stali gatunkowej. Ponieważ niepomyślny wynik moich badań nieco mnie rozczarował, poprosiłem pana Andrzeja Pilskiego, by wypożyczył mi fragmenty autentycznego meteorytu, które mógłbym poddać analizie. Wtedy dostałem do dyspozycji dwa kawałki meteorytu Morasko (dysk i piętkę) i rozpocząłem ich badanie.

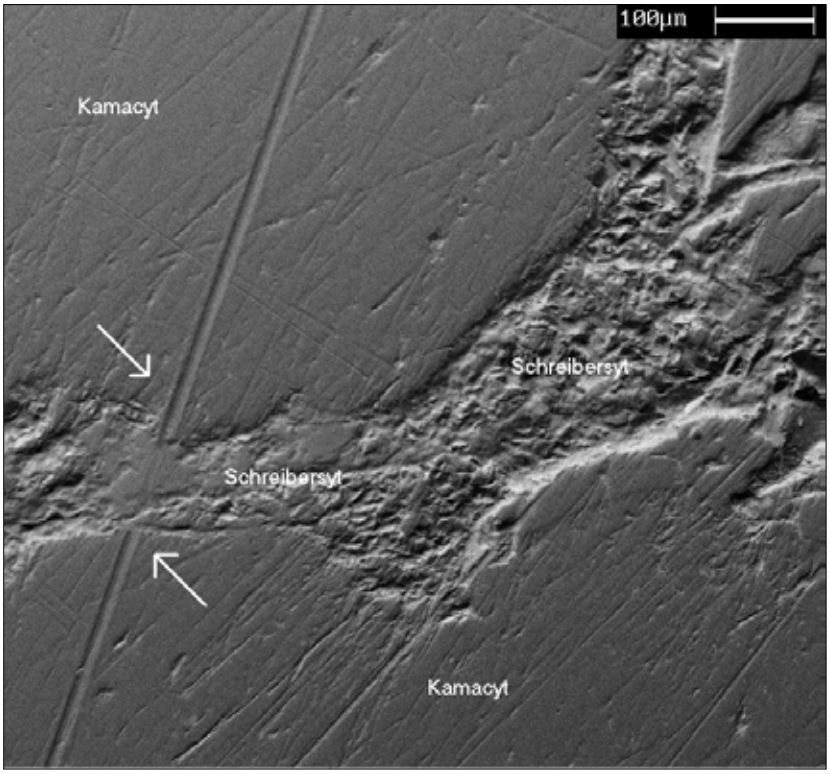
W okolicy Moraska (przedmieście Poznania) spadł największy w Polsce deszcz meteorytów żelaznych. Pierwszy okaz odnaleziono podczas budowy umocnień wojskowych w 1914 r. (meteoryt o masie 77,5 kg) jednak wiadomo, że znalezisko przeleżało w ziemi wiele lat, zanim dokonano tego odkrycia. Meteoryt Morasko został zaliczony do oktaedrytów gruboziarnistych i sklasyfikowany jako typ IIICD, co oznacza, że zawiera on średnio około 1 ppm (jedna milionowa część masy) irydu i około 7% niklu. Morasko nie jest jakimś niezwykle rzadkim typem meteorytu. Pomimo to uwagę specjalistów przykuwa jego bardzo urozmaicona struktura i niejednorodny skład.

W swojej pracy, dzięki gościnności Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, miałem możliwość posługiwania się skaningowym mikroskopem elektronowym (SEM Scanning Electron Microscope) i spektrometrem rentgenowskim (EDS Energy Disperse Spectroscopy) (Fot. 1). Zestaw ten dał mi niezwykle duże możliwości obserwacji struktury Morasko w powiększeniach dochodzących nawet do kilkunastu tysięcy razy oraz prowadzenia analiz jakościowych i ilościowych. Aparaturę tę wykorzystuje się w wielu pracach badawczych, gdyż jest niezwykle wszechstronna, a do badania meteorytów jest niemalże idealna. Co prawda EDS zaliczany jest do metod analitycznych o średniej dokładności, ale jego błąd przy analizie obiektów metalurgicznych (takich jak meteoryty żelazne) sięga jedynie 1,5%. Jednak podstawową wadą EDS-u jest jego stosunkowo wysoki próg detekcji, około 700 ppm, co uniemożliwia poznanie zawartości pierwiastków śladowych, takich jak iryd lub złoto, będących podstawą klasyfikacji meteorytów. Tę niedogodność rekompensuje długa lista zalet spektrometrii rentgenowskiej. Po pierwsze jest to analiza nieniszcząca, więc prowadzenie badań w ten sposób nie wiąże się z uszkodzeniem badanego obiektu. Po



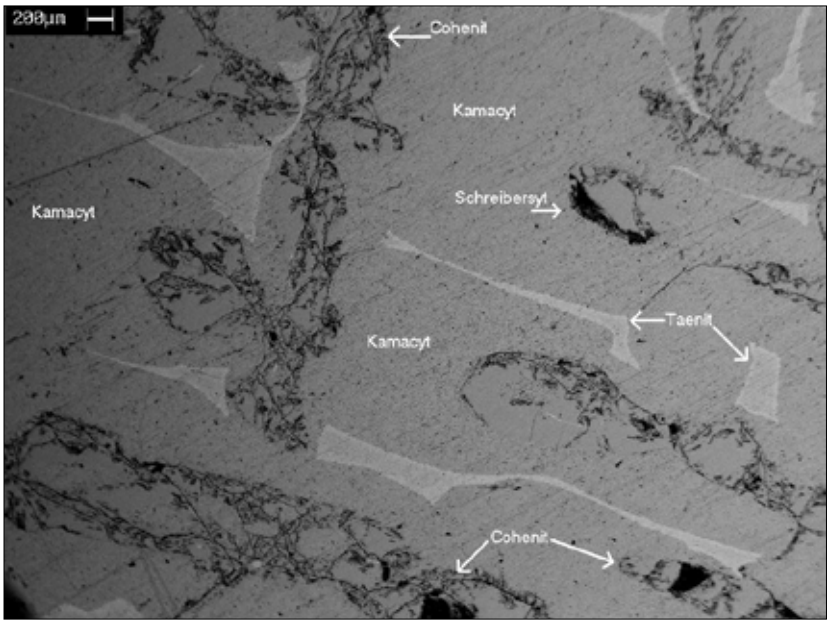
Fot 1. Zestaw SEM i EDS.

drugie daje ona prawie natychmiastowe wyniki, ponieważ zliczanie widma EDS trwa zaledwie kilka minut. Szczególnie cenna przy badaniu rozkładu pierwiastków w próbce jest możliwość wykonania barwnej mapy składu, z której bez trudu można odczytać, jak zmienia się zawartość określonych pierwiastków. Poznanie składu meteorytu nie jest je-



Fot. 2. Zdjęcie topograficzne powierzchni. Na podstawie głębokości rysy można ocenić, że widoczna inkluzja jest znacznie bardziej twarda i krucha od otaczającego kamacytu, o czym świadczy głębokość rysy i liczba pęknięć.

dynym efektem pracy zestawu, którym się posługiwałem. Korzystając ze zdjęć SEM można dostrzec detale badanego obiektu o rozmiarach sięgających zaledwie ułamków mikrometra (jedna tysięczna milimetra). Dzięki odpowiednim detektorom można otrzymać obraz topograficzny, na którym widać najdrobniejsze nierówności próbki, lub kompozycyjny dający wstępne pojęcie o średniej masie atomowej pierwiastków budujących próbkę. Zdjęcia topograficzne, choć często bagatelizowane przy badaniu przekrojów, które z definicji powinny być płaskie, także niosą wiele cennych informacji. Na podstawie analizy występujących na obrazie topograficznym rys i pęknięć można oszacować względną twardość i kruchość występujących minerałów (Fot. 2).



Fot. 3. Przekrój Morasko na zdjęciu kompozycyjnym.

Na podstawie uzyskanych w ten sposób wyników materię budującą Morasko można podzielić na cztery rodzaje minerałów. Najbardziej popularny z nich kamacyt zawiera około 94% żelaza i 6% niklu. W nim znajdują się obszary o znacznie odmiennym składzie. Są to inkluzje zawierającego węgiel cohenitu (około 93% żelaza, 1,5% niklu i 5,5% węgla) lub taenitu (około 75% żelaza i aż 25% niklu) i schreibersytu (około 46% żelaza, 42% niklu i 12% fosforu). (Tabela 1 i 2), (Fot. 3). Niestety mimo, iż Morasko uważany jest za meteoryt o bardzo urozmaiconym składzie, oba obiekty, które przebadałem, dały niemal identyczne wyniki. W trakcie obserwacji zauważyłem też jeszcze jeden typ inkluzji dość nietypowy jak na meteoryt; chodzi tu o żyły grafitu. (Fot. 4.)

TAB 1
Przykładowe wyniki analiz piętki (obiektu I) ***/ % masowe/***

Minerał	Fe	Ni	P	C
Kamacyt	93,81	6,18	—	—
	93,27	6,72	—	—
	94,44	5,55	—	—
Cohenit	93,96	1,35	—	4,68
	93,73	1,74	—	5,07
	91,98	1,80	—	6,22
Taenit	75,04	24,96	—	—
	64,31	35,68	—	—
	68,30	31,69	—	—
	82,42	17,58	—	wyniki analizy węgla prawdopodobnie są zawyżone
Schreibersyt	53,98	34,04	11,97	
	55,74	33,03	11,22	
	48,28	47,97	10,56	

TAB 2
Przykładowe wyniki analiz dysku (obiektu II) ***/ % masowe/***

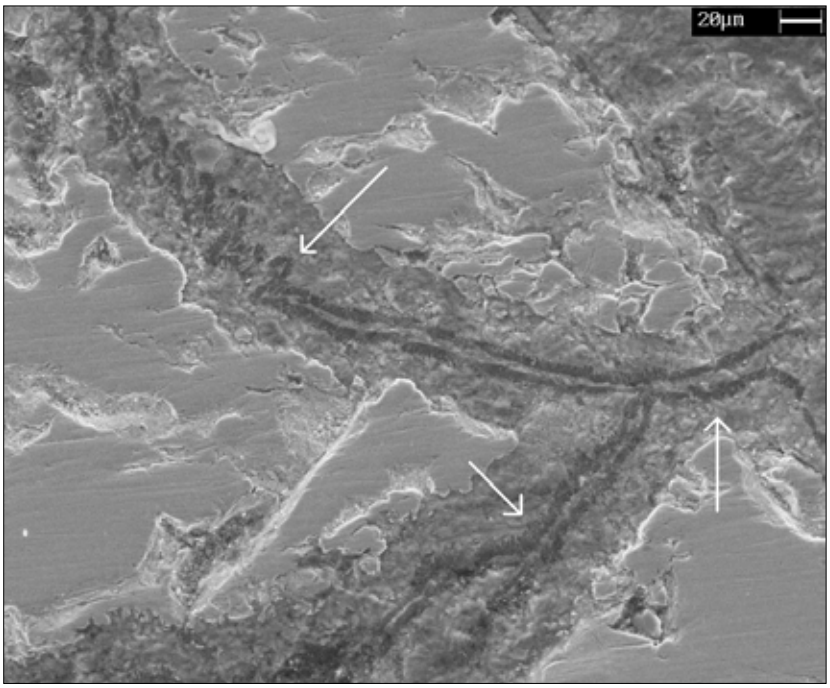
Minerał	Fe	Ni	P	C
Kamacyt	93,60	6,40	—	—
	93,35	6,63	—	—
	94,08	5,91	—	—
Cohenit	92,81	1,70	—	5,48
	93,72	1,20	—	5,06
	95,26	1,22	—	3,50
Taenit	68,89	32,15	—	—
	68,09	31,90	—	—
	72,85	27,15	—	wyniki analizy węgla prawdopodobnie są zawyżone
Schreibersyt	42,86	44,93	12,15	
	63,47	27,78	8,73	
	47,40	40,74	11,85	

Podobne wyniki otrzymywali już analitycy badający Morasko przede mną. Jednak ani ich ani moje prace nie zmieniły faktu, że nadal wiele pytań dotyczących procesu powstawania Morasko i jego macierzystej planetki pozostaje bez jednoznacznej odpowiedzi. Niezwykle trudno jest nam wypowiadać się o procesie tworzenia się tego meteorytu, gdyż nie wiemy, jakie towarzyszyło im ciśnienie i grawitacja, a więc czy prawidłowości zakładane przez ziemskich metalurgów nadal były spełnione. Widoczne na zdjęciu 4 żyły węglowe prawdopodobnie powstały wskutek rozpadu cohenitu (węgliku żelaza) na pierwiastki składowe. W stanie stopionym oba pierwiastki prawdopodobnie stanowiły homogeniczny roztwór, ale po zastygnięciu część węgla musiała zostać usunięta i zebrana została w formę czystego grafitu. Tak wytłumaczyć można istnienie tylko mniejszych wrostków tego pierwiastka. Ale w Morasko istnieją też znacznie większe inkluzje grafitu. Ich kształt sugeruje, że grafit w nich zawarty nigdy nie był stopiony ani tym bardziej związany z żelazem. Niestety w próbkach, które badałem, takie inkluzje nie występowały. Duże wrostki grafitowe jak i występowanie domieszek niemetali (fosforu) sugerują, że Morasko pochodzi z planetki kamiennej, która

w trakcie formowania się materii Morasko nie była w pełni stopiona, a w stanie płynnym znajdowały się tylko metale zastygające później w kamiennych niszach. Niezbitym dowodem na słuszność tych przypuszczeń byłoby znalezienie wrostków kamiennych w Morasko (pierwszy właśnie znaleziono — przyp. red.), ale wymagałoby to przecięcia wielu okazów tego meteorytu. Hipotezę tę można próbować osłabić. Wiadomo, że krzem jest podstawowym pierwiastkiem budującym skały. Jednocześnie jest on dość dobrze rozpuszczalny w żelazie i dlatego występuje we wszystkich stalach produkowanych na Ziemi. W Morasko krzemu nie znalazłem. Co prawda w pewnej chwili pojawił się on w otrzymywanych przeze mnie wynikach, ale po wnikliwym sprawdzeniu tego tropu okazało się, że pochodzi z korundu (węgliku krzemu), materiału ściernego, którym polerowałem powierzchnię próbki przed analizą. Po dłuższym polerowaniu na zawiesinie drobno zmielonego diamentu okazało się, że krzemu już nie ma (a szkoda).

Inną zagadką jest powstanie tak urozmaiconych mineralogicznie struktur, jak pokazana na zdjęciu 5. W warunkach ziemskiego ciśnienia i grawitacji termodynamika wyklucza powstanie tak zróżnicowanych pod względem zawartości niklu struktur w bliskim sąsiedztwie i to w dodatku wykrystalizowanych z homogenicznego roztworu. Jednak po pierwsze Morasko nie powstał na Ziemi, a po drugie niekoniecznie zastygł od razu w tak skomplikowanej formie. W wysokiej temperaturze, jaką materia Morasko mogła utrzymywać nawet dłuższy czas po zakrzepnięciu, nikiel mógł migrować. Koncentrował się on wtedy w wybranych miejscach obecnie nazywanych wrostkami taenitu. Powstanie schreibersytu może okazać się jeszcze prostsze do wytłumaczenia. Ponieważ minerał ten, w odróżnieniu od całej reszty, zawiera fosfor, mógł on wykrystalizować w temperaturze niższej niż temperatura krzepnięcia innych materiałów budujących Morasko. Fosfor zawarty w homogenicznym roztworze w miarę jego krzepnięcia „spychany" był do ograniczonych, ciągle jeszcze ciekłych, rejonów. I zastygał w niższej temperaturze niż otaczające go minerały (Fot. 6).

Morasko kryje więc wiele tajemnic nawet przed badaczami uzbrojonymi w najnowocześniejszy sprzęt. Chociaż

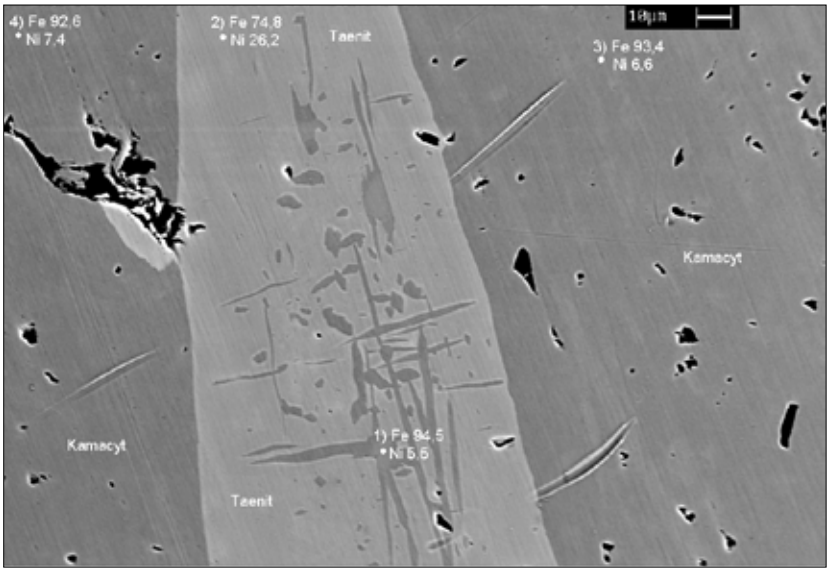


Fot. 4. Żyła grafitu w cohenicie.

wyniki mojej pracy nie przyniosły konkretnych odpowiedzi na pytania dotyczące historii Morasko, to mam nadzieje, że uzupełniły dotychczasowe opracowania na temat tego meteorytu. Ponadto wykonane były przy użyciu aparatury, która mimo swoich olbrzymich zalet nie jest jeszcze rozpowszechniona w polskich laboratoriach (problem stanowi jej wysoka cena) i przez to nieczęsto wykorzystuje się ją przy badaniu meteorytów, mimo iż jej charakterystyka pasuje idealnie do tego typu zadań.

Chciałbym serdecznie podziękować panu Andrzejowi S. Pilskiemu za wypożyczenie obiektów, które analizowałem i pomoc w interpretacji wyników badań. Bez jego życzliwości ta praca by nie powstała.

Fot. 5. Mapa występowania niklu i fosforu w rejonie pola plessytowego zbudowanego przez taenit i schreibersyt zatopiony w kamacycie. Niestety została wydrukowana w skali szarości co znacznie utrudnia jej interpretację w porównaniu z barwnym oryginałem.



Fot. 6. Struktura, w której dochodzi do przenikania się kamacytu o niskiej zawartości Ni i taenitu o wysokiej zawartości Ni.

John A. O'Keefe (1916–2000)

Meteoritics & Planetary Science, vol. 36, no. 4

John A. O'Keefe zmarł 8 września 2000 r. w wieku 83 lat. Znane są jego osiągnięcia w geodezji kosmicznej, astronomii i oczywiście w badaniach tektytów. To pismo jest odpowiednim miejscem do przypomnienia tych ostatnich.

Pod koniec lat pięćdziesiątych XX wieku dr O'Keefe utwierdził się w przekonaniu, że Nininger miał rację sugerując, iż tektyty pochodzą z Księżyca, i przy tym przekonaniu trwał niewzruszenie do końca swych dni. Początkowo był zdania, że tektyty, jakie znano około roku 1960, są ablacyjnymi kroplami z satelitarnego meteoroidu wyrzuconego z Księżyca przez zderzenie. Jego pierwszą pracą terenową dotyczącą tektytów było samotne, bezskuteczne poszukiwanie tektytów wzdłuż rzutu na powierzchnię Ziemi trajektorii deszczu meteorów Cyrillidy z 1913 roku wytworzonego przez obiekt, który zaczepił o ziemską atmosferę.

Ogromna energia intelektualna i fizyczna sprawiła, że John O'Keefe był siłą napędową w badaniach tektytów w latach sześćdziesiątych. Jego monumentalna praca „Tektites and their origin" zyskała ostateczny kształt w roku 1976 i pozostaje cenną do dziś. Problem tektytów pozornie wydaje się prosty: kawałki krzemionkowego szkliwa leżące na ziemi w różnych miejscach. Przyciągał on uczonych takiej miary jak Urey, Anders, Shoemaker, Chao. Szybko pojawiły się dwie szkoły myślenia, jedna utrzymująca, że tektyty pochodzą z Księżyca, druga, że są one ziemskiego pochodzenia i są materią wyrzuconą z kraterów uderzeniowych takich jak Ries Kessel w Niemczech (szybko powiązany z moldawitami o podobnym wieku). Dziedzina przeobrażeń szokowych rozkwitła w latach sześćdziesiątych równolegle z rosnącą wiedzą o tektytach. Szczególne znaczenie miało odkrycie przez B. P. Glassa mikrotektytów w Oceanie Indyjskim, z czego wynikała dla obszaru rozrzutu w południowo-wschodniej Azji masa rzędu miliarda ton.

Myślenie O'Keefe o tektytach było zdominowane przez kilka faktów. Po pierwsze guzikowaty kształt australitów sugerował wejście w atmosferę z prędkością około 11 km/s, co wykazał doświadczalnie Chapman. Po drugie klasyczne tektyty były niemal idealnie szklane, z czego wynikało — gdyby były one stopami pozderzeniowymi — niemal momentalne uzyskanie szkła takiej jakości, jakiej nie może uzyskać przemysł szklarski. Po trzecie kilku specjalistów od tektytów, szczególnie Baker, uważało, że wiele australijskich tektytów znajdowało się na Ziemi zaledwie od kilku tysięcy lat, mimo że ich wiek radiometryczny wynosi około 770 tys. lat. Ostatecznym problemem dla teorii zderzeń z Ziemią był krater źródłowy ogromnego obszaru rozrzutu tektytów w południowo-wschodniej Azji, wciąż nie odnaleziony mimo ostatnich badań terenowych, które prowadzili Fiske, Schnetzler i McHone.

Pod koniec życia O'Keefe reprezentował coraz mniej popularną szkołę myślenia. Jak na ironię, gdyż był on jednym z tych, którzy pomagali planować prace naukowe dla wypraw na Księżyc, próbki przywiezione z Księżyca okazały się głównie bazaltami lub produktami ich dyferencjacji oraz wywodzącymi się z nich brekcjami.

Odkrycia ostatnich lat XX wieku wykazały, że teoria księżycowego pochodzenia tektytów jest błędna. O'Keefe nie był już w stanie odnieść się do tych wyników z powodu wieku i pogarszającego się zdrowia. Decydującym było odkrycie przez Poaga struktury uderzeniowej Chesapeake Bay. Ten obecnie podpowierzchniowy krater utworzył się 35 milionów lat temu, co odpowiada radiometrycznemu wiekowi tektytów północnoamerykańskich (bediazyty, georgiaity, pojedynczy tektyt Martha Vineyard). Badane przez Glassa mikrotektyty dopełniły łańcuch przyczynowy między tym kraterem a północnoamerykańskimi tektytami. Pośmiertna publikacja Shoemakera (który nazwał O'Keefe ojcem chrzestnym astrogeologii) i Uhlherra pokazała, że stratygraficzny wiek australitów z Port Campbell jest ostatecznie zgodny z ich wiekiem radiometrycznym 770 tys. lat.

Czy O'Keefe mylił się co do pochodzenia tektytów? W wąskim sensie prawdopodobnie tak. Tektyty są obecnie powiązane niewątpliwie z przynajmniej dwoma znanymi kraterami uderzeniowymi (Chesapeake Bay i Ries); pozorny młody wiek australitów z Port Campbell został wykluczony przez prace terenowe; i niewiele skał o składzie tektytów znaleziono na Księżycu. Model mórz księżycowych Lowmana, proponowany jako petrologiczny mechanizm formowania macierzystej materii tektytów okazał się błędny niemal pod każdym względem.

Patrząc szerzej, O'Keefe miał rację w kwestiach ogólniejszych niż pochodzenie tektytów. Księżyc okazał się zdyferencjowanym obiektem utworzonym w stanie rozgrzanym, inaczej niż w dominującym niegdyś poglądzie Harolda Ureya, że jest to ciało chondrytowe z niewielką późniejszą aktywnością magmową. Księżyc najwidoczniej wywodzi się z Ziemi, nie w wyniku oderwania przez siły pływowe, jak chciał O'Keefe, ale po zderzeniu z ciałem wielkości Marsa po uformowaniu się jądra. Materia granitowa (KREEP) występuje na Księżycu okalając Morze Deszczów. KREEP nie jest materią tektytową czy macierzystą dla tektytów, ale też z pewnością nie jest pierwotną materią chondrytową. Wreszcie odkrycie meteorytów księżycowych na Antarktydzie pokazuje, że materia może zostać wyrzucona z Księżyca w wyniku zderzeń i może dotrzeć do Ziemi. Jak dotąd żaden z tych meteorytów nie przypomina tektytu, ale mechanizm został pokazany.

Badania tektytów przez O'Keefe można podsumować cytując zdanie fizyka, Leopolda Infelda, odnoszące się do einsteinowskiej „stałej kosmologicznej", że błędne rozwiązanie ważnego problemu może być bardziej użyteczne niż poprawne rozwiązanie trywialnego problemu. John O'Keefe zaatakował fundamentalne problemy: pochodzenie Księżyca, jego skład i struktura oraz pochodzenie miliardów ton szkła rozrzuconego po całej Ziemi. Być może się mylił, ale na pewno nie było to trywialne.

Paul D. Lowman Jr.
Goddard Space Flight Center (Code 921)
Greenbelt, Maryland 20771, USA

Wybrane publikacje Johna O'Keefe (w porządku chronologicznym):

O'Keefe J. A., Ed. (1963) *Tektites*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 228 pp

O'Keefe J. A. and Shute B. E. (1963) Origin of tektites. *Science* **139**, 1288-1290.

O'Keefe J. A. (1966) The origin of tektites. *Space Sci. Rev.* **6**, 174-221.

O'Keefe J. A. (1976) *Tektites and Their Origin.* Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Holandia. 254 pp.

Kapoeta — niezwykły howardyt

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 2. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Wiedziałem, że jest inna, gdy tylko na nią spojrzałem. Na targach Tucson 2000 Steve Arnold sprzedawał płytki cienkie z kolekcji Elberta A. Kinga. Moją uwagę zwróciła zwłaszcza jedna, z howardytu Kapoeta. Nawet bez powiększenia widziałem coś w rodzaju okruchu o strukturze, jakiej nie widziałem dotąd w żadnym meteorycie, tym bardziej w howardycie. Starając się zachować obojętność wziąłem dziesięciokrotną lupkę i obejrzałem dokładnie najdziwniejszą płytkę cienką, jaką kiedykolwiek widziałem. Szybko zapłaciłem żądaną sumę, zastanawiając się jednocześnie, co właściwie kupiłem. Po powrocie z targów do Oregonu przygotowałem mikroskop do kolejnej przygody, tym razem z materią z powierzchni ciała, które uległo dyferencjacji.

Tło

Spadek howardytu Kapoeta obserwowano 22 kwietnia 1942 r. w Sudanie. Zebrano 11,355 kg. Fig. 1 przedstawia płytkę Kapoety z kolekcji Kinga. Od razu widać, że meteoryt zawiera liczne okruchy o bardzo różnym składzie. Jest to brekcja polimiktyczna, a ściślej brekcja regolitowa stanowiąca mieszaninę okruchów diogenitowych i eukrytowych osadzonych w drobnoziarnistym cieście skalnym z okruchów piroksenu i plagioklazu (eukrytowych) oraz okruchów piroksenitu (diogenitowych). Niektóre z ciemnych okruchów są sproszkowaną materią howardytową obejmującą fragmenty eukrytu. Kilka okruchów, to ksenolity chondrytu węglistego. Howardyty uważa się za materię z powierzchni, czyli „glebę" zdyferencjowanego ciała macierzystego, mianowicie planetki 4 Westa. Analiza petrograficzna sugeruje przynajmniej dwa epizody powstawania regolitu z dowodami na topnienie (stop pozderzeniowy) i lityfikację. Jedno spojrzenie na płytkę cienką (zdjęcie na okładce) natychmiast sugeruje topnienie i rekrystalizację. Oto leżała przede mną złożona historia formowania się regolitu rzadko widoczna tak wyraźnie. Wiedziałem, że potrzebuję pomocy, więc wysłałem płytkę do Alana Rubina i Paula Warrena z UCLA. Nie trzeba mówić, że byli równie zafascynowani i zaczęli analizować okaz.

W tym czasie Paul Warren postanowił przejrzeć literaturę na temat howardytów i natknął się w MaPS z 1998 r. na pracę (A. Pun et al.), w której ten właśnie okruch widoczny w płytce cienkiej był szczegółowo opisany. Porównując dokładnie zdjęcia w publikacji z płytką cienką Warren doszedł do wniosku, że istotnie w płytce cienkiej był widoczny ten sam okruch, co na zdjęciach w publikacji. Najwidoczniej była to jedna z ośmiu płytek cienkich dostarczonych przez Kinga do badań zespołowi meteorytyków, który przygotował publikację. Po przeczytaniu pracy dr Warren przekazał mi następujące podsumowanie: „Składa się ze zszokowanego diogenitowego jądra otoczonego normalną howardytową klastyczną materią, otoczoną zakrzepłym piroksenitowym stopem pozderzeniowym, otoczonym jeszcze jednym, mniej charakterystycznym pod względem składu stopem pozderzeniowym." Ponieważ okruch był już dokładnie przebadany, dr Warren odesłał płytkę wyrażając żal, że wieści mogą być nieco rozczarowujące. Nic podobnego, pomyślałem. Przyjrzyjmy się temu.

Okruch „H" — gruba warstwa

Badając Kapoetę autorzy wybrali cztery bardzo różne okruchy oznaczając je A, B, D i H. Opisywana tu płytka cienka przedstawia okruch H. Zaczynamy od spojrzenia na całą płytkę cienką na Fig. 2. Zauważamy od razu, że wygląda to na warstwową strukturę z zewnętrzną grubą warstwą (a) owiniętą wokół klinowatego okruchu (b), który sam składa się z warstw (c, d). Ogólna tekstura grubej warstwy to drobnoziarniste ciasto skalne składające się z drobnych ziarenek piroksenu i plagioklazu otaczających znacznie większe okruchy skalne i ziarna minerałów widoczne przy skrzyżowanych polaroidach w niskich barwach interferencyjnych. Ziarna większe niż 20 mikrometrów uważa się za mineralne fragmenty, natomiast ziarna mniejsze od 20 mikrometrów uznaje się za część howardytowego ciasta skalnego.

W tym cieście skalnym osadzone są także fragmenty okruchów howardytowego stopu pozderzeniowego wyglądające na niemal czarne, ponieważ tworzące je bardzo małe ziarna pochłaniają większość przechodzącego przez nie światła. W (a) na Fig. 3 widzimy osadzone w tych ciemnych okruchach mniejsze okruchy eukrytowe i diogenitowe co skłania badaczy do traktowania ich jako brekcję w brekcji. Osobliwy okruch u góry, tuż nad jasnożółtym ziarnem piroksenu ukazuje maleńkie, igiełkowate listewki piroksenu ułożone w okruchu howardytowym (b). Przykład skalnego okruchu złożonego z kilku minerałów można zobaczyć u góry z prawej z pomarańczowym minerałem połączonym z mniejszymi żółtymi, niebieskimi i białymi fragmentami (c). Niektóre czarne ziarna bez szczegółow teksturalnych, to minerały w wygaszeniu optycznym. Inne znacznie mniejsze czarne, nieprzezroczyste ziarna mogą być minerałami takimi jak troilit i chromit, albo występującym sporadycznie metalicznym żelazem niklonośnym.

Pełna okruchów brekcja stopu pozderzeniowego

Wędrując w prawo na Fig. 2 napotykamy najbardziej zewnętrzną cienką, czarną warstwę na granicy howardytowego ciasta skalnego. Ta warstwa tworzy pełną obwódkę wokół klinowatego okruchu H. Okruch ten jest zupełnie słusznie nazywany brekcją powleczoną stopem. Czarna warstwa jest w istocie powłoką okruchu. Fig. 4 przedstawia powiększoną część tej warstwy mającej grubość od 0,34 do 0,68 mm (a). Nazywa się ją wypełnioną okruchami brekcją stopu pozderzeniowego. Struktura płynięcia silnie sugeruje stop, który chwycił okruchy minerałów, gdy był

jeszcze płynny. Zauważmy, że przynajmniej na pierwszy rzut oka ułożenie wielu ziaren minerałów uwięzionych w stopie wykazuje kierunkowość; to znaczy ich dłuższe osie wskazują ten sam kierunek, jakby ziarna przemieszczały się we wciąż płynącym stopie. Czarna warstwa składa się z bardzo drobnoziarnistej, mikrokrystalicznej materii zbyt małej do obserwowania przez mikroskop optyczny. Skutecznie rozprasza ona i pochłania przechodzące światło sprawiając, że wydaje się czarna. Stop musiał zakrzepnąć w ciągu kilku minut od uderzenia, które go wytworzyło.

Piroksenowy stop pozderzeniowy

Z pewnością najbardziej zdumiewającą częścią okruchu H jest kolejna warstwa, którą badacze nazwali piroksenowym stopem pozderzeniowym. Fig. 4 ukazuje tę warstwę jako złożony układ długich, igiełkowatych kryształów piroksenu, których jeden koniec styka się z mikrokrystaliczną warstwą powyżej, przypuszczalnym źródłem kryształów (b). Kilka grup kryształów na Fig. 4 rozchodzi się promieniście ze wspólnego punktu nukleacji w czarnym stopie pozderzeniowym. Krzyształy są proste bez widocznych zbliźniaczeń. Ponieważ całkowicie otaczają okruch, wyglądają jakby rozchodziły się promieniście od jego środka.

Howardytowe ciasto skalne

Po przejściu przez gmatwaninę listewek piroksenu napotykamy kolejne howardytowe ciasto skalne składające się z maleńkich ziarenek z podobną liczbą dużych fragmentów piroksenu i plagioklazu. Zwróćmy uwagę na rzadko spotykane niebieskie ziarno plagioklazu z wielokrotnymi zbliźniaczeniami biegnącymi równolegle do długości kryształu ((a) na Fig. 5). Z prawej strony biegną przez okruch dwie czarne żyłki szokowe (zob. Fig. 2). Kończą się one na obwódce stopu pozderzeniowgo. Ciemne, wydłużone fragmenty stopu pozderzeniowego (b) obejmujące okruchy eukrytowe, można zobaczyć na Fig. 5 tuż obok piroksenowej skały stopionej uderzeniem, na lewo od niebieskiego kryształu plagioklazu. Wiele ziaren minerałów w howardytowym cieście skalnym prezentuje umiarkowane efekty szokowe (faliste wygaszanie), ale gdy przeniesiemy się w kierunku jądra okruchu (prawy brzeg na Fig. 2), to minerały prezentują silny szok pozderzeniowy. Jądro składa się z materii diogenitu.

Klucze do procesów wytwarzających regolit na 4 Westa

Historia okruchu H ma związek z obserwacjami, jakie poczyniliśmy w tym artykule oraz innymi danymi, szczególnie ilością schwytanych słonecznych gazów szlachetnych mierzoną w różnych warstwach okruchu H. Diogenitowe jądro tego okruchu jest ubogie w składniki gazu słonecznego. Materia tego jądra, magmowa, ultrazasadowa skała piroksenowa, powstała dostatecznie głęboko, by być chronioną przed wiatrem słonecznym. Potem nastąpiło potężne zderzenie, wystarczająco silne, aby wykopać tę skałę i wynieść ją w pobliże powierzchni powstałego regolitu. Na powierzchni kolejne zderzenia wymieszały składniki howardytowe i diogenitowe cementując je w końcu w litą skałę. Położenie skały blisko powierzchni wystawiło jej zewnętrzne części na spotkania z cząstkami wiatru słonecznego i spowodowało gromadzenie gazów szlachetnych. Potem kolejne zderzenie stopiło piroksenitowy składnik pokrywając kamień stopem, z którego powstała warstwa z siecią cienkich kryształów piroksenu. Ekscentryczno-promienista tekstura listewek piroksenu wskazuje, że ta powłoka była w stanie stopionym dostatecznie długo, by mogły wytworzyć się kryształy. Ta obwódka pochłonęła największą koncentrację cząstek wiatru słonecznego i zawiera najwięcej gazów szlachetnych. Tak więc zawartość gazów szlachetnych wzrasta od jądra po obwódkę okruchu H pokazując powtarzające się mieszanie składników regolitu z czasem.

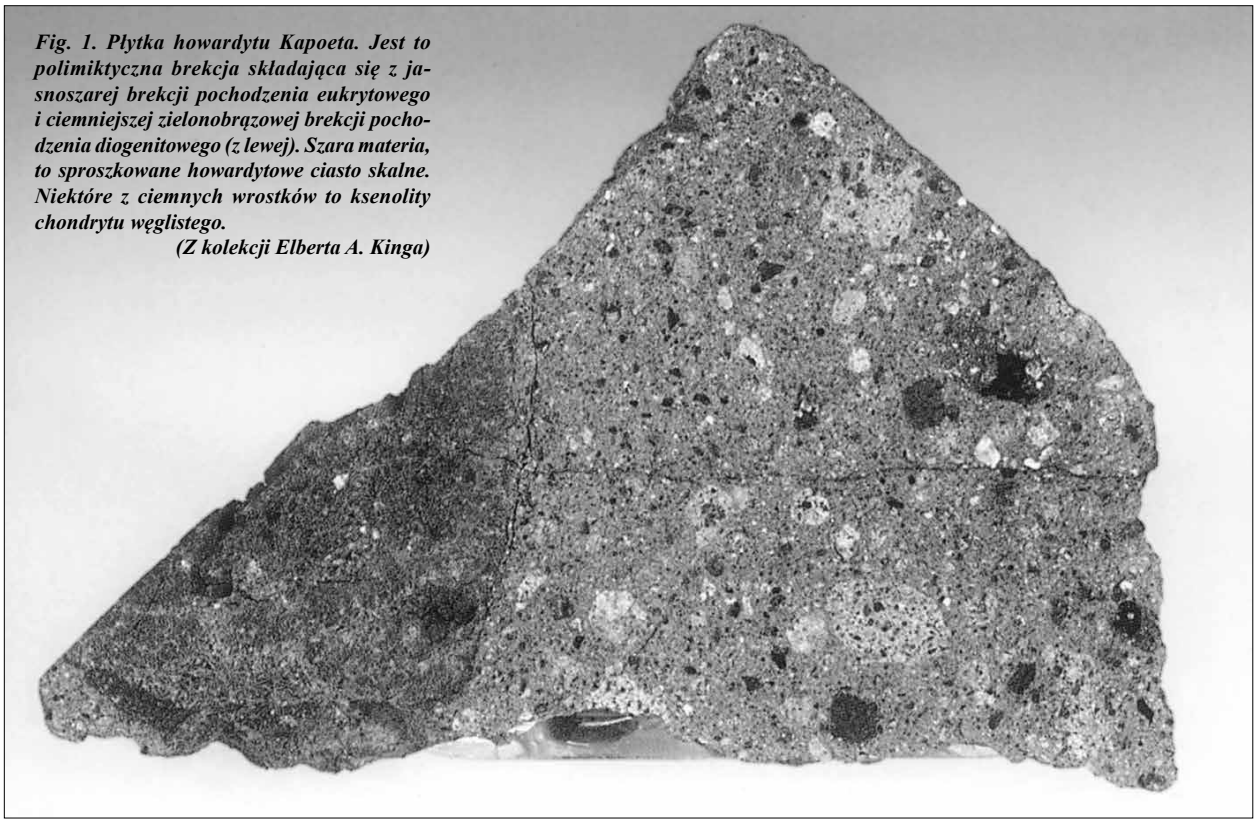
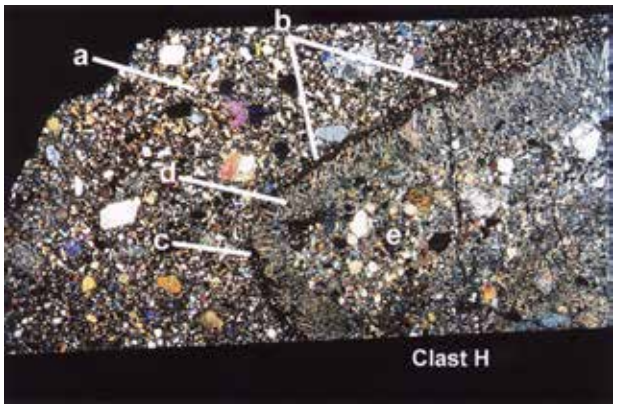


Fig. 1. Płytka howardytu Kapoeta. Jest to polimiktyczna brekcja składająca się z jasnoszarej brekcji pochodzenia eukrytowego i ciemniejszej zielonobrązowej brekcji pochodzenia diogenitowego (z lewej). Szara materia, to sproszkowane howardytowe ciasto skalne. Niektóre z ciemnych wrostków to ksenolity chondrytu węglistego.
(Z kolekcji Elberta A. Kinga)

Fig. 2. To jest cała płytka cienka Kapoety o długości 32 mm oglądana przy skrzyżowanych polaroidach. Gruby obszar howardytowy (a) owija się wokół klinowatego okruchu H (b). Między obszarem howardytowym a okruchem H jest ciemna obwódka (c), wypełniona okruchami warstwa stopiona przy zderzeniu, a wewnątrz niej jest warstwa malutkich kryształów piroksenu zwana piroksenową skałą stopioną przy zderzeniu (d). Poza tą warstwą jest drugi obszar howardytowy (e). Fot. Tom Toffoli.



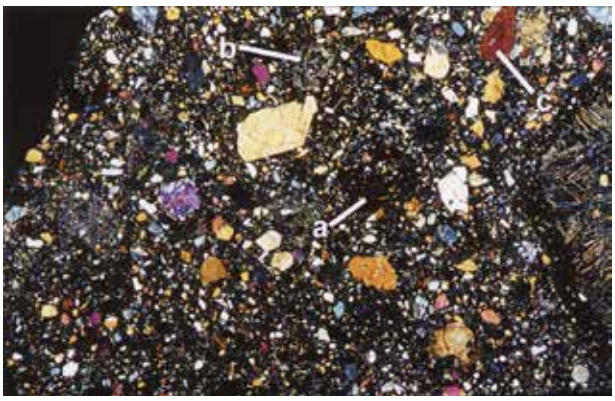


Fig. 3. Gruby obszar howardytowy to ciemne ciasto skalne złożone z mieszaniny maleńkich ziaren eukrytowych i diogenitowych. Większe ziarna to te same minerały, oraz okruchy skalne złożone z kilku minerałów (c). Ciemne okruchy howardytowe złożone z czarnego, drobnoziarnistego ciasta skalnego, są widoczne dzięki uwięzionym w nich fragmentom minerałów (a). U góry w środku, obok jasnożółtego ziarna ortopiroksenu jest ciemny okruch howardytowy zawierający maleńkie listewki piroksenu (b). Obraz ma 16,2 mm szerokości. Polaroidy skrzyżowane. (Fot. Tom Toffoli).

Fig. 4. Ten powiększony obraz uzyskany przy skrzyżowanych polaroidach ukazuje czarną, wypełnioną okruchami warstwę stopioną przy zderzeniu (a), oddzielającą strefę howardytową od okruchu H. Ta obwódka całkowicie otacza okruch. Wytworzona przez zderzenie stopiona skała piroksenitowa schwytała ziarna minerałów, które najwidoczniej płynęły z nią. Za stopioną obwódką napotykamy gromadę igiełkowatych kryształów piroksenu tworzących warstwę stopionej uderzeniem skały piroksenowej (b). Szerokość obrazu wynosi 5,2 mm. (Fot. Tom Toffoli).

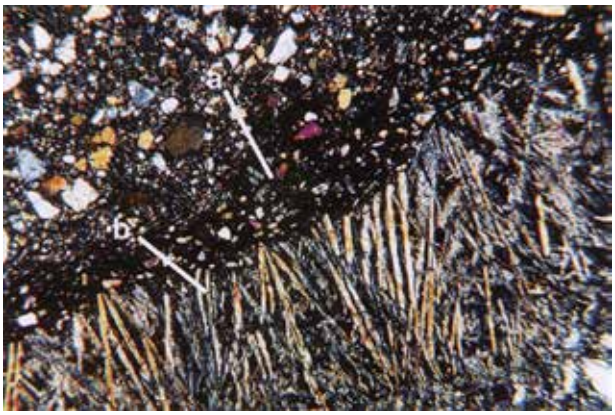
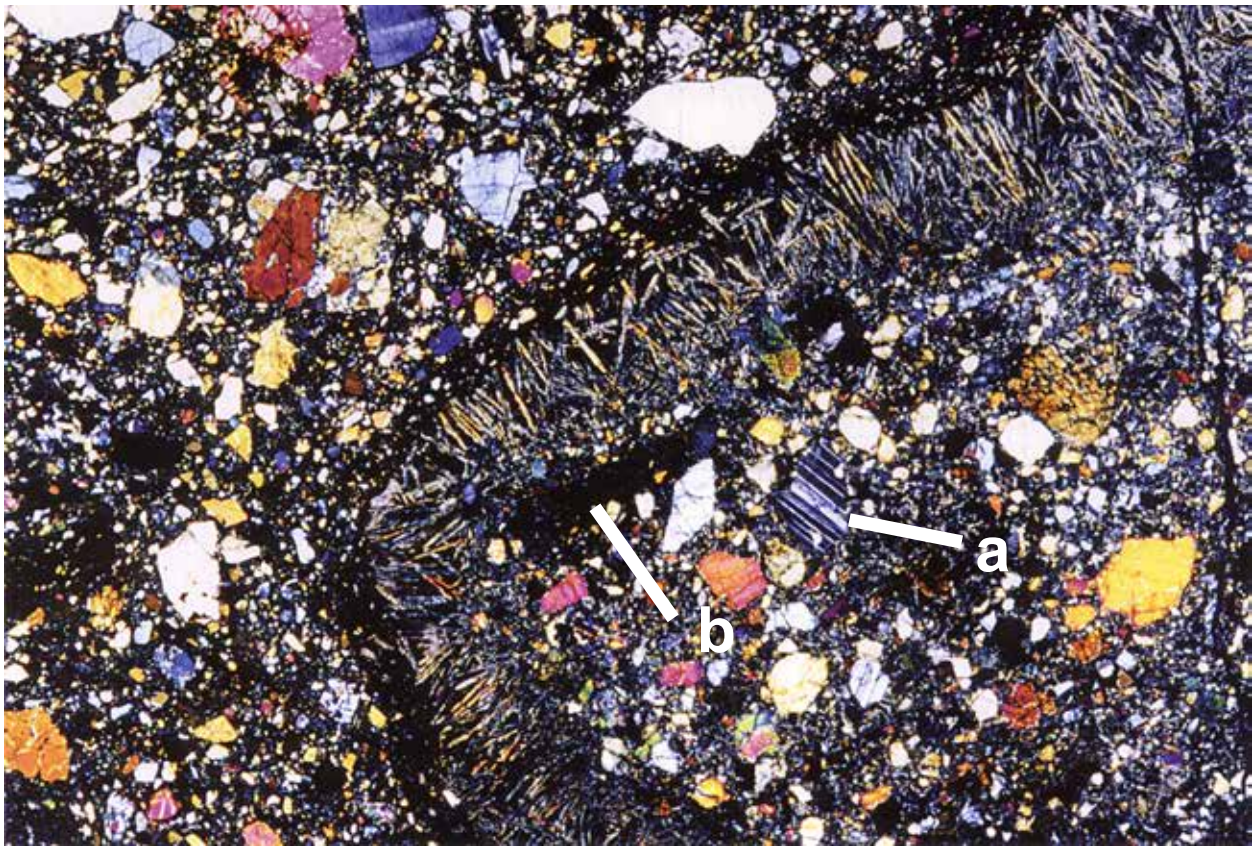



Fig. 5. To zdjęcie (także na okładce) ukazuje niebieskie ziarno plagioklazu (a) z czarnymi płaszczyznami wielokrotnych zbliźniaczeń ułożonych równolegle względem siebie. Jest to ziarno eukrytowe. Ciemny obszar (b) jest okruchem stopu pozderzeniowego z uwięzionymi w nim maleńkimi okruchami eukrytowymi. Zauważmy czarną żyłkę szokową przy prawym brzegu. (Fot. Tom Toffoli).