

BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 4 (40)

Grudzień 2001

W numerze: Do kogo należą meteoryty?
Tagish Lake, Chassigny, Morasko, Gifhorn



MARS OZŁOCONY

10 lat „Meteorytu”!

Meteoryt (ISSN 1642-588X)
– 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. Piłski

Skład: Jacek Drązkowski

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 głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2002 roku 24 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.

Zapraszamy
na stronę
Polskiego Serwisu
Meteoritowego:
jba1.republika.pl



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:

To wydanie „Meteorytu” nosi kolejny numer 40, co dla kwartalnika oznacza, że kończy się 10 lat jego istnienia. Chciałbym z tej okazji podziękować najbardziej wytrwałym czytelnikom. Nie udało mi się odszukać pierwszej listy wysyłkowej, ale na drugiej, z 1993 roku widnieją następujące osoby spośród obecnych prenumeratorów: **Jarosław Bandurowski, Janusz Baryła, Tomasz Celeban, Leszek Chróst, Bartosz Dąbrowski, Jacek Drązkowski, Grzegorz Gnyński, Janusz Kosinski, Michał Kosmulski, Anna Kowarska, Jan Kozakiewicz, Andrzej Manecki, Marek Micherdziński, Marek Muciek, Łukasz Obroślak, Michał Ostrowski, Dariusz Piasecki, Tadeusz Przylibski, Jerzy Puszc, Krzysztof Socha, Katarzyna Stanilewicz, Krzysztof Szczepaniuk, Marek Wierchowicki.** Wtedy prenumeratorów było akurat 40. Dziękuję, że aż tylu wytrwało.

Objętość tego numeru wzrosła do 44 stron, aby pomieścić wyczerpujące opracowanie na temat sytuacji prawnej meteorytów, za które autorom bardzo dziękuję. Niejednokrotnie stykałem się z pytaniem, do kogo należy znaleziony meteoryt, i trudno było znaleźć na to odpowiedź. Teraz będzie trochę łatwiej, choć jak wynika z artykułu, sprawa nadal nie jest prosta.

Dużo ciekawych informacji znalazło się w materiałach z konferencji Meteoritical Society, która w tym roku odbyła się w Watykanie. Z polskich meteorytów wspomniano tam o Morasku i Zakłodzie, choć ten ostatni wystąpił w cieniu Itqiy zbadanego dokładniej przez Amerykanów. Są oni zdania, że Zakłodzie to fragment macierzystej planetoidy chondrytów enstatytowych z obszaru, który stopił się i ponownie skrzystalizował wskutek zderzenia z fragmentem innej planetoidy.

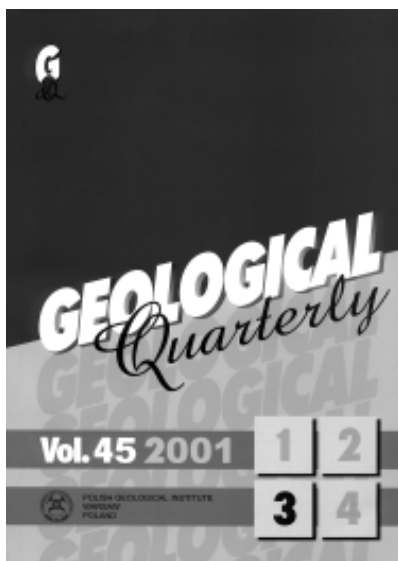
Meteoryt Morasko widoczny jest w tym numerze z dwóch powodów. Rainer Bartoschewitz wystąpił na konferencji w Watykanie, a potem na zjeździe Polskiego Towarzystwa Geologicznego z ciekawą koncepcją, którą zgodził się zaprezentować także na łamach „Meteorytu”, zanim zobaczą ją czytelnicy „Meteorite”. Michał Gregorczyk znalazł natomiast najbardziej efektowny okaz Moraska, jaki kiedykolwiek widziano. Dziura w jego środku to pozostałość po zwietrzalej inkluzji troilitu. Na brzegu jest podobna pozostałość po innej inkluzji biegnącej równolegle, a ponadto widoczne są z obu stron wyloty dwóch mniejszych inkluzji troilitowych, biegnących równolegle do tych dużych. Morasko nie przestaje nas zadziwiać.

Trudno było tym razem znaleźć miejsce na materiały z „Meteorite”. Pierwszeństwo miały oczywiście kontynuacje artykułów z poprzednich numerów. Z ulgą odnotowuję zakończenie tasiemcowej opowieści o Tagish Lake.

Z przyjemnością zwracam uwagę na trzeci numer „Kwartalnika Geologicznego” z tego roku, poświęcony w całości Baszkówce. Jest tam wiele ciekawych artykułów i wspaniałe ilustracje. Jediną wadą jest fakt, że wszystko to jest napisane po angielsku i adresowane do specjalistów.

Z nadzieją, że ten numer dotrze do Czytelników przed Świętami, wraz z Jackiem Drązkowskim życzę Wesołych Świąt Bożego Narodzenia i Szczęśliwego Nowego 2002 Roku.

Andrzej S. Piłski



Podsumowanie badań Baszkówki

Ukazał się trzeci tegoroczny numer Kwartalnika Geologicznego poświęcony w całości wynikom badań meteorytu Baszkówka prowadzonych w ramach grantów 6 PO4D 031 i 6 PO4D 061 18 Komitetu Badań Naukowych. Kwartalnik ten jest adresowany do naukowców i publikowany w języku angielskim. Numer otwiera wstęp napisany przez kierującego badaniami dr Mariana Stępniewskiego i piękne zdjęcie Baszkówki. Potem idą dwa artykuły wstępne o ogólniejszym charakterze i 11 artykułów prezentujących wyniki różnego rodzaju badań Baszkówki i niejednokrotnie porównania z bliźniaczym meteorytem Mt. Tazewait. Jeśli ktoś miałby jeszcze wątpliwości co do wspólnego pochodzenia tych dwóch meteorytów, to zdecydowanie rozwiewa je artykuł prof. Rajmunda Dybczyńskiego i jego współpracowników przedstawiający wyniki badań składu chemicznego. Ozdobą numeru są piękne zdjęcia mikroskopowe różnych struktur Baszkówki. Gratulując autorom mam nadzieję, że za kilka lat zobaczymy numer poświęcony badaniom Zakłodzia.

A.S.P.

Mars ozłocony

W sobotę 10 listopada prof. dr hab. Michał Sachanbiński otworzył w Muzeum Mineralogicznym przy ul. Kuźnicznej 22 we Wrocławiu wystawę biżuterii wykonanej przez Sławomira Dereckiego. Główną atrakcją były wyroby z meteorytów, a wystawa była w sali sąsiadującej z wystawą meteorytów. Na otwarciu przybyli naukowcy i kolekcjonerzy meteorytów, a także dziennikarze z mikrofonami i kamerami.

Sławomir Derecki od szeregu lat tworzy nietypową biżuterię narażając się ortodoksyjnym kolegom po fachu. Po opracowaniu w złoto skamieniałości zainteresował się meteorytami. Jak twierdzi, sięga tylko do tradycji, bo skamieniałości oprawiali w złoto już Inkowie a bransoleta z meteorytowego żelaza sprzed z górą 2500 lat leży w Muzeum Regionalnym w Częstochowie. Na wystawie zaprezentował wisiorki, bransolety, kolczyki, pierścienie, obrączki, brosze z oprawionymi w złoto fragmentami meteorytów Gibeon, Ghubara, Imilac, Sikhote-Alin, Morasko, a także Wełtawitami. Najbardziej eksponowane miejsce zajmowały oprawione w złoto małe fragmenty marsjańskiego meteorytu Dhofar 019 (zob. okładka) znalezione w Omanie na początku zeszłego roku. Jeden z nich twórca tej

niezwykłej biżuterii podarował Planetarium im. Władysława Dzierżewskiego w Toruniu otrzymując w rewanżu tradycyjny toruński piernik.

A.S.P.

Zdjęcia obok:

J. Bandurowski

Zdjęcie na okładce:

R. Lubowicz



Prof. dr hab. Michał Sachanbiński otwiera wystawę. Z prawej twórca biżuterii.



Wymiana Marsjanina w złotej oprawie na toruński piernik.

Nowy obraz Marsa odczytany z meteorytów

Christopher Herd

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 4. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Wstęp

Po otrzymaniu danych z nowych wypraw na Marsa nasze wyobrażenie, czym naprawdę jest Mars, znów ulega zmianie. Mars Pathfinder analizował glebę i skały i jego dane wskazują, że pył jest wszędzie, przylepiony do powierzchni. Obecność tego pyłu może być skutkiem znacznych przeobrażeń hydrotermalnych i wietrzenia w przeszłości. Mars Global Surveyor wciąż przysyła widowskie obrazy marsjańskiej powierzchni prowokując zażarte spory, czy woda jest stabilna pod powierzchnią, czy jest to woda czysta, czy zasolona, i czy woda czasem wylewa się na powierzchnię, nawet dziś.

Marsjańskie meteoryty, obecnie w liczbie 19, pozostają jedynymi fragmentami Marsa, które można badać w ziemskich laboratoriach. Z punktu widzenia kogoś, kto bada te meteoryty, aby stwierdzić, w jaki sposób utworzyły się one z magmy (w przeciwieństwie do badaczy szukających w nich śladów życia), wydaje się, że nie mówią one wiele więcej ponad to, co już wiemy. Na przykład wiadomo, że są to skały magmowe dość podobne do ziemskich ba-

zaltów, które krystalizowały z magmy, która wylała się na powierzchnię, albo utworzyła intruzje tuż pod powierzchnią. Jednak niedawne prace, włącznie z opisaną niżej pracą autora na temat lotności tlenu w niektórych marsjańskich meteorytach, rzucają nowe światło na procesy mające wpływ na formowanie się tych skał i wzbogacają naszą znajomość zasadniczych różnic między skorupą i płaszczem Marsa.

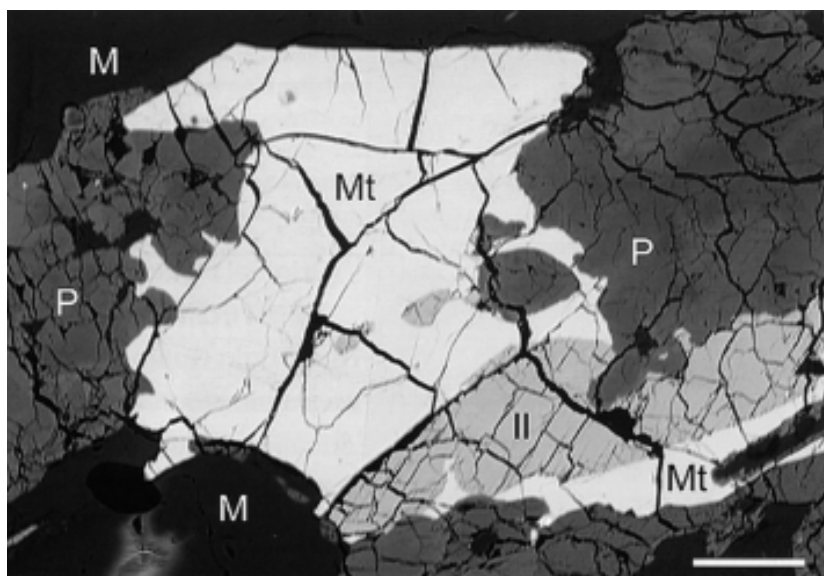
Lotność tlenu w marsjańskich bazaltach

Moje badania koncentrowały się na wyznaczeniu lotności tlenu w bazaltowych shergottytach (nazywanych dalej marsjańskimi bazaltami). Określenie „lotność” opisuje ciśnienie, czyli po prostu ilość, obecnego gazu (w tym przypadku w magmie lub w skale). Tlen jest gazem, którego mamy pod dostatkiem w ziemskiej atmosferze. Każdy właściciel starego samochodu wie, że elementy wykonane z metalu, zwłaszcza z żelaza, mają tendencję do rdzewienia na powietrzu. Dzieje się tak dlatego, że tlen jest gazem utleniającym, powodującym, że żelazo w metalu sta-

je się bardziej utlenionym przechodząc od postaci Fe^{2+} do postaci Fe^{3+} . Barwę nadaje rdzy bardziej utleniona postać żelaza. Większa lotność tlenu oznacza, że jest go więcej, a więc warunki są bardziej utleniające. Mniejsza lotność tlenu oznacza mniej tlenu i bardziej redukcyjne warunki.

Sposób, w jaki przejawia się lotność tlenu, może wprawiać w zakłopotanie. Lotność tlenu zmienia się z temperaturą i wyrażana jest w stosunku do buforowej lub standardowej, która jest reakcją między pewnymi minerałami określającą właściwą lotność tlenu dla danej temperatury. Przykładem jest reakcja: kwarc + magnetyt = fajalit + tlen, nazywana buforem „kwarc, fajalit, magnetyt” albo „QFM”. Lotność tlenu zmienia się bardziej, niż jakakolwiek inna zmienna geologiczna. Z tego powodu wyrażamy ją w jednostkach logarytmicznych (o podstawie 10) w atmosferach tlenu. To znaczy coś co jest o jedną jednostkę logarytmiczną ponad bufor QFM ($\text{QFM} + 1$), jest dziesięciokrotnie bardziej utlenione niż bufor; coś co jest dwie jednostki ponad bufor QFM jest 100 razy bardziej utlenione.

Wyznaczanie lotności tlenu w marsjańskich bazaltach jest tym samym, co wyznaczanie, ile tlenu było dookoła, gdy bazalt krystalizował. Chciałem zobaczyć, czy są znaczące różnice tego parametru w różnych próbkach. Aby to zrobić, wykorzystałem mikrosondę do otrzymania składu spinelu i ilmenitu w następujących meteorytach: QUE 94201, Dar al Gani 476, EETA 79001, Zagami, Shergotty i Los Angeles. Spinel (odmiana tytanomagnetytowa) i ilmenit są tlenkami, które są czułe na zmiany lotności tlenu, przede wszystkim dlatego, że do struktur krystalicznych przyjmują zarówno żelazo dwuwartościowe, jak i trójwartościowe. Względne proporcje obu rodzajów żelaza w tytanomagnetycie i ilmenicie odzwierciedla lotność tlenu w skale. Mó-



Rys. 1. Uzyskany przy pomocy mikrosondy elektronowej obraz tytanomagnetytu (T) i ilmenitu (I) w Zagami. Widoczne są także maskelinit (M) i piroksen (P). Pasek skali ma długość 0,1 mm.

więc po prostu im więcej „rdzy” jest w danym mineralu, tym więcej było tlenu przy formowaniu się tego mineralu. Tytanomagnetyt i ilmenit zwykle wzajemnie przerastają się w tych skalach, co widać na rys. 1.

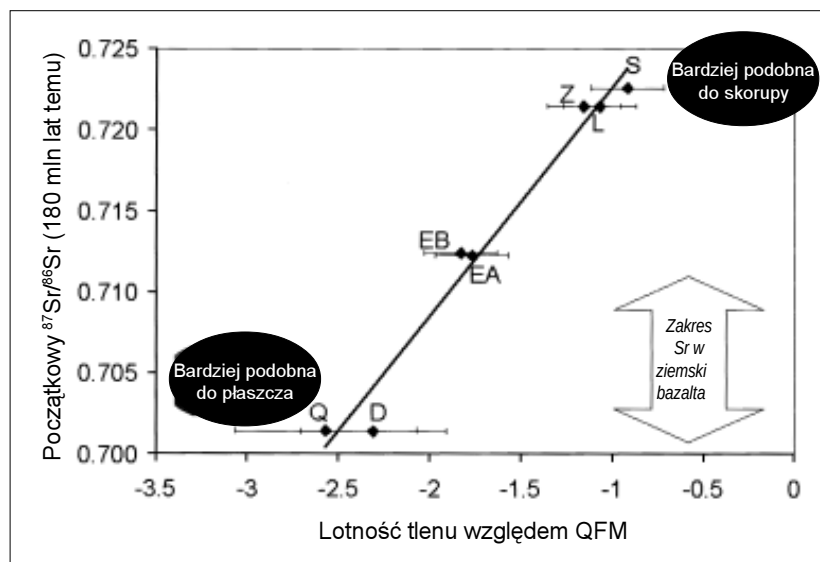
Wyniki tych badań są pierwszą wyczerpującą oceną lotności tlenu w marsjańskich bazaltach. Wcześniejsze próby ocen były dokonywane przez różnych badaczy przy pomocy różnych przyrządów, standardów analitycznych i procedur, co dawało najrozmaitsze wyniki. Analizując wszystkie wymienione marsjańskie meteoryty w tych samych warunkach analitycznych mogłem lepiej porównać bazalty pod względem ilości tlenu obecnego podczas ich krystalizacji.

QUE 94201 jest najbardziej zredukowanym z marsjańskich bazaltów, który krystalizował około 3 jednostek logarytmicznych poniżej buforu QFM. Obie litologie EETA 79001 mają lotność tlenu około 1,8 jednostek logarytmicznych poniżej QFM, a Los Angeles, Zagami i Shergotty formowały się przy QFM -1. Używając nieco innej metody wyznaczania lotności tlenu stwierdziłem, że Dar al Gani 476 krystalizował około 2,3 jednostek logarytmicznych poniżej QFM.

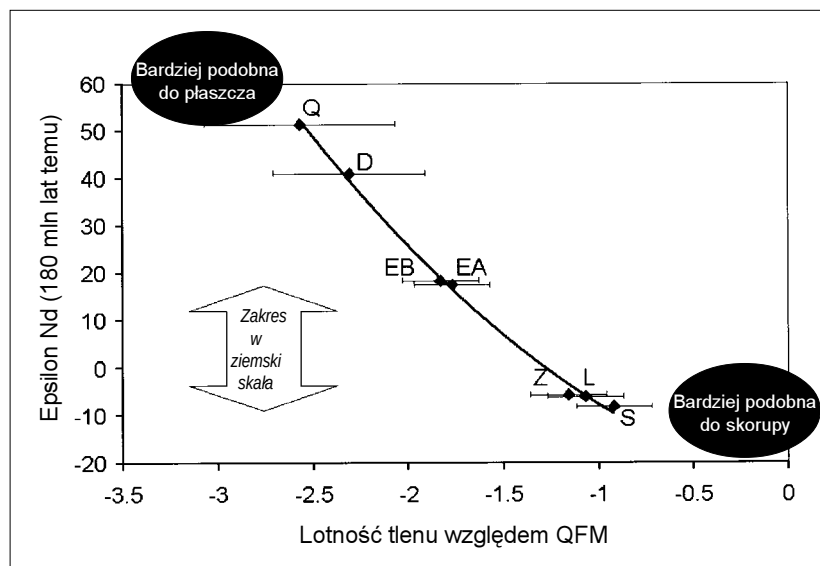
Przedział lotności tlenu w marsjańskich bazaltach jest zagadkowy. Na Ziemi lotność tlenu w bazaltach zmienia się znacznie, o około 7 jednostek logarytmicznych (QFM-3 do QFM+4), ponieważ bogata w tlen (utleniająca) atmosfera i oceany utleniają skały na powierzchni. Skały te wędrują w dół do płaszcza w wyniku subdukcji i płaszcza, w którym powstają bazaltowe magmy, zostaje utleniony. Jednak Mars różni się od Ziemi, ponieważ nie ma tam tektoniki płyt i prawdopodobnie nigdy nie było. Tak więc obserwowany zakres lotności sięgający dwóch jednostek logarytmicznych stanowi ciekawy problem. Co decyduje o lotności tlenu w marsjańskich bazaltach?

Wskazówki z geochemii marsjańskich meteorytów

Geochemia zajmuje się badaniem, w jaki sposób rozmieszczone są w Ziemi pierwiastki. Każdy pierwiastek zachowuje się na swój własny sposób, ponieważ każdy ma określone cechy charakterystyczne sprawiające, że wybiera on dany minerał, magmę lub ciecz. Wiedząc, jak zachowują się pierwiast-



Rys. 2. Zależność składu izotopowego strontu od lotności tlenu w marsjańskich bazaltach. Wyższa początkowa wartość $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oznacza więcej ^{87}Sr czyli większe podobieństwo do skorupy. Zwróćmy uwagę, że zakres składu izotopowego marsjańskich bazaltów jest około dwukrotnie większy niż w ziemskich bazaltach. Q = QUE 942001, D = Dar al Gani 476, EB = EETA 79001 litologia B, EA = EETA 79001 litologia A, Z = Zagami, S = Shergotty, L = Los Angeles.



Rys. 3. Zależność składu izotopowego neodymu od lotności tlenu w marsjańskich bazaltach. Wyższa wartość Epsilon Nd oznacza więcej ^{140}Nd (mniejsze podobieństwo do skorupy, większe do płaszcza). Zauważmy, że zakres Epsilon Nd dla marsjańskich bazaltów jest około 2,5 raza większy niż dla ziemskich skał. Symbole jak na Rys. 2.

ki w Ziemi można rozciągnąć badania na meteoryty marsjańskie.

Niektóre pierwiastki są promieniotwórcze i rozpadają się z upływem czasu na inne. Są dwa takie pierwiastki badane w marsjańskich meteorytach: rubid i samar. Promieniotwórczy izotop rubidu ^{87}Rb rozpada się na ^{87}Sr (stront) i podobnie ^{147}Sm rozpada się na ^{143}Nd (neodym). W obu przypadkach pierwotne i pochodne pierwiastki mają odmienne preferencje. Gdy skalą jest częściowo stopiona, rubid wybiera magmę, a stront pozostaje w skale. W podobny sposób zachowują się neodym i samar. Skorupy Ziemi i Marsa utworzyły się w wyniku czę-

ściowego topnienia ich płaszczy. Dlatego skorupa każdej z tych planet zawiera więcej rubidu i więcej neodymu niż płaszcza. Promieniotwórczy rubid ^{87}Rb rozpada się z czasem na ^{87}Sr i w końcu skorupa zawiera dużo tego izotopu. W przeciwieństwie do tego samar, w tym promieniotwórczy ^{147}Sm , jest w płaszczu, więc w końcu płaszcza zawiera dużo ^{143}Nd , a skorupa niewiele. Tak więc ilość ^{87}Sr i ^{143}Nd w skale można uważać za geochemiczny wskaźnik mówiący, czy skała pochodzi ze skorupy czy z płaszcza. Różnica między Ziemią a Marsem jest taka, że Ziemia ma tektonikę płyt, która nieustannie miesza skorupę z płaszczem

przez subdukcję i tworzy nową skorupę. Mars natomiast ma skorupę i płaszcz, które były rozdzielone niemal przez całą marsjańską historię, ponad 4,5 miliarda lat. Tak więc geochemiczna różnica między skorupą a płaszczem Marsa jest większa od różnicy między skorupą a płaszczem Ziemi o czynnik co najmniej dwa (rys. 2 i 3).

Bazalty na Ziemi są wynikiem częściowego topnienia płaszcza i uważa się, że bazalty marsjańskie powstały w ten sam sposób. Bazalty z Marsa wykazują całą rozmaitość wskaźników geochemicznych od bardzo podobnych do płaszcza, do bardzo podobnych do skorupy. Najlepszym wytłumaczeniem tego jest asymilacja. Jest to proces, w trakcie którego ciepło uwolnione z magmy powoduje topnienie otaczającej skały. Skała ta jest następnie wciągnięta i wymieszana z magmą. Okazuje się, że marsjańskie bazalty ostatecznie pochodzą z płaszcza, ale ponieważ przedostają się przez skorupę na powierzchnię, mogą asymilować skorupę, co sprawia, że zyskują wskaźniki geochemiczne bardziej podobne do skorupy. Niektóre z marsjańskich bazaltów asymilowały bardzo niewiele skorupy, więc zachowały wskaźniki typowe dla płaszcza (mało ^{87}Sr i dużo ^{143}Nd), a inne asymilowały więcej skorupy i mają więcej ^{87}Sr i mniej ^{143}Nd (rys. 2 i 3).

Lotność tlenu a geochemia

Geochemia marsjańskich bazaltów stanowi kontekst do interpretowania wyników pomiarów lotności tlenu. Istnieje korelacja między zmianami lotności tlenu a składem izotopowym Rb — Sr i Sm — Nd (rys. 2 i 3). Pozwala na to na nowo spojrzeć na cechy charakterystyczne marsjańskiej skorupy i płaszcza. Najbardziej zredukowany marsjański bazalt QUE 94201 ma najbardziej podobny do płaszcza skład ze wszystkich marsjańskich meteorytów mając bardzo małą zawartość ^{87}Sr i bardzo wysoką ^{143}Nd . Najbardziej utlenione bazalty Shergotty, Zagami i Los Angeles mają cechy charakterystyczne bardziej zbliżone do skorupy z wysoką zawartością ^{87}Sr i niską ^{143}Nd . Obserwacja, że lotność tlenu koreluje z izotopami wskazuje, że źródło bazaltów w płaszczu jest co najmniej tak zredukowane jak QUE 94201 (około QFM -3) i że jest jakiś czynnik utleniający w marsjańskiej

skorupie. Tak więc odpowiedzią na pytanie, co decyduje o lotności tlenu w bazaltach, jest asymilacja; bazalty, które wchłonęły więcej skorupy, są bardziej utlenione.

Można machnąć ręką i stwierdzić, że skorupa Marsa jest utleniona, ale nie jest to zbyt satysfakcjonujące. Wraz z kolegami spędziliśmy wiele czasu zastanawiając się nad tymi obserwacjami i rozważyliśmy wiele sposobów, w jakie marsjańskie bazalty mogły zostać utlenione przez asymilację marsjańskiej skorupy. Najbardziej rozsądna wydaje się propozycja, że skorupa zawiera bardzo utlenione skały. Bazaltową magmę mógł utleniać hematyt, czysty tlenek żelaza trójwartościowego. Hematyt został zaobserwowany na powierzchni Marsa przez instrument znajdujący się na pokładzie orbitera Mars Global Surveyor. Jednak czysty hematyt nie może wyjaśnić geochemicznych cech bazaltów podobnych do skorupy. Z drugiej strony utlenianie bazaltowej magmy mogła spowodować skała zawierająca utlenione żelazo. Bardzo możliwe, że jest to skała, która została przeobrażona przez aktywność hydrotermalną (w tym gorące ciecze). Marsjański meteoryt Lafayette zawiera przeobrażoną i utlenioną materię zwaną iddyngsytem, która jest mieszaniną tlenków żelaza trójwartościowego i krzemianów warstwowych. Ta materia może na Marsie występować powszechnie, ponieważ uważa się, że podczas pierwszych kilkuset milionów lat Mars był bardziej ciepły i mokry. W owym czasie najprawdopodobniej występowało wiele zderzeń, na co wskazują ślady uderzeń w Księżyc pochodzące z tamtego okresu. Prawdopodobnie występował również wtedy intensywny wulkanizm. Było więc dostatecznie dużo ciepła i prawdopodobnie mnóstwo wody, która mogła krążyć w skałach powodując przeobrażenia.

Skorupa marsjańska może być przeobrażona do kilku kilometrów w głąb. Każda magma przechodząca przez tę materię byłaby prawdopodobnie zasymilowana i utleniona. Skały, przeobrażone lub nie, zawierające uwodnione minerały, tzn. minerały z wodą uwieczoną w ich krystalicznych strukturach, także mogły powodować utlenianie. Amfibole, serpentyny i miki mogły utleniać bazaltową magmę, a amfibole w szczególności mogłyby wyjaśnić zmiany geochemiczne. Ten

scenariusz przewiduje, że bardziej utlenione bazalty będą zawierały więcej rozpuszczonej wody w wyniku asymilacji uwodnionych minerałów, a niedawna praca sugeruje, że magma z której krystalizował Shergotty (jeden z najbardziej utlenionych bazaltów), mogła zawierać wodę. Tak więc asymilacja uwodnionych minerałów ze skorupy może być sposobem wytłumaczenia mechanizmu uwodnienia marsjańskich bazaltów, a nawet sposobu, w jaki woda mogła być transportowana na powierzchnię Marsa.

Uwagi końcowe

Szczegółowe badania porównawcze marsjańskich meteorytów, takie jak opisane tu badanie lotności tlenu oraz badania geochemiczne, rzucają więcej światła na naturę marsjańskiego płaszcza i skorupy. Istnienie przeobrażonej, utlenionej skorupy jest zgodne z wynikami obserwacji orbiterów i lądowników. Intrygujący jest brak silnie przeobrażonych skał w kolekcji marsjańskich meteorytów. Jednak przeobrażone skały są znacznie bardziej kruche od nieprzeobrażonych i być może zderzeniowy mechanizm, który dostarcza te próbki na Ziemię, jest selektywny na niekorzyść skał przeobrażonych, które nie przetrwałyby tej podróży. Łączenie zdalnych obserwacji Marsa z wynikami badań marsjańskich meteorytów stanowi potężne narzędzie do przewidywania, jakie typy skał możemy napotkać, gdy wyślemy roboty, lub ludzi, by zebrali próbki z Marsa.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować dr Larsovi Borgowi za dostarczenie danych izotopowych z marsjańskich bazaltów. Pragnie także, aby podziękowania przyjęli Paul Warren i Alan Rubin (UCLA), Jutta Zipfel (Max-Planck-Institut für Chemie), Rhian Jones (UNM) i Antarktyczny Program Meteorytowy (NASA Centrum Kosmiczne Johnsona) za płytki cienkie oraz Jim Papike i John Jones za owocne dyskusje. Finansowały ten projekt NASA i Instytut Meteorytyki Wydziału Nauk o Ziemi i Planetach Uniwersytetu Nowego Meksyku

*Lunar and Planetary Institute,
Houston, TX 77058*

Od redaktora „Meteorite”: Dr Christopher Herd był w 2000 roku laureatem nagrody Briana Masona



Darryl Futrell

Badacz tektytów, autor i kolekcjoner, Darryl Futrell, zmarł 13 sierpnia 2001 r. na atak serca. Określenie „zagorzały miłośnik” wydaje się zbyt słabe. Bardziej odpowiednie byłoby stwierdzenie „namiętny” kolekcjoner tektytów. Przez kilkadziesiąt lat zgromadził on „Zbiór Futrella” liczący kilkaset tysięcy okazów, po czym rozpoczął gromadzenie drugiego zbioru.

Darryl był autorem licznych publikacji w czasopismach naukowych oraz artykułów popularnonaukowych. Szczególnie dumny był z dwuczęściowego artykułu w „Rock and Gem” w lutym i marcu 1999. Był on nauczycielem z powołania, zawsze gotowym dzielić się posiadaną wiedzą. Jak detektyw nieustannie szukał w szklawie ukry-



Darryl Futrell (1935–2001), człowiek, którego namiętnością były tektyty.

tych śladów. Bystry obserwator, dostrzegał w szklawie tektytów utwory, które niewielu poza nim zauważało.

Darryl oferował cenny kontrpunkt dla obecnego popularnego widzenia tektytów. Pełnił ważną rolę strażnika zawsze broniącego przed

przyjmowaniem łatwych odpowiedzi bez dowodów. Miłośnikom tektytów będzie brakować podczas spotkań jego głosu i apeli o kontynuowanie badań jak również jego delikatności i osobistego uroku.

James Tobin

Socjometeorytyka

William K. Hartmann

(z Meteoritics & Planetary Science, Vol. 36 No. 10)

Opublikowanie w październikowym numerze Meteoritics and Planetary Science artykułu o przypuszczalnym zniszczeniu zamieszkałej wyspy przez meteoryty 800–400 lat przed Chrystusem oznacza mały krok naprzód w osobiwej gałęzi meteorytyki, którą można nazwać „socjometeorytyką”, zajmującej się badaniem oddziaływania meteorytów na ludzi i społeczeństwa. „Osobiwej”, ponieważ dziedzina ta opiera się częściowo na anegdotycznych materiałach dotyczących różnych znalezisk i spadków. Puryści (i naukowcy zainteresowani tylko własną dziedziną) mogą wskazywać, że kwestia oddziaływania na ludzi nie ma żadnego wpływu na badania właściwości fizycznych i pochodzenia meteorytów. Jednak z punktu widzenia antropologii, socjologii, poszerzania horyzontów i po prostu zwykłej ludzkiej ciekawości jest to interesujący obszar badań, który był niemal nie

do pomyślenia ze dwa pokolenia wcześniej. Wobec rosnącego publicznego zainteresowania zderzeniami planetoid z Ziemią i praktycznym wykorzystaniem planetoid, ta dziedzina będzie coraz bardziej przyciągać uwagę.

Zagadnienia socjometeorytyki coraz bardziej poddają się badaniom. Jednym z nich jest, jak dalece ludzka kultura była podświadomie kształtowana przez na wpół zapomnianą wiedzę o kamieniach, eksplozjach i zniszczeniach pochodzących z nieba. W literaturze są rozproszone smakowite kaski. Często mówi się, że czarny kamień w srebrnej oprawie w Kaaba w Mekce, uznany za święty w islamskiej kulturze, jest meteorytem czczonym jeszcze zanim Mahomet zdobył Mekkę. Jak mówi islamska tradycja, przybył on z nieba lub ponadnaturalnego królestwa z wielkim światłem, które już zgasło. Jednak Dietz i McHone zebrali świadectwa, że niewidoczne części kamie-

nia są lub były białe i dowodzą (trochę niezdarnie, powołując się na świadectwo anonimowego islamskiego geologa), że kamień z Kaaby nie jest meteorytem. Pochodzenie kamienia jest dobrym zagadnieniem socjometeorytycznym, które kiedyś zostanie wyjaśnione. Podobna okoliczność, że meteoryty średniowiecznej Europy często trafiały do kościołów, miała wpływ na oficjalne akademickie stanowisko, że kamienie z nieba to przesąd, co jest znaczącym czynnikiem w historii nauki. W Ameryce Północnej meteorytowe żelazo wymieniano zarówno z powodów ceremonialnych, jak i praktycznych, co stwierdzono, analizując dziesiątki okazów z Hopewell od 200 p.n.e. do 400 n.e. Inuici wędrowali na Grenlandię po żelazo z meteorytów Cape York. W Winonie, w stanie Arizona, Indianie Pueblo około roku 1100 umieścili meteoryt w wyłożonym kamieniami

dokończenie na str. 17.

Z konferencji Meteoritical Society

Sześćdziesiąta czwarta konferencja Meteoritical Society odbywała się w tym roku od 10 do 14 września w historycznym centrum Rzymu, tuż obok bazyliki świętego Piotra, na Uniwersytecie Gregoriańskim. Gospodarzem konferencji było Watykańskie Obserwatorium, którego tradycje sięgają reformy kalendarza przez papieża Grzegorza XIII w 1582 roku. Niedaleko miejsca konferencji był kościół św. Ignacego, zaprojektowany przez jezuitę Orazio Grassi, który w 1618 roku po raz pierwszy obserwował przez teleskop kometę. Z dachu tegoż kościoła, w latach sześćdziesiątych XIX wieku jezuitski ksiądz Angelo Secchi po raz pierwszy mierzył widma gwiazd, klasyfikując je na podstawie temperatury i składu chemicznego. Jego prace są uważane za podstawy nowoczesnej astrofizyki. Watykańskie Obserwatorium w obecnym kształcie utworzył papież Leon XIII w 1891 roku. Jego kolekcję meteorytów zapoczątkowało podarowanie kilku okazów przez markiza de Mauroy w 1905 roku. Całą prywatną kolekcję markiza, jedną z największych na świecie, przekazała obserwatorium wdowa po nim w 1935 roku. Kilka lat później Gatterer i Junkes używali w obserwatorium pierwsze widma emisyjne meteorytowego żelaza, wspierając wykorzystywanie widm emisyjnych do wyznaczania zawartości metali w gwiazdach. W ostatnich latach pomiary gęstości i porowatości watykańskich meteorytów pomogły określić granice składu chemicznego i struktury planetoid.

Streszczenia referatów zgłoszonych na konferencję wypełniły gruby suplement do *Meteoritics & Planetary Science*. Omówione niżej tematy odzwierciedlają w dużym stopniu zainteresowania redaktora. Zainteresowanym chętnie prześlę kopię angielskiego oryginału.

Andrzej S. Pilski

Znajdowanie meteorytów: problemy z coraz większą ich liczbą i komercjalizacją

Opublikowaniem *Meteoritical Bulletin* No. 85 dr Jeff Grossman zakończył swą kadencję redaktora Biuletynu. Zastąpiły go dwie panie: Sara Russell i Monica Grady z Natural History Museum w Londynie (e-mail: meteorite@nhm.ac.uk) znane czytelnikom „Meteorytu” z niedawnego artykułu. Jak stwierdził na zakończenie: „Podczas sześćioletniej pracy jako redaktor byłem świadkiem gwałtownych zmian ilości odnajdywanych meteorytów i sposobów,

Tabela 1. Nowe meteoryty publikowane w *Meteoritical Bulletin* podczas kadencji pięciu redaktorów. Liczby nie obejmują meteorytów z Antarktydy.

Redaktor	lata	liczba meteorytów na rok
Ewgenij L. Krinov	1957–1970	22
Roy Clarke	1971–1976	25
Andrew Graham	1978–1990	42
Frank Wlotzka	1990–1995	143
Jeff Grossman	1996–2001	393



Plakat autorstwa Emmanuele Turatti z Turynu.

w jaki meteoryty są zbierane i udostępniane naukowcom. Zmiany te stwarzają poważne problemy dla naukowców.

Liczba zgłaszanych do Biuletynu meteorytów, odnajdywanych poza Antarktydą, rosła w postępie geometrycznym (Tabela 1).

Ten wzrost spowodowany był głównie odkrywaniem skupisk meteorytów na gorących pustyniach począwszy od Australii za kadencji Grahama przez Libię i Algierię, gdy redaktorem był Wlotzka, do Afryki północno-zachodniej i Omanu za mojej kadencji.”

Do obowiązków redaktora Biuletynu należy sprawdzenie, czy każdy nowy meteoryt ma oryginalną nazwę, nadaną przez Komisję Nazewnictwa i czy jego pełny opis jest dostępny dla naukowców. Redaktor musi także sprawdzić, czy znaleziska są właściwie udokumentowane i czy odpowiednia ilość przykładowych okazów znajduje się w instytucjach zobowiązanych do długotrwałego przechowywania i badania meteorytów. Lawinowo rosnąca liczba znajdowanych meteorytów sprawiła, że obowiązki redaktora przerosły możliwości jednego człowieka. Nawet z pomocą Jutty Zipfel, która wspaniałomyślnie zgodziła się w ostatnich latach być współredaktorem zajmującym się meteorytami z Sahary, ilość pracy przekraczała to, co większość badaczy skłonna by była przyjąć jako dodatkowe obowiązki. Chociaż w następnym roku Biuletyn będą redagować trzy osoby, gdyż do Jutty dołączyły Monica i Sara, Jeff Grossman obawia się o przyszłość tej niezwykle istotnej dla badaczy służby, zwłaszcza gdy liczba meteorytów odnajdywanych co roku nadal będzie rosła.

Ponadto w ostatnich latach redaktor Biuletynu musiał tracić coraz więcej czasu na negocjacje z poszukiwaczami i dealerami meteorytów, aby zapewnić właściwe udokumentowanie i przechowywanie okazów. Meteory-

tacy potrzebują dobrej dokumentacji geograficznej z wielu powodów. Jednym z istotnych jest możliwość stwierdzenia, czy okazy pochodzą z jednego spadku i możliwość znalezienia dalszych okazów. Meteority mają niewielką wartość dla nauki, jeśli odpowiednio duże okazy nie będą chronione dla celów badawczych. Mimo starań redaktora Biuletynu i Komisji Nazewnictwa ostatnio nauka przegrywa z komercyjnymi interesami. Jak stwierdził: „Okolo trzech czwartych okazów rzadkich typów meteorytów znalezionych na pustyniach i zgłoszonych w tym roku do Biuletynu miało źle udokumentowane lub nieudokumentowane albo celowo ukryte lub fałszywie podane miejsca znalezienia. Prawie połowa zgłoszeń nie spełniała początkowo wymagań Meteoritical Society co do standardu przykładowych okazów udostępnionych badaczom (20 g lub 20% całkowitej masy). W kilku przypadkach negocjacje doprowadziły do zwiększenia udostępnionej masy ważnych meteorytów, ale w wielu innych przypadkach ilość udostępnionej materii jest zbyt mała. Poprawienie tej sytuacji, zwłaszcza wobec rosnącej liczby znalezisk, wymaga pomocy ze strony wszystkich meteorityków, którzy mają do czynienia z poszukiwaczami i dealerami. Badacze muszą pamiętać, że negocjując o przykładowe okazy, działają dla dobra całej społeczności.”

Ścisła współpraca poszukiwaczy i dealerów meteorytów oraz naukowców jest korzystna dla obu stron. Meteority, które nie zostały gruntownie przebadane i sklasyfikowane, mają niewielką wartość dla kolekcjonerów. Z drugiej strony bez pracy poszukiwaczy i dealerów tysięcy meteorytów nigdy by nie znaleziono. Pamiętając o tym, naukowcy nie powinni jednak pozwalać, aby komercyjne interesy szkodziły badaniom. Nie powinni oni klasyfikować nowych meteorytów i przygotowywać o nich publikacji, jeśli nie są pewni, że (1) istnieją w zbiorach odpowiednie przykładowe okazy (pozyskane w drodze darowizny, wymiany czy zakupu), (2) zrobiono wszystko, co możliwe, aby udokumentować miejsce znalezienia. Jednak z poszukiwaczami i dealerami współpracuje obecnie zbyt mało badaczy, opisując i klasyfikując nowe meteority. Ponad 75% wszystkich sklasyfikowanych nowych meteorytów opracowuje tylko sześć instytutów, a setki meteorytów w ogóle nie są badane. Ta „służebna” rola jest ceną, jaką naukowcy muszą płacić, aby utrzymać zaufanie komercyjnego sektora, od którego obecnie zależą, jeśli chodzi o pozyskiwanie nowych okazów.

Na pożegnanie Jeff Grossman stwierdza: „Żyjemy w pasjonującym okresie historii meteorityki: w ciągu ostatnich pięciu lat opublikowano w Biuletynie ponad jedną trzecią wszystkich znanych meteorytów znalezionych poza Antarktydą, w tym niezwykle dużo rzadkich typów. Potrzebny jest duży wysiłek naukowców, aby wykształcić cieplejsze wzajemne stosunki między poszukiwaczami, dealerami i badaczami. Korzyścią dla meteorityków będzie rosnąca liczba i jakość pasjonujących okazów do badań; lżejsze stanie się także brzemie dźwigane przez Komisję Nazewnictwa. Co do mnie, z niecierpliwością będę czekał na każdy nowy Biuletyn ogłaszający wszystkie nowe okazy dostępne do badań.”

Grossman J. N. (2001) Meteorite Discoveries: Challenges of rapid growth and commercialization. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A6-A7

Spadek meteorytu Morávka nagrany na video: trajektoria bolidu, orbita i fragmentacja

Meteoryt Morávka spadł w północno-wschodniej części Czeskiej Republiki 6 maja 2000 r. o 11:52 czasu Greenwich. Pierwszy meteoryt (214 g) znaleziono bezpośrednio po spadku, dwa inne (329 g i 91 g) znaleziono w następnych tygodniach. Czwarty okaz (220 g) znaleziono w bieżącym roku i jego fragmenty można było nabyć na targach w Gifhorn. Meteority sklasyfikował P. Jakeš jako chondryty zwyczajne typu H5. Są one dość zwarte, o gęstości $3,59 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$, o nieznacznej porowatości z drobnymi spękaniami.

Bardzo jasny bolid poprzedzający spadek obserwowali na bezchmurnym niebie tysiące ludzi w południowo-zachodniej Polsce, w Czechach i Słowacji. Trzem osobom udało się uchwycić część drogi bolidu na video. Korzystając z tych nagrań, J. Borovicka z kolegami z Instytutu Astronomii w Ondřejowie wyznaczył trajektorię bolidu, jego prędkość i orbitę. Przeanalizowali oni także intensywną fragmentację podczas przelotu przez atmosferę (zob. kadr z nagrania video J. Mišáka). Bolid zarejestrowały również satelity krążące wokół Ziemi. Dziesięć stacji sejsmicznych znajdujących się w pobliżu drogi bolidu zarejestrowało gromy dźwiękowe, a jedna stacja w Niemczech zarejestrowała infradźwięki.



„Bolid wtargnął w atmosferę z prędkością $22,5 \pm 0,5 \text{ km/s}$ i leciał prawie dokładnie na południe (azymut $175,5 \pm 0,5^\circ$), spadając pod kątem $20,4 \pm 0,2^\circ$. Pierwsze nagranie video zaczęło się od wysokości 47,7 km. Po silnej fragmentacji i wyhamowaniu ostatni fragment o nominalnej masie 18 kg przestał być widoczny na wysokości 21,2 km, gdy został wyhamowany do 3,7 km/s. Przewiduje się, że na górzysty, porośnięty lasem teren spadło kilka meteorytów o masach 2–9 kg i liczne mniejsze okazy.” Jak widać, znaleziono niewielką ich część. Potwierdza to okaz znaleziony w tym roku, który był tylko odłamkiem. Poszukiwania reszty tego okazu były jednak bezskuteczne.

„Na podstawie pomiaru z satelity energii promienistej bolidu oceniono masę meteoroidu przed wejściem w atmosferę na 2000 kg, co odpowiada średnicy 1 m. Zwraća uwagę duże nachylenie heliocentrycznej orbity: $i = 32,2 \pm 0,8^\circ$. Pozostałe elementy orbity są następujące: $a = 1,85 \pm 0,05 \text{ j.a.}$, $e = 0,47 \pm 0,03$, $q = 0,9823 \pm 0,0012 \text{ j.a.}$, $Q = 2,7 \pm 0,2 \text{ j.a.}$, $\Omega = 46,2588^\circ$, $\omega = 203,5^\circ \pm 1,0^\circ$.”

„Fragmentacja: Pierwszy rozpad musiał nastąpić na wysokości ponad 50 km pod małym ciśnieniem dynamicznym ($< 0,5 \text{ Mpa}$). Utworzyło się ponad 10 pierwotnych fragmentów o masach do 200 kg. Biorąc pod uwagę spistość meteorytu powód tego rozpadu nie jest oczywisty. Nawet najmocniejsze pierwotne fragmenty rozpadły się ponownie na mniejsze kawałki na wysokości około 30 km

pod ciśnieniem 5 MPa. Wydaje się, że była to granica wytrzymałości materiału, wyznaczona przez wewnętrzne spełnianie. Piętnaście zjawisk fragmentacji przeanalizowano bardziej szczegółowo. Nie zaobserwowano całkowitego rozpylenia fragmentu. Przynajmniej 10% pierwotnej masy zawsze przetrwało w postaci makroskopowego fragmentu. Z drugiej strony pewna część masy zawsze została utraczona. Nie zaobserwowano spokojnego rozdzielania się na dwa czy więcej fragmentów, które razem tworzyłyby pierwotną masę. W niektórych przypadkach produkty fragmentacji zyskiwały prędkość w bok do 300 m/s.”

Wygląda na to, że trochę meteorytów jeszcze tam leży. Jak przekonali się jednak amatorzy meteorytów, także z Polski, teren jest bardzo trudny do poszukiwań.

Borovicka J. et al. (2001) The Morávka Meteorite Fall: Fireball Trajectory Orbit and Fragmentation from Video Records. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A25-A26.

Złożona historia napromieniowania brekcji regolitowej Ghubara (L5)

Czarny, ksenolitowy chondryt Ghubara (L5) z Omanu składa się z co najmniej czterech dużych okazów, z których 3 nabyło w 1954, 1956 i 1958 r. British Museum (Natural History). W ostatnich latach znaleziono liczne dalsze okazy, dzięki czemu meteoryt ten stał się dobrze znany kolekcjonerom, choć na wielu okazach trudno zauważyć, że jest to brekcja regolitowa. Brekcje te charakteryzują się śladami działania promieniowania kosmicznego.

Aby zbadać skutki tego promieniowania w zależności od głębokości zespół badaczy z Wydziału Chemii Uniwersytetu Purdue w stanie Indiana, w USA, wraz z kolegami z innych ośrodków, wywiercił w największym, ważącym 101,6 kg okazie z 1958 r. trzy prostopadłe 1-cm rdzenie (o długości 42,5 cm, 45,8 cm i 41,2 cm). W czasie wiercenia ten okaz stanowił ponad 50% znaleziska; bardzo niedawno znaleziono większy okaz, 300 kg. Każdy rdzeń rozcięto wzdłuż i pobrano w różnych punktach próbki skały macierzystej (M) i ksenolitów typu X1 i X2, aby wyznaczyć zawartość gazów szlachetnych i izotopów kosmogenicznych ^{36}Cl ($t_{1/2} = 301$ tys lat), ^{26}Al ($t_{1/2} = 705$ tys. lat), ^{10}Be ($t_{1/2} = 1,50$ mln lat). Badano także zawartość lotnych pierwiastków śladowych oraz we wszystkich trzech okazach zawartość kosmogenicznego ^{14}C .

Uzyskano następujące wyniki: „Wszystkie próbki M, X1, X2 z BM 1958 oraz z BM 1954 leżą wzdłuż jednej linii mieszania na wykresie 3 izotopów Ne. Średni kosmogeniczny stosunek $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}$ jest 1,08, a słoneczny stosunek $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ w Ghubarze jest 12,9, typowy dla stosunków w chondrytach zawierających gaz słoneczny. Widocznie ksenolity były napromieniowane jako pył na wcześniejszej powierzchni i potem połączone z napromieniowaną skałą macierzystą. Próbkę skały macierzystej i ksenolitów zawierają równoważne poziomy Bi, Tl i In oraz są bogate w Rb i Cs; te cechy chemiczne obserwowano wcześniej tylko w częściach M brekcji regolitowych.”

Z analiz kosmogenicznych radionuklidów wynika, że przez 4,2 mln lat meteoryt znajdował się na głębokości 20 cm w 85 cm meteoroidzie, ale kosmogeniczne ^{21}Ne i ^{38}Ar sugerują znacznie dłuższą ekspozycję na promieniowanie kosmiczne, co wskazuje na dwa etapy napromieniowania.

Zdaniem badaczy „Ghubara jest brekcją regolitową o jasno-ciemnej strukturze, przy czym wszystkie części zawierają gazy słoneczne. Wymuszona termoluminescencja wskazuje, że regolit był umiarkowanie dojrzały, jak Pantar I lub St. Mesmin. Chociaż trzy okazy Ghubary są mineralogicznie podobne, w BM 1954 zmiany szokowe i ogrzewanie są mniejsze niż w pozostałych dwóch. Z ^{14}C wszystkie trzy okazy mają wiek ziemski 2500 lat, co potwierdza pochodzenie z jednego meteoroidu.

Różnice między okazami są najbardziej widoczne w gazach szlachetnych. Rdzenie BM 1958 utraciły większość słonecznego ^4He w porównaniu z BM 1954 i wszystkimi wcześniejszymi danymi dla Ghubary. Ogrzewanie szokowe w BM 1958 jest także widoczne w zaniku niskotemperaturowej termoluminescencji i w podobieństwie gazów szlachetnych w jasnych i ciemnych obszarach. Brak niskotemperaturowej termoluminescencji, gdy wysokotemperaturowa wciąż występuje, wskazuje na maksymalną temperaturę $\leq 330^\circ\text{C}$.

Gazy szlachetne i wyniki neutronowej analizy aktywacyjnej wskazują, że skała macierzysta i ksenolity Ghubary reprezentują dwie generacje regolitu planetoidy, gdzie następowało implantowanie słonecznych gazów szlachetnych i wytwarzanie ok. 70% kosmogenicznych gazów szlachetnych. Meteoryt Ghubara był pogrzebany przez ponad 4–5 mln lat, potem ponownie wykopany i ogrzany. Wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne 4,2 mln lat uzyskał jako 85 cm meteoroid, przy czym okaz BM 1958 był schowany na głębokości ok. 20 cm. Podczas krótkotrwałego ogrzania temperatury nie były jednorodne.”

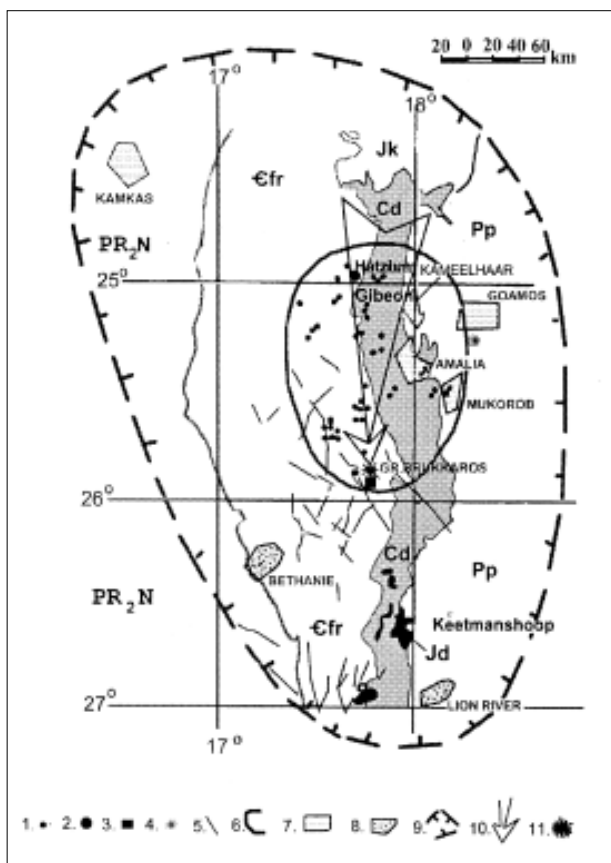
Ferko T. E. et al. (2001) The Complex Irradiation History of the Ghubara (L5) Regolith Breccia. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A56-A57.

Czy nakładanie się kimberlitowego i meteorytowego pola Gibeon oraz struktury Gross Bruckaros (GB) w Namibii to przypadek?

Meteorytu Gibeon nie trzeba przedstawiać kolekcjonerom, choć nie wszyscy zdają sobie sprawę z ogromu obszaru jego spadku. Mało kto jednak zwraca uwagę, że obszar ten obejmuje znane pola diamentonośne. K. Khazanovich-Wulff z Działu Planetologii Rosyjskiego Towarzystwa Geograficznego w St. Petersburgu zastanawia się, czy to przypadek.

„Elipsa rozrzutu meteorytu Gibeon ma 540×330 km. W jej centralnej części znajduje się pole kimberlitowe Gibeon, o podobnym kształcie, mające 190×140 km z 45 kominami.

GB jest kraterem o średnicy 3 km otoczonym przez wzniesienie o rozmiarach od 4,3 do 10 km. GB wystaje 600 m ponad otaczającym terenem. Jego kraterowa facja jest reprezentowana przez uwarstwioną mikrobrekcję złożoną ze skał nie-wulkanicznych (podłoża i kambryjskich). Kanciaste kształty okruchów wskazują na krótkotrwały transport i niewielką głębokość centrum eksplozji około 1–1,3 km. Tradycyjna koncepcja GB jako „wulkanu karbonatytowego” opiera się na przypuszczalnym występowaniu pod nią komory magmowej typu lakkolitu i brak na to niepodważalnych dowodów. Uważa się, że GB ma ten sam wiek, co kimberlity i intruzja Blue Hills, ok. 75 mln



Sytuacja geologiczna: 1 — kominy kimberlitowe; 2 — kopuła Hatzius; 3 — intruzja Blue Hills; 4 — dwa meteorytowe „kraterki” Grondorner Flache; 5 — uskoki; 6 — granica pola kimberlitowego Gibeon; 7 — miejsca znajdowania żelaza meteorytowego i ich nazwy; 8 — to samo bez dokładnej lokalizacji; 9 — granica elipsy rozrzutu meteorytu żelaznego; 10 — domniemany kierunek lotu ciała meteorowego Gibeon do miejsca eksplozji; 11 — Gross Brukkaros. PR₂N — Górny Proterozoik, system Namibii; system Namu: Cfr — Kambr, seria Fish River; system Karroo: Cd — karbon, seria Dwyka, Pp — perm, seria Ecca, formacja Księcia Alberta, Jd — jurajskie, dolerytowe dajki i sille, Jk — jurajskie bazalty.

lat.” Na fakt, że GB znajduje się blisko środka obszaru występowania meteorytów, pierwszy zwrócił uwagę L. Spencer w publikacji z 1941 r.

Wcześniej autorka sugerowała wyjaśnienie związku przestrzenno-czasowego między niektórymi strukturami kosmogenicznymi a polami kominów magmowych. Na podstawie proponowanego modelu dochodzi do wniosku, że 75 mln lat temu na terenie Namibii wystąpiło następujące zjawisko: duży meteoroid żelazny Gibeon wdzierając się w ziemską atmosferę wywołał powstanie potężnego ładunku elektrycznego na powierzchni Ziemi, który oddziaływał z polami elektrycznymi w jej wnętrzu. Skutkiem tego były wyładowania elektryczne między tymi poziomami tworzące diatremy. Powstanie GB jest spowodowane eksplozją meteoroidu.

Jeśli stały suchy klimat istniał na wyżynie Nama przez 75 mln lat, to duże okazy meteorytu mogły zachować się w suchych piaskach nawiewanych przez wiatr. Sam fakt zachowania się struktury GB sugeruje, że takie środowisko istniało.

Khazanovitch-Wulff K. K. (2001) A Consistent Spatial Position of the Kimberlite and Meteorite Fields Gibeon and Gross Brukkaros structure (GB), Namibia: Random or Regular Pattern? *Meteoritics & Planetary Science* 36, A97-A98.

Małe oliwiny w Dhofar 019 wskazują na złożoną petrogenezę

Marsjański meteoryt Dhofar 019 po targach w Gifhorn trafił do kilku polskich kolekcjonerów, których zapewne zainteresuje trochę informacji na jego temat. Mimo pewnego podobieństwa do shergottytów jest to wyjątkowy okaz wśród marsjańskich bazaltów. Minerale ma takie same jak EETA 79001 i różne meteoryty DaG i SaU: dwa klinopirokseny i maskelinit oraz w mniejszej ilości oliwin. Jednak w innych shergottytach ziarna oliwinu są duże w porównaniu z ciastem skalnym.

„Oliwin w Dhofar 019 ma odmienny charakter. Są rzadkie wystąpienia megakryształów oliwinu (> 1,5 mm) podobnych do EETA 79001 z rdzeniami bardziej bogatymi w magnez, ale większość ziaren oliwinu jest znacznie mniejsza (średnio ok. 200 μm) zbliżona wielkością do piroksenów w cieście skalnym i bogata w żelazo.” R. Lentz i H. McSween Jr. z Wydziału Nauk Geologicznych Uniwersytetu Tennessee, USA postanowili dokładniej zbadać teksturalne zależności i zmiany składu tych małych oliwinów, aby lepiej poznać historię krystalizacji tego shergottytu.

„Skład mineralny i zależności teksturalne między oliwinem, piroksenem i plagioklazem wskazują na złożoną petrogenezę. Wiele ziaren oliwinu ma płaskie profile składu i resorpcyjne utwory od drobnych nieregularności brzegów do wyraźnych wgłębień. Wskazywałoby to na umiarkowane oddziaływanie ze stopem. Jednak inne ziarna oliwinu są subhedralne z naturalnymi powierzchniami kryształu na styku z piroksenem i maskelinitem, a kilka średniej wielkości (0,2–0,3 mm) ziaren ma płytką, ale zauważalną zonalność w Fe i Ca. Te utwory sugerują ograniczone oddziaływanie ze stopem. Ponadto kilka małych ziaren nie jest w równowadze z otaczającym piroksenem: średnie atomowe stosunki Fe/Mg piroksenu do oliwinu są ok. 0,3–0,5, gdy stosunek dla równowagi w bazaltach jest 0,7–1,0. Ten brak równowagi wskazuje, że gdy oliwin stykał się z macierzystą magmą piroksenów, nie wystąpiła nawet umiarkowana dyfuzja.”

Autorzy są zdania, że te oliwiny krystalizowały na pewnej głębokości z magmy bogatej w żelazo. Pozostały w niej przez 5 do 15 dni podlegając dyfuzji i osiągając częściowe ujednorodnienie. W tym czasie prawdopodobnie następowało grupowanie się i niewielka akumulacja większych ziaren. Następnie dopływ bardziej magnezowego stopu wytworzył mieszaną magmę reagującą z oliwinami, w skutek czego powstawały wgłębienia, i prawdopodobnie spowodował erupcję. Stygnięcie lawy musiało być szybkie, skoro oliwiny pozostały w nierównowadze z nowym stopem.

Lentz R. C. F. and McSween Jr. H. Y. (2001) Small Olivines in Dhofar 019: Indicators of a Complex Petrogenesis. *Meteoritics & Planetary Science* 36, A111-A112.

Spadek w Albareto w 1766 r. Domenico Troili opisał jako wulkaniczny

Ojca Domenico Troili (1722–1792) z Towarzystwa Jezusowego meteorytycy powszechnie uważają za tego, kto po raz pierwszy opisał spadek meteorytu. Istotnie Troili umieścił taki opis w 43-stronicowej książce *Ragionamento della caduta di un sasso* opublikowanej w Modenie, we Włoszech, w 1766 r. Zebrał on od wielu osób relacje mówiące, że około piątej godziny po południu, gdy niebo było czyste, nie licząc paru chmur nad górami daleko na hory-

zombie, wiele osób schodzących z pól zobaczyło nagle dalekie błyski i usłyszało grzmot. Kanonada stawiała się coraz głośniejsza z potężnymi eksplozjami nad głową. Wiele osób widziało ciało, które przemknęło po niebie i zaryło się w ziemię. Dla niektórych jego ślad był jasny i ognisty, dla innych ciemny i przypominający dym. Ciało, które spadło, zrobiło w ziemi dziurę na metr głęboką i rozpadło się na wiele kawałków. Był to kamień, bardzo ciężki, o nieregularnym kształcie i magnetyczny. Zewnętrzna powierzchnia wyglądała jakby była spalona przez ogień. Wewnętrzne części wyglądały przeważnie jak piaskowiec z małymi, stalowymi iskierkami.

Troili dokładnie obejrzał kamień i wykrył w nim małe ziarna brązowego minerału, który nazwał „marchesita”. Przez długi czas przypuszczano, że to pirit. Trzydzieści sześć lat później E. C. Howard (1771–1816), który analizował szereg minerałów wydobywanych ze spadających kamieni, zauważył, że ten czerwonożółty siarczek żelaza, który nazwał „marsowym pirytem”, jest rozproszony w całych kamieniach, które badał. Różnił się od wszystkich znanych siarczków tym, że był niemagnetyczny i bardziej bogaty w żelazo od pirytu, ale Howard nie miał szansy wyodrębnienia czystej próbki, by móc przeprowadzić rozstrzygającą analizę. Dopiero na początku lat sześćdziesiątych XIX wieku pokazano, że jest to nowa odmiana siarczku żelaza (FeS) praktycznie występująca tylko w meteoritach. W 1863 r. Gustav Rose (1798–1873) opublikował klasyfikację meteorytów w Muzeum Mineralogicznym Uniwersytetu Humboldta w Berlinie, gdzie nazwał ten minerał „troilem” na cześć Domenico Troili za opisanie go w meteorycie Albareto.

Relacja ojca Troili o spadku Albareto jest tak przekonująca, że często jest on wymieniany jako pierwsza osoba, która udokumentowała takie zdarzenie. Można więc tylko żałować, że sam Troili nie wyobrażał sobie, że kamień spadł z nieba, a tym bardziej z kosmosu. Troili napisał, że przez jakiś rodzaj wulkanicznej erupcji „...ten kamień został wyrzucony z niedalekiego wulkanu na Ziemi.”

Marvin U. B. (2001) The Fall at Albareto, 1766: Described as Volcanic by Domenico Troili. *Meteoritics & Planetary Science* 36, A123.

Marsjańskie kamienie z daleka i z bliska

Dr Harry Y. McSween Jr. uhonorowany na watykańskiej konferencji medalem Leonarda rozważa, na ile dobrze meteority SNC pasują do informacji o skałach marsjańskich uzyskanych dzięki statkom kosmicznym: „Rozległe podłoże noachijskie na obrazach, które przekazał Mars Global Surveyor, zgadza się z wynoszącym 4,5 mld lat wiekiem krystalizacji ALH 84001. Na wczesne utworzenie się skorupy wskazują także systemy izotopowe U-Pb, Rb-Sr i Lu-Hf oraz wygasły ^{142}Nd . Młodsze (<1,3 mld lat) wieki krystalizacji innych SNC prawdopodobnie pasują tylko do regionu Tharsis. Grupowanie się wieków ekspozycji na promieniowanie kosmiczne sugeruje, że nie są one reprezentatywne dla skorupy. Przewaga próbek z młodych terenów wskazuje, że tylko te zwarte próbki mogły przetrwać wyrzucanie. Grubość skorupy wywnioskowana na podstawie danych topograficznych i grawimetrycznych Mars Global Surveyor (MGS) jest porównywalna z wartością (< 45 km) wyliczoną na podstawie

zawartości pierwiastków ziem rzadkich w shergottytach.

Widma promieniowania widzialnego i bliskiej podczerwieni sugerują, że pospolitymi skałami powierzchni mogą być bazalty podobne do shergottytów (dwupiroksenowe), natomiast widma emisji termicznej MGS wskazują na występowanie jednopiroksenowego bazaltu i andezytu w skali półkuli. Żadne dominujące skały powierzchni nie są reprezentowane przez SNC. Tharsis, prawdopodobne źródło shergottytów i nakhlitów, jest spektralnie zasłonięte przez pył.

Epizodyczne okresy aktywności wulkanów Tharsis są zgodne z większym od 1 mld lat odstępem czasu między krystalizacją nakhlitów i shergottytów. Rozkład zawartości izotopów i pierwiastków ziem rzadkich w shergottytach oraz ich stopień utlenienia odzwierciedla różny stopień wchłonięcia starej, utlenionej skorupy, co zgadza się z obserwacjami lądowników, że skorupa jest silnie utleniona.”

Podobne wnioski prezentuje autor artykułu kilka stron wcześniej.

„Zmierzony skład gleby marsjańskiej mógł powstać w wyniku wietrzenia bazaltu, ale nie andezytu, co wskazuje na glob pokryty bazaltem. Andezyt na północnych równinach może być w rzeczywistości bazaltem zwietrzałym w dawnym basenie oceanicznym. Wyliczone gęstości magm shergottytowych sugerują, że marsjańska skorupa może służyć jako filtr gęstości dla wznoszących się magm, tak jak na Ziemi, co tłumaczy obserwowaną rzadkość law bogatych w oliwin w danych spektralnych MGS.

Średnia gęstość i moment bezwładności uzyskane z sondy Mars Pathfinder nakładają ograniczenia na mineralogię płaszcza i jądra oraz proporcje wnioskowane z modeli Marsa opartych na SNC. Przewidywana z SNC zawartość siarki (11–16%) ma wpływ na fizyczny stan jądra. Izotopy Hf-W wskazują, że dyferencjacja jądra następowała jednocześnie z formowaniem się skorupy. Pasma na przemiennej biegunowości magnetycznej zaobserwowane przez MGS reprezentują pozostałość magnetyczną po starych polach, wykrytą także w ALH 84001. Brak przetwarzania skorupy wynikający z obrazu topografii MGS jest potwierdzony przez zachowanie radiogenicznych anomalii izotopowych w SNC i zawartość gazów szlachetnych.”

Ilość wody wynikająca z danych MGS zgadza się z oceną zawartości wody w magmach shergottytów. Oceny ilości odgazowanej wody na podstawie obserwacji geologicznych przewyższają oceny z SNC. „Obecność silnie zasolonych wód gruntowych, która mogłaby tłumaczyć obserwowane przez MGS niedawne wysięki, jest potwierdzona przez sole w SNC. Ewaporacyjne pochodzenie węglanów w ALH 84001 sugeruje istnienie powierzchniowych solanek, które mogły być także źródłem soli w marsjańskim regolicie znalezionych przez Vikinga i Pathfinder.”

McSween Jr. H. Y. (2001) The Rocks of Mars from Far and Near. *Meteoritics & Planetary Science* 36, A129 – A130.

Konsekwencje istnienia księżyców planetoid

W ciągu ostatnich 8 lat stwierdzono, że liczne planetoidy są ciałami podwójnymi, lub krążą wokół nich małe księżyce. Pierwszy, który został odkryty (1,8 km księżyc krążący wokół 31 km wielkości Idy odkryty przez sondę Galileo podczas przelotu w 1993 r.), mógł być uważany za wyjątek, ponieważ z ówczesnego, teoretycznego punktu

widzenia, takich księżyców być nie powinno. Obecnie wiemy jednak, że podwójnych jest przynajmniej kilka procent planetoid głównego pasa i znaczny procent planetoid zbliżających się do Ziemi.

Powstawanie takich księżyców jest prawdopodobnie skutkiem kilku różnych procesów. „Małe księżyce planetoid głównego pasa mogą powstawać podczas procesu katastrofalnego rozpadu ciała macierzystego i ponownego łączenia się fragmentów w kilka odrębnych ciał, z których część może w tym procesie zyskać księżyce. Obiekty zbliżające się do Ziemi mogą stać się podwójnymi w wyniku zupełnie innego procesu, mianowicie pływowego zdeformowania i rozerwania planetoidy będącej stertą gruzu podczas bliskiego przelotu obok Ziemi, Wenus czy innego dużego ciała. Utworzenie się podwójnej planetoidy głównego pasa 90 Antiope (dwie 85 km planetoidy oddalone o około 170 km, obiegające wspólne barycentrum) pozostaje poważnym problemem teoretycznym, ale ona i inne dziwne obiekty, jak bardzo wydłużony, metalowy obiekt Kleopatra i niedawno odkryty, daleki księżyc obiektu Pasa Kuipera, mogą być pozostałościami procesu akrecji.”

Twórcy modeli ciał macierzystych meteorytów powinni wziąć pod uwagę odkrywane teraz konfiguracje ciał i potencjalne procesy, przez jakie przeszły te ciała, zanim dostarczyły meteoryty do naszych zbiorów. Z pewnością istnienie księżyców planetoid ma konsekwencje dla charakteru sterty gruzu, wieku ekspozycji skał planetoid i tak dalej. Jest to też bardziej naturalne wyjaśnienie istnienia podwójnych kraterów uderzeniowych na Ziemi i innych planetach.

Dzięki istnieniu księżyców planetoid wreszcie „dokładne badanie ich orbit w kontekście trzeciego prawa Keplera i uzupełniających obserwacji astronomicznych stwarza możliwość dokładnego wyznaczenia średnich gęstości planetoid znacznie taniej niż przy pomocy przelotów sond kosmicznych. Wiele niedawnych spekulacji na temat konsekwencji zgrubnych wyliczeń gęstości kilku planetoid dla charakteru potencjalnych ciał macierzystych meteorytów zyska wkrótce wsparcie dzięki dokładnym wyliczeniom.”

Merline W. J. and Chapman C. R. (2001) Implications of Asteroidal Satellites. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A132.

Jak szybko formowały się chondry

Jeśli względna zawartość chondr w chondrytach odzwierciedla ich obfitość w mgławicy słonecznej, to są one wytworem jednego z najbardziej energetycznych i obejmujących duże obszary procesów, które działały w młodym Układzie Słonecznym. Dlatego poznanie warunków, w jakich tworzyły się chondry, jest niezwykle istotne. Skład chemiczny chondr jest dość zróżnicowany, być może w wyniku odparowania pewnych składników podczas ich tworzenia się. Swobodnemu parowaniu na ogół towarzyszy frakcjonowanie izotopowe. Jednak badania O, K, Mg, Si i Fe wykazały brak znaczącego frakcjonowania izotopowego, co wskazuje, że chondry osiągały równowagę izotopową z parą otaczającą je podczas formowania.

W jakich warunkach chondry i gaz mogą osiągnąć równowagę izotopową w rozsądnej skali czasowej? Przy określaniu tempa osiągania równowagi istotną rolę odgrywa kilka parametrów: temperatura maksymalna, tempo stygnięcia, całkowite ciśnienie w mgławicy, stosunek pyłu do gazu

i stosunek chondr do drobnoziarnistego pyłu. Dr C. Alexander z Carnegie Institution of Washington zaczął badać wpływ tych parametrów na tempo osiągania równowagi, wykorzystując kinetyczny model parowania.

Model tworzenia się chondr przewidywał błyskawiczne ogrzanie, po którym następuje liniowe stygnięcie. Drobnoziarnisty pył parował pierwszy i szybko wytwarzał parę, z którą wymieniały się chondry. Utrzymując stałą temperaturę maksymalną (1900 K), tempo stygnięcia (100 K/h) i stosunek masy pyłu (10 μ m) do chondry (1 mm) dr Alexander zmieniał ciśnienie wodoru cząsteczkowego i stosunek pyłu i chondr do gazu. Założył, że dyfuzja w stopie była szybka. Wyjściowym składem był skład słoneczny. Głównym minerałem krystalizującym z tego stopu był oliwin i jego większość krystalizowała przy 1700 K, po 120 min. Wobec tego układ obserwowano tylko przez pierwsze 120 minut.

Wyniki uzyskane przez dr Alexandra były następujące: „Przy ciśnieniu wodoru 10^{-6} atm osiąganie równowagi między gazem i pyłem jest dość powolne, nawet gdy stosunek pyłu i chondr do gazu jest 10000 razy większy od słonecznego. Dopiero gdy ciśnienie osiąga 10^{-3} atm, a stosunek pyłu i chondr do gazu jest 400 razy większy od słonecznego, równoważenie izotopowe staje się dostatecznie szybkie, by wyjaśnić dane z chondr. Skład izotopowy Fe szybko osiąga 0% chociaż zawartość FeO jest niska. Izotopy Mg i Si reagują nieco wolniej i oba są lekkie, ponieważ tempo kondensacji przewyższa tempo parowania. Tempo równoważenia izotopowego tlenu zależy od tego, czy dopuszczalna jest wymiana z H₂O. Wydaje się, że aby równoważenie nastąpiło w krótkim czasie, wymagana jest wysoka absolutna gęstość pyłu i chondr i być może wysokie ciśnienie wodoru. W przeciwnym razie oliwin i piroksen, które krystalizują powyżej 1700 K, zachowują mieralne frakcjonowanie izotopowe w przynajmniej jednym pierwiastku.”

Szkoda, że dr Alexander nie sprecyzował, co rozumie przez „wysoką” gęstość pyłu i chondr. Niemniej wynika z tego, że chondry nie mogły powstawać w niezbyt gęstej mgławicy słonecznej lecz wymagały albo powstania lokalnych zgęszczeń, albo tworzyły się w obłokach otaczających planetozymale.

Alexander C. M. O'D. (2001) Timescales for Chondrule Formation. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A9-A10.

Co było przed chondrami?

Istnieją poważne dowody, że przed uformowaniem się chondr istniała w turbulentnej, złożonej mgławicy krystaliczna materia. Niedawno uświadomiono sobie, że wiele, lub nawet większość, cząstek mgławicy uznawanych za chondry, to w istocie częściowo stopione agregaty krystalicznej materii (PMA). Model formowania się chondr poprzez dynamiczną krystalizację opracowany przez Lofgrena dowodzi, że chondry doświadczyły topnienia od znikomego do całkowitego. Chondry stopione w najmniejszym stopniu są najlepszym źródłem informacji o swych poprzednikach. J. Nettles z kolegami z Wydziału Nauk Geologicznych Uniwersytetu Tennessee, USA identyfikował te agregaty w niewielkim stopniu stopione i na ich podstawie robił spis materii poprzedzającej chondry. LEW 86134 był idealnym meteoritem do tych badań, ponieważ zawiera liczą

ne PMA i jako typ 3.0 w minimalnym stopniu doświadczył procesów metamorficznych.

Chondry w polerowanej płytce cienkiej LEW 86134 analizowano mikrosondą. Wybrano do analizy te chondry, których pierwotny charakter nie został zniszczony przez topnienie. Chondry te mają cechy agregatów ze znikomym topnieniem: klastyczną teksturę zlepiciową, duże ziarna kryształów o różnych kształtach, obecność kryształów z wyraźnymi jądrami reliktowymi i resorpcyjnymi utworami na brzegach itp.

„Analizy nieznacznie stopionych PMA pozwalają na szukanie odpowiedzi na kilka podstawowych pytań co do natury poprzedników chondr. Zdecydowanie dominującym minerałem w tych chondrach jest oliwin, chociaż piroksen też występuje w różnym stopniu. W wielu chondrach piroksenu nie ma, w innych ma postać pojedynczych kryształów reliktowych, a w niektórych przypadkach stanowi 30% chondry. Skalenia jest bardzo niewiele i występuje on obok szkliwa, co wskazuje, że krystalizował ze stopu i nie jest reliktowy.

Zawartość Mg w typowych reliktowych jądrach w oliwinie, mogąca reprezentować maksymalną zawartość magnezu w poprzednikach, jest Fe_{80-88} , co dowodzi, że poprzedniki nie były kondensatami, gdyż wtedy byłyby niemal czystym forsterytem.”

Autorzy podkreślają, że „historię każdej chondry trzeba interpretować osobno i wnioski na temat populacji poprzedników chondr jako całości mogą być błędne, jeśli nie zrobimy więcej analiz. Niemniej z każdą badaną chondrą pojawiają się istotne szczegóły na temat poprzedników chondr.”

Nettles J. W. et al. (2001) Chondrule Precursors in LEW 86134 Inferred from Partially Melted Aggregate Chondrules. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A147-A148.

Czy chondry są błyskawicznie stopionymi grudkami pyłu czy sprayem ze stopionych planetozymali?

Ian Sanders z Wydziału Geologii Trinity College w Dublinie od dłuższego czasu jest przekonany, że ta druga odpowiedź jest właściwa. „Chondry prawdopodobnie nie utworzyły się w wyniku błyskawicznego stopienia grudek pyłu w mgławicy, jak się często przyjmuje. Różne cechy chondr łatwiej pogodzić z pochodzeniem z rozbiicia stopionych planetozymali.

Wiek: Chronologia początków Układu Słonecznego potwierdza, że krótko po uformowaniu się CAI istniały stopione planetozymale z żelaznymi jądrami w tym samym czasie, gdy powstawały chondry. Takie stopione, mało wytrzymałe planetozymale nieuchronnie były od czasu do czasu rozbijane (w wyniku zderzeń lub bliskich przelotów), wskutek czego powstawały ogromne chmury rozgrzanych kropelek. Te kropelki są oczywistymi kandydatkami na chondry.

•ródło ciepła: Nie znaleziono żadnego zadowalającego mechanizmu topienia grudek pyłu. Natomiast ogrzewanie nie stanowi problemu, jeśli chondry pochodzą ze stopionych planetozymali. Planetozymale były przypuszczalnie (choć niekoniecznie) ogrzane przez ^{26}Al .

Chemia chondr: Komputerowy model topienia planetozymali przez ^{26}Al przewiduje całkowite stopienie

krzemianów z wyjątkiem cienkiej izolującej skorupy. Spray z takiego stopu miałby niefrakcjonowany skład chemiczny krzemianów i płaski wykres pierwiastków ziem rzadkich chondr.

Maksymalna temperatura chondr: Ten sam model przewiduje temperatury stopu bliskie liquidus, buforowane przez turbulentną konwekcję. Wyjaśniałoby to wąski przedział temperatury, od której rozpoczynało się stygnięcie chondr.

Obfitość chondr: Pochodzenie ze stopionych planetozymali wyjaśniałoby wysoką wydajność przekształcania pierwotnego pyłu w chondry.

Makrochondry: Centymetrowej wielkości chondry są rzadko, ale wszędzie spotykane. Trudno je wytłumaczyć błyskawicznym stopieniem, ale łatwo jako duże bąble zakrzepłego stopu.

„Planetarne” okrucy skał magmowych: Jeśli chondry pochodzą z rozbitych planetozymali, to występowanie od czasu do czasu zdyferencjowanych okruców magmowych w chondrytach nietrudno wytłumaczyć.

Skład chemiczny chondrytów: Całkowite rozbięcie stopionych planetozymali wymieszałoby kropelki krzemianów i metalu odtwarzając bliski słonecznemu skład chemiczny w połączonych ponownie okrucach. Niekompletne wymieszanie materiału jądra tłumaczyłoby ubóstwo pierwiastków syderofilnych w chondrytach typu L i LL.

Tempo stygnięcia chondr: Stygnięcie chondr w wysokiej temperaturze trwało godziny, nie sekundy, co zgadza się z ich umiejscowieniem w ogromnej, powoli rozpraszającej się chmurze kropelek i pyłu.

Pierwiastki lotne w chondrach: Zachowanie pierwiastków lotnych w chondrach tłumaczy się błyskawicznym ogrzaniem. Jednak te pierwiastki pozostawałyby w postaci par w chmurze gorących chondr, a potem sublimowały (jako pył ciasta skalnego i powłoki chondr) podczas stygnięcia. Wzbogacone w pierwiastki lotne brzegi chondr sugerują późniejszą dyfuzję takich pierwiastków lotnych, jak Na, z ciasta skalnego z powrotem do chondr. Dłuższe parowanie niektórych kropelek dostarczyłoby chondr ubogich w Fe.

Złożone chondry: Chmura chondr zapewnia odpowiednio dużą gęstość kropelek, aby umożliwić obserwowaną obecność złożonych chondr.

Drobnodziarniste obwódki chondr: Pyłowe obwódki na chondrach są analogiczne do akrecyjnych lapilli w kolumnach pyłu nad ziemskimi wulkanami, gdzie kondensaty stanowią lepkie podłoże do zbierania powłoki pyłu. Pył być może pochodzi z regolitu na skorupie planetozymali.

Aglomeratowe chondry: Często wymieniane jako przykłady niestopionych bryłek pyłu te obiekty są przyjmowane tu za fragmenty regolitu planetozymali.

Ziarna reliktowe: Niestopione „obce” ziarna w chondrach są prawdopodobnie okrucami minerałów przyklejonymi w locie do stopionych kropelek, a nie pozostałościami po niecałkowitym stopieniu.”

Koncepcja Sandersa powoli zyskuje zwolenników, choć najczęściej skłaniają się oni do uznania jej jako jednej z kilku możliwości formowania się chondr, a nie jedynej. Między innymi niektórzy autorzy prac na temat Baszkówki (*Geological Quarterly*, Vol. 45, No.3, 2001)

są zdania, że budowa tego meteorytu wspiera koncepcję Sandersa.

Sanders I. S. (2001) Are Chondrules „Flash-Melted” Dust-Clumps or Spray from Molten Planetesimals? *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A180-A181.

Stopione planetozymale w młodym Układzie Słonecznym

W początkach istnienia Układu Słonecznego zderzenia między stopionymi planetozymalami mogły być częste i mieć istotne konsekwencje. Istnienie starych meteorytów magmowych świadczy o topnieniu planetoid bardzo wcześnie w historii Układu Słonecznego. Stopień topnienia waha się od prawie żadnego (np. acapulcoity) do nawet 60% dla meteorytów żelaznych IVB. Zderzenia mogły w różny sposób zakłócać przebieg dyferencjacji planetoid. Możliwości są następujące: mieszanie magm wytworzonych w jednym ciele, mieszanie magm z dwóch i więcej ciał, mieszanie gorącego, częściowo stopionego wnętrza (w tym jądra) z chłodniejszymi obszarami zewnętrznymi. G. Taylor i E. Scott z Hawajskiego Instytutu Geofizyki i Planetologii przedstawili wstępne wyniki badania losu stopionych planetozymali w początkach istnienia Układu Słonecznego.

„W pracy Taylora i in. z 1993 r. zebrano dowody, że wiele ciał macierzystych meteorytów było w znacznym stopniu (>50%) stopionych. Przykłady obejmują ciała macierzyste większości meteorytów żelaznych, pallasytów i aubrytów. Biorąc pod uwagę łatwość, z jaką magma migruje nawet w ciałach o średnicy kilkudziesięciu kilometrów, jest zaskakujące, że ciała o wielkości planetoid były w stanie stopić się w tak wysokim stopniu.

Dowody z aubrytu Shallowater, winonaitów i meteorytów żelaznych IAB oraz mezosyderytów pokazują wyraźnie, że niektóre stopione planetozymale zderzały się. Wydaje się, że wiele brekcji magmowych utworzyło się w wyniku otarcia się ciał bez dostrzegalnego wkładu od ciała uderzającego. Ponieważ jest możliwe, że topnienie i akrecja nakładały się, akrecja stopionych ciał mogła być częstym zjawiskiem powodując mieszanie stopionych płaszcz krzemianowych i łączenie stopionych, żelaznych jąder.”

Autorzy rozważają powstawanie chondr w wyniku zderzeń stopionych planetozymali, ale są bardziej sceptyczni od Sandersa. „Koncepcja ta jest warta dogłębnej analizy, ale nie wydaje się prawdopodobne, aby mechanizm ten wytworzył główne typy chondr. Oto kilka problemów: (1) Zakres topnienia byłby różny wytwarzając magmy o składzie od bazaltowego do ultrazasadowego. Nie jest jasne, jak różnorodność typów chondr została wytworzona przez procesy magmowe. Nawet złożona seria zjawisk magmowych nie doprowadzi do powstania zarówno bogatych w piroksen jak i bogatych w oliwin chondr typu I. (2) W chondrytach nie ma dużych ziaren oliwinu. Gdy ciało o składzie chondrytowym topi się w ponad 50%, oliwin jest jedyną fazą, jaka pozostaje. W ciągu zaledwie 10^4 lat kryształ oliwinu osiąga wielkość 8 mm, więc jeśli topnienie nie było całkowite, takie kryształy powinny być obserwowane. (3) Trudno zrozumieć, jak rozbicie planetozymali w wyniku zderzenia mogło wytworzyć bogate w metal chondry typu I, które

składają się z gruntownej mieszaniny krzemianów (stopiony płaszcz planetozymali) i metalu (materia stopionego jądra).”

Taylor G. J., Scott E. R. D. (2001) Molten Planetesimals in the Early Solar System. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A204.

Obserwacyjne i teoretyczne ograniczenia czasu trwania formowania się chondr

Obecne modele akrecji planetozymali z pyłu w mgławicy słonecznej przewidują szybką akrecję z utworzeniem się pierwszych ciał 10 km wielkości w ciągu 10^4 lat oraz krótki (< 1 mln lat) dynamiczny czas życia chondr. J. Whitby i J. Gilmour z Instytutu Fizyki Uniwersytetu w Bernie zainteresowali się, jak można pogodzić ten obraz z obserwacjami, że wiek chondr z jednego meteorytu różni się o kilka milionów lat i że wiele meteorytów składa się w przeważającej części z chondr (ok. 70% objętości chondrytu zwyczajnego).

„Jeśli chondry tworzyły się w mgławicy przez błyskawiczne ogrzanie grudek pyłu, to ich większość powstała prawdopodobnie wtedy, gdy liczba tych grudek była maksymalna. Modele przewidują bardzo wąski przedział czasu na taki proces, co nie zgadza się z obserwowanym zakresem radiometrycznego wieku chondr. Wiek chondr nie zgadza się także z ich istnieniem jako odrębnych jednostek w mgławicy w odległości 2,5 j.a. od Słońca, z powodu ich krótkiego dynamicznego czasu istnienia. Jeśli nie występowały jakieś mechanizmy powstrzymujące dryfowanie ich ku Słońcu, to chondry musiały być przechowywane w większych ciałach przed ich końcową akrecją.

Istnienie typów meteorytów składających się w przeważającej części z chondr pozostaje trudnym do wyjaśnienia, ponieważ proponowane mechanizmy sortowania musiałyby działać szybko z wysoką wydajnością i ponadto zachować powiązania chemiczne między chondrami i ciałem skalnym. Wynikiem szybkiej akrecji przewidywanej przez modele wraz z wymaganiem wyjaśnienia przetrwania chondr czasowym włączeniem ich w skład większych ciał będą wysokie temperatury w niektórych wcześnie uformowanych ciałach macierzystych. Wartości wieku radiometrycznego potwierdzają, że w czasie formowania się chondr wiele ciał było stopionych całkowicie lub częściowo, ale rzadkość achondrytów wskazuje, że większość materii nie była tak gorąca.

Sądzymy, że współistnienie planetozymali i chondr nie było przypadkowe, lecz konieczne. Chociaż wiele cech chondr bardziej zgadza się z uformowaniem w środowisku mgławicy, to inne właściwości łatwiej wytłumaczyć włączeniem w planetarny regolit. Wyobrażamy sobie środowisko podobne do wcześniejszych sugestii, w którym chondry tworzą się, szybko są włączane do małych planetozymali i w powtarzalny sposób są wymieniane między powierzchnią a mgławicą. Sugerujemy, że przydatnymi parametrami, których mogłyby dostarczyć teoretyczne modele akrecji, byłyby procentowa łączna masa ciał o rozmiarach odpowiednich dla poprzedników chondr i oczekiwany wkład obiektów wielkości chondr do poszczególnych planetozymali.

Zdajemy sobie sprawę, że historia ekspozycji na promieniowanie kosmiczne chondr przed scementowaniem

jest obecnie niepewna, ale dane I-Xe dla poszczególnych chondr sugerują rozrzut wieku formowania około 2 mln lat w każdą stronę od Shallowater (późniejszy wiek jest na ogół przypisywany metamorfizmowi). Sądzymy, że te ostatnie dane są dostatecznie pewne, by opierać się na nich przy tworzeniu modeli.”

Whitby J. A. and Gilmour J. D. (2001) Observational and Theoretical Constraints on the Duration of Chondrule Formation. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A224.

Kaidun: dobrze zaopatrzony bufet z nowymi próbkami planetoid

Meteoryt Tagish Lake okazał się próbką nowego typu. Zdaniem Hiroi jest to pierwszy fragment planetoidy typu D dostępny do analiz laboratoryjnych. Jest to ciekawa sugestia, ponieważ uważa się, że planetoidy typu D, są tak bogate w węgiel, że mogą tam istnieć żywe organizmy, choć jest to bardzo mało prawdopodobne, i każdy materiał przywieziony stamtąd wymagałby kwarantanny. Oczywiście typ D jest tylko jednym z typów planetoid, których fragmentów w postaci meteorytów nie znaleziono dotąd na Ziemi. Inne to planetoidy typu P, F, T i R. Nie powinno to zaskakiwać, ponieważ jest ponad milion planetoid, a tylko kilka tysięcy znanych meteorytów, które nie są ich reprezentatywnymi próbkami.

M. Zolensky z Centrum Kosmicznego Johnsona w Houston i A Iwanow z Instytutu Wiernadskiego w Moskwie uważają meteoryt Kaidun za „chyba najbardziej kłopotliwy ze znanych chondrytów. W zasadzie jest to chon-

dryt węglisty, ale składa się niemal w całości z milimetrowej wielkości okruchów praktycznie każdego typu chondrytu węglistego oraz chondrytów enstatytowych, stopów pozderzeniowych i licznej dotąd nie oglądanej materii. Jeden z węglistych okruchów, dotąd uważany za CII, ma taki sam skład izotopów tlenu jak Tagish Lake. Zaczęliśmy badać ten okruch i chociaż petrologia nie jest identyczna jak w Tagish Lake, to z pewnością jest zbliżona. Tak więc prawdopodobnie bez fanfar mieliśmy materię podobną do Tagish Lake od wielu lat. Ciekawi nas teraz, skąd pochodzą inne niezidentyfikowane okruchy w Kaidun; z jakich planetoid?

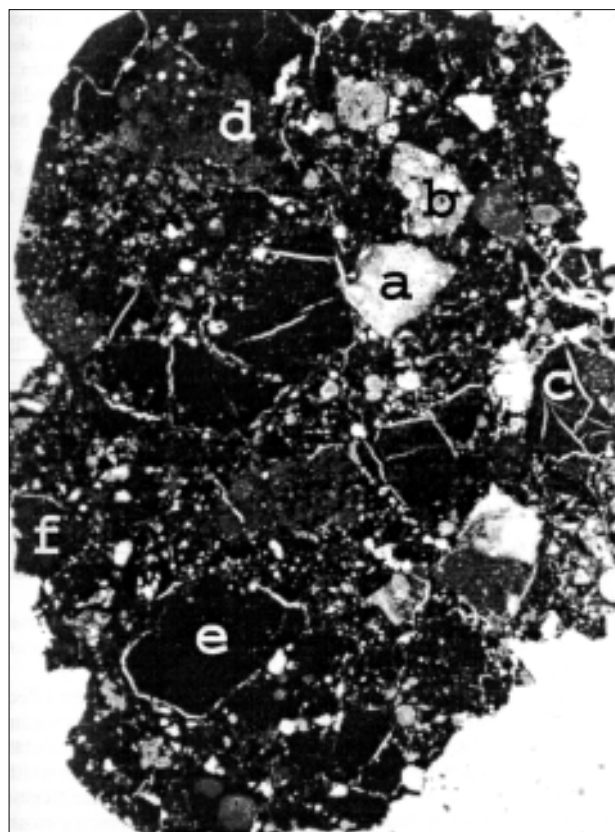
Macierzysta planetoida Kaidun musiała być duża, aby zgromadzić okruchy z wielu niespokrewnionych planetoid. Są liczne mineralogiczne dowody poakrecyjnego przeobrażenia działaniem wody, co wymaga, aby macierzysta planetoida była dostatecznie duża, by mogła ogrzać lód i wytworzyć wodę przez dłuższy czas. Zauważyliśmy przeobrażone przez wodę okruchy chondrytu enstatytowego oraz przeobrażone żyłki stopu pozderzeniowego. Wreszcie jako jedyny z chondrytów węglistych Kaidun zawiera liczne żyłki stopu i całkowicie stopione okruchy, które dopiero zaczynamy rozpoznawać. Tak więc były zderzenia planetoid z większymi prędkościami niż w przypadku typowych planetoid chondrytów węglistych. Wszystkie te cechy sugerują, że macierzysta planetoida Kaidun była bardzo duża i węglista. Ceres?”

Zolensky M. and Ivanov A. (2001) Kaidun: A Smorgasbord of New Asteroid Samples. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A233.

Deszcz chondrytów zwyczajnych we wczesnym ordowiku.

Podczas pierwszych systematycznych poszukiwań meteorytowych skamieniałości, prowadzonych w latach 1992–2000 w czynnym kamieniołomie morskich wapieni z dolnego ordowiku (480 mln lat) w południowej Szwecji, odnaleziono czterdzieści meteorytowych skamieniałości o łącznej pierwotnej masie około 8 kg. Wspomina o tym już Hap McSween w książce „Od gwiazdowego pyłu do planet”, ale dopiero teraz autorzy prezentują ostateczne wyniki. „Meteoryty te reprezentują co najmniej 12 różnych spadków na dno morza o powierzchni ok. 6000 m² w ciągu 1,75 mln lat. Zbadany teren kamieniołomu jest jednym z najgęściej pokrytych meteorytami terenów na świecie. Geochemiczne analizy reliktowych ziaren chromitu z 28 z tych meteorytów wskazują, że wszystkie one są chondrytami zwyczajnymi. Wskazuje to, że mechanizmy dostarczania meteorytów z pasa planetoid na Ziemię były 480 mln lat temu takie same jak dziś. Jednak 480 mln lat temu dopływ meteorytów do Ziemi był o jeden lub dwa rzędy wielkości większy, co prawdopodobnie odzwierciedlało rozbitcie mniej więcej w tym czasie ciała macierzystego chondrytów L. To znaczące wydarzenie w niedawnej historii Układu Słonecznego mogło spowodować zwiększony dopływ planetoid do Ziemi przez około 30 mln lat.”

Schmitz B., Tassinari M. (2001) A Rain of Ordinary Chondrites in the Early Ordovician. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, A183.



Typowa płytka cienka meteorytu Kaidun (szerokość 1 cm) ukazuje nieprawdopodobną różnorodność okruchów. Zidentyfikowano następujące: (a) stop pozderzeniowy, (b) chondryt enstatytowy, (c) chondryt CI, (d) chondryt CMI, (e) chondryt typu Tagish Lake, (f) chondryt CM2.

Meteoryty z pieczywem na śniadanie

Derek Sears

(z Meteoritics & Planetary Science, Vol. 36 No. 10)

W Wielkiej Brytanii firma Nestlé wytwarza rodzaj pieczywa śniadaniowego zwanego Shreddies. Jest to dość dobre pieczywo, które jadłem od dziecka. W tym roku mamy możliwość kupienia paczki z „PRAWDZIWYM meteorytem”. Całe opakowanie pokryte jest obrazkami bolidów z ognistymi ogonami i wyjaśnieniem „Meteor jest kamieniem z kosmosu, który wpadł w ziemską atmosferę. Gdy uderzy w powierzchnię, zmienia nazwę na meteoryt.”

Istnieje strona internetowa, gdzie można uzyskać Certyfikat Autentyczności od niejakiego Jeffreya Appleby. W opakowaniu jest laminowana karta wielkości karty kredytowej z pojemnikiem zawierającym pył z mete-

orytu Gibeon. Na oko wygląda jak pył z cięcia piłą, ale może być zwietrzeliną z powierzchni. Jest to całkiem dobra zabawa.

Chciałbym pogratulować Nestle tej najnowszej promocji. Co roku NASA wydaje fortunę, zupełnie słusznie, na promowanie swych obszarów zainteresowań. Nie mam żadnych wątpliwości, że wielu z nas trafiło do ulubionej dziedziny badań, ponieważ czytaliśmy o niej w prasie, słyszeliśmy w szkole czy w telewizji. Krótko mówiąc, nasza fascynacja kosmosem występuje także w naszej kulturze jako całości, pobudzając zainteresowanie nauką w szkole, sprzedając towary czy pobudzając podatne umysły przez fantastykę naukową. Nestle myśli, że sprzedaje pieczywo. Ja sądzę, że sprze-



dają oni fascynację badaniem Układu Słonecznego, oferując meteory, które stają się meteorytami, gdy uderzą w Ziemię. Codziennie pył z cięcia meteorytów jest wyrzucany na śmietnik, gdyż jest zanieczyszczony pyłami do chłodzenia lub zniszczony przez proces cięcia, a zwietrzelina jest wyrzucana przez naukowców z powodu zbyt dużych przeobrażeń. Niemniej jest to materia pozaziemska i zawiera ogromny ładunek emocjonalny. Mam nadzieję, że kampania promocyjna Nestle będzie wielkim sukcesem. 

Dokończenie ze str. 7.

mi grobowcu. W 1908 r. potężna eksplozja nad syberyjską tajgą zabiła stada udomowionych reniferów, zraniła kilka osób, była widziana na ogromnym obszarze i spowodowała trwające z tygodni dziwne, jasne noce w północnej Europie i Azji. Mieszkańcy tajgi łączyli zjawisko z bóstwem ognia, Ogdy, i chociaż szczegóły zatarły się w pamięci w ciągu dwóch pokoleń, obszar powalonego lasu wciąż wzbudzał tam pewien strach. Wiadomo teraz, że takie eksplozje zdarzały się częściej, niż kiedyś przypuszczano.

Z uwagi na nieustające spory i niejasności na temat bolidu tunguskiego MaPS zaplanowało w przyszłym roku duży artykuł przeglądowy na ten temat, nie mówiąc już o specjalnym majowym numerze o eksplozji i meteorytach Tagish Lake. Dane o wydarzeniu tunguskim, eksplozji Tagish Lake, eksplozji nad Grenlandią oraz dane z różnych systemów ochrony pokazują wyraźnie, że gwałtowne eksplozje na niebie w skali pokoleń wcale nie są rzadkością. W większej skali Kring zdołał zre-

konstruować niektóre zniszczenia środowiska spowodowane utworzeniem „Meteorowego Krateru” w Arizonie, oceniając, że do 3 km od uderzenia wiatr przekroczył prędkość 2000 km/h, drzewa zostały powalone w promieniu 16 do 22 km, a huraganowy wiatr sięgnął 20 do 40 km.

W artykule Veski i in. znajdujemy trochę nieodpartych albo przynajmniej sugestyjnych dowodów, że przy powstaniu kraterów Kaali w Estonii został zniszczony zamieszkały obszar. Datowanie na około 800–400 przed Chrystusem opiera się na promieniotwórczym izotopie węgla i najbardziej sugestywnych dowodów, że przy powstaniu kraterów Kaali w Estonii został zniszczony zamieszkały obszar. Datowanie na około 800–400 przed Chrystusem opiera się na promieniotwórczym izotopie węgla i najbardziej sugestywnych dowodów, że na tym terenie została nagle przerwana uprawa zboża, gdy ogień spustoszył wszystko w promieniu 6 km od miejsca uderzenia.

Jeśli Kaali rzeczywiście było zamieszkałe i zniszczone przez eksplozję z nieba, czyż nie leżało w ludzkiej naturze przekazanie reakcji mitycznej Sodomy i Gomory, że „ci ludzie to na siebie sprowadzili”? Ciekawe, czy takie wydarzenia, przekazywane w ustnej tradycji tu i tam w pierwszych tysiącleciach ludzkiej kultury, pomogły rozwinąć się wierze w żywe siły niebieskie i gniewnych niebieskich bogów. Sam fakt, że takie zdarzenia, niepodobne do wulkanizmu i trzęsień ziemi, są tak odmienne od ziemskich rzeczy znanych z ustnej tradycji, mogły podsycać wierzenia i legendy o zasadniczo niewytłumaczalnych, nadprzyrodzonych zjawiskach. Dalsze badania częstotliwości meteorytowych eksplozji na stulecie jako funkcji energii eksplozji i być może dalsze odkrycia starożytnych zamieszkałych miejsc zniszczonych przez zderzenia mogą rzucić więcej światła na te socjometeorytyczne zagadnienia. 

Skały z Putorany: najlepsze na świecie fałszywe mezosyderyty?

Martin Horejsi & Marlin Cilz

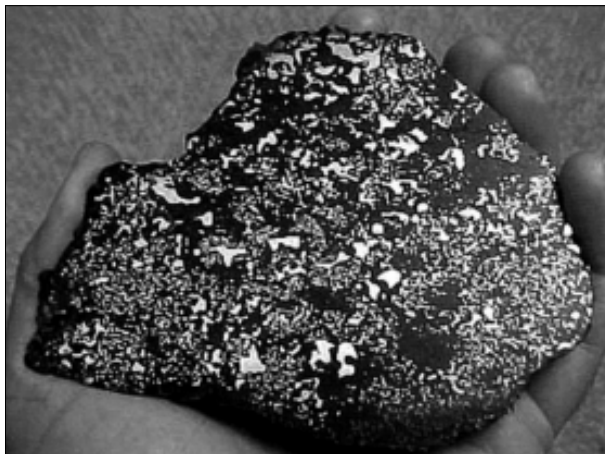
(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 4. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Podczas wykopywania skamieniałości na płaskowyżu Putorana na Syberii znaleziono kilka kamieni, które po przecięciu ukazały mieszaninę żelaza i kamienia wyglądającą jak podręcznikowy przykład mezosyderytu. Odkryto je po raz pierwszy około 15 lat temu i według kilku źródeł szybko zostały uznane za ziemskie przez Radziecką Akademię Nauk.

Oferowane jako żelazo w bazalcie płytki kamieni z Putorany krążyły wśród kolekcjonerów minerałów przez ponad 10 lat. Jednak w lutym tego roku, gdy kilku dealerów meteorytów zauważyło lśniące gwiazdki metalu w czarnym wszechświecie skały, chwycili chciwie kamienie z Putorany, licząc na więcej. Choć zawsze kupowanie niesklasyfikowanej materii w nadziei, że jest meteorytowa, jest oczywistym ryzykiem, wydawało się, że Putorana ma wszystkie cechy, jakich oczekuje się od meteorytu, poza tym, że z zewnątrz kamienie były zwiędnięte, ale wewnątrz nie, nie było widać śladu skorupy obtopieniowej, i co dealerzy odkryli później, na terenie byłego Związku Radzieckiego nie były uważane za coś niezwykłego.

Putorana zawiera dość niklu, by łatwo przejść test na zawartość tego pierwiastka. Zwykle obecność niklu jest wskazówką, że próbka jest meteoritem. Widoczne są liczne okruchy żelaza, tak że kamień silnie przyciąga magnes, a po wytrawieniu na powierzchni metalu pojawiają się delikatne figury wyglądające na figury Widmanstättena. Aby jeszcze bardziej zagmatwać pochodzenie tego już dostatecznie tajemniczego kamienia, stosunki FeO/MgO w niektórych krzemianach Putorany są, według jednego źródła, identyczne jak w bazaltach księżycowych.

Na polerowanych płytkach Putorany widać ciemne, niemal czarne ciasto skalne upstrzone kawałkami metalu o stalowej barwie. Skała według badacza Allana Treimana jest „spieczoną brekcją bazaltowych okruchów w cieście skalnym bazaltowych i metalicznych minerałów.” Albo jak to określa jeden z dealerów „zdumiewająca mieszanina metalu i kamienia, która musi mieć niezwykle pochodzenie.”



Putorana: bardzo dobre wrażenie prawdziwego mezosyderytu.

Stosunek FeO/MgO jest szczególnie zaskakujący, ponieważ uważa się, że pozostaje on stały od momentu uformowania się ciała macierzystego. Jak jednak może materia uformowana na Ziemi pod pewnymi względami pasować bardziej do Księżyca? Czy Putorana może być brekcją zderzeniową?

Niezwykły wygląd Putorany oraz możliwość, że może to być meteoryt, zakończyły sprzedaż większości ze znanych 60 kg materii. Dwa oczywiste powody, dla których dealerzy speszili się z kupnem dyskusyjnej skały to po pierwsze, gdyby okazała się ona mezosyderytem, byłoby to odkrycie o ogromnym znaczeniu; po drugie, nawet gdyby się okazało, że jest to ziemskie żelazo w bazalcie, to nadal jest ono rzadkością cenioną zarówno przez naukowców, jak i kolekcjonerów.

Płytki Putorany niezwłocznie wysłano do analizy. W niektórych laboratoriach rzucono okiem na płytkę i od razu twierdzono, że nie jest to meteoryt. W innych uznawano, że dalsze dane wskażą na meteorytowe pochodzenie Putorany. Mijały dni, tygodnie, miesiące. Przeciaki informacji z laboratoriów były zachęcające, potem wprowadzające w zakłopotanie, często sprzeczne, a w końcu zniechęcające.

Gdyby jakkolwiek część danych rozważać osobno, okaz mógłby być mezosyderytem, ziemską skałą, dziwną brekcją zderzeniową lub nawet meteoritem księżycowym bogatym w żelazo. Problem polegał na tym, że wyraźna interpretacja danych padała ofiarą rosnącej obawy, że wyciągnięte się błędne wnioski.

Na tegorocznej konferencji Meteoritical Society zaprezentowano abstrakt Treimana i in. zawierający szczegóły dotyczące Putorany. Choć ta praca rzuca światło na te geologiczne aspekty Putorany, które czynią z niej ziemską skałę, okazuje się, że jest trochę miejsca na wątpliwości, że oznacza to koniec historii Putorany.

Dalsze dowody z późniejszych analiz znów wydają się świadczyć na korzyść ziemskiego pochodzenia Putorany. Jednak, jak stwierdził Blaine Reed, który oferował płytki Putorany jako ziemskie żelazo w bazalcie na ostatnich targach minerałów w Denver, „jest to najlepiej wyglądający mezosyderyt, jaki dotąd widziałem i za szkłem gabloty wygląda równie dobrze jak prawdziwy.”

Autorzy pragną podziękować za pomoc Mattowi Morganowi z Mile High Meteorites i Allanowi Treimanowi z LPI.

MH

„Mezosyderyt” z Putorany w Rosji: nie jest to meteoryt?

A.H. Treiman, D.J. Lindstrom, C.S. Schwandt, R.N. Clayton, M.L. Morgan

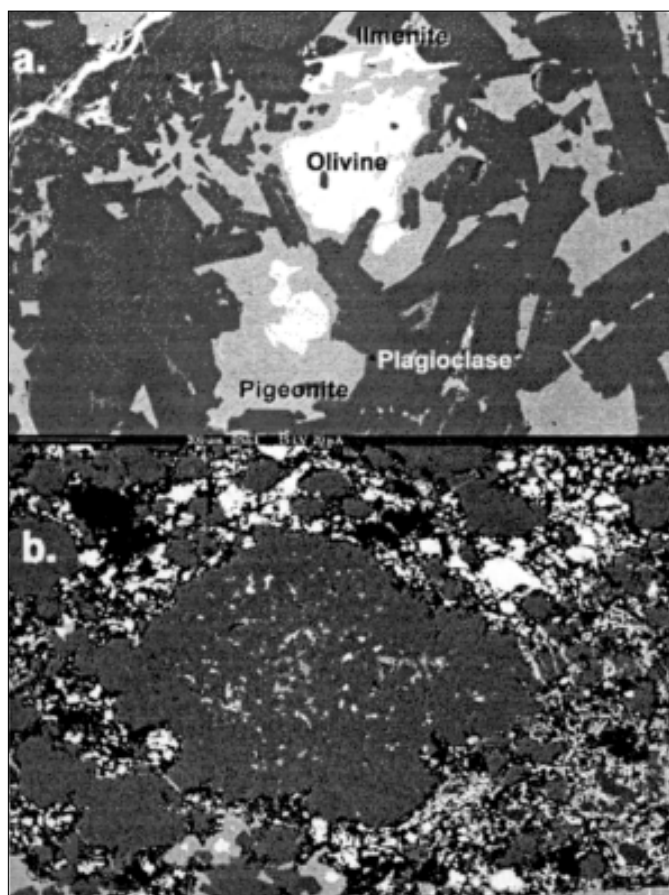
Z konferencji Meteoritical Society

Badaliśmy domniemany mezosyderyt z płaskowyżu Putorana w północnej części środkowej Syberii (okręg norylski). Skala jest mieszaniną bazaltowych fragmentów w bazaltowym cieście skalnym z licznymi ziarnami metalu zawierającymi nikiel. Jednak skład skały i jej minerałów nie zgadza się ze znanymi mezosyderytami ani z innymi meteorytami. Prawdopodobnie nie jest to meteoryt, ponieważ nie zawiera kosmogenicznego ^{26}Al i ponieważ w miejscu znalezienia występują podobne skały bazaltowe z metalem. Skała może być ziemską brekcją zderzeniową albo odzwierciedlać złożone procesy magmowe.

Skała: skała z Putorany jest spieczoną brekcją bazaltowych okruchów w cieście skalnym bazaltowych i metalicznych minerałów. Zewnętrzna część skały jest zwietrzała i rdzawa bez widocznej skorupy obtopieniowej. Wnętrze jest w zasadzie niewietrzale.

Okruchy brekacji, to bazalt o różnych teksturach, drobnoziarnisty „anortozyt” i skaleniowy dunit (patrz zdjęcie). Plagioklaz jest najliczniej występującym minerałem w większości bazaltów i tworzy euhedralne kryształy o wielkości od milimetrów do centymetrów. Oliwin i rzadko występujący ilmenit krystalizowały wcześniej razem z plagioklazem. Pigeonit krystalizował później, wypełniając miejsca między kryształami plagioklazu i częściowo zastępując oliwin. „Anortozyt” składa się z jajowatych bryłek niemal czystego plagioklazu.

Ziarna metalu rzadko występują w okruchach i stanowią około 50% ciasta. Rdzeniem tych ziaren jest metal Fe-Ni z lamelkami odmieszania i bąblami metalu bogatego w Cu. Rdzenie są otoczone cohenitem, węglikiem żelaza. Występują także rzadkie, milimetrowej wielkości, ziarna metalu bogatego w Cu.



a) Okruch drobnoziarnistego bazaltu. b) Okruch drobnoziarnistego „anortozytu” Szerokość zdjęć ok. 1 mm.

Minerały mają niemal stały skład: oliwin Fo_{42} , $\text{FeO/MnO} = 110$; pigeonit $\text{En}_{49}\text{Fs}_{34}\text{Wo}_{06}$, $\text{FeO/MnO} = 70$; augit $\text{En}_{37}\text{Fs}_{28}\text{Wo}_{35}$, $\text{FeO/MnO} = 65$; ortopiroksen; plagioklaz od An_{59} do An_{79} , średnio $\text{An}_{67}\text{Ab}_{30}\text{Or}_{03}$; ilmenit; siarczki Fe-Cu (?) i apatyt (?). Minerały metaliczne to: metal Fe-Ni (2,3% Ni, 0,54% Co, 0,2% Cu); metal Cu (6,5% Fe, 1,2% Ni); oraz cohenit (91,1% Fe, 0,6% Ni, 0,04% Cu).

Naturalną promieniotwórczość mierzono w próbce 25 gramów przez 10^6 sekund, wykrywając aktywny ^{60}Co , ale nie ^{26}Al . Analizy izotopów tlenu trwają.

Pochodzenie: skała z Putorany prawdopodobnie nie jest meteorytem. Brak aktywnego ^{26}Al sugeruje ziemskie pochodzenie, podobnie jak zawartość albitu w plagioklazu.

Metaliczne minerały w Putoranie są podobne do występujących w innych bazaltowych skałach w miejscu znalezienia oraz w bazaltach z wyspy Disco, gdzie bazaltowa magma reagowała z osadami węgla. Długa historia cieplna potrzebna do ujednolinitania składu mineralnego i do odmieszania pigeonitu sprawia, że wytworzenie przez człowieka nie jest prawdopodobne. Jednak stosunki FeO/MnO w krzemianach magnezu i żelaza są identyczne z tymi w bazaltach księżycowych, a występowanie materii anortozytowej przypomina księżycowe brekcie.

Meteorytycy powinni wiedzieć, że ta materia występuje obficie w środkowej Syberii. Wygląda jak mezosyderyt, jakościowe testy kolumnometryczne na nikiel są dodatnie i (przy wstępnym badaniu) cohenit można wziąć omyłkowo za tetrataenit. Bardziej szczegółowe badanie ujawnia minerały i ich skład, które nie są charakterystyczne dla znanych mezosyderytów.

Podziękowania: Jesteśmy wdzięczni za pomoc J. Grossmanowi, M. Ivanovej, J. Jonesowi, D. Mittlefehldtowi i NAG5-8270.

Morasko — największy znany obszar rozrzutu meteorytów na świecie?

Rainer Bartoschewitz

Podczas prac fortyfikacyjnych w listopadzie 1914 r. pewien żołnierz znalazł meteoryt żelazny o wadze 77,5 kg na głębokości około 50 cm. Od tego czasu rolnicy, naukowcy i kolekcjonerzy znaleźli ponad 100 okazów meteorytu ważących od 1 g do 78 kg [1], w sumie około 500 kg. Większość tych meteorytów znajdowała się na obszarze ok. 0,5 km² w północno-wschodniej ćwierci otoczenia pola kraterów prawdopodobnie utworzonych przez spadające meteoryty.

Kracher i in. zauważył wyjątkowo zbliżony skład chemiczny meteorytów Morasko i Seeläsgen i stwierdził, że najprawdopodobniej należą one do jednego spadku [2]. Meteoryt Seeläsgen został odnaleziony przed rokiem 1847 przed rolnika kopiącego rów niedaleko jeziora Nieslitz (dawniej Nieschlitz See) koło Przełazów (dawniej Seeläsgen) na głębokości około 4 m [1]. Kilka dalszych małych okazów meteorytu znaleziono tam w ostatnich latach. Miejsce to znajduje się około 108 km WSW od Moraska. Jeśli chodzi o pochodzenie Moraska i Seeläsgen z jednego spadku rozważa się transport przez ludzi albo duży obszar rozrzutu. Około 20 km na północny zachód od Poznania, koło Obornik, znaleziono podobno 2 meteoryty, ale zaginęły i nie ma żadnych wyników ich badań [3].

Bartoschewitz i in. miał ostatnio możliwość (dzięki M. Grady / Natural History Museum w Londynie) sklasyfikowania meteorytu Tabarz

i stwierdził, że prawdopodobnie pochodzi on z tego samego spadku, co Morasko i Seeläsgen [4].

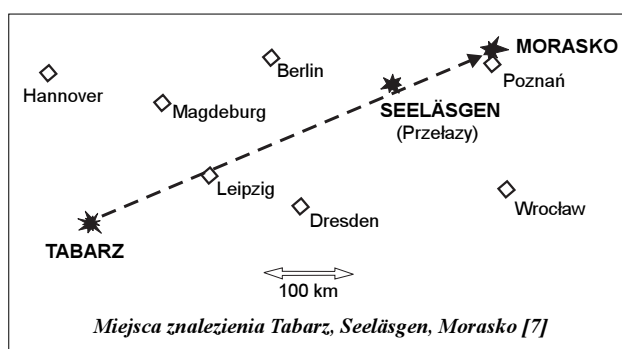
Meteoryt Tabarz, ważący początkowo ponad 10 kg, znalazł w 1854 r. pewien pasterz u podnóża Inselberg koło wsi Tabarz, około 16 km WSW od Gotha w Turynii [5]. Jest to około 475 km WSW od Moraska. Niestety zachowało się tylko 55 g [6] w różnych kolekcjach meteorytów.

Aby potwierdzić możliwość, że te trzy meteoryty pochodzą z tego samego spadku, prócz chemii przeanalizowano metalografię. Różne okazy zebrane w Morasku mają dużą różnorodność utworów strukturalnych, z dobrze widocznymi figurami Widmanstättena po silnie zakrzywione pasma kamacytu, więc dyskusowanie o wspólnym spadku na tej podstawie nie wróży sukcesu. Z drugiej strony Tabarz, Seeläsgen i Morasko mają bardzo dużo rhabdytu. Rhabdyty w Tabarz są otoczone nierównymi obwódkami taenitu o szerokości 1–2 mm. To samo zjawisko jest typowe dla Seeläsgen, o czym wspomina już Buchwald [1]. Większość rhabdytów w Morasku to wyraźne czworosiennie pryzmaty bez widocznych obwódek taenitu.

To jednak nie potwierdza odrębności spadku Morasko; odmienne zachowanie rhabdytu i taenitu może być wynikiem sztucznego ogrzewania [1].

Obecnie po stwierdzeniu, że Tabarz może należeć do jednego spadku z Morasko i Seeläsgen, stało się

bardziej prawdopodobne, że miejsce znalezienia meteorytu Seeläsgen jest pierwotnym miejscem jego spadku. Kierunek Tabarz — Morasko przechodzi dokładnie przez Przełazy. Ten obszar rozrzutu byłby jednym z największych na świecie o długości 475 km i szerokości około 20 km.



Korpikiewicz [9] i Czegka [3] preferują uderzenie z kierunku NNE. Zgodność Tabarz-Morasko-Seeläsgen i rozmieszczenie znalezionych meteorytów Morasko głównie ENE od grupy kraterów musi z pewnością oznaczać, że pierwotne ciała meteorytowe spadły z kierunku WSW.

Literatura:

- [1] V.F. Buchwald (1975) Handbook of Iron Meteorites. University of California Press, Berkeley, pp. 1418.
- [2] A. Kracher et al. (1980) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 773-787.
- [3] W. Czegka (1996) *Der Aufschluss* 47, 165-185.
- [4] J.N. Grossman, J. Zipfel (2001) *Meteoritics and Planetary Science*, 36, (in print).
- [5] W. Eberhard (1855) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Bd. XCVI, Heft 2, 286-289.
- [6] M.M. Grady (2000) Catalogue of Meteorites. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 689.
- [7] R. Bartoschewitz, B. Spettel (2001) *Meteoritics and Planetary Science*, 36, A15-A16.
- [8] B.-G. Choi, X. Ouyang, J.T. Wasson (1995) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 593-612.
- [9] H. Korpikiewicz (1978) *Meteoritics* 13, 311-326.

Tab. 1: Wyniki neutronowej analizy aktywacyjnej Tabarz, Seeläsgen i Morasko

	Tabarz Barto. [7]	Seeläsgen Choi [8]	Morasko Choi [8]
Ni [%]	6,33	6,65	6,85
Ga [ppm]	106	103	104
Ge [ppm]	490	493	496
Ir [ppm]	1,25	1,15	1,1
Cu [ppm]	136	159	158
Au [ppm]	1,39	1,53	1,52

Szukanie meteorytów Morasko

Michał Gregorczyk

Moja przygoda z meteorytem Morasko rozpoczęła się kilka lat temu. Wraz z Tatą odwiedziłem wtedy sławne kratery oraz pospacerowałem trochę po pobliskich polach. Celowo użyłem słowa „space-rować”, gdyż w żadnym wypadku nie były to prawdziwe poszukiwania. Jedyny meteoryt, jaki udało mi się znaleźć, zobaczyć i sfotografować, należał do nauczycielki uczącej w lokalnej szkole.

Przez następne dwa lata cały czas uważałem znalezienie meteorytu w Morasku za zadanie przewyższające moje możliwości. Tkwiłem w tym przekonaniu, dopóki mój przyjaciel z Niemiec nie pokazał mi zdjęć swoich licznych znalezisk i nie zaprosił mnie do wspólnych poszukiwań. W tym miejscu chciałem dodać, że ów przyjaciel jest jednym z najlepszych specjalistów w dziedzinie meteorytyki na świecie! Wtedy pierwszy raz przez myśl przeszła mi możliwość znalezienia własnego meteorytu...

Oczywiście nie mogłem przyjechać do Moraska bez własnego „sprzętu poszukiwawczego”. Nie było wyjścia, musiałem kupić wykrywacz metali. Po krótkim rozeznaniu się na rynku, zdecydowałem się na model Musketeer XS firmy MINELAB. Dziś mogę powiedzieć, że działa on bez zarzutu i polecam ten model wszystkim serio myślącym o poszukiwaniach meteorytów.

Mój pierwszy kawałek meteorytu Morasko znalazłem już pierwszego dnia poszukiwań po zaledwie trzech godzinach. Ważył on ok. 700 gramów i jest dla mnie wspaniałym spełnieniem marzeń. Nigdy nie zapomnę uczucia towarzyszącego wyjmowaniu z wykopanej dziury tej ciężkiej, nieregularnej bryłki kosmicznego żelaza. W tym momencie byłem chyba najszcześliwszym i najbardziej dumnym człowiekiem na świecie. Drugi meteoryt, ważący 37g, znalazłem następnego dnia w zupełnie innym zakątku okolicy. Oba te okazy nie zawierają inkluzji cohenitu, a struktury Widmanstättena są na nich bardzo regularne.

Podczas poszukiwań w Morasku jedno założenie staje się jasne: wraz z ilością wykopanych dołków wzrasta znacznie ilość znalezionych gwoździ oraz nieznacznie prawdopodobieństwo znalezienia meteorytu. Dlatego właśnie następnym elementem wyposażenia, którego jakoś może zwiększyć nasze szanse, jest saperka. Dysponuję saperką zakupioną na giełdzie staroci w Warszawie. Wyprodukowano ją w 1959 roku i stanowiła wtedy wyposażenie armii RFN. Jest bardzo ostra i nie zmienia kształtu. Zdecydowanie nie polecam używania łopatek dla działkowiczów ani dużych łopat, gdyż są one ciężkie i niewygodne.

Następną wycieczkę do Moraska odbyłem w czerwcu 2001 r. Latem szuka się znacznie przyjemniej, trzeba tylko pamiętać o środkach przeciw owadom, kremie do opalania i czapce, gdyż w przeciwnym razie można nabawić się bolesnych poparzeń słonecznych. Letnią niedogodnością jest wysokość trawy, która utrudnia sterowanie wykrywaczem. Tym razem przez dwa dni szukałem bez skutku. Znalazłem co prawda kilka małych bryłek żelaza, ale albo nosiły cechy wytworów ludzkich, albo były za małe, by stwierdzić ich pochodzenie. Trzeciego dnia postanowiłem spenetrować fragment pola, na którym jeszcze nigdy nie szukałem. Po znalezieniu kilku gwoździ, haczyków i puszek mój wykrywacz wydał dosyć głośny pisk. Był on jednakowo silny na dość dużym obszarze; byłem pewny, że znalazłem kolejny zakreślony kawałek drutu. Gdy zacząłem kopać dołek, saperka dość szybko zatrzymała się na czymś twardym. Kucnąłem i wybierałem ziemię rękami. Serce zabiło mi mocniej, gdy wybierana ziemia zaczęła mieć rdzawy kolor. Po chwili wyciągnąłem z ziemi dziesięciokilogramową bryłę żelaza. Leżała na głębokości tylko pięciu centymetrów. Gdy moja dziewczyna Ela poszła zawiadomić o znalezisku mojego Tatę, usiadłem z wrażenia; nie byłem w stanie stać...

Meteoryt był pokryty grubą warstwą przerdzewiałej moraskiej gliny. Bryła była lekko spłaszczona, mia-

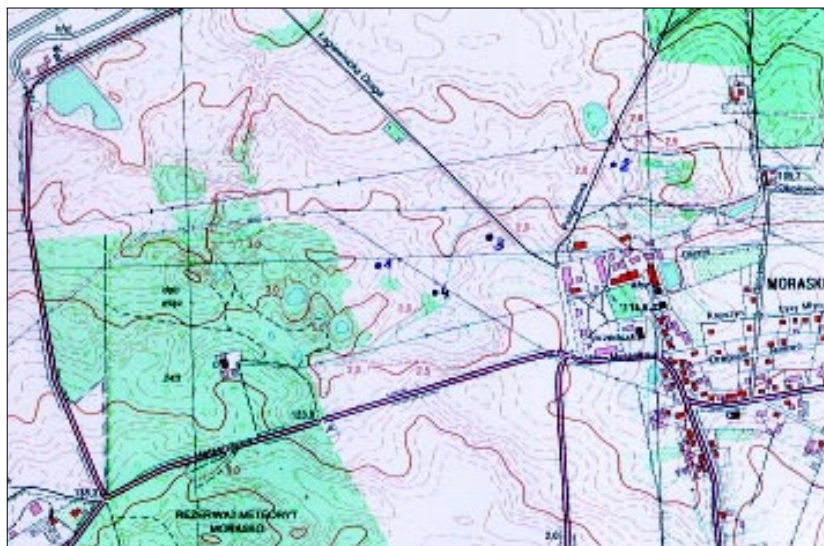
ła wymiary 30×20×15 cm. Po umyciu i wstępnym oczyszczeniu przez sześć niecierpliwych dloni ukazał się przeraźliwie zniszczony, pokryty bąblami, dziurawy w środku kawał żelaza. Długo nie mogłem uwierzyć, że to naprawdę to. Trzeba było jeszcze usunąć prawie kilogram ziemi i najprzeróżniejszych produktów wietrzenia, zanim pojawiły się regmaglipty i „ostateczny” kształt meteorytu.

Ponieważ wiem, że w Morasku trafiają się kawałki szlaki dochodzące nawet do dziesięciu kilogramów, postanowiłem czym prędzej przeciąć swój okaz. Dokonałem tego wraz z Tatą na wakacjach nad Bałtykiem. Zużyliśmy do tego celu 55, jak mówiono nam w sklepie, najwyższej jakości brzeszczotów. Zajęło nam to około tygodnia; pracowaliśmy po dwie — trzy godziny dziennie. Cięcie wyszło dosyć nieźle, biorąc pod uwagę twardość meteorytu, a naszym oczom ukazały się liczne wrostki cohenitu tkwiące w błyszczącym żelazie. Po cięciu przyszła pora na gruntowne oczyszczenie okazu. Najpierw, za radą naszego zaprzyjaźnionego specjalisty, obstukaliśmy meteoryt za pomocą młotka, punktaka i różnych innych dziwnych narzędzi. Spędziliśmy na tym zajęciu kolejny tydzień pobytu nad morzem. Następnie, by wydobyć z meteorytu wodę, gotowaliśmy go w wodzie destylowanej i suszyliśmy w piekarniku. Tak przygotowany meteoryt wygląda naprawdę bardzo ładnie. Jest on też bardziej stabilny niż polany WD-40. Może uda się obalić mit o szybkości rdzewienia meteorytów Morasko.

Ostatni jak dotąd meteoryt znalazłem we wrześniu 2001 r. po gruntownym przeszukaniu małego obszaru w pobliżu kraterów. Waży około siedemdziesięciu gramów. Po przecięciu okazało się, że mimo niewielkiej wagi zawiera dużo inkluzji cohenitu.

Na koniec chciałbym podzielić się kilkoma spostrzeżeniami dotyczącym szukania meteorytów w Morasku.

— Jedynym sposobem na to, aby kolejny poszukiwacz nie wykopywał tego samego gwoźdza bądź drutu, jest zabranie znaleziska ze sobą.



Obszar poszukiwań meteorytu Morasko ze zlokalizowanymi znaleziskami Michała. Numery wskazują kolejność znalezienia. Przy sadzawce powyżej nr. 2 inny poszukiwacz znalazł wcześniej okaz ok. 30 kg.

— Wykopane doły i dolki trzeba dokładnie zakopywać bez względu na to, czy znaleziono w nich meteoryt czy gwóźdź. Widziałem w Morasku nie zakopane doły o głębokości około pół metra. Takie postępowanie może doprowadzić do zakazania poszukiwań.

— Dokładnie oznaczać miejsca znalezisk. Może uda się w przyszłości nanieść je na jedną mapę i wspólnie stworzyć elipsę rozrzutu.

— Poszukiwać parami; dzięki współpracy z asystentami–poszukiwaczami: Elą i moim Tatą, ilość wykopanych

i zakopanych dziur znacznie wzrosła.

— Na pierwszą wyprawę pojechać z kimś, kto już to robił.

— Przeciąć lub zeszlifować każdy znaleziony okaz. Widziałem kawałki żelaza, które na pierwszy rzut oka były stuprocentowymi meteorytami, a okazywały się zwykłymi odpadkami.

Na koniec chciałbym serdecznie podziękować mojemu przyjacielowi z Niemiec, bez którego pewnie nigdy nie znalazłbym swojego meteorytu w Morasku, oraz mojej Mamie za cierpliwość i wspomaganie mnie duchowo.

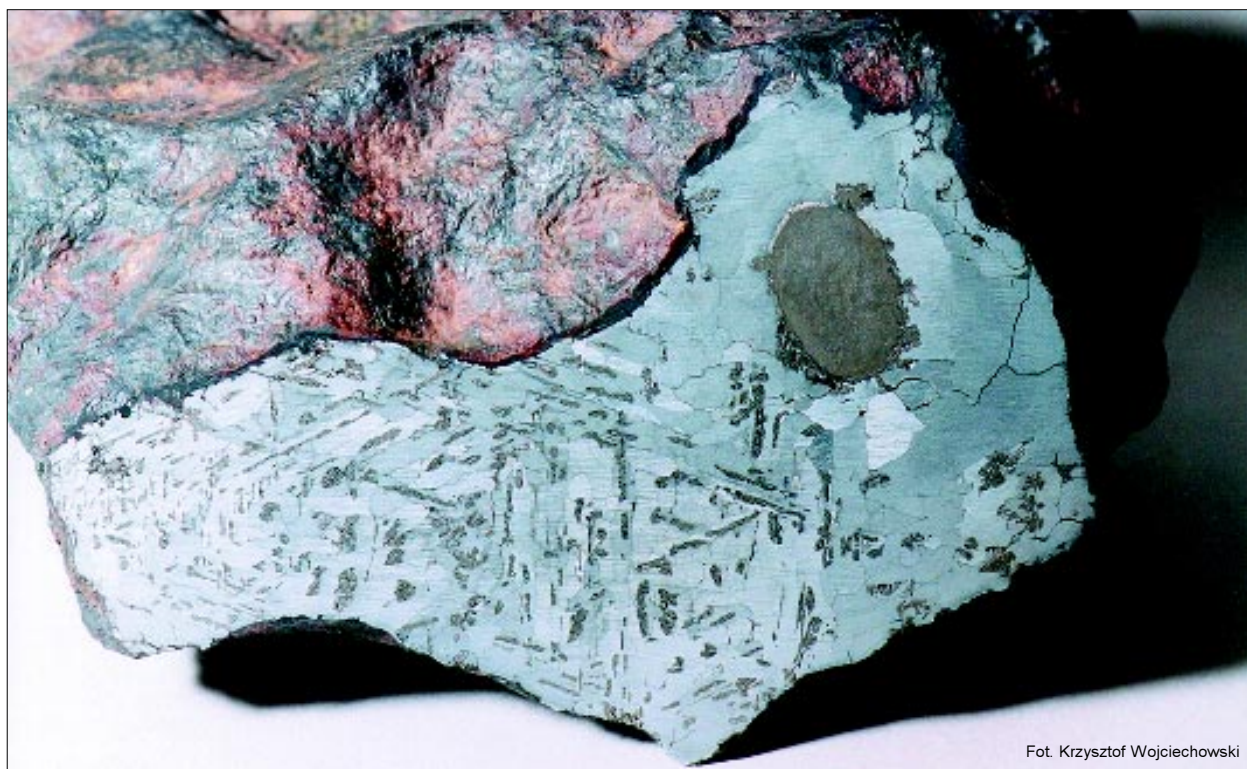
✍️



Ela i Michał z dużym Moraskiem.



Michał z pierwszym okazem (ok 600 g).



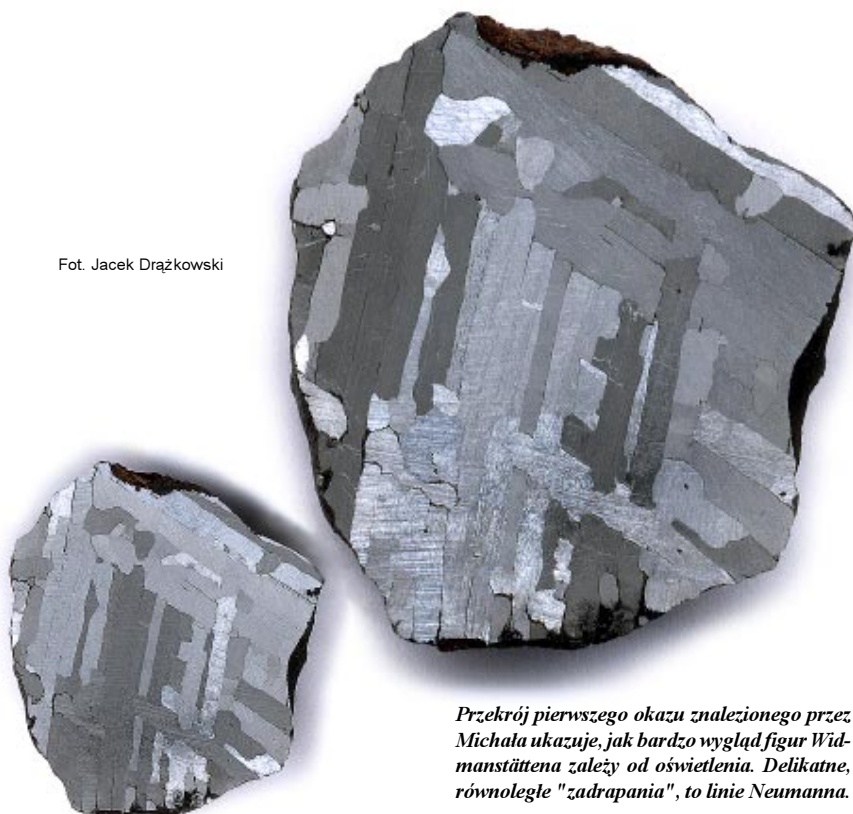
Fot. Krzysztof Wojciechowski

Przekrój dużego Moraska. Widać owalny wrostek troilitu i liczne podłużne wrostki cohenitu powtarzające figury Widmanstättena. Przecięcie tak naszpikowanego cohenitem okazu zwykłymi brzeszczotami, nawet „wysokiej jakości”, zasługuje na wpisanie do książki Guinnessa.



Fot. Krzysztof Wojciechowski

Duże Morasko z dziurami po troilicie. Nad środkową dziurą i z jej prawej strony widać wgłębienia z troilem.



Fot. Jacek Drażkowski

Przekrój pierwszego okazu znalezionej przez Michała ukazuje, jak bardzo wygląd figur Widmanstättena zależy od oświetlenia. Delikatne, równoległe "zadrapania", to linie Neumanna.

Guciów 2002 i Meteorite Club

Chociaż lubię wszelkie jubileusze obchodzić... z daleka, trudno mi jednak pominąć milczeniem 10 lat wydawania „Meteorytu”. Jego pierwszy numer ukazał się w maju 1992 r. Dlatego sądzę, że dobrym sposobem uczczenia 10 rocznicy byłoby spotkanie w Guciowie, 26 kwietnia, w 199 rocznicę deszczu w L'Aigle. Jako że trudno jechać do Guciowa na 1 dzień, proponuję rozciągnąć spotkanie na 25–28 kwietnia. Byłoby tam miejsce na referaty, dyskusje, oglądanie, kupowanie i wymienianie meteorytów oraz inne przyjemne rzeczy. Ponadto odbyłoby się tam zebranie założycielskie towarzystwa miłośników meteorytów, o czym za chwilę. Będę wdzięczny za wpisanie powyższego terminu do kalendarza na nowy rok i powiadomienie mnie o tym (skr. poczt. 6, 14-530 Frombork lub aspmet@wp.pl).

W ostatnich latach skrzyknęła się grupka energicznych kolekcjonerów meteorytów, którzy zaczęli odwiedzać europejskie targi meteorytowe i pokazali zapastronemu w siebie Zachodowi, że w Polsce też coś się w tej dziedzinie dzieje. Wspólne wyjazdy zbliżają, więc pomysł stworzenia klubu meteorytowego nie trzeba uzasadniać. Jest już nawet odznaka, która zrobiła furorę w Gifhorn. Na giełdzie w Gliwicach uznano, że powołanie rejestrowanego stowarzyszenia stworzy większe możliwości działania. Przed spotkaniem w Guciowie zostanie przygotowany projekt statutu, który prawdopodobnie pojawi się w następnym numerze „Meteorytu”. Cieszyłbym się, gdyby powstało coś na wzór Meteoritical Society, gdzie zgodnie współpracują naukowcy i amatorzy. Zapraszam więc do Guciowa.

Andrzej S. Piłski



Do kogo prawnie należą znalezione meteoryty?

Andrzej Kotowiecki, Monika Skórka

I. Wstęp

Problem, do którego wcześniej nie przywiązywano wagi, ujawnił się od niedawna, tak że znalazł się w tekście Rezolucji 2 (2001) przyjętej w lipcu br. w Petersburgu przez członków Traktatu Antarktycznego, do którego Polska przystąpiła w 1961 roku. Reprezentanci krajów tegoż traktatu, mając na uwadze troskę potencjalnej utraty dla nauki z uwagi na niekontrolowane kolekcjonowanie meteorytów na Antarktydzie, przyjęli rezolucję uregulowania prawa chronienia antarktycznych meteorytów, by były zabezpieczone tylko dla celów naukowych.

Jaka jest definicja meteorytów? Zgodnie z różnymi definicjami encyklopedycznymi i naukowymi można w skrócie powiedzieć, że meteoryt jest to mała bryła materii obiegająca Słońce, zwykle okruch planety, planetoidy lub komety, która przetrwała przechodzenie przez ziemską atmosferę i spadła na powierzchnię Ziemi. Czyli meteorytami są ciała niebieskie naturalne, dlatego też nie będziemy mieć tutaj do czynienia z obiektami kosmicznymi sztucznymi, o których na przykład mówi Konwencja sporządzona w Moskwie, Londynie i Waszyngtonie z dn. 29.03.1972 o międzynarodowej odpowiedzialności za szkody wyrządzone przez obiekty kosmiczne (Dz.U. 73. 27. 154-zał.). Oczywiście obiekty te podlegają rejestracji zgodnie z Konwencją w tej sprawie sporządzoną w Nowym Jorku 14 stycznia 1975 r. (Dz.U. 79. 5.22-zał.) podlegają one również zwrotowi zgodnie z Umową o ratowaniu kosmonautów, powrocie kosmonautów i zwrocie obiektów wypuszczonych w przestrzeń kosmiczną, sporządzonej w Moskwie, Londynie i Waszyngtonie 22 kwietnia 1968 r. (Dz. U. 69.15.110 — zał.).

Powracając do Traktatu Antarktycznego: dlaczego akurat tak ważna jest Antarktyda dla naukowców? Ponieważ tam najłatwiej wśród lodów znaleźć meteoryty i to upadłe nawet tysiące lat temu. Dotychczas znaleziono tam

około 20 000 sztuk meteorytów¹. Zaczęło się wszystko w grudniu 1969 r. koło japońskiej stacji badawczej Syowa. W sezonie 1969/1970 zebrano 9 okazów, by co roku zbierać ich coraz więcej i w rekordowym sezonie 1979/1980 zebrano ich 3 676 sztuk. Meteoryty z Antarktydy są zawsze oznaczone literami i cyframi, w nich jest zaszyfrowane miejsce i rok znalezienia oraz numer kolejny, np. słynny meteoryt tzw. „marsjański” oznaczony jest ALH 84001, co oznacza, że został znaleziony w rejonie Allan Hills w roku 1984 na Antarktydzie. Meteoryt ten jest jednym z kilkunastu meteorytów marsjańskich znalezionych na Ziemi, z czego 6 szt. znaleziono na Antarktydzie. Dokładnie został znaleziony w dniu 27 grudnia 1984 roku przez Amerykankę Roberty Score, ważył 1930 g, a jego wiek został określony na 4,5 mld lat. Po latach intensywnych badań w roku 1996 zespół 9 badaczy z NASA i 3 meteorytów amerykańskich pod kierownictwem Davida S. Mc Kay ogłosił, że w tym meteorycie odkryto ślady, które mogą być świadectwem życia na Marsie przed miliardami lat. Znaleziono małe globulki węglanów o typowych średnicach 50 mm, których wiek określono na 3,6 mld lat. W tych globulkach odkryto mikroskamieliny o długości 20–100 nm (100 razy mniejsze niż skamieliności bakterii ziemskich). Wrzcionowatym lub jajowatym kształtem są uderzająco podobne do bakterii ziemskich. W świecie naukowym zawrzało. Okazało się, że istniejący rynek dealerów handlujących meteorytami posiada duże ilości rzadkich i cennych meteorytów, w tym marsjańskich i księżycowych, których ceny obecnie kształtują się od kilku do kilkudziesięciu tysięcy dolarów za gram. Należy zaznaczyć, że np. meteoryty żelazo-niklowe, kamiennie-żelazne czy też kamienne

z dużych upadków są już od 1 dolara wwyż za gram. W wielu krajach świata są bardzo liberalne przepisy dopuszczające ogromny handel „nieziemskimi kamieniami”. Pojawił się również przemysł podrabiający niektóre meteoryty, np. tektyty — szklane meteoryty. Badanie meteorytów jest najtańszym środkiem badania kosmosu. Odlamki planet, planetoid, cząstek umarłych i wypalonych gwiazd i komet przylatują za darmo z przestrzeni kosmicznej. Program Apollo kosztował USA miliardy dolarów, a sześć załogowych ekspedycji przywoziło łącznie na Ziemię ok. 386 kg skał księżycowych i pyłu². Można sobie wyobrazić, ile ludzkość i nauka zapłaciły za każdy gram tego materiału. Oprócz pojawienia się nowego typu przestępstw fałszerstwa meteorytów (czasem trudno wykrywalnych z uwagi na koszt ekspertyz) pojawił się nielegalny rynek handlu, zwalczany przez niektóre kraje (np. Australia, Kanada, Indie) oraz kradzieże meteorytów, które można podzielić w następujący sposób:

1) kradzieże z terytoriów państw — gdy nie zostaje dopełniony obowiązek zgłoszenia znaleziska i meteoryt jest wywieziony poza granice kraju celem jego odsprzedaży i włączenia do obiegu dealerskiego (np. Australia, Dania, Kanada),

2) kradzieże z muzeów (np. Rosja i kraje byłego ZSSR),

3) kradzieże z przesyłek pocztowych zawierających meteoryty,

4) tzw. „czarny rynek księżycowego pyłu” — pochodzący „z przemytu kosmicznego” dokonanego przez załogi statków kosmicznych Apollo (przy czym nigdy nie było bezpośrednich dowodów, ale są sygnały, że taki rynek istnieje).

Mając na uwadze powyższe, jak również dobro naszego kraju, jako czło-

¹ Everett K. Gibson Jr., David S. Mc Kay, Kathe Thomas-Keprta i Christopher S. Romanek — „Argumenty za istnieniem śladów życia na Marsie” — Świat Nauki luty 1998 rok s.26-33,

² Philip A. Roberts Jr. — „Legal Ownership of Meteorites”, kwartalnik Meteorite z maja 1996 roku wydawany przez Pallasite Press w Takapuna — Auckland, Nowa Zelandia

nek The Meteoritical Society — organizacji powstałej w 1933 roku w USA i zrzeszającej obecnie ponad 1000 członków z całego świata, w tym 3 członków z Polski, jako prawnik postanowiłem zbadać problem własności meteorytów w różnych ustawodawstwach świata. Współpracowało ze mną kilkunastu naukowców z całego świata, przeważnie członków The Meteoritical Society. We wrześniu 2001 roku odbył się w Watykanie jako rozpoczęający 3-cie tysiąclecie kongres tej organizacji. Kongres został przygotowany przez szefa Obserwatorium Watykańskiego monsignora Guy Consolmagno. Niestety, z uwagi na duże koszty nie mogłem brać w nim udziału. Kongresy tej organizacji odbywają się w USA i są przeplatane co drugi rok kongresem w którymś z krajów na świecie. W latach 90-tych najbliższej Polski takie kongresy odbyły się w roku 1994 w Pradze, w 1996 w Berlinie i ostatni, tegoroczny w Rzymie. W swoich badaniach niestety nie uzyskałem dokładnego stanu prawnego z krajów Azji Południowo-Wschodniej oraz krajów Afryki Północnej i Zachodniej, skąd pochodzi bardzo dużo meteorytów będących w obiegu dealerskim. Meteoryty te są znajdowane na Saharze, głównie w Libii, Algierii, Tunezji, Mauretanii i Maroku. Nie uzyskałem również dokładnych danych z takich państw jak Rosja i kraje byłego ZSSR, jak również Chin. Należy podkreślić, że większość państw Europy Zachodniej, Anglii i byłych kolonii brytyjskiej korony, jak również USA, w swoich ustawodawstwach zachowało prawo wywodzące się jeszcze ze starożytności, że przedmiot znaleziony na gruncie prywatnym należy do właściciela tegoż gruntu.

II. Wyniki badań stanu prawnego, tj. prawa własności znalezionych meteorytów w różnych krajach świata

Poniżej przedstawiono tylko przykłady z różnych krajów świata, aby można było mieć orientację, jak ta sprawa została rozwiązana w różnych systemach ustawodawczych. Warto zaznaczyć jest fakt, że gdy rozsyłałem zapytanie w tej sprawie do członków The Meteoritical Society rozsianych po całym świecie (za pośrednictwem Internetu), otrzymałem informację, że jeden z członków tej organizacji, prawnik z wykształcenia pochodzący z Vancouver w Kanadzie — Douglas Schmitt zajął się również tym problemem. Od

wielu moich respondentów otrzymałem pytanie, czy pracujemy razem. Wkrótce za pośrednictwem e-mail ustaliliśmy wymianę doświadczeń, tak że udostępniliśmy sobie nawzajem zebrane dane w tej sprawie³. Oto jak wyglądają systemy prawne dotyczące omawianego problemu w niektórych wybranych krajach świata:

Argentyna

Większość argentyńskich prowincji bazuje w tej sprawie na założeniach prawa cywilnego oraz założeń dot. prawa własności rzeczy znalezionych. W większości przypadków rzeczy znalezione należą do właściciela gruntu. Ewenementem w skali światowej jest prowincja Chaco, w której konstytucji znalazła się deklaracja, że wszystkie meteoryty należą do władz prowincji (Chaco Province Constitution, Section 10). Prawdopodobnie inspiracją było znalezienie w tej prowincji dużego meteorytu o nazwie Campo del Cielo. Nadto prawo tej prowincji z dnia 10 marca 1990 roku (nr 3563) określa prawa prowincjonalnej policji w tym zakresie, zmierzające do zabezpieczenia znalezisk meteorytów.

Australia

Jeżeli chodzi o Australię, to 4 z 6 stanów a to: Australia Zachodnia, Australia Południowa, Tasmania i Terytorium Północne posiadają systemy prawne dotyczące meteorytów. Prawo to zabezpiecza znalezione meteoryty jako własność stanowych muzeów, ale znalazcy meteorytów należy się zwrot wydatków oraz zapłata oraz nagroda za informacje dot. znaleziska. Prawo o muzeach Australii Zachodniej (Western Australia Museum Act Sect. 45/5) mówi, że jeżeli dana osoba znalazła meteoryt przed 1969 r., może oferować ten meteoryt na sprzedaż, ale muzeum ma prawo pierwokupu. Jeżeli muzeum w ciągu 14 dni nie skorzysta z oferty, oczywiście za „rozsądne pieniądze”, meteoryt może opuścić stan i być wystawiony do prywatnej sprzedaży⁴. Jednak prawo federalne o dobrach kultury (Protec-

tion of Movable Cultural Property Act z 1986 r.) zakazuje bez zgody władz eksportu meteorytów.

Czechy

Nie ma w Republice Czeskiej specjalnych przepisów, niemniej jednak należą one na zasadzie prawa ogólnego do muzeów jako znaleziska w ziemi, ale muzea muszą zapłacić nagrodę.

Dania

Duńskie prawo tzw. „Dane Krę” — prawo o muzeach z 1989 r., s. 36b — mówi, że wszystkie znaleziska rzadkich skamielin, minerałów i meteorytów na terenie Danii i oczywiście Grenlandii należą do państwa, przy czym jeżeli państwo chce zatrzymać dany przedmiot, musi zapłacić stosowną nagrodę.

Francja

Oprócz Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej tylko Francja posiada precedensy dot. meteorytów. Sprawy te były rozpatrywane na bazie prawa cywilnego. Na precedensy, które zapadły we Francji, powoływali się nawet prawnicy w sprawach, które toczyły się w USA. I tak sprawa Vollard kontra Duoulland z 1842 roku przed Trybunałem w Bourbon — Vendee, trzech sędziów decydowało w sprawie znalezionego meteorytu, który leżał na powierzchni gruntu, gdzie właściciel nie posiadał ogrodzonej posesji ani też napisu o zakazie przechodzenia. Sędziowie zdecydowali, że meteoryt ten należy do znalazcy, a nie do właściciela gruntu.

Następną była sprawa z 1898 roku — Toche kontra Lejean przed sędzią Sądu Cywilnego w Aix. Sprawa ta była rozpatrywana w trzech aspektach, tj. meteoryt był znaleziony 50 cm pod powierzchnią ziemi, znalazł go wynajęty robotnik rolny, a prawo własności należało do kogoś innego. Sąd na zasadzie art. 546 i 551 Prawa Cywilnego zadecydował, że meteoryt połączył się sam z ziemią, dlatego też stał się jej częścią i należy do właściciela gruntu.

Indie

Rezolucja Rządu Indyjskiego oraz Departamentu Rolnictwa i Skarbu o nr. 456-22-13 z 28 kwietnia 1885 roku podpisane w Simla mówi, że „wszystkie upadłe areolity powinny jako w pierwszej instancji być dostarczane do Państwowego Muzeum Geologii w Kalkucie. Muzeum to podlega Ministerstwu Geologii Indii. Za znalezisko nie jest wypłacana nagroda.

³ Douglas G. Schmitt — „Ownership and Control of Meteorites” — Meteoritics and Planetary Science — 36 A183

⁴ Alex Bevan — „Meteoryty na Antypodach” kwartalnik „Meteoryt” — nr 1 z maja 1992 roku [Biuletyn wydawany przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku i Pallasite Press z Nowej Zelandii].

Japonia

Zgodnie z art.239 Kodeksu Cywilnego o nazwie Minpou znaleziony przedmiot [w tym meteoryt] należy do znalazcy, jeżeli przed nim nie należał on do nikogo.

Kanada

W Kanadzie we wszystkich prowincjach prawo oparte jest na angielskim systemie *common law* za wyjątkiem Quebec, który posiada kodeks cywilny podobny do francuskiego. W większości przypadków znalezione meteoryty na terenie Kanady należą do właściciela gruntu. Meteoryty mogą być przedmiotem handlu, a znaleziska nie muszą być zgłaszane. Jednak rząd kanadyjski zarezerwował dla siebie, że bez zgody władz celnych i skarbowych zabroniony jest eksport meteorytów. [Cultural Property Export and Import Act- S.C. 1985, c.52]

Niemcy

W Niemczech nie ma specjalnych przepisów dot. meteorytów, należą one na zasadach ogólnych do właścicieli gruntu lub też do znalazcy. Zdaniem moich respondentów system ten w tym kraju pracuje bardzo dobrze.

Nowa Zelandia

Zgodnie z Ustawą o antykach [The Antiquities Act of New Zeland — 1975, sec.1(5)] meteoryty zostały sklasyfikowane jako antyki i nie mogą być przedmiotem eksportu bez zezwolenia władz stanowych (s.5). Sprzedaż meteorytów odbywa się tylko do zarejestrowanych kolekcji i dealerów posiadających licencję.

Szwajcaria

Szwajcarski Kodeks Cywilny w art. 724 reguluje sprawę znalezionych przedmiotów i zgodnie z tym artykułem przedmioty te należą do władz kantonu, ale znalazca otrzymuje nagrodę, która nie może być wyższa niż wartość przedmiotu.

USA

Zgodnie z zapadłymi w sprawach meteorytów precedensami jeżeli meteoryt został znaleziony na terenie prywatnym, należy on do właściciela gruntu, a jeżeli na gruncie federalnym — należy do Departamentu Spraw Wewnętrznych, ale może być przekazany do Smithsonian Institution lub agencji federalnej zgodnie z Ustawą o antykach [Antiquities Act, 16 U.S.C. par.432 — zob. „People of the State California et.

al. v Mead 618 F. 2d.618 — 1980”]. Jeżeli chodzi o precedensy w sprawach meteorytów, to najsłynniejszą była sprawa Goddard przeciw Winchell [Goddard v Winchell — 86 Iowa , 71; 52 N.W. 1124 ; 17 L.R.A. 788; 41Am. St.Rep.481], gdzie zgodnie z decyzją Sądu Najwyższego Stanu Iowa wydanym w roku 1892 w sprawie fragmentu meteorytu o nazwie „Forest City”, który spadł na grunt własności Goddarda. Upadły meteoryt został wykopany z dolka o głębokości ok.1 metra przez Petera Hoaglanda, który następnie sprzedał go niejakiemu Winchell za 105 dolarów.

Sąd stwierdził, że meteoryt jest częścią ziemi, gdzie znalazł się poprzez upadek na Ziemię w sposób naturalny i należy do właściciela gruntu. Należy tutaj podkreślić, że meteoryt Forest City był deszczem meteorytów kamiennych, który spadł na obszar o dł.3,5 km i szerokości ok.2 km. Znalaziono wtedy 5 dużych kamieni i ponad 500 małych.

Podobny deszcz meteorytów spadł 13 lat przed meteorytem Forest City również w stanie Iowa. Było to w dniu 10 maja 1879 roku w pobliżu Estherville. Największy okaz ważył 198 kg. Wkrótce po odnalezieniu został wystawiony na pokaz za opłatą, ale zaraz zaczęły się dyskusje, czyją jest własnością. Wkrótce został zabrany i zakopany na polu kukurydzy, następnie znalazł się w posiadaniu szeryfa, spod którego jurysdykcji wy dostał go miejscowy prawnik, by w końcu 30 listopada 1879 roku trafił do British Museum. Należy podkreślić, że inny okaz z tego spadku został ukryty w gruncie, a potem sprzedany do stanu Minnesota. Na przykładzie tym widać, jak potrzebna była interwencja Sądu i precedens z 1892 roku [Goddard v Winchell].

Następnym precedensowym wyrokiem był wyrok w sprawie Ellis Hughes kontra Oregon Iron Company. Meteoryt Willamette, o którym będzie mowa, jest obecnie wystawiony w holu Planetarium Haydena w Muzeum Przyrodniczym w Nowym Jorku, waży 14,1 tony. O ten właśnie meteoryt toczył się chyba najbardziej zaciekle spór w historii sądownictwa amerykańskiego. Jak wykazały badania, meteoryt Willamette spadł na Ziemię ok.100000 lat temu na terenie obecnej Kanady i przez lodowiec został przetransportowany do stanu Oregon [lecz o tym dowiedziano się na podstawie badań dużo później] na miejsce, które w momencie odkrycia przez Ellisa Hughesa w listopadzie 1902 roku było

własnością Oregon Iron Company. Wcześniej jednak ta bryła żelaza została odkryta i wykorzystana przez Indian Clackamas. Meteoryt Willamette wyglądał jak ogromny grzyb lub odwrócony dzwon, gdy znalazł go Ellis. Grzyb żelaza miał wymiary ok.2 m i 3,5 m średnicy i spoczywał na węższym końcu w płytkim zagłębieniu, a na płaskim wierzchołku były liczne dolki, niektóre głębokie nawet do 35 cm. Według przeprowadzonego później postępowania dowodowego w toku procesu jednym z praktycznych dowodów było przedstawienie, że pierwsi na ten meteoryt natrafili Indianie i ich szaman twierdził, że woda zebrana w dolkach na jego powierzchni ma lecznicze właściwości, dlatego obmywali w niej twarze, a także podczas wojny zanurzali łuki i strzały. Szaman twierdził również, że meteoryt ten jest święty, gdyż przybył z Księżyca. Gdy Ellis przybył na teren Oregon Iron Company, meteoryt ten od dawna był porzucony przez Indian. Ellis przybył na ten teren, aby wycinać drzewa i wtedy natknął się na meteoryt, uświadomił sobie, że może na tym zarobić, dlatego też zbudował wóz i przetransportował meteoryt do swej posiadłości, gdzie postawił nad nim szopę i pobierał opłaty za oglądanie okazu. W przeciągu lata meteoryt stał się znany, ale jednym z oglądających okazał się prawnik pracujący dla Oregon Iron Company, dlatego też wkrótce w niej zawrzało i Oregon Iron Company wniosła sprawę do sądu hrabstwa Clackamas i wygrała. Sąd nakazał zwrot meteorytu, ale Ellis odwołał się do Sądu Najwyższego Stanu Oregon i 17 lipca 1905 roku Sąd Najwyższy wyrok ten utrzymał w mocy.

Wartym podkreślenia jest fakt, że adwokaci Ellisa argumentowali, że:

— każdy ruchomy, bezpański przedmiot staje się własnością znalazcy,

— według prawa rzymskiego skarb powinien być podzielony po połowie między znalazcą i właścicielem ziemi, ale według prawa angielskiego i amerykańskiego znalazca bezpańskiej rzeczy staje się jej właścicielem niezależnie od tego, na czym terenie została ona znaleziona,

— pierwszymi znalazcami i właścicielami meteorytu byli Indianie, którzy go potem porzucili i wobec tego należy on do znalazcy,

— znalazca czegoś, co nigdy nie miało właściciela, powinien stać się właścicielem.

Sąd Najwyższy Stanu Oregon stwierdził, że meteoryt powinien być

własnością Oregon Iron Company, a nadto, że obiekt ten spadł na Ziemię w naturalny sposób i stał się częścią gruntu, dlatego też należy do jego właściciela. Precedens Ellis kontra Oregon Iron Company jest precedensem obowiązującym do dzisiaj, chociaż ostatnia walka o posiadanie meteorytu w USA zaczęła się w lutym 1976 roku, gdy David Friburg i Mike Jendruczak szukali kopalni złota w górach Old Women w Kalifornii. W jednym z kanionów znaleźli skałę o dziwnej barwie. Skała ta okazała się czystym metalem. Mike Jendruczak wysłał próbkę do Griffith Obserwatorium w Los Angeles, ale odpowiedź brzmiała, że nie jest to meteoryt, gdyż nie zawiera niklu. Nie zrażony tym zwrócił się o opinię do Smithsonian Institution i jeden dzień po otrzymaniu próbki zjawił się u niego z Waszyngtonu kustosz meteorytów w Smithsonian. Poprosił znalców, aby pokazali mu miejsce znalezienia meteorytu, co też zrobili i wtedy zaczęła się wojna, w której brali udział znalczy, Smithsonian Institution, Biuro Gospodarki Gruntami, Stan Kalifornia i Departament Spraw Wewnętrznych. W dniu 16 czerwca 1977 roku żołnierze piechoty morskiej USA przy pomocy śmigłowca zabrali meteoryt ważący 3 tony i przenieśli go na pustynię.

Odbyły się następnie rozprawy sądowe o wydanie orzeczenia, że meteoryt powinien pozostać w Kalifornii. Odkrywcy argumentowali przed Sądem, że Prawo Górnicze z 1872 r. daje im tytuł własności do meteorytu, natomiast Departament Spraw Wewnętrznych powoływał się na Ustawę o zabytkach z 1906 roku. Spór zakończył się tym, że prawo własności przyznano Smithsonian Institution, a opiekę nad meteorytem Stanowi Kalifornia tak, że można go obejrzeć obecnie w California Desert Information Center w Barstow.

Wielka Brytania

Głównymi założeniami systemu angielskiego *common law* jest to, że rzecz znaleziona [jak np. meteoryt] należy do właściciela ziemi albo budynku, w którym został ten przedmiot znaleziony. Niestety, w Zjednoczonym Królestwie nie ma konkretnego precedensu na temat meteorytów. Posiłkować się można jedynie sprawą South Staffordshire Waterworks kontra Sharman [1862 2 Q.B.44; 65 l. J.Q.B. 400], w której pracownik czyszczący basen znalazł złoty pierścionek w basenie będącym własnością pracodawcy. Sąd stwierdził, że pierścionek ten należy do właściciela pose-

sji, na której został on znaleziony. Jeżeli meteoryty jednak scharakteryzować jako „porzucony skarb”, to zgodnie z prawem *common law* będzie on należeć do Korony.

III. Sprawa własności meteorytów w polskim ustawodawstwie

1. Rozpatrzenie kwestii prawa własności do meteorytów z punktu widzenia prawa administracyjnego i cywilnego

Sprawa własności meteorytów nie jest wprost uregulowana w prawie polskim. Polski ustawodawca nie zajmował się dotychczas tą kwestią, mimo że powstaje problem w przypadku znalezienia meteorytu, zwłaszcza gdy ma on dużą wartość. W tej sytuacji należy sięgać do ogólnych przepisów prawa administracyjnego i cywilnego dotyczących znalezisk i własności rzeczy ruchomych.

Przepisy prawa administracyjnego

Sięgając do tej dziedziny prawa, należy rozpatrzyć sprawę z punktu widzenia trzech ustaw:

- ustawy z dnia 04.02.1994r. — Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 27 poz. 96 z późn. zm.)
- ustawy z dnia 19.10.1991r. o ochronie przyrody (Dz. U. Nr 114 poz. 492 z późn. zm.)
- ustawy z dnia 15.02.1962r. o ochronie dóbr kultury (Dz. U. z 1999r. nr 98 poz. 1150 z późn. zm.)

W ustawie — prawo geologiczne i górnicze w art. 4 pkt. 3 znajduje się wyraźny zapis, że przepisów ustawy nie stosuje się do pozyskiwania okazów mineralów, skał i skamielin w celach naukowych, kolekcjonerskich i dydaktycznych, które następuje bez wykonywania robót górniczych. Z całą pewnością fragmenty meteorytów zalicza się do skał i skamielin, których pozyskanie nie wymaga robót górniczych. Tak więc na gruncie tej ustawy nie można rozstrzygnąć problemu.

Ustawa o ochronie przyrody reguluje jedynie kwestie związane z ochroną przyrody szeroko rozumianej, w tym przyrody nieożywionej, zawiera więc przepisy stanowiące, czego nie wolno robić w parkach krajobrazowych i parkach narodowych. Zgodnie z art. 23a pkt. 4 i 7 oraz art. 26a pkt. 14 ustawy w parku narodowym zabrania się dokonywania zmian przedmiotów ochrony przyrody i obszarów objętych ochroną oraz wydobywania skał i mineralów, natomiast w parku krajobrazowym zabrania

się wykonywania prac ziemnych trwale zniekształcających rzeźbę terenu. W obydwu tych przypadkach mowa jest o pozyskiwaniu różnych dóbr przyrody drogą wykonywania prac ziemnych bądź też zmieniania przedmiotów ochrony — należy rozumieć przedmiotów trwale wpisanych w krajobraz parku narodowego. Żaden z przepisów tej ustawy nie reguluje sprawy możliwości poszukiwania na terenach chronionych meteorytów, a tym bardziej możliwości uzyskania własności tych skamielin.

Bardziej szczegółowa regulacja mogąca być podstawą rozwiązania rozpatrywanego problemu znajduje się w ustawie o ochronie dóbr kultury. Zgodnie z art. 2 tej ustawy dobrem kultury jest każdy przedmiot ruchomy lub nieruchomy, dawny lub współczesny, mający znaczenie dla dziedzictwa i rozwoju kulturalnego ze względu na jego wartość historyczną, naukową lub artystyczną. Ochronie prawnej przewidzianej w przepisach tej ustawy podlega każde dobro kultury, jeżeli jego charakter zabytkowy jest oczywisty i nie podlega ochronie na podstawie innych przepisów (art. 4 pkt. 3 ustawy). Przedmiotem ochrony mogą być w szczególności m.in. rzadkie okazy przyrody żywej lub martwej, jeżeli nie podlegają przepisom o ochronie przyrody (art. 5 pkt. 7). Zgodnie z art. 24 ustawy wykopaliska i znaleziska archeologiczne stanowią własność Państwa. Znalazca przedmiotu archeologicznego obowiązany jest go zabezpieczyć, zawiadomić niezwłocznie o znalezieniu właściwą jednostkę lub podmiot. Osobie tej przysługuje prawo do nagrody od Państwa, jeżeli dopełniła wymienionych obowiązków. Tryb udzielania nagród i ich rodzaje określa rozporządzenie Ministra Kultury i Sztuki z dnia 10.10.1995r. w sprawie trybu, rodzaju i wysokości udzielania nagród za znaleziska i wykopaliska archeologiczne (Dz. U. nr 120 poz. 580). Nagroda pieniężna przysługuje jedynie wtedy, gdy przedmiot archeologiczny ma wartość materialną, a wysokość nagrody jest ograniczona nawet w przypadku, gdy rzeczywista wartość przedmiotu jest o wiele wyższa (§5 rozporządzenia). Niezawiadomienie właściwego organu w ciągu miesiąca od znalezienia przedmiotu archeologicznego albo jego nie zabezpieczenie jest wykroczeniem zagrożonym karą aresztu albo grzywny (art. 77 pkt. 3 ustawy). Z zestawienia tych przepisów wynika, że — wobec wyrażonego brzmienia art. 24 ustawy — wszelkie znaleziska archeologiczne są uzna-

wane za dobra kultury podlegające ochronie prawnej przewidzianej w ustawie i stanowią *ex lege* własność Skarbu Państwa. Tak więc gdyby uznać, że meteoryty są znaleziskami archeologicznymi, kwestia prawa własności do tych ruchomości byłaby rozstrzygnięta. Przymiot archeologiczny można jednak przypisać tylko takim przedmiotom, których powstanie datuje się na okres bardzo odległy i które powstały na Ziemi bez względu, czy są wytworem ludzkim czy też przyrody. W stosunku do meteorytów jako części przyrody nieożywionej pochodzących z innych planet sprawa ta nie jest wcale tak oczywista. Nie jest też powszechnie przyjęte (nawet w języku potocznym) nazywanie takich znalezisk archeologicznymi. Nie jest więc kwestią bezsporną, czy do takich znalezisk stosuje się art. 24 ustawy o ochronie dóbr kultury. Należy więc jeszcze rozpatrzyć powstały problem z punktu widzenia przepisów prawa cywilnego.

Przepisy prawa cywilnego

Sprawa prawa do własności meteorytów powinna być rozpatrzona na gruncie przepisów kodeksu cywilnego, w szczególności przepisów części ogólnej i prawa rzeczowego. Należy się zastanowić, czy fragmenty meteorytów, które spadły na grunt są:

- częścią składową nieruchomości,
 - przynależnością nieruchomości,
 - pożytkami naturalnymi rzeczy,
- bądź też nie są to rzeczy prawnie związane z nieruchomością, na której się znalazły i można nabyć ich własność przez:
- zasiedzenie lub
 - objęcie w posiadanie rzeczy niczyjej (zawłaszczenie),

czy też należałoby tutaj zastosować przepisy kodeksu o rzeczach znalezionych.

Nie ulega wątpliwości, że fragmenty skalne meteorytów są rzeczami ruchomymi w rozumieniu kodeksu cywilnego, gdyż są to przedmioty materialne (art. 45 k.c.) i nie spełniają przesłanek z art. 46 k.c. do uznania ich za nieruchomości. Zgodnie z powszechnie przyjętym stanowiskiem doktryny rzeczami w rozumieniu prawa cywilnego są bowiem materialne części przyrody w stanie pierwotnym lub przetworzonym na tyle wyodrębnione (w sposób naturalny lub sztuczny), że w stosunkach społeczno-gospodarczych mogą być traktowane jako dobra samoistne. Przy takim rozumieniu rzeczy nie zalicza się do nich złóż mineralów⁵, jednak meteoryty do nich się nie zaliczają,

gdyż nie są to złoża położone w głębi ziemi i nie wyodrębnione.

Na pewno nie są to części składowe nieruchomości, gdyż przede wszystkim nie są to przedmioty połączone w żaden sposób z nieruchomością, na którą spadły, a więc tym bardziej nie jest spełniona przesłanka niemożliwości odłączenia bez uszkodzenia lub istotnej zmiany całości bądź przedmiotu odłączonego. To ustalenie jest istotne dla stosunków własnościowych, gdyż część składowa nie może być odrębnym przedmiotem własności ani innych praw rzeczowych (art. 47 k.c.).

Nie są to też przynależności nieruchomości, nie są bowiem konieczne do korzystania z tej rzeczy (rzeczy głównej) zgodnie z jej przeznaczeniem ani nie pozostają z nią w faktycznym związku (art. 51 k.c.). Ma to znaczenie dla stosunków prawnych, gdyż co do zasady czynność prawna mająca za przedmiot rzecz główną odnosi skutek także względem przynależności (art. 52 k.c.).

Meteoryty nie są pożytkami naturalnymi rzeczy (nieruchomości), gdyż takimi mogą tylko odłączone od niej części składowe, przede wszystkim płody (art. 53 §1 k.c.), które jako części składowe do chwili ich odłączenia dzielą los prawny tej nieruchomości (zgodnie z zasadą *superficies solo cedit* — art. 191 k.c.).

Należy więc stwierdzić, że fragmenty meteorytów w świetle prawa cywilnego mają status samodzielnych rzeczy ruchomych nie związanych faktycznie ani stosunkami prawnymi z nieruchomością, na którą spadły. W tej sytuacji należy rozpatrzyć, kto i w jaki sposób może nabyć własność takich rzeczy. Jeżeli przyjąć, że ma tutaj zastosowanie art. 24 ust. 1 ustawy o ochronie dóbr kultury, sprawa — jak napisano wyżej — nie przedstawia problemu, gdyż na mocy tego przepisu rzeczy te stawałyby się własnością Skarbu Państwa i to *ex lege*, nie byłoby więc potrzeby szukania rozwiązania w przepisach k.c., gdyż miałyby zastosowanie wymieniony przepis ustawy o ochronie dóbr kultury jako szczególny (zgodnie z zasadą *lex specialis derogat legi generali*). Ponieważ jednak nie jest rozstrzygnięte, czy fragmenty meteorytów są znaleziskami archeologicznymi, kwestia prawa do ich własności pozostaje otwarta.

Niewątpliwie nabycie własności

znalezionych meteorytów będzie nabyciem własności pierwotnym, tzn. niezależnym od poprzednich stosunków własnościowych i od woli poprzedniego właściciela, kiedy to nabycie prawa własności następuje na podstawie określonej czynności prawnej bądź w wyniku innego zdarzenia prawnego i w związku z tym występuje stosunek następstwa prawnego (nabycie pochodne)⁶. Jest to zresztą rzeczą oczywistą, gdyż fragmenty meteorytów, które spadły na Ziemię, nie mogły być wcześniej niczyją własnością (pomijając przypadek wcześniejszego znalezienia ich przez inną osobę, a następnie porzucenia lub zgubienia). Przyjmując takie założenie, nie mają tutaj zastosowania przepisy art. 183–189 k.c. o rzeczach znalezionych, gdyż dotyczą one tylko sytuacji, kiedy jest wiadomo, że rzecz znaleziona była wcześniej w posiadaniu innej osoby, która jej nie porzuciła, tj. utraciła posiadanie, ale bez woli utraty prawa własności. Dotyczy to także sytuacji określonej w art. 189 k.c., gdyż zgodnie z poglądami przyjętymi w doktrynie⁷ dotyczy on sytuacji, gdy znaleziono tzw. skarb, czyli przedmiot ukryty kiedyś przez jego właściciela lub posiadacza, a którego poszukiwania ze względu na np. widoczny upływ czasu byłyby bezskuteczne (w tym zakresie art. 24 ust. 3 ustawy w odniesieniu do znalezisk archeologicznych jest przepisem szczególnym).

Nie znajdują też zastosowania przepisy o zasiedzeniu ruchomości (art. 174 k.c.). Przez zasiedzenie nie nabycie bowiem własności rzeczy niczyjej, na taką sytuację jest przewidziany inny przepis (art. 181 k.c.) i odrębna instytucja prawna — nabycie własności przez zawłaszczenie. Zgodnie z art. 181 k.c. własność ruchomej rzeczy niczyjej nabycie się przez jej objęcie w posiadanie samoistne. Tak więc przesłankami nabycia własności takich rzeczy są: a) objęcie w posiadanie (zawłaszczenie rzecz) b) w intencji stania się właścicielem, tj. władanie rzeczą faktycznie jak właściciel (posiadanie samoistne w rozumieniu art. 336 k.c.). Zawłaszczenie jest pierwotnym sposobem nabycia własności w drodze czynności jednostronnej i realnej (konieczne jest

⁶ Jerzy Ignatowicz — Prawo rzeczowe, Wydawnictwa Prawnicze PWN, Warszawa 1997r., s.93

⁷ Stanisław Rudnicki — Komentarz do kodeksu cywilnego, Księga druga — własność i inne prawa rzeczowe, Wydawnictwo Prawnicze, Warszawa 1996r.

⁵ A. Wolter, J. Ignatowicz, K. Stefaniuk — Prawo cywilne, zarys części ogólnej, Wydawnictwa Prawnicze PWN, Warszawa, 1996r., s.220

faktyczne władztwo)⁸. Tak więc na gruncie prawa cywilnego problem prawa do własności znalezionych fragmentów meteorytów powinien być rozstrzygnięty na podstawie art. 181 k.c.

2. Uwagi końcowe

Podsumowując rozważania na temat stosunków własnościowych znalezisk pochodzących spoza Ziemi, jakimi są odłamki meteorytów, należy stwierdzić, że problem można rozwiązać na dwa sposoby:

A. Przyjąć, że takie znaleziska zalicza się do znalezisk archeologicznych. W takiej sytuacji stają się one własnością Skarbu Państwa, niezależnie od miejsca na terytorium państwa, w którym spadną, zgodnie z art. 24 ust. 1 ustawy o ochronie dóbr kultury. Nabycie (w sposób pierwotny) przez inny podmiot własności tych rzeczy byłoby praktycznie niemożliwe, gdyż do zasiedzenia oprócz upływu trzech lat konieczna jest przez cały ten okres dobra wiara. Znalazca, jeżeli nie wie, to powinien wiedzieć, że nie jest właścicielem ze względu na art. 24 wymienionej ustawy, a nieznanomość prawa szkodzi (zgodnie z zasadą *ignorantia iuris nocet*).

B. Przyjąć, że nie są to znaleziska archeologiczne. Ustawy o ochronie dóbr kultury nie stosuje się, a ponieważ rzecz nie była wcześniej niczyją własnością i jest to rzecz ruchoma, nabycie prawa własności przez jej znalazcę następuje w drodze zawłaszczenia na podstawie art. 181 k.c.

Jak więc widać, interpretacja przepisów może doprowadzić do bardzo różniących się między sobą rozwiązań. Sprawa nie pozostaje bez znaczenia ze względu na czasem bardzo dużą wartość znajdujących meteorytów i szereg osób zainteresowanych ich kolekcjonowaniem. Wskazaniem byłoby uregulowanie tej kwestii wprost w drodze ustawy (tak jak to ma miejsce w innych krajach), by wykluczyć wątpliwości i ewentualne spory między Skarbem Państwa a znalazcami takich rzeczy.

Należy mieć nadzieję, że artykuł ten stanie się podstawą do szerszej dyskusji na ten temat wśród osób zainteresowanych tematem.

IV. Konwencje i układy międzynarodowe

Konwencja w sprawie Antarktyki

Na wstępie tego opracowania wspominałem już o Układzie w sprawie An-

tarktyki podpisanym w Waszyngtonie w dniu 1 grudnia 1959 roku, do którego Polska przystąpiła 6 kwietnia 1961 roku [Dz.U.61.46.237]. Zgodnie z tym Układem Antarktykę wykorzystuje się wyłącznie w celach pokojowych i zgodnie z Artykułem III pkt 1c — dokonuje się wymiany danych i rezultatów obserwacji naukowych na Antarktyce i zapewnia się swobodny dostęp do nich. Należy nadmienić, że postanowienia Układu dotyczą terytorium położonego na południe od 60 równoleżnika szerokości południowej — Artykuł VI. Do chwili obecnej antarktyczne meteoryty były odnajdywane tylko przez rządowe ekspedycje i nie były one nigdy problemem własności. Zawsze organizacje rządowe tych krajów publikują dane na temat badań nad meteorytami i niejednokrotnie dzielą się z innymi krajami próbkami do dalszych badań. Meteoryty te są głównie przechowywane przez takie organizacje rządowe, jak: NASA w USA, National Institute of Polar Research w Japonii oraz EUROMET przez kraje Unii Europejskiej. Jednocześnie należy podkreślić, że państwa strony układu ponoszą odpowiedzialność za swoich obywateli, którzy biorą udział w ekspedycjach — Artykuł VIII. Aby chronić meteoryty, w lipcu 2001 roku strony Układu podpisały stosowną Rezolucję 2 [2001], o której wspominałem na początku opracowania. Należy tutaj również wspomnieć o wcześniejszym podobnym traktacie dotyczącym Spitsbergenu, podpisanym w dniu 9 lutego 1927 roku, do którego Polska przystąpiła w dniu 2 września 1931 roku [oświadczenie rządowe z dnia 3 września 1931 r. Dz. U. 31.97.747], który był pierwszym międzynarodowym dokumentem współpracy polarnej.

Konwencja UNESCO

Konwencja dotycząca środków zmierzających do zakazu i zapobiegania nielegalnemu przywozowi, wywozowi i przenoszeniu własności dóbr kultury została sporządzona w dniu 17 listopada 1970 roku w Paryżu na szesnastej Sesji UNESCO. Konwencja ta została ratyfikowana przez Polskę w dniu 10 stycznia 1974 roku [Dz. U. 74. 20. 106]. Do końca 1999 roku 91 krajów świata ratyfikowało tę konwencję. Według Artykułu 1 konwencji — „Dla celów niniejszej Konwencji za dobra kultury uważane są dobra, które ze względów religijnych lub świeckich uznane są przez każde Państwo za mające znaczenie dla archeologii, prehistorii, literatury, sztuki lub nauki i które należą do następujących kategorii:

a) rzadkie zbiory i okazy z dziedziny zoologii, botaniki, mineralogii, anatomii, przedmioty przedstawiające wartość paleontologiczną (...)”

Dalej jest jeszcze wyczerpujące ponad 10 punktów i podpunktów, ale dla nas istotnym jest podkreślenie „(...) rzadkie zbiory i okazy z dziedziny (...) mineralogii, (...)”, bo w tej dziedzinie oczywiście mieszczą się meteoryty.

Jak widać, Konwencja UNESCO winna chronić i chronić meteoryty, lecz jest to uzależnione od interpretacji i wykładni prawnej poszczególnych państw.

Konwencja OECD

— Organization of Economic Cooperation and Development

Warto w tym miejscu wspomnieć również o Konwencji o zwalczaniu przekupstwa zagranicznych funkcjonariuszy publicznych w międzynarodowych transakcjach handlowych, na której ratyfikację przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej stosowną Ustawą z dnia 22 stycznia 2000 roku wyraził zgodę Sejm.

Konwencja ta również porusza główne założenia Konwencji o ochronie dóbr kultury.

V. Podsumowanie

W opinii większości naukowców meteoryty powinny znajdować się tylko w rękach naukowców i być przedmiotem badań wykształconych w tym zakresie ludzi.

Niektórzy skłaniają się jednak do następujących wniosków, że:

— dopuszczenie rynku handlowego, jeżeli już taki jest lub też powstaje, powinno być ściśle kontrolowane przez naukowców,

— zakupy do prywatnych kolekcji powinny odbywać się na zasadzie pierwokupu przez muzea lub instytucje badawcze, a kolekcje winny być rejestrowane,

— znalazcy meteorytu powinna być wypłacona stosowna nagroda tak, aby pozyskiwanie meteorytów było opłacalne zarówno dla ewentualnych poszukiwaczy, jak również dla nauki,

— dealerzy handlujący meteorytami powinni pozyskane w innych krajach meteoryty zgłaszać tak, aby w przypadku gdy dany kraj nie posiada takiego w zbiorach muzealnych czy też naukowych, Państwo miało prawo pierwokupu.

Wydaje mi się, że opinie o wyłączności posiadania meteorytów przez Państwo są nie najlepszym rozwiązaniem tego problemu, ale instytucje państwowe winny natomiast mieć niezbędną kontrolę.

⁸ J. Ignatowicz — Prawo rzeczowe..., s. 115

Polska jest krajem średniej wielkości, jeżeli chodzi o porównanie w skali światowej. Naszego kraju niestety nie stać na kosztowne programy badania przestrzeni kosmicznej. Można te badania prowadzić, nie wydając milionów dolarów. W ustawodawstwie polskim nie ma bezpośredniego odnośnika prawnego dotyczącego meteoratów.

Wydaje się, że w tym zakresie powinno być bardziej przestrzegane prawo wynikające z Ustawy o ochronie dóbr kultury, chociaż winna ona być zmieniona poprzez dodanie do Artykułu 5 słowa „i meteoraty”, a nie jak dotychczas „(...) 7) rzadkie okazy przyrody żywej lub martwej, jeżeli nie podlegają przepisom o ochronie przyrody; (...)”.

Naprawdę trudno jest tutaj prowadzić dywagacje, skoro jest to tak ogólnie zapisane a posilkowanie się innymi przepisami i nazewnictwem nie powinno mieć miejsca, skoro ustawodawca może ten zapis uściślić.

Systemy ustawodawcze w wielu krajach, jak chociażby w Argentynie, Australii, Kanadzie, Danii czy też Indii i Nowej Zelandii bardzo poważnie postraktowały ten problem.

Niestety nie znam przypadku, aby meteorat w Polsce został uznany za dobro kultury i był w sposób szczególnie chroniony (za wyjątkiem rezerwatu meteoratowego Morasko k/Poznań, ale to wynika z przepisów o ochronie przyrody). Nie znam również przypadku, aby polskie władze celne zatrzymały wywożony meteorat z Polski, a przecież ogólnie wiadomo, że nasi kolekcjonerzy wywożą „polskie meteoraty” na giełdy organizowane na całym świecie i tam też one pozostają. Ten brak może doprowadzić do utraty wielu cennych znalezisk, które z uwagi na ceny na rynkach światowych opuszczają lub wkrótce opuszczą Polskę. Tak się ma np. sprawa znalezionej we wrześniu 1997 roku meteoratu Zakłodzie. Choć znalazca ofiarował jego kawałki do wielu instytucji naukowych, to jednak meteorat ten nie został do chwili obecnej zaliczony do dóbr kultury narodowej, a jest to bardzo rzadki okaz, pierwszy taki rodzaj meteoratu zarejestrowanego na Ziemi.

Moim zdaniem meteorat ten nie powinien po takim okresie czasu być odebrany znalazcy (minęły trzy lata od jego znalezienia), ale zarejestrowany, a znalazcy, który obecnie posiada kolekcję meteoratów powinien być przyznany dyplom. Ma to, moim zdaniem, ogromne znaczenie w budowaniu zaufa-

nia do władzy i dalszego pozyskiwania materiału badawczego.

Jak widać, wiele krajów podchodzi do tego bardzo poważnie. Nie tak dawno zresztą, bo w 1992 roku, rząd australijski nalegał na międzynarodowe ściganie złodziei meteoratów. Wszystko zaczęło się od znalezienia w Australii Zachodniej w pobliżu miejscowości Calalong Creek na północny wschód od Perth — 19 gramowej kawałka skały księżycowej. Wtedy był to dwunasty znaleziony na Ziemi meteorat księżycowy, a jedyny znaleziony poza Antarktyką. Od znalazcy zakupił ten meteorat znany na całym świecie handlarz meteoratów Robert Haag z Arizony i wywiózł go z Australii. Jak wiadomo, wszystkie meteoraty znalezione w Stanie Australia Zachodnia należą do Korony, czyli do Państwa.

Robert Haag zaprzeczył, że wywiózł meteorat, ale potwierdził, że kupił go w dobrej wierze od pewnego australijskiego zbieracza. Stanowy Minister Sztuki pani Kay Hallahan w liście do swego federalnego odpowiednika pani Wendy Fatin wskazała, że:

„Meteoraty są ważnymi naturalnymi skarbami, które nie powinny być rabowane przez cudzoziemców”. Namawiała jednocześnie p. Fatin do odzyskania meteoratu i postawienia przed sądem każdego zamieszanego w sprawę jego wywozu. Jednak przedstawiciel Policji Stanowej komisarz Garry Noble oświadczył: „Nie możemy udowodnić, że meteorat Haaga spadł w Australii ani też nie możemy udowodnić, że został z Australii wywieziony, nie mamy więc dostatecznych dowodów, aby wnieść sprawę do sądu. Jest to bardzo przykre.”⁹ Oczywiście z formalnego punktu widzenia Haag powinien oddać meteorat, nadto wiadomym jest, że często omijał prawo w wywozie meteoratów z różnych krajów, ale nadal jest dealerem, którego nikt nie bojkotuje, a wręcz przeciwnie, wiele instytucji państwowych — w tym polskich (np. Muzeum Ziemi w Warszawie) — kupuje u niego lub też wymienia meteoraty.

Reasumując, jeszcze ok. 40 lat temu nikt nie dawał wielu szans na regularne znajdowanie meteoratów na świecie. Było wtedy znanych na świecie ok. 2100 meteoratów, które znaleziono na przestrzeni ok. 200 lat, znajdując rocznie ok. 10 nowych.

Obecnie, począwszy od końca lat 90, „Australia nalega, aby ścigać złodziei meteoratów” artykuł edytora — kwartalnik „Meteorat” nr 1 z maja 1992 roku.

60-tych, stały się czymś, co jest pożądane, czymś, na czym niektórzy „robią duże pieniądze”, ale są również czymś, co jest szczególnie cenne dla nauki i dlatego należy poświęcić meteoratom więcej uwagi w ustawodawstwie tak, aby zabezpieczyć je dla dobrej nauki i z korzyścią tak dla Polski, jak i całego rodzaju ludzkiego.

Mgr Andrzej Kotowiecki jest prokuratorem Prokuratury Rejonowej w Cieszynie i członkiem Meteoritical Society. Mgr Monika Skórka, autorka cz. III, jest referendarzem sądowym.

Bibliografia

- Australia — Museum Act 1969, Western Australian Consolidated Act, South Australian Museum Act 1976, South Australian Consolidated Acts, Meteorites Act 1973, Tasmanian Consolidated Legislation and Meteorites Act 1988, Northern Territory Consolidated Acts,
- „Australia nalega, aby ścigać złodziei meteoratów” artykuł edytora — kwartalnik „Meteorat” nr 1 z maja 1992 roku [Biuletyn wydawany przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku i Pallasite Press z Nowej Zelandii].
- Alex Bevan — „Meteoraty na Antypodach” kwartalnik Meteorat — j.w.
- Douglas G. Schmitt — „Ownership and Control of Meteorites” — Meteoritics and Planetary Science — 36 A183
- Philip A. Roberts Jr. — „Legal Ownership of Meteorites”, kwartalnik „Meteorite” z maja 1996 roku wydawany przez Pallasite Press w Takapuna — Auckland, Nowa Zelandia
- Vollard c. Douillard, Folio 194 C.S., Tribunal civil de Bourbon — Vendee, 17 aout, 1842 [M. Sawin, Pr.]
- Toche c. Descordes et Lejean, DT 98.2.507, Tribunal civil d' Aix, 17 janvier 1898 [M. Schoell, Pr.]
- Godbout, B. La Propriete des Meteorites Tombees sur le Territoire de la Province de Quebec in Bouchard, M.A. et al., Le Patrimoine Geologique du Quebec; Ministère des Ressources Naturelles du Quebec; in press
- Everett K. Gibson Jr., David S. Mc Kay, Kathleen Thomas-Keprta i Christopher S. Romanek — „Argumenty za istnieniem śladów życia na Marsie” — Świat Nauki luty 1998 rok s.26-33,
- Jerzy Ignatowicz — Prawo rzeczowe, Wydawnictwa Prawnicze PWN, Warszawa 1997 r.
- Stanisław Rudnick — Komentarz do kodeksu cywilnego, Księga druga — własność i inne prawa rzeczowe, Wydawnictwo Prawnicze, Warszawa 1996 r.
- A. Wolter, J. Ignatowicz, K. Stefaniuk — Prawo cywilne, zarys części ogólnej, Wydawnictwa Prawnicze PWN, Warszawa, 1996 r.

Meteoryt Albareto

Matteo Chinellato

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 3. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Połozona w dolinie Taro, w Apeninach, wieś Albareto jest miejscowością letniskową cenną za świeże powietrze i wspaniałą zielenią lasów kasztanowców i buków. 6 lipca 1766 roku niebo nad Albareto było spokojne, ale nad górami na północy kłębiły się chmury, a grzmoty i pioruny wstrząsały doliną. Około piętej po południu rolnicy pracujący na polach usłyszeli niezwykle hałas podobny do wystrzału armatniego. Potem nastąpił przeraźliwy świst, jakby przelatujący pocisk armatni. Ten świst słyszano aż w Modenie, gdzie ogrodnik pracujący u Najjaśniejszego Księcia Modeny wziął go za wystrzał armatni z Mirandoli, niedalekiego fortu. Wydawało mu się, że pocisk armatni omal nie trafił w pałacowy ogród. Ludzie znajdujący się dalej także słyszeli huk i myśleli, że to wystrzał armatni, chociaż albo nie słyszeli świstu, albo nie zwrócili na niego uwagi. W Albareto mieszkańcy słyszeli jedno i drugie, a ponadto widzieli szybko poruszający się obiekt spadający na ziemię. Niektórzy świadkowie, znajdujący się dalej od miejsca spadku, mówili, że to ciało było ogniste. Jeszcze milę dalej dwie kobiety twierdziły, że było ciemne i wydzielало dym. Musiały chwycić za gałęzie, by nie przewrócić się, gdy obiekt uderzył

w ziemię. Wstrząs był tak silny, że dosłownie przewrócił krowę. Spadający obiekt, który wydzielал woń siarki, przeraził wiele osób. Wbił się w ziemię na pewną głębokość i był jeszcze ciepły, gdy go wydobywano.

Meteoryt opisano jako bardzo ciężki piaskowiec o nieregularnym, trójkątnym kształcie, którego powierzchnię pokrywała ciemna skorupa. Ten opis, sporządzony przez jezuitę, ojca Domenico Troilli, jest jedynym opisem meteorytu Albareto, gdyż wydaje się, że potem przestano interesować się tym spadkiem. Dopiero w 1863 roku Haidinger opisał jego strukturę i skład mineralogiczny. W 1884 roku ojciec Maissen opublikował ilościową analizę chemiczną. Całkowitej wagi meteorytu nie można było obliczyć aż do roku 1938, gdyż został on rozbity i rozproszony po Albareto, a niektóre fragmenty trafiły do prywatnych zbiorów. W 1840 i 1842 roku Muzeum Przyrodnicze Uniwersytetu w Modenie nabyło dwa duże fragmenty 920,7 g i 184,7 g. Obecnie, jak podaje książeczka *Włoskie meteoryty*, której autorami są Baldanza i Triscari, największy fragment waży 605 g, a całkowita masa wynosi około 12 kg. Natomiast z fragmentu 184,7 g przekazanego dr Ege- rowi z Wiednia między 1860 a 1880 rokiem pozostało tylko kilka małych

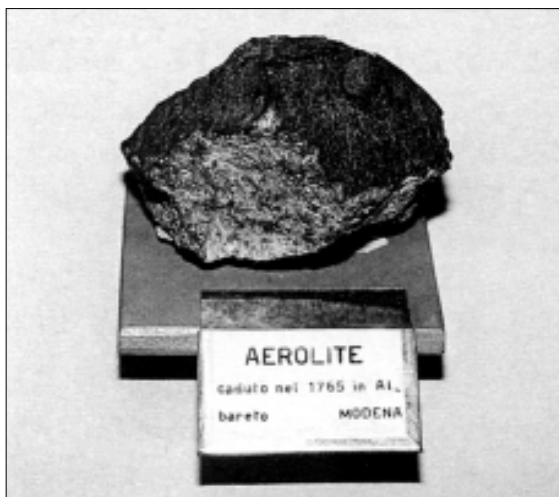
fragmentów. Największy fragment mierzy 8×8×6 cm i wskazuje, że był jeszcze większy.

W 1939 roku Paolo Gallitelli opisał ten fragment następująco: „Na powierzchni przełamu jest zwarta tekstura, która zmienia się od jednego punktu do innego. W jednym miejscu kruszy się pod palcami łatwo, a w innym tylko z trudnością. Ma barwę popielatą i liczne małe rdzawe plamki, oraz czar-

nobrazowe bryłki o średnicy 0,5 do 5 mm, których obecność nadaje masie strukturę oolitową. Pod szkłem powiększającym nie można zidentyfikować części składowych meteorytu z wyjątkiem kilku drobnych, szklistych skupień oliwinu i małych bryłek metalu pokrytych produktami wietrzenia. Skorupa obtopieniowa pokrywa tylko część największego fragmentu. Ma barwę czerwono-brązową, jest splekana i pokryta delikatnymi szczelinami powstałymi w czasie stygnięcia stopionej skorupy. Jest tylko bardzo nieznacznie porowata i chropawa z powodu szeregu zmarszczek, które są wyraźne tylko w pewnych punktach i wszystkie biegną w tym samym kierunku. Ilościowe stosunki minerałów przezroczystych i nieprzezroczystych wyznaczone na stoliku integracyjnym są następujące: pirokseny 30,0% wagowo, oliwin 50,0% wagowo, minerały metaliczne 8,0% wagowo, limonit i ziemista substancja 12% wagowo. Mikrostruktura meteorytu cechuje się mozaiką kulistych bryłek, w większości stykających się bezpośrednio ze sobą, jak w typowych, ziarnistych chondrytach. Ilościowe stosunki między różnymi minerałami nieprzezroczystymi, wyznaczone na stoliku integracyjnym, wagowo, są następujące: żelazo nikłonośne 40%, troilit i magnetyt 60%. Żelazo nikłonośne ma barwę białą i bardzo silną refleksyjność. Nie ma żadnych śladów łupliwości i nigdzie nie posiada wyraźnych kształtów geometrycznych, będąc w przeważającej części allotriomorficznym.”

Najnowsze analizy pokazały, że Albareto jest chondrytem oliwinowo-hiperstenowym typu L4. Wiele fragmentów tego meteorytu można znaleźć w muzeach i uniwersytetach całego świata, w szczególności na uniwersytetach w Bolonii (53 g), Modenie (605 g) i Rzymie (159,5 g) oraz w Natural History Museum w Londynie (51 g) i Wiedniu (73 g). Mam także płytkę tego meteorytu w swoim zbiorze.





Największy fragment (605 g) meteorytu Albareto w muzeum w Modenie. Fot. autor.

Chassigny: pierwszy kawałek Marsa

Kevin Kichinka

Część II

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 4. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Wyłonienie się marsjańskiego triumwiratu

Tylko znawca win wie, czy burgundzkie winogrona rosnące koło Chassigny we Francji w 1815 roku spełniły swe obietnice i dostarczyły mocnego Côte-d'Or, przyjemnego dla ciała i dla nosa. Wszyscy czytelnicy tego kwartalnika wiedzą jednak, że dla meteorytów rok 1815 był rokiem winobrania, kiedy zebraliśmy pierwszy plon z Marsa.

Wracamy do naszej opowieści w roku 1979, kiedy Hap McSween z innymi oraz Wasson i Wetherill opublikowali prace, w których meteoryty Chassigny, Shergotty i Nakhla były „zbyt młode”, by mogły pochodzić z planetoid. W 1981 r. C. A. Wood i L. D. Ashwal wzięli pod uwagę Chassigny, gdy stawiali zasadnicze pytanie: „Meteoryty SNC — magmowe skały z Marsa?”

Mistrzowie analiz ciężkich pierwiastków, N. Nakamura, H. Komi i H. Kagami w swej pracy „Zawartość izotopów Rb-Sr (rubidu-strontu) i pierwiastków ziem rzadkich w meteorycie Chassigny” (1982a) znaleźli „dowód na bliskie powiązanie genetyczne meteorytów Chassigny i Nakhla”. Dane wskazywały na planetarne pochodzenie Nakhli i „(...) że wiek 1,23 mld lat uzyskany dla Chassigny prawdopodobnie oznacza moment krystalizacji z magmy a nie moment zderzenia.”

Dowody powiązań Chassigny z shergottytami i Nakhłą stały się jeszcze wyraźniejsze w pracy R. N. Claytona i T. K. Mayedy „Izotopy tlenu w eukrytach, shergottytach i chassignitach” (1983).

„Przeprowadzono analizy izotopów tlenu w trzech shergottytach, dwóch nakhlitach, dziewięciu eukrytach i siedemnastu ziemskich próbkach. Eukryty tworzą linię frakcjo-

wania przesuniętą względem linii ziemskiej (...) shergottyt, nakhlit i Chassigny tworzą inną linię frakcjonowania (...) w każdej z tych dwóch grup meteoryty muszą pochodzić ze wspólnego zbiornika tlenu i być może ze wspólnego ciała macierzystego. Różnice między tymi dwiema grupami wymagają odrębnych zbiorników. Zaskakujące, że Brachina, wcześniej zaliczany do chassignitów, ma skład izotopów tlenu znajdujący się w grupie eukrytów.”

Allan Treiman z innymi (1986) zauważył, że chociaż wyliczone macierzyste magmy meteorytów podgrupy SNC różnią się znacząco, to mają jedną wspólną cechę — stosunkowo mało Al_2O_3 (korundu).

U. Ott poświęcił 98,7 mg sproszkowanego Chassigny na badanie „Gazy szlachetne w meteorytach SNC: Shergotty, Nakhla, Chassigny” (1988). „Różnice składu izotopowego Xe (ksenonu) między szklivem EETA 79001 (przypuszczalna marsjańska atmosfera) a Chassigny (który musi być fragmentem wnętrza planety) zawierają wartościowe informacje o przeszłości Marsa, jeśli jesteśmy pewni, że SNC stamtąd pochodzą.”

Chociaż młody wiek krystalizacji sugerował pokrewieństwo, nie stwierdzono wyraźnego powiązania przypuszczalnych meteorytów z Marsa, badając uwiecznione w nich gazy. „Na podstawie danych jest oczywiste (...), że gazy znalezione w Shergotty, Nakhla i Chassigny różnią się składem chemicznym między sobą (...) z czego wynika wniosek, że różnią się także od gazów w marsjańskiej atmosferze.”

W Shergotty Ott znalazł mieszaninę dwóch rodzajów gazów. Jeden prawdopodobnie został wprowadzony przy zderzeniu, drugi był dokładnie taki jak znaleziony w Chassigny. Na ile niezwykle były gazy w Chassigny? „Żaden

inny znany zbiornik gazów nie ma składu podobnego do Chassigny.” Stwierdził, że izotopy ksenonu są tak podobne do słonecznych, że ciekawe, jak mogły trafić do wnętrza „przypuszczalnego ciała planetarnego” — Marsa.

W zrobionej przez Otta tabeli wieku ekspozycji na promieniowanie kosmiczne opartej na reszkowych ilościach 3He , ^{21}Ne i ^{38}Ar wiek Chassigny wynosi 8,3–14,3 mln lat a Nakhli 9,0–11,3 mln lat. Ott był ciekaw „czy wiek Nakhli i Chassigny jest w istocie taki sam” i „czy tak odmienne chemicznie meteoryty zostały wyrzucone z tego samego ciała macierzystego podczas tego samego wydarzenia.”

W stopie jest woda

Podnosząc badania Chassigny na następny poziom, trójka z wydziału geologii Uniwersytetu Browna: Marie Johnson, Malcolm Rutherford i Paul Hess opublikowali „Petrogeneza Chassigny: skład stopu, główne parametry i zawartość wody w marsjańskich (?) magmach (1991).

„Chassigny (...) jest jednym z najbardziej pierwotnych meteorytów SNC, a więc jest najbardziej prawdopodobne uzyskanie informacji o źródłowym regionie bazaltu SNC. Praca ta przedstawia szczegółową analizę częściowo skryształizowanych inkluzji stopu w kumulatowych ziarnach oliwinu w Chassigny. Twierdzi się, że są to reprezentatywne próbki stopu, który istniał podczas krystalizacji Chassigny.”

Stwierdzili oni, że „stop w tych inkluzjach nie zakrzepł do postaci szkliva, ale wykryształizowały w nim różne minerały (...) w układzie zamkniętym.”

Zidentyfikowano minerały w około dwudziestu pięciu stopionych inkluzjach na polerowanej płytce cienkiej ze Smithsonian Institution USNM 624-1. W stopach uwiecznionych w kryształach oliwinu wykryształizował piroksen

z wysoką zawartością wapnia (stwierdzono, że to augit), piroksen z niską zawartością wapnia (przypuszczalnie ortopiroksen z dużą zawartością glinu), kaersutyt, chromit, chloroapatyt, troilit, pentlandyt i szkliwo. Uznano, że szkliwo wytworzyło się jako stop pozderzeniowy w trakcie wyrzucania z ciała macierzystego. Plagioklazu nie znaleziono. Skład tych minerałów był istotny dla wyliczenia ciśnienia, temperatury, warunków ulatniania się wody i tlenu w momencie ich krystalizacji.

Zaskakujące odkrycie zrobiono, badając amfibol kaersutyt w Chassigny — jedna z inkluzji zawierała pierwszy raz zaobserwowany pozaziemski biotyt, inny produkt działania wody. (Watson z innymi zmierzyła zawartość deuteru w biotycie w 1994 r. Po dwóch latach Watson rozwiodła się i pod panieńskim nazwiskiem Leshin (i in.) twierdziła, że poziom deuteru był „nieodróżnialny od ziemskich wartości.”)

Grupa Johnsona oceniła warunki występujące podczas pierwszej krystalizacji Chassigny.

Odkrycie przez Florana i innych w 1978 r. pierwszych pozaziemskich inkluzji zawierających amfibol zostało potwierdzone. Schwytana ciecz początkowo zawierała 1,5% rozpuszczonej wody. Krystalizacja bezwodnych minerałów spowodowała zwiększenie zawartości wody w stopie.

Przed krystalizacją kaersutytu stop musiał zawierać co najmniej 4% wody wagowo stabilnej pod minimalnym ciśnieniem 1,5 kilobara. Ciśnienie jednego kilobara na Marsie odpowiada głębokości 7,5 km pod powierzchnią. Geotermometria wskazuje, że temperatura równowagi była $1000^{\circ} \pm 50^{\circ}\text{C}$. Te czynniki wraz z innymi potwierdzają, że Chassigny pochodzi z płaszcza.

Jay Melosh przewidywał w 1988r. ciśnienie szokowe co najmniej 700 kilobarów, podmuch ledwie wystarczający do roli elastycznego zderzaka na poziomie planety, które byłoby konieczne do nadania tej materii prędkości ucieczki z powierzchni Marsa.

Przeglądając się dokładniej niż ktokolwiek przedtem, Susan Wentworth i James Gooding (1994) znaleźli więcej dowodów na obecność wody w przeszłości. Zdołali oni wykryć ślady wilgotnego środowiska w nieciągłych żyłkach w ziarnach węglanów wapnia i magnezu oraz siarczanu wapnia

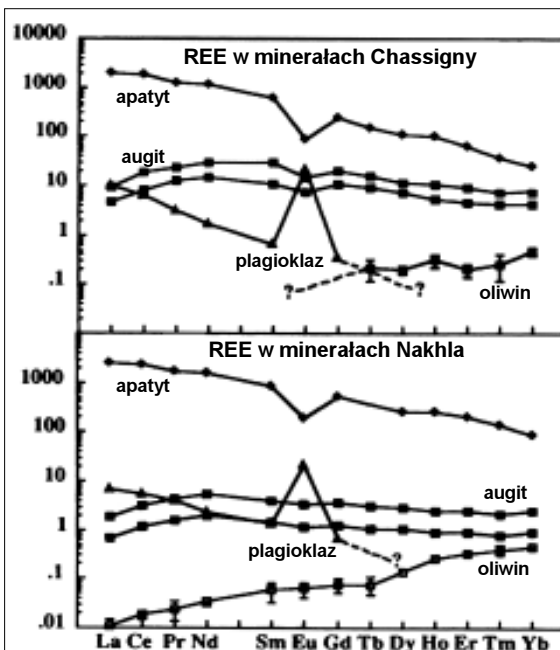
o wielkości od 1 do 10 mikrometrów. „Chociaż pozaziemskie pochodzenie tych soli nie daje się w pełni wykazać, podobne badania EETA 79001 przez Goodinga i in. w 1991 r. oraz Lafayette przez Treimana i in. w 1993 r. wykazały pozaziemskie pochodzenie podobnych soli w tych meteoritach.”

Badania Wentwortha i Goodinga pokazały, że po krystalizacji Nakhla, Lafayette, EETA 79001 i Chassigny „wszystkie były wystawione na działanie podobnych utleniających roztworów na bazie wody.” Ponadto brak towarzyszących krzemianów

czy tlenków sugerował im, że skała macierzysta Chassigny „była wystawiona na działanie wodnych roztworów soli, które były prawdopodobnie zimne i działające przez krótki czas.”

Odwrot od pokrewieństwa z Nakhłą nastąpił, gdy Hap McSween i Ralph Harvey odkryli w Chassigny kumulatywny ortopiroksen. Odkrycie to, opublikowane w „Meteoritics” w 1994 r., pchnęło Chassigny w kierunku rodziny schergottytów lub, bardziej ogólnie, ku możliwości „oznak występowania magmy bazaltowej ubogiej w glin” na Marsie w skali planetarnej.

Inne odepchnięcie od Nakhli pojawiło się w roku 1998. Dario Terribilini i in., pisząc o izotopach argonu-40/argon-36 w marsjańskich meteoritach, stwierdził, że gazy szlachetne w Chassigny były niejednorodną mieszaniną argonu z marsjańskiej atmosfery i płaszcza i nie zostały wprowadzone przez szok, jak w przypadku Nakhli (i każdego innego meteorytu marsjańskiego). To niepodobieństwo i zupełnie odmienne petrologie doprowadziły tych badaczy do uznania, że Chassigny i Nakhla „pochodzą z różnych obszarów miejsca zderzenia lub nie zostały wyrzucone w tym samym zdarzeniu.”



Rozkład pierwiastków ziem rzadkich (REE) w minerałach jest wskaźnikiem magmowych procesów petrogenetycznych. Na tym wykresie, sporządzonym na podstawie analiz wykonanych przez M. Wadhwa i G. Croza, przy pomocy mikrosondy Washington University, podobieństwo wykresów REE i ilości każdego minerału sugeruje, że Chassigny i Nakhla pochodzą z tej samej macierzystej magmy. Z Wadhwa M., Croza G. (1994) „Rare Earth Element Distributions in Chassigny: Clues to its Petrogenesis and Relation to the Nakhilites” LPI 25, 1451-1452.

Uwzględniając pominięte inkluzje

M. E. Varela, Gero Kurat z Muzeum w Wiedniu i inni ponownie zbadał zawierające szkliwo inkluzje Chassigny w 1998 roku. Napisali oni: „Inkluzje zawierające szkliwo uważa się na ogół za pozostałości macierzystego stopu, które zostały uwięzione podczas krystalizacji. Według tego modelu późniejsze „stygnięcie w układzie zamkniętym” tych inkluzji wytworzyło zespół „pochodnych minerałów” i zakrzepłe szkliwo. Takie założenie doprowadziło niestety do pominięcia inkluzji mniejszych niż 25–30 mikrometrów, ponieważ nie mogły być one uważane za reprezentatywne próbki macierzystego stopu. Sądzymy (...) że nie powinny one być pomijane.”

Badacze ci, nie pomijając już niczego, przeprowadzili skrupulatne badania, aby dokładnie określić pochodzenie wszelkich inkluzji i odtworzyć skład chemiczny macierzystej magmy Chassigny. Wykorzystano do tego wszelkie dostępne narzędzia.

Były problemy. Badacze chcieli zajmować się inkluzjami szklawa mającymi głębokość < 40 mikrometrów i widocznymi po obu stronach płytki

cienkiej, aby uniknąć pomiarów interferencji z macierzystym oliwinem. Mała liczba inkluzji spełniających te kryteria ograniczała analizy. Doświadczenia z ogrzewaniem nie udawały się, gdy spękania w oliwinie powodowały ciemnienie próbek. Potem był problem brakujących pęcherzyków.

Varela i in. wyjaśniali, że podczas naturalnego stygnięcia stopionych inkluzji odmienne tempo kurczenia się skały macierzystej i stopu powoduje powstawanie pęcherzyków. W żadnej inkluzji w oliwinie Chassigny pęcherzyków nie ma. „Nie możemy odwoływać się do pojedynczego procesu stygnięcia zamkniętego układu z towarzyszącą krystalizacją po uwięzieniu, ponieważ w takim przypadku układ zawierałby pęcherzyki.”

Czy po zderzeniu, które wysłało Chassigny z Marsa do byłego cesarstwa Karola Wielkiego, mogły pozostać inkluzje stopione, ale tak szybko stygnące, że pęcherzyki nie mogły powstać? „Wytworzenie się inkluzji pozbawionych pęcherzyków i ich szklawa przy szokowym topnieniu wydaje się wysoce nieprawdopodobne.” Proponowano inne scenariusze, ale zostały one odrzucone.

Pęcherzyki mogłyby nie powstać tylko wtedy, gdyby nie było różnic w kurczeniu się podczas stygnięcia macierzystego oliwinu i stopu. Oznacza to, że pęcherzyków może nie być tylko wtedy, gdy inkluzje zostały schwy-

tane przy temperaturze niewiele niższej od temperatury magmy.

„Proponuje się nowy mechanizm powstawania tych zawierających szklawo inkluzji, który ma bezpośrednie reperkusje dla scenariusza petrogenety tej skały.”

Te reperkusje widoczne są w każdej publikacji na temat Chassigny napisanej później.

Nowy pęcherzyk percepcji

Varela i in. odłożyli na bok, nie przesądzając sprawy, odkrycia wszystkich poprzedników zajmujących się powstaniem Chassigny. „Widzimy, że wiele naszych obserwacji nie pasuje do ogólnie przyjętego klasycznego scenariusza (...) nie jest naszym zamiarem ignorowanie szczegółowych badań Chassigny prowadzonych przez wiele lat, ale nasze nowe obserwacje wskazują na genetyczny model całkowicie odmienny od standardowego modelu meteorytu SNC.”

„Standardowy model meteorytu SNC wiąże inkluzje szklawe w minerałach Chassigny z macierzystą magmą uwięzioną podczas krystalizacji macierzystej skały z magmy. Nasze doświadczenia pokazują jednak, że wzrostki w oliwinie Chassigny nie są wytworem ewolucji pierwotnie jednorodnego stopu po uwięzieniu w zamkniętym systemie. Badania petrograficzne wskazują na pochodzenie wskutek niejednorodnego schwywania poprzedników kryształów i szklawa w oliwinie Chassigny. Inne dowody sugerują, że nie tylko badane oliwiny mają niejednorodne minerały w różnych proporcjach, ale że chwytnie mogło nastąpić przy dość niskiej temperaturze, co zapobiegło chemicznemu ujednolicieniu szklawa.”

Autorów doprowadziło to do zasugerowania „raczej chondrytowego niż planetarnego źródła schwytych minerałów i związanych z nimi cieczy.”

„Te nowe dane sugerują, że podczas niejednorodnego chwytnia panowały niskie temperatury, co wskazuje na niemagmowe pochodzenie głównych inkluzji zawierających szklawo w oliwinie Chassigny (...) bezpośrednie konsekwencje wskazują, że Chassigny prawdopodobnie utworzył się w temperaturach niższych od temperatury magmy, prawdopodobnie przez skupianie się minerałów wytrącających się z fazy ciekłej (gazowej). Istnieją

argumenty za pierwotnym, podobnym do chondrytowego źródłem tej cieczy.”

Czy mamy zdmuchnąć kurz z pracy Floriana i innych z 1978 roku i odrzuconej przez nich samej koncepcji chondrytowego (LL) źródła krzemianów?”

Poszukiwanie wspólnego gruntu

Analiza niedawno znalezionej na pustyni marsjańskiego kamienia Dar al Gani 476 jeszcze bardziej skomplikowała zagadnienie. E. Jagoutz i R. Jotter z Instytutu Maxa Plancka poinformowali na konferencji Meteoritical Society przed dwoma laty, że Dar al Gani 476 na wykresie izochron samar — neodym mieści się między Nakhłą a znalezionym na Antarktydzie QUE 94201. Zaproponowali oni wydarzenie sprzed 800 mln lat, gdy „Nakhła, Chassigny i QUE 94201 oraz DaG 476 utworzyły się ze zbiornika zubożonego w lekkie pierwiastki ziem rzadkich (zbiornik NCQD). Ten zbiornik powstał przypuszczalnie z chondrytowego zbiornika 4,5 mld lat temu. Są powody, by sądzić, że zbiornik NCQD miał residualny skład mineralny, czyli składał się głównie z oliwinu i piroksenów.”

Opublikowana potem praca Jagoutza i Jottera „Nowe dane na temat izotopów Sm-Nd w minerałach Nakhli” podtrzymała tę teorię. Wykorzystali oni dodatkowe dane Sm-Nd, które zebrał Shih i in. (1999), badając meteoryt Gobernador Valadares, oraz własne, nieopublikowane jeszcze badania meteorytów Lafayette i Chassigny.

Zaproponowali oni trzy wyjaśniające scenariusze, z których bez trudu odrzucili dwa. Ich ulubiona teoria „przypisuje obserwowane wykresy izotopów procesom mieszania towarzyszącym bombardowaniu niejednorodnego regolitu.”

Innymi słowy, aby uzyskać żądany smak, wymieszajmy ciasto z planetoidalnym/kometarnym cynamonem.

„(...) najważniejszym wnioskiem wynikającym z tych nowych danych Sm-Nd jest to, że Chassigny, Nakhła, Gobernador Valadares, Lafayette, DaG 476 i QUE 94201 pochodzą z tego samego źródła pomimo bardzo różnego wieku ekspozycji.”

Po latach badań, które na przemian zgromadzały lub rozganiały członków rodziny meteorytów marsjańskich, czy jest możliwe, że Nakhła, Shergotty



To wyżłobienie u podnóża marsjańskiego wulkanu Ceraunius Tholus jest, według naukowców, potencjalnym źródłem jednego, kilku lub wszystkich marsjańskich meteorytów. Inny wulkan w regionie Tharsis na Marsie ma podobny ślad u podstawy. Zdjęcie udostępnił Calvin J. Hamilton.

i Chassigny są rodzeństwem z tej samej macierzystej marsjańskiej magmy?

Chwileczkę

Czy powinniśmy tak łatwo odrzucić dobrze określony wiek krystalizacji 1,3 mld lat dla Nakhli i Chassigny oraz 180 mln lat dla shergottytów?

Co z „rodzającymi się małymi chondrami” Jérémine’a, mes amis?

Co zrobić z informacją, że skład chemiczny stopionych inkluzji Chassigny zgadza się dobrze z zawartością głównych pierwiastków w krzemianowej części chondrytów LL? Jak pogodzić z ewolucją planety, która uległa dyferencjacji, obecność podobnych do słonecznych proporcji izotopów ksenonu w Chassigny?

Petrogeneza tego kawałka skały pozostaje równie tajemnicza, jak „pary o temperaturze niższej od temperatury magmy”, z których miały powstawać „skupienia wytrącających się minerałów” jak twierdził Varela i in. Opowieść jeszcze się nie kończy.

Kontynuujmy kontynuowanie

Pozostaje kilka spraw praktycznych.

Nazwa. Przyzwyczajeni do języków romańskich nazywają ten meteoryt „chassigny”. Dla wiadomości czytelników: Francuzi wymawiają to „szasini” z akcentem na końcu.

Zbieg okoliczności. Chassigny spadł koło kilku krów we Francji 3 października 1815 r. Zagami spadł koło kiku krów w Nigerii 3 października 1962 r. Tylko przypadek? Allan Treiman zatytułował artykuł w „Meteoritics” w 1992 r. „Daty spadków meteoroidów SNC: dowód na istnienie roju meteoroidów SNC i wspólne miejsce pochodzenia”.

Rozwazał on prawdopodobieństwo przypadkowej zbieżności i precesję orbity roju meteoroidów. Uwzględnił precesję ziemskiej orbity. Rozwżył różne scenariusze wyrzucenia meteoroidów z Marsa, biorąc pod uwagę ich wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne.

W każdej beczce miodu była łyżka dziegciu

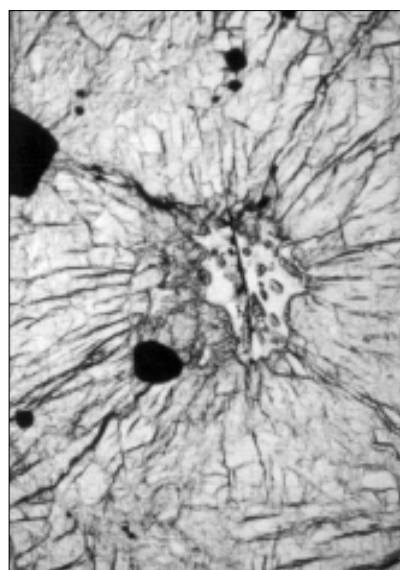
Czy mamy co roku wieczorem, 3 października, oczekiwać deszczu meteoroidów Chassigny, Nakhli i Zagami? Według prywatnej informacji, jaką Treiman otrzymał od szanowanego meteorologa George Wetherilla

w 1984 r. „szansa uzyskania dwóch meteoroidów SNC z jednego wyrzutu jest mniejsza niż 2×10^{-4} .”

Krowy są bezpieczne. Wilk pozostanie w lesie.

Waga

„Catalogue of Meteorites” podaje, że całkowita znana waga Chassigny wynosi 4 kg. Jest to waga podana przez pana Pistolleta, który przybył na miejsce dwa dni po spadku. Nie ma żadnych dowodów, że którykolwiek kawałek był ważony. Pistollet sądził, że spadło osiem kilo, opierając się na brakujących fragmentach spękanego kilogramowego okazu, który otrzymał.



To zdjęcie przedstawia zawierającą szklisko inkluzję znaną jako polerowana płytka cienkiej Chassigny USNM 624-1. Niole równoległe, dłuższy bok 0,7 mm. Szara spękana materia wokół inkluzji, to oliwin. Jasna, niespękana materia w środku pola, to szklisko. Czarne, zaokrąglone ziarna, to chromit. Zdjęcie i opis udostępnił Allan Treiman.

Rzeczywista waga okazów Chassigny wymienionych w „Catalogue” wynosi w sumie około 657 gramów. Największym jest okaz w Paryżu ważący 344 g.

Russ Kempton, dyrektor „New England Meteoritical Services” przysłał mi bardziej szczegółowe wyliczenia, które dają 829,3 g. Według jego listy największy paryski okaz waży 376 g.

Na stronie internetowej „Mars Compendium” Charlesa Meyera Jr. (www-curator.jsc.nasa.gov/curator/antmet/mmc.htm) jest zdjęcie paryskiego okazu 215 g i wzmianka o 119 g w paryskim muzeum. Żaden z tych okazów nie jest uwzględniony na dwóch pierwszych listach.

Jeśli ocena całkowitej wagi, jaką zrobił na oko pan Pistollet, była poprawna, to ponad trzy kilogramy Chassigny gdzieś znikły.

Z pewnością istnieją w prywatnych zbiorach okazy nie uwzględnione w spisach. Efektowny okaz ze skorpą, ważący 13,5 g „jedyny okaz na świecie znajdujący się w prywatnych rękach” (sic!) pojawił się na nieudanej aukcji Guernseya w Nowym Jorku 20 listopada 1996 r. W żadnym spisie nie ma okazu ważącego dokładnie 13,5 g. Oferent jest dobrze znany wśród meteoryciarzy, ale wołał pozostać anonimowy na tej aukcji, gdzie oferowano 65 g Nakhli i 420 g Zagami. Spodziewano się uzyskać ponad 2 miliony dolarów USA.

Gdzie więc podział się brakujący materiał? W przeciwieństwie do niektórych meteoroidów wykorzystywanych jako ograniczniki do drzwi czy lewarki samochodowe Chassigny jest zbyt kruchy, by nadawał się do takich prozaicznych zastosowań.

Być może po prostu... zniknął. Zaginięcie małych fragmentów kamieni w ciągu dwustu lat nie jest niczym niezwykłym. Przeglądając zbiory starych, historycznych meteoroidów, zauważamy, że często z biegiem lat ubożeją.

Barbotan spadł we Francji w 1790 roku. W „Catalogue” odnotowano „deszcz meteoroidów kamiennych, z których największy ważył 9 kilo”, ale obecnie pozostało tylko 3678 g.

Ensisheim, gdy spadł w 1492 r., według zapisów miał ważyć 127 kg. Obecnie jest 69 kg.

Eukrypt Juvinas, gdy spadł w 1821 r., był jednym kamieniem ważącym 91 kg. Zachowało się 49 i pół kilograma.

Gdzie są brakujące trzy kilogramy? Niektóre kawałki trafiły od razu do wypchanych kieszeni małych chłopców podnieconych zjawiskiem w 1815 roku, przekraczając horyzont zdarzeń, spoza którego nie ma powrotu. Inne fragmenty trzymane w szufladzie w kuchni pokrytego strzechą domu rolnika, przysypywane zwolna lawiną korków do butelek wina, zapalek, wytłaczarek. Reszta przechodziła z ojca na syna i tracąc ładunek emocjonalny, popadła w zapomnienie.

Na szczęście jednak wystarczająco dużo pozostaje dla poważnej nauki, gdzie potrzebne są miligramy. Wspinali ludzie, może jeszcze nie narodzeni, podejmą wyzwanie odkrywania ta-

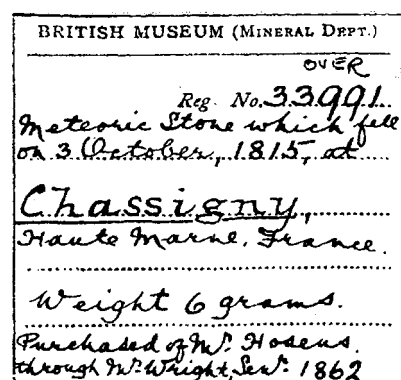
jemnic wciąż schowanych w kosmicznym sercu Chassigny.

Podziękowania

Chciałbym wyrazić wdzięczność dla Berndy Pauleya za jego rady, cierpliwość, dobry humor i pomoc w poszukiwaniach. Jego tłumaczenia oryginalnych francuskich artykułów na angielski miały decydujące znaczenie dla tego przedsięwzięcia. Alain Treiman z Lunar and Planetary Institute udostępnił efektowne zdjęcie polerowanej płytki cienkiej Chassigny NMNH 624-1 i jego opis. Chwała dla Russa Kemptona z NEMS za udostępnienie danych, które wydobyl z Wieży z Kości Słoniowej pewnego Eastern Establishments of Higher Learning. Szczególne podziękowanie dla Alana Rubina z UCLA, konsultanta naukowego „Meteorite”, który przeczytał uważnie ten utwór i pomógł odnaleźć drzewa, które zgubiłem w lesie. Podziękowanie dla Billa i innych bibliotekarzy z oddziału w Rutenbergu sieci hrabstwa Lee na Florydzie, którzy nigdy nie krzywili się, gdy czasem domagałem się „wypożyczeń międzybibliotecznych” artykułów publikowanych w zapomnianych czasopismach francuskich z 1815 r.

Literatura

- Clayton R. N., Mayeda T. K. (1983) Oxygen isotopes in eucrites, shergottites, nakhlites and chassignites. *Earth Planet. Sci. Letters* **62**, 1-6.
- Damour (1862) *C. R. Acad. Sci.*, Paris **55**, 591.
- Floran R. J., Prinz M., Hlava P. F., Keil K., Nehru C. E., Hinthorne J. R. (1978) The Chassigny Meteorite: A cumulate dunite with hydrous amphibole-bearing melt inclusions. *Geochim. Cosmochim. Acta* **42**, 1213-1229.



Oryginalna etykiетка okazu Chassigny w British Museum.

- Gooding J. L., Wentworth S. J., Zolensky M. E. (1988) Calcium carbonate and sulfate of possible extraterrestrial origins in the EETA 79001 meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**, 909-915.
- Gooding J. L., Wentworth S. J., Zolensky M. E. (1991) Aqueous alteration of the Nakhla meteorite. *Meteoritics* **26**, 135-143.
- Harvey R. P., McSween H. Y. Jr. (1994) Ancestor's Bones and Palimpsests: Olivine in ALH 84001 and Orthopyroxene in Chassigny. Abs. *Meteoritics* **29**, A472.
- Jagoutz E., Jotter R. (1999) SNC: Relatives Finally Finding Each Other. 62nd Meteoritical Society Meeting, 5128.pdf.
- Jagoutz E., Jotter R. (1999) New Sm-Nd isotope data on Nakhla minerals. *Lunar and Planetary Science XXXI* 1609.pdf.
- Jérémie E., Orel J., Sandrea A. (1962) Étude minéralogique et structurale de la météorite de Chassigny. *Bulletin de la Société française Minéralogie et de Cristallographie Tome LXXXV*, Juillet-Septembre, p. 262-266.
- Johnson J. E., Scrymgeour J. M., Jaroszewich E., Mason B. (1977) Brachinite meteorite — a Chassignite from South Australia. *Rec. S. Aust. Mus.* **17**, 309-319.
- Johnson M., Rutherford M., Hess P. (1991) Chassigny petrogenesis: Melt composition, intensive parameters and water contents of Martian(?) magmas. *Geochim. Cosmochim. Acta* **55**, 349-366.
- Lacroix A. (1927) *Bull. Mus. Nation. Hist. Nat. Fr.* **33**, 411.
- Lancet M. S., Lancet K. (1971) Cosmic-ray and gas retention ages of the Chassigny meteorite. *Meteoritics* **8**, 81-85.
- Mason B., Nelson J. A., Muir P., Taylor S. R. (1975) The Composition of the Chassigny Meteorite. *Meteoritics* **11**, 21-27.
- McSween H. Y., Stolper E. M., Taylor L. A., Muntean R. A., O'Kelley G. D., Eldridge J. S., Biswas S., Ngo H. T., Lipschutz M. E. (1979) Petrogenetic relationship between Allan Hills 77005 and the other achondrites. *Earth Sci. Lett.* **45**, 275-284.
- Melosh H. J. (1984) Impact ejection, spallation and the origin of meteorites. *Icarus* **59**, 234-260.
- Meunier M. S. (1911) Examen chimique et litologique de la météorite d'El Nakhla. *Séance*, 3 Octobre 1911, 785-787.
- Nakamura N., Komi K., Kagami H. (1982) Rb-Sr isotopic and REE abundances in the Chassigny meteorite (abstract) *Meteoritics* **17**, 257-258.
- Nehru C. E., Prinz M., Delaney J. S., Dreibus G., Palme H., Spettel B., Waenke H. (1983) Brachina — A new type of meteorite, not a Chassignite. *J. of Geo. Res.*, Supp. vol. 88, B237-244.
- Ott U. (1988) Noble gases in SNC meteorites: Shergotty, Nakhla, Chassigny. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52** 1937-1948.
- Pistollet (1816) *Ann. Chim. Phys.* **I**, 45-49.
- Rose G. (1864) Beschreibung und Einteilung der Meteoriten auf Grund der Sammlung im Mineralogischen Museum zu Berlin.
- Shih C. -H., Nyquist L. E., Wiesmann H. (1999) Sm-Nd and Rb-Sr Systematics of nakhlite Governador Valadares. *Met. & Planet. Sci.* **34**, 647-655.
- Terribilini D., Eugster O., Burger M., Jakob A., Krahenbuhl U. (1998) Noble gases and chemical composition of Shergotty mineral fractions, Chassigny and Yamato 793605: The trapped argon-40/argon-36 ratio and ejection times of Martian meteorites. *Met. & Planet. Sci.* **33**, 677-684.
- Treiman A. (1992) Fall days of the SNC meteorites: Evidence for an SNC meteoroid stream and a common site of origin. *Meteoritics* **27**, 93-95.
- Treiman A. H., Barrett R. A., Gooding J. L. (1993) Pre-terrestrial aqueous alteration of the Lafayette (SNC) meteorite. *Meteoritics* **28**, 86-97.
- Tschermak G. (1885) Die mikroskopische beschreibung der Meteoriten, Stuttgart.
- Vauquelin (1816) *Ann. Chim. Phys.* **I**, 49-53.
- Verela M. E., Kurat G., Bonnin-Mosbach M., Clochiatt R., Massare D. (2000) Glass-bearing inclusions in olivine of the Chassigny achondrite: Heterogeneous trapping at sub-igneous temperatures. *Met. & Planet. Sci.* **35**, 39-52.
- Wasson J. T., Wetherill G. W. (1979) Dynamical, chemical and isotopic evidence regarding the formation locations of asteroids and meteorites. *Asteroids* (ed. T. Gehrels) pp 926-974. Univ. of Ariz. Press, Tucson, AZ.
- Watson L. L., Epstein S., Stolper E. M. (1994) D/H of water released by stepped heating of Shergotty, Zagami and Nakhla. *Meteoritics* **29**, 547.
- Wentworth S., Gooding J. (1994) Carbonates and sulfates in the Chassigny meteorite: Further evidence for aqueous chemistry on the SNC parent planet. *Meteoritics* **29**, 860-863.
- Wood C. A., Ashwal L. D. (1981) SNC meteorites: Igneous rocks from Mars? *Proc. Lunar Planet. Sci.* **12b**, 1359-1375.

Kevin Kichinka jest osiagalny pod: MARSROX@aol.com.

Poszukiwania meteorytu Tagish Lake

część V (ostatnia)

Howard Plotkin

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 4. Copyright © 2001 Pallasite Press)

24 kwietnia – 4 maja. Po powrocie do London w Ontario dzwoniemy z Peterem codziennie rano do Alana, aby dowiedzieć się, jak się sprawy posuwają:

„Dzień dobry, Alan. Jak się mają wszyscy w Brooklands?”

„Wszyscy czują się dobrze, tylko zmęczeni.”

„Jaki jest stan lodu?”

„Lód tam, gdzie pracujemy, jest dobry, ale zaczyna tajać wzdłuż brzegów w niektórych miejscach i musimy tam jechać na ATV lądem.”

„Jak idzie polów?”

„Dobrze — wczoraj złapaliśmy 37 rybek.”

„Jakiej wielkości?”

„Można powiedzieć, że przeważnie w przedziale 30–50 gramów.”

„Czy są... eee... całe, czy... hmm... pokruszone?”

„Kilka było całych, ale większość rozpadła się w dołkach na kilka części.”

Śmiejemy się, że jeśli przypadkiem ktoś słyszy ten dialog na odbiorniku CB, to musi drapać się w głowę i mocno zastanawiać się, co to za jacyś zbirkowani rybacy.

Ponieważ pogoda jest coraz cieplejsza i śnieg topnieje, cieszymy się słysząc, że warunki poszukiwań na jeziorze Tagish znacznie się poprawiły. Stwarza to jednak nowe problemy. Ponieważ czarne meteoryty dobrze po-

chłaniają światło słoneczne, zaczynają coraz bardziej zagłębiać się w lód. Ciekawi nas, ile jeszcze mamy czasu, zanim wsiąkną tak głęboko, że nie da się ich wydobyć. Zdajemy sobie sprawę, że jest to wyścig z czasem. Peter szybko postanawia podesłać trzy dodatkowe osoby z Uniwersytetu Zachodniego Ontario, by pomóc w poszukiwaniach.

Z każdym dniem liczba odnajdywanych meteorytów rośnie aż do 94 meteorytów dziennie (1 maja). Jednak wieści telefoniczne od Alana zaczynają być coraz bardziej alarmujące. Stan lodu staje się coraz gorszy i wkrótce zacznie on być niebezpieczny. Ponadto Alan i inni są coraz bardziej zmęczeni. Z powodu innych obowiązków członkowie ekspedycji zaczynają opuszczać Brooklands; jeden wyjeżdża 3 maja a Alan z drugim 4 maja. Wiedząc, że wszyscy poza jednym wyjadą za kilka dni zależnie od stanu lodu, planuję wraz z Peterem powrót do Tagish Lake. Będziemy kontynuować zbieranie, jak długo się da, oraz doglądać katalogowania i pakowania meteorytów, by przesłać je do Uniwersytetu w Calgary.

5–8 maja. Przybywam ponownie do Whitehorse 5 maja (Peter przyleciał dzień wcześniej) i dzwonię do Marion w Brooklands, by spytać, czy mam coś przywieźć ze sobą. Mówi mi, że powinienem kupić jeszcze przynajmniej tu-

zin pojemników do przechowywania meteorytów, i że nie powinienem od razu jechać do Atlin, jak planowałem. Mówi, że Jim i inni byli tak zaniepokojeni stanem lodu, że postanowili zakończyć poszukiwania na ATV. Tego dnia Jim wyjechał samochodem do Tagish na północnym brzegu jeziora, gdzie spotkał się z członkami ekspedycji, którzy pojechali tam na ATV i właśnie transportuje ich do Whitehorse. Idę więc do sklepu, skąd wypożyczono ATV i czekam na ich powrót.

Gdy w końcu przybywają, dowiaduję się, że przekładnia w ATV Phila prawie się wykończyła i miał kłopoty z dojechaniem, i że od wypożyczenia trzy tygodnie temu przejechaliśmy na każdym około 2000 km. Wszyscy członkowie ekspedycji wracają do domu z wyjątkiem Mike Mazura, który zostaje z Peterem i ze mną, by przetransportować meteoryty do Calgary.

Następnego ranka kupujemy dwie zamrażarki o pojemności 25 stóp sześciennych i jedziemy z nimi do Atlin. Jim czuje się bardzo źle i śpi przez całą drogę. Gdy dojeżdżamy, pada na łóżko w domu przyjaciela, a my wykorzystujemy czas na rozpakowanie zamrażarek. Nasza działalność budzi zainteresowanie sąsiada i w końcu przychodzi zobaczyć, co się dzieje. Bierze nas za dostawców zamrażarek (staramy się nie wyprowadzać go z błędu) i pyta, czy nie mamy nic przeciw temu, że weźmie kartonowe pudła. Mówimy oczywiście, że może je wziąć, mając nadzieję, że sobie pójdzie i będziemy mogli w spokoju kontynuować pracę. Odchodzi, ale po kilku godzinach, gdy umieściliśmy zamrażarki w szopie, włączyliśmy i przykryliśmy brezentem, by nie zwracały zbyt dużo uwagi, przychodzi ponownie zaciekawiony, dlaczego jeszcze tu jesteśmy.

Starając się zachować powagę, mówimy mu, że kontrola jakości w firmie jest bardzo surowa i nie chcemy odjechać, póki się nie upewnimy, że wszystko działa bez zarzutu. Wygląda na to, że mu to wystarcza i wraca on do domu, ale zastanawiamy się, co powie-



Fot. 18. Peter przed śmigłowcem wykorzystywanym przez dwa ostatnie dni poszukiwań.

my mu później. Na szczęście już się nie pyta. Jim budzi się późnym popołudniem i jest tak zdezorientowany, że przeprosza za spanie przez półtorej doby. Widzimy, że nie jest w stanie lecieć z nami do Brooklands, więc pozwalamy mu spać dalej i idziemy do hotelu w Atlin.

Następnego dnia Jim czuje się znacznie lepiej i lecimy jego samolotem na teren poszukiwań, by zobaczyć, czy jest jakieś miejsce, gdzie mógłby bezpiecznie wylądować. Chociaż czuje on, że lód nie wytrzyma jego lądowania, obecność tuzinów czarnych okrągłych plam widocznych z góry przekonuje nas, że warto by było wznowić poszukiwania choć przez dzień lub dwa, jeśli to w ogóle możliwe. W ciągu godziny wypożyczamy śmigłowiec i lecimy z powrotem na teren poszukiwań (fot. 18).

Przez dwa następne dni chodzimy po lodzie tam i z powrotem przez dziewięć godzin dziennie. Ponieważ jesteśmy tylko we trójkę, musimy pracować jako jeden zespół, szukając i zbierając jednocześnie. Do tego czasu meteoryty zagłębiły się znacznie w lodzie, czasem nawet ponad 20 cm. Niektóre nawet przesiąkły przez lód i przepadły na zawsze. W przypadku meteorytów, które się rozpadły, każdy kawałek wyłobził własną rękę we wspólnym zagłębieniu, co jeszcze bardziej utrudnia wydobywanie. Aby uniknąć ryzyka przypadkowego wpadnięcia czegoś do jednej z takich rurek podczas wydobywania, Mike zatyka je kulkami aluminiowej folii, gdy pomysłowo wyciąga fragmenty palcami pożyczonymi od Marion (fot. 19).

Mike wpadł także na inny sposób



Fot. 19. Mike M. wyciąga palcami meteoryt, który wsiąkł głęboko w lód.

odnajdywania meteorytów. Odkrył, że nie wszystkie są w wyraźnie widocznych wgłębieniach, ale że niektóre mniejsze wgłębienia zostały przykryte cienką warstwą skryzalizowanego lodu. Zauważył jeszcze, że mają one pewną cechę, którą nietrudno zauważyć, gdy wiadomo, czego szukać — wyraźną promienistą symetrię przypominającą tęczę oka. Lekkie stuknięcie w to kruszy lód, odsłaniając meteoryt siedzący głęboko w rurce. Wiedząc o tym zacząłem znajdować takie ukryte meteoryty, zastanawiając się z żalem, ile przedtem przegapiłem (fot. 20).

W ciągu tych dwóch dni zdolaliśmy odnaleźć jeszcze z 50 meteorytów, ale pod wieczór 8 maja Jim zaczyna się obawiać, że warunki stają się zbyt niebezpieczne, by kontynuować poszukiwania. Lód zamienia się w igielkowy niemal na całej grubości i Jim zwraca uwagę, że gdyby lód pod kimś się załamał, to nikt nie byłby w stanie podejść dostatecznie blisko, by pomóc się wy-

dostać. Woda zaczyna wydostawać się z dołków, gdy się do nich zbliżamy, a w jednym miejscu lód wydaje głośnie złowieszczy trzask, zmuszając mnie do szybkiego odskoczenia w tył. Ponieważ kwestia bezpieczeństwa jest najważniejsza, niechętnie ogłaszamy ostateczny koniec poszukiwań.

9–10 maja. Wynikiem naszych poszukiwań jest odnalezienie około 200 meteorytów. Najlepiej zachowane okazały zostały osobno owinięte aluminiową folią i umieszczone w pojemnikach, ale większość meteorytów jest wciąż w wyciętych piłach blokach lodu (fot. 21). Oceniamy, że mamy około tony takiej materii w dużych, plastikowych workach na śmieci podzielonych między zamrażarkę Jima w jego składzie w Atlin i dwie zamrażarki w domu jego przyjaciela. Cały ten materiał musi teraz zostać skatalogowany i przeniesiony do zamrażarek, które kupiliśmy.

Szybka ocena ilości posiadanego materiału przekonuje nas, że nasze dwie zamrażarki nie wystarczą, więc Peter jedzie do Whitehorse i kupuje mniejszą zamrażarkę o pojemności 7 stóp sześciennych, którą wykorzystamy tylko do najlepiej zachowanych okazów. Gdy zaczynamy przenosić meteoryty, zauważamy, że niektóre z tych okazów nie są w twardych pojemnikach, lecz tylko w foliowych torebkach. Idziemy więc do sklepu w Atlin i wykupujemy wszystkie pojemniki, jakie mają. Gdy sprzedawczyni unosi brwi ze zdziwienia, wzruszamy ramionami i mówimy: „To na ryby”. Trzymamy się tej samej linii, co wcześniej, gdy wykupywaliśmy cały zapas folii aluminiowej i torebek foliowych, ale teraz nie może ona powstrzymać pytania: „A jakież to ryby

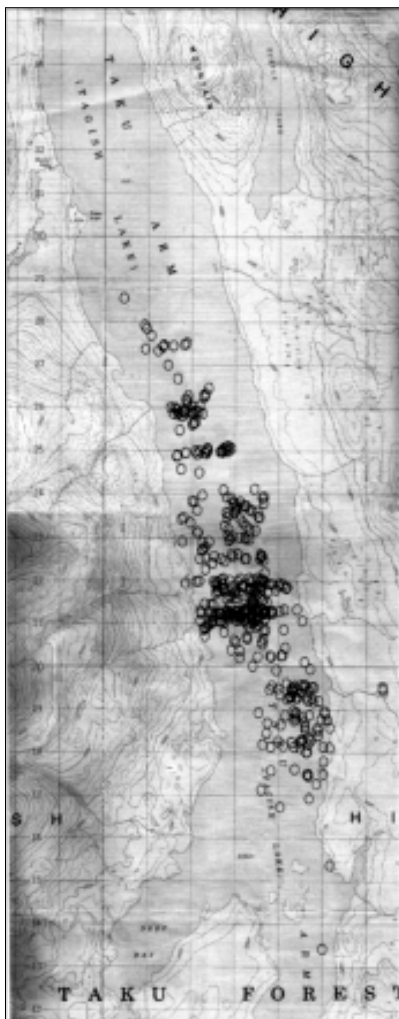


Fot. 20. Mike M. i Howard wydostają meteoryt znaleziony ostatniego dnia poszukiwań.

łapiecie?” Mrucząc coś pod nosem, wychodzimy i kontynuujemy pracę.

Po skatalogowaniu i przeniesieniu meteorytów naszym ostatnim zadaniem jest przygotowanie zamrażarek do transportu do Calgary. Mike i przyjaciółka Jima Doreen Stangel zamierzają transportować je samochodem Jima z jedną z dużych zamrażarek w kabinie, a pozostałymi dwiema na doczepionej platformie. Uważamy za istotne, aby mała zamrażarka z najcenniejszymi okazami była jak najlepiej amortyzowana. Mike proponuje położenie jej na słabo napompowanych dętkach. Ale dzwoniąc do jedyne warsztatu samochodowego w Atlin, nie udaje się uzyskać żadnej. Wygląda na to, że mają tam tylko opony bezdętkowe.

Gdy wypytujemy, czy ktoś nie wie, gdzie można jakąś znaleźć, ktoś radzi, by spróbować u miejscowego handlarza „starzyzną”. Dzwonimy do niego i mówi, że owszem, ma kilka, ale nie jest pewien, czy chce się ich pozbyć. Niemniej postanawiamy go odwiedzić.



Fot. 22. Obszar rozrzutu meteorytu Tagish Lake z widocznymi pozycjami 410 znalezisk meteorytów.



Fot. 21. Zebrane meteoryty w zamrażalniku. Najlepiej zachowane okazy są w pojemnikach, gorsze w plastikowych torebkach, a wycięte pływaki lodu są w workach na śmieci.

Gdy przybywamy tam, widzimy podwórce wypełnione prawie wszystkim, co można sobie wyobrazić, od ogromnych, groźnie wyglądających skór niedźwiedzi wiszących na gałęziach drzewa do masywnych organów z piszczalkami opartych o ścianę stodoły. Chociaż wygląda, że właściciel nie ma ochoty dzielić się smętnie wyglądającymi, polatanymi dętkami, na widok dwudziestodolarowego banknotu szybko daje nam dwie i kilka kawałków sfałgowanej pianki gumowej.

Do wieczora 10 maja samochód Jima zostaje wyposażony w przetwornik, tak że zamrażarki będą mogły działać przez całą drogę, i zamrażarki zostają załadowane na samochód i przyczepkę, dokładnie przymocowane i przykryte brezentem. Wszystko jest gotowe do dwudniowej podróży do Calgary. Peter i ja żegnamy Mike'a, Doreen, Jim'a i jego przyjaciela i jedziemy do Whitehorse, gdzie następnego ranka wsiądziemy do samolotu do London. Nasza długa, ciężka, ale niewyobrażalnie radosna wyprawa na poszukiwanie meteorytów na jeziorze Tagish dobiega ostatecznie końca. Jej sukces przeszedł najśmielsze oczekiwania. Taka przygoda zdarza się raz w życiu i zapamiętamy ją na zawsze.

Zakończenie. Członkowie naszej ekspedycji na jezioro Tagish mieli szczęście uczestniczyć w zbieraniu meteorytów z największego spadku i z największego obszaru rozrzutu w historii Kanady. Wynikiem dwudziestoczterodniowych poszukiwań na zamrażniętym jeziorze Tagish było odnalezienie około 410 miejsc spadku meteorytów na obszarze o długości około 16 km i szerokości 3 km (fot. 22). Zdolaliśmy

zebrać około 200 z tych meteorytów o łącznej masie między 5 a 10 kg. Jest to pierwszy przypadek w historii meteorytyki, że świeżo spadłe meteoryty zbierano w pierwotnym stanie z zamrożonego otoczenia. Jeszcze bardziej emocjonujący jest fakt, że wstępne analizy pokazują, że ten bogaty w związki organiczne chondryt węglisty należy do nowego, pierwotnego typu (niezgrupowany C2). Dzięki znalezieniu pierwszych meteorytów przez Jim'a Brook'a i dodatkowych okazów, które zdolaliśmy zebrać, naukowcy z całego świata będą mogli badać ten niezwykle meteoryt, co może pomóc im kiedyś wyjaśnić uformowanie się Układu Słonecznego i powstanie życia na Ziemi.

Podziękowania. Serdecznie dziękujemy Jimowi Brookowi, Marion Brook i Doreen Stangel za ich zachęty i wsparcie, dobre jedzenie i dobre serce, przyjaźń i wspomnienia.

Członkowie ekspedycji poszukującej meteorytu Tagish Lake

Andrew Bird (20–27 lutego)
Jim Brook (15–27 lutego, 6 kwietnia – 10 maja)
Peter Brown (15–25 lutego, 6–23 kwietnia, 4–10 maja)
Margaret Campbell (11–23 kwietnia)
Rob Carpenter (27 kwietnia–5 maja)
Heather Gingerich (27 kwietnia – 5 maja)
Mike Glatiotis (23 kwietnia – 3 maja)
Erika Greiner (27 kwietnia – 4 maja)
Alan Hildebrand (20–27 lutego, 22 kwietnia – 4 maja)
Mike Mazur (20–27 lutego, 23 kwietnia – 10 maja)
Tina Mazur-Rubak (20–27 lutego)
Phil McCausland (11 kwietnia – 5 maja)
Howard Plotkin (6–23 kwietnia, 5–10 maja)
Doreen Stangel (22 kwietnia)
Ed Tagliaferri (16–23 kwietnia).

AMZ

Targi meteorytowe w Gifhorn 19–21 października 2001 r.

Kazimierz Mazurek

Od pewnego czasu na giełdach i targach meteorytowych odbywających się poza granicami naszego kraju obecni są przedstawiciele licznej już dzisiaj grupy kolekcjonerów meteorytów z Polski. Relacje z ich pobytu zamieszczane w „Meteorycie” przynoszą wiadomości o aktualnym stanie rynku meteorytowego, o nowościach, starych, historycznych już dziś, rarytasach, kontaktach z dealerami. Ponieważ od wizyty w Ensishheim upłynęło niewiele tygodni, a na wielu stoiskach w Gifhorn oferta była podobna, więc nie będzie to zbyt dokładna relacja. Swoją i czytelników uwagę zajmę głównie nowościami, których jak zwykle nie zabrakło.

W piątkowy wieczór, w hotelu Deutsches Haus w Gifhorn, zebrali się wystawcy z Maroka, USA, Niemiec, Polski, Rosji, Ukrainy, Austrii, Urugwaju, Australii, Francji... na „welcome party”. Rozmowy przeciągnęły się do późna, ale o 9.00 rano w sobotę wszyscy wystawcy stawili się w sali rycerskiej Zamku Gifhorn. Stoiska przygotowane jeszcze w piątek i nasza grupa miała już pewien pogląd na to, co będzie nas interesowało.

Baitilia — firma Gregora Pacera z Niemiec prezentowała to co zazwyczaj, więc przede wszystkim dużą grupę okazów z USA. Ci co chcieliby powiększyć kolekcję, śmiało mogli to zrobić u Grzegorza. Około 50 meteorytów do wyboru, a także tektury,

w tym rzadkie „Izy Wabaru”, australity po 800–900 DM.

Na polskim stoisku, ulokowanym między Baitilią a Rosjaninem Aleksandrem, prezentowali swoje okazy Marcin Cimała i Staszek Jachymek. Pułtusk, Morasko, Zakłodzie — czyli „meteorites from Poland”. Wzrok przyciągały tu jednak precjoza, które wystawił Sławomir Derecki z Wrocławia — złotnik zafascynowany meteorytami. Oprawione w złoto przykuwały uwagę zwiedzających. Odnosiliśmy czasami wrażenie, że Niemcom łatwiej było uwierzyć w meteoryty, niż w złoto stanowiące dla nich unikatową oprawę. Sławek Derecki wykonał także znaczek „Meteorite Club” — złoty warkocz z kulą z Gibeona. To był znak rozpoznawczy polskich uczestników.

Dwa kroki dalej niezmiernie sympatyczny Aleksander. A co u niego? Chinga i Brahini w dobrych cenach. Uzupełnienie zbioru o te okazy wydawało się obowiązkiem, bo jakość okazów zdecydowanie przewyższała cenę. U niego także znalazłem piękny, niemal 100 gramowy okaz meteorytu Kunashak — chondrytu L6, którego obserwowany spadek miał miejsce 11 czerwca 1949 r. w Rosji. Okaz ten posiadał także trochę skorupki obtopienia, co w tym wypadku jest sporą rzadkością. Kupiłem go więc, ale za cenę dwukrotnie niższą (za gram) od tej, którą godzinę wcześniej zapłaciłem Mike’owi Farmerowi za piątkę tegoż meteorytu (w dodatku łysą, czyli bez sko-

rupki). W rozliczeniu zostawiłem Aleksandrowi piątkę od Farmera. Jakies dwie godziny później, zresztą w mojej obecności, Mike zobaczył „swojego” Kunashaka na stoisku Aleksandra. Zrobił wielkie oczy, potem był wielki śmiech. Ten okaz jeszcze raz zmienił podczas targów właściciela. Następnego dnia rano inny Alex pokazywał z ogniem w oczach Rainerowi Bartoschewitzowi swój nowy nabytek. Giełda to piękne miejsce, o czym niech zaświadcza historyjka meteorytu Kunashak — wszyscy zrobiliśmy świetny interes.

Na zdjęciu niżej Catrine Bidaut oraz Bruno Fectay interesują się polskim stoiskiem. Zakłodzie i Pułtusk oraz piękne wyroby złotnicze Sławka były przedmiotem rozmów. Jeśli ktoś z czytelników „Meteorytu” postanowi naszym śladem odwiedzić jakieś targi w roku przyszłym, to powinien znaleźć najpierw stoisko sympatycznych Francuzów. Bowiem mają oni na każdej wystawie rzeczy wyjątkowe. Tym razem pokazali znaleziony w marcu 2000 r. zbrekcjonowany eukryt Agoult. Inny eukryt to Bouvante — francuski (spadek 30.07.1978 r.), obok rumurutit Northwest Africa 753 – R 3.9, w sąsiedztwie bencubinit z Maroka o wadze 187 g — jeszcze bez nazwy, a nieco dalej pierwszy w historii enstatytowy chondryt EH6 — oczywiście Northwest Africa 974 o wadze całkowitej 2,2 kg, znaleziony w kwietniu tego roku na pustyni. Kolejne piękności to diogenit



Wizytówka polskiego stoiska w Gifhorn



Polskie stoisko w Gifhorn. Od lewej Sławomir Derecki, Jarosław Bandurowski, Stanisław Jachymek, Marcin Cimała, Kazimierz Mazurek.

Hamara z Maroka, stamtąd także Igdi i również jak poprzednik eukryt — Bereba z Burkina Faso (spadek 27.06.1924 roku) Na marokańskiej pustyni odnaleźli oni w marcu tego roku shergotyty NWA 856 o wadze 320 g, a w roku ubiegłym acapulcoit Tissemoumine NWA 725 o wadze 3,25 kg. Zaprezentowali oni także liczne okazy meteorytu Taza z Maroka, „plessitic octahedrite” jak go przedstawiano także na dwóch innych stoiskach. To były tylko nowości, a przecież ich bogate stoisko zawierało także skarby, które dane nam było obejrzeć już w Ensisheim.

Po raz pierwszy zobaczyliśmy na targach szwedzki oktaedryt IVA Muonionalusta, odkryty w 1906 r. Był on w niewielkiej ilości u Bartoschewitza oraz w dużo większej u Egera. Ten ostatni proponował ceny 40–80 DM za gram. Sporo. Za szkłem leżał obok 25,7 gramowy okaz słynnego oktaedrytu Elbogen.

Stoisko Egera obfitowało w „biżuterię” i wyroby z Gibeona, ale trudno się było tym zachwycić. Właściciel stoiska dostrzegł chyba w Sławku Dereckim groźną konkurencję, bo zdecydowanie protestował przy każdej próbie wykonania przez nas zdjęcia jego stoiska. Cóż, może zdawał sobie sprawę z tego, co prezentuje.

Jeśli rok temu w Gifhorn królem giełdy był okaz meteorytu Morasko o wadze 48 kg, to tym razem Hans Koser z Urugwaju wystawił naprawdę piękne okazy Campo del Cielo, oktaedrytu znanego już od 1576 r., a wśród nich 72 kilogramowy okaz prezentowany na zdjęciu. Był to zdecydowanie największy okaz wystawy. Kilku kolekcjonerów skorzystało z okazji, by zakupić do swych zbiorów parokilogramowe okazy w bardzo rozsądnej cenie. Warto pamiętać, że takie targi są nie tylko wystawą, ale przede wszystkim giełdą, na której czasami zdarza się okazja nie do

przewidzenia. I wtedy warto ją wykorzystać.

U każdego z wystawców można było znaleźć coś, co wzbudzało emocje. Peter Kummel pokazał chondryt Valera z Wenezueli, ale i sporo bardzo małych okazów meteorytów niemieckich, wśród nich np. Nenntmannsdorf — oktaedryt IIAB, znaleziony w 1870 r.

Dieter Heinlein z Augsburga, którego nazwisko nosi jedna z planetoid — 6374 Heinlein, zaprezentował przepiękną, wielką płytę mezosyderytu Estherville, ale i shergotyty Sayh al Uhaymir 051, cały okaz o wadze 436 g, w cenie 1400 DM/g. Leżał więc sobie przed nami mały kamyk za ponad 600000 DM. Prawdziwy nieziemski skarb. Znane obszary meteorytożne reprezentowane były przez howardyt DAG 779 z Dar al Gani, czy też eukryt HaH 261 z Hammadah al Hamra. Warto też było zwrócić uwagę, lub nawet kupić do zbioru po długich lecz skutecznych negocjacjach, piękną kopię orientowanego chondrytu L6 Middlesbrough z Yorkshire w Anglii, który 14 marca 1881 r. spadł na Ziemię. Heinlein posiadał także niewielkie fragmenty meteorytów Elbogen oraz L'Aigle lecz w iście kosmicznych cenach.

Tuż obok starsze małżeństwo z Australii — to Don i Lois McColl. Australijczycy, które przywieźli i oferowali do sprzedaży, były wręcz idealne. Takie jak u Haaga w katalogu. Cena 3000 DM za sztukę. Opowiedzieli oni o odnalezieniu kolejnych okazów meteorytu Cockburn — chondrytu L6 z południowej Australii. Do tej pory znano dwa okazy o wadze ok. 2,5 kg. Oni odnaleźli ok. 20 sztuk. Szczęśliwcy.

Na koniec może jeszcze parę słów o wspomnianym już wcześniej Mike'u Farmerze.

Trzeba przyznać, że z targów na targi ma coraz mniej okazów. Wśród

nich wypatrzyłem, ale niestety nie kupiłem, m.in. Wold Cottage, L6, spadek 13.12.1795 r., chondryt węglisty Cold Bokkeveld z Południowej Afryki — spadek 13.10.1838 r. Inne, a wśród nich Salar de Imilac z Chile, Chadong z Chin, L'Aigle, 1,20 g za 300 DM, czy też kanadyjski Bruderheim były już bardziej dostępne.

Jeśli prześledzić nasze relacje z poprzednich targów w Gifhorn i Ensisheim, to kilka wniosków nasuwa się natychmiast:

— grupa wystawców na tych targach jest z niewielkimi wyjątkami ta sama, a ich liczba oscyluje wokół dwudziestu. Czasami przemknę jak meteor ktoś nowy. Teraz był to np. Christian Anger z Austrii z małymi, ale pięknie przygotowanymi do sprzedaży okazami Moravki !!!

— na stoiskach duża ilość meteorytów pustynnych z Sahary i Omanu, natomiast niewiele historycznych okazów, o których się czyta i marzy. Jeśli są, to ich bardzo wysokie ceny, w przypadku europejskich okazów, dochodzą do 200–500 \$/g. Tu płaci się bowiem za okaz.

— ceny popularnych meteorytów, takich jak np. Gibeon, rosną. Nawet za kilkunastokilogramowe okazy p. Eger życzył sobie w tym roku 0,75 DM/g (w roku ubiegłym ok. 0,40 DM). Ale ceny Sikhote-Alina nadal bardzo dobre, a podaż pięknych okazów wielka.

Tegoroczna wizyta w Gifhorn naszej grupy, w skład której wchodził: Marcin Cimała, Staszek Jachymek, Jarek Bandurowski, Sławomir Derecki, Adam Mazurek i autor, była przygotowana bardzo dobrze. Trzydniowy wyjazd pozwolił nie tylko dokładnie zapoznać się z ofertą wystawców, ale i przeprowadzić tzw. rozmowy kuluarowe. Taaaak, towarzyski walor takiej imprezy jest nie do przecenienia. 



Carine Bidaut i Bruno Fectay przy polskim stoisku.



Campo del Cielo, 72 kg, na stoisku Hansa Kosera

Barwne trawienie meteorytów

Maria Elizabeth Zucolotto i Victor de Carvalho Klein

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 7 No. 4. Copyright © 2001 Pallasite Press)

Barwiące roztwory trawiące wymyślono, by zabarwiać różne metale i stopy i można je stosować także do meteorytów. Chociaż tę technikę opracowano wiele lat temu i opublikowano już na ten temat wiele artykułów, to nie jest ona jeszcze szeroko stosowana w metalurgii ani w badaniach meteorytów.

Aby zaobserwować struktury i fazy w stopach metali, można zastosować dużą różnorodność metod trawienia: roztwory chemiczne, trawienie barwne, trawienie elektrolityczne, barwienie termiczne, kontrastowanie gazowe i koloidy magnetyczne. Ich podstawy można znaleźć w rozmaitych podręcznikach [1-3]. Metody te są bardzo skuteczne i nadają się także do metalu w meteorytach. Do trawienia meteorytów żelaznych najczęściej stosuje się nital i pikral.

Perry [4] proponował użycie zasadowego pikrynianu sodu do barwienia cohenitu i obojętnego pikrynianu sodu do barwienia schreibersytu, co było bardzo przydatne do identyfikacji tych minerałów. Jednak z powodu niebezpieczeństwa pracy z pikrynianem w krystalicznej postaci i trudności uzyskania i utrzymania obojętnego roztworu sprawiły, że metoda ta nie jest używana.

Barwiące roztwory trawiące zawierające kwas selenowy, alkohol, kwas

solny oraz molibdenit sodu wprowadził Beraha [5], ale najbardziej powszechnie stosowane wynalazł Klemm, a wyjaśnił Vander Voort [2-3].

Barwiące roztwory trawiące w istocie nie powodują procesu trawienia, gdy kontrolowany proces korozji, oparty na elektrolitycznym oddziaływaniu między fragmentami powierzchni o różnym potencjale, zmienia tempo trawienia uwidoczniając w ten sposób mikrostrukturę. Są to zwykle kwaśne roztwory osadzające cienką powłokę, na ogół o grubości 40 do 50 nm, tlenku, siarczku itp, na powierzchni okazu. Dzieli się je na anodowe, katodowe lub złożone, zależnie od sposobu osadzania powłoki.

Barwy po trawieniu uzyskiwane są w wyniku interferencji i zależą od grubości powłoki osadzonej w procesie trawienia. Teoretycznie przy tych samych warunkach trawienia uzyskuje się taką samą grubość. Grubość powłoki zmienia się z orientacją krystalograficzną danej fazy, wskutek czego uzyskujemy różne barwy zależnie od orientacji ziarna. Interferencja wytwarza barwy w typowej kolejności, żółty, czerwony, fioletowy, niebieski i zielony.

Dotychczas opublikowano dużą różnorodność barwiących roztworów trawiących [2-5]. Próbowaliśmy wcześniej zastosować niektóre metalurgiczne roztwory do meteorytów bez zado-

walających wyników. Wiele roztworów, jak Klemm I, które zabarwiają ferryt w stali węglistej i stopowej, nie działa na meteoryty. Które działają, a które nie, można stwierdzić tylko doświadczalnie i często wymaga to wielu prób i błędów, zanim dobierze się właściwy roztwór dla danego stopu. Ostatnio za radą Phyllis Budka wypróbowaliśmy niektóre roztwory Vander Voorta z niedawno opublikowanego artykułu [6], gdzie autor podaje związki działające dobrze na meteoryty. Wyniki były tak zaskakujące, że świat barw uzyskanych na meteorytach żelaznych wciąż nas zdumiewa.

Wybrane roztwory trawiące dla meteorytów

Do typowych składników barwiących roztworów trawiących należą: metadwusiarczyn sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), metadwusiarczyn potasu ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) i tiosiarczan sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$). Stosowane są w postaci wodnych roztworów i na ogół zabarwiają fazy anodowe. Aby zabarwić metale bardziej odporne na kwasy, dodaje się trochę kwasu solnego.

Barwiące roztwory prawie zawsze stosuje się w temperaturze pokojowej, zanurzając całkowicie próbkę. Dobrze jest przygotować odczynniki przynajmniej 24 godziny wcześniej i przechowywać je w ciemnej butelce, ponieważ

Meteormania



niektóre odczynniki zawierające metadwusiarczany sodu lub potasu uwalniają dwutlenek siarki i siarkowodor, wytwarzając silny odór. Większość odczynników nie jest niebezpieczna, ale lepiej unikać styczności z nimi. Uwagę trzeba zwracać na kwas selenowy, który jest podobnie agresywny jak kwas siarkowy i trzeba obchodzić się z nim ostrożnie.

Przygotowanie okazu do trawienia

Wszystkie okazy, które mają być trawione, należy zeszlifować płasko stosując coraz drobniejsze proszki aż do 400 lub 600 do makroskopowego trawienia lub do pasty diamentowej 1 mm lub 1/4 mm do badań mikroskopowych. Po szlifowaniu proszkiem 220 lub 330 dobrze jest obejrzeć dokładnie powierzchnię i jeśli są szczeliny i pęknięcia, wypełnić je rozcieńczoną żywicą lub szelakiem, wysuszyć i kontynuować szlifowanie. Takie postępowanie pozwoli uchronić się przed pozostawianiem w szczelinach kwasu powodującego niepożądane rdzewienie i niszczenie okazu.

Przed trawieniem barwiącym okaz musi być lekko wytrawiony chemicznie nitolem lub pikralem. Roztwory te rozpuszczają kamacyt tworząc relief, który zwykle zwiększa ostrość obrazu. Lepszy jest nitol, ponieważ uwidoczni wiele struktur, takich jak granice ziaren, linie Neumanna, taenit i plessyt. Pikra jest lepszy do badania meteorytów plessytowych.

Właściwie przygotowana próbka musi być przed trawieniem dokładnie oczyszczona, ponieważ każda pozostałość na powierzchni będzie utrudniać tworzenie się powłoki. Na ogół przed każdym trawieniem myjemy okaz przy pomocy detergentów lub mydłem kosowym.

Przygotowujemy według przepisu (tabela) wybrany roztwór barwiący. Najlepszy, naszym zdaniem, składa się z 10% tiosiarczany sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) i 3% metadwusiarczyny sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) w 100 ml wody. Wlewamy go do zlewki i zanurzamy trawiony okaz polerowaną stroną do góry. Łagodnie poruszamy zlewką przez 20 do 180 sekund, aż powierzchnia zacznie się zabarwiać. W tym momencie przestajemy poruszać zlewką i obserwujemy próbkę. Trawienie może trwać od 45 do ponad 600 sekund, do-

WYBRANE ROZTWORY BARWIĄCE		
50 ml nasyconego, uwodnionego tiosiarczany sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 5 g metadwusiarczyny potasu ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	Klemm II — zanurzyć na 6 lub więcej minut aby zabarwić kamacyt i plessyt	Do oktaedrytów. Nie barwi taenitu, węglików i fosforków.
10% metadwusiarczyny sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), 100 ml wody	Zanurzyć na 2–10 min. aby zabarwić kamacyt. Także granice ziaren i linie Neumanna.	Bardzo dobry do heksaedrytów. Nadaje się także do oktaedrytów.
3 g metadwusiarczyny potasu ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$), 10 g bezwodnego tiosiarczany sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 100 ml wody	Roztwór Berahy. Zanurzyć na 1–15 min., barwi kamacyt i plessyt.	Bardzo dobry do oktaedrytów.
10 g tiosiarczany sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 3 g metadwusiarczyny sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), 100 ml wody	Nasza przypadkowa odmiana roztworu Berahy, która działa bardzo dobrze	Doskonały do oktaedrytów. Nie barwi taenitu, węglików ani fosforków.

kładny czas wyznacza się, gdy pojawia się żądany makroskopowy kolor, zwykle gdy niektóre ziarna stają się fioletowe. Wyjmujemy próbkę, myjemy ciepłą wodą i suszymy suszarką do włosów. Należy uważać, by nie dotknąć powierzchni próbki, zanim nie wyschnie.

Obserwacje

- Trawienie barwiące trwa znacznie dłużej niż tradycyjne, więc potrzeba 5 do 15 minut na uzyskanie pożądanego wyniku. Trawienie meteorytów jest dość podobne do wywoływania filmu fotograficznego. Niektóre rodzaje obrazu można uzyskać tylko przy dokładnym i właściwym postępowaniu; można się tego nauczyć tylko przez doświadczenie.

- Powierzchnia nie może być pocierana watą lub pędzelkiem z roztworem, ponieważ w takich warunkach powłoka się nie wytworzy.

- Aby uzyskać najlepszy rezultat, powierzchnia musi być bardzo dokładnie wypolerowana, ponieważ po trawieniu uwidocznią się wszelkie zadrapania. Niepolerowana powierzchnia próbki powinna być zabezpieczona lakierem, szelakiem lub żywicą.

- Gdy próbka jest całkowicie sucha, należy ją obejrzeć pod lupą lub mikroskopem przy małym powiększeniu. Jeśli przy fosforkach lub na granicach innych ziaren pojawi się trochę rdzy, można ją usunąć lekko polerując powierzchnię szmatką z pastą diamentową, po czym przemyć i wysuszyć.

- Jeśli rdza się utrzymuje lub jeśli wynik trawienia nie jest zadowalający, cały proces należy powtórzyć. Trzeba ponownie wytrawić nitolem, przemyć dokładnie detergentem i za-

nurzyć w wybranym roztworze barwiącym. Jeśli nadal nie ma dobrych rezultatów, należy wypróbować inny przepis na roztwór barwiący.

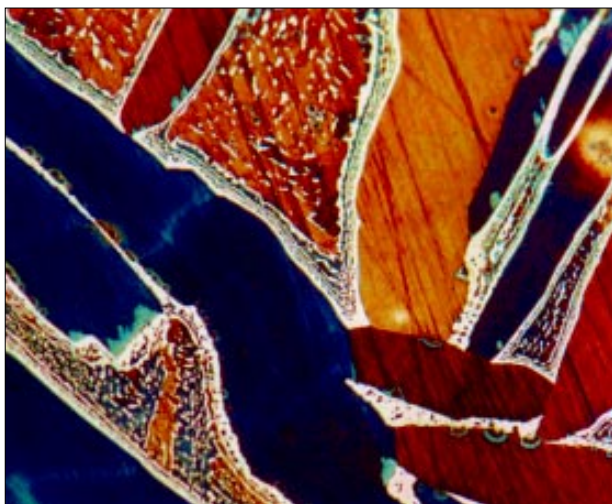
- Przy oglądaniu pod mikroskopem należy uważać, by nie podrapać powłoki. Próbki powinny być oglądane przy jasnym oświetleniu pola, chociaż niektóre barwy mogą zostać wzmocnione w świetle spolaryzowanym przy prawie skrzyżowanych niokolach.

- Dla ochrony przed wilgocią i tlenem można powierzchnię pokryć bezbarwnym lakierem lub rozcieńczoną żywicą. Przed lakierowaniem powierzchnię trzeba oczyścić i wysuszyć.

Podziękowania: dla Phyllis Budka za informacje i zachętę, dla Loiva Antonello i dla FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio de Janeiro).

Literatura

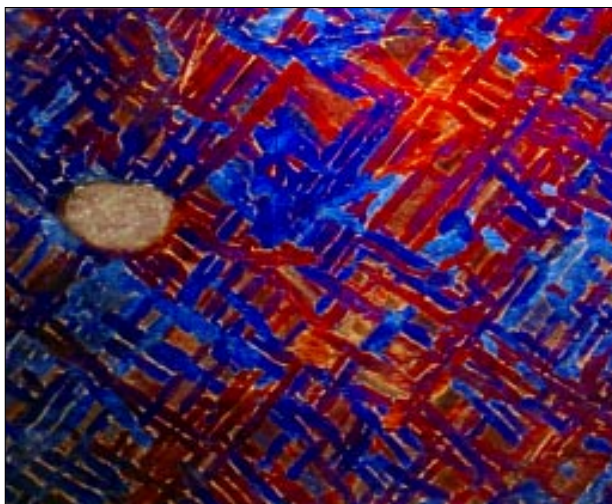
- [1] Beckert M., Klemm H. *Handbook of Metallographic Etching Methods*, Veb Deutscher Verlag für Grundstoff, Leipzig 1962.
- [2] Vander Voort G. F. *Metallography Principles and Practice* McGraw-Hill, 1984.
- [3] Vander Voort G. F. *Applied Metallography. — Phase Identification by Selective Etching*, Van Nostrand, 1986.
- [4] Perry H. S. *The Metallography of Meteoritic Iron*, U.S. Govt. Print Office, Wash. 1944.
- [5] Beraha E. Shpigler B. *Color Metallography*, Amer. Soc. for Metals, Metal Park, Ohio, 1977.
- [6] Vander Voort G. F. *Metallography of Iron Meteorites — Advanced Materials & Process*, Feb 2001.



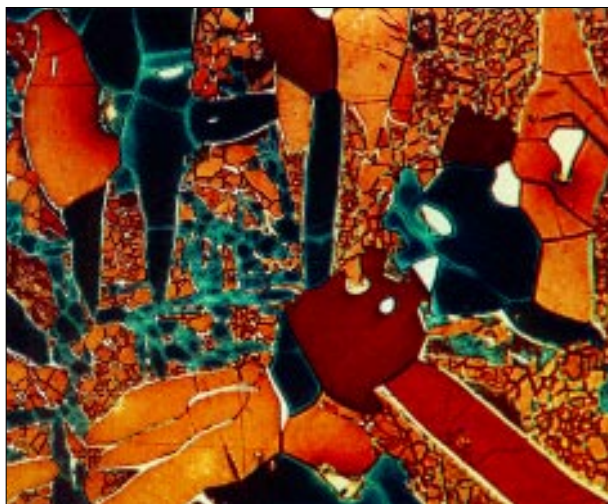
Barbacena (Brazylia), oktaedryt plessytowy wytrawiony barwnie. Kolory ukazują paski kamacytu o barwie niebieskiej, pomarańczowej i brązowej o trzech różnych orientacjach. Pola plessytu obwiedzione są paskami taenitu (Długość pola 0,5 mm).



Cratheús (1950), oktaedryt plessytowy. Paski kamacytu (żółte, pomarańczowe, brązowe i niebieskie) otoczone są cienkimi obwódkami taenitu (bladożółte i białe). Wszystkie większe ziarna kamacytu narastały wokół kryształów schreibersytu (białe), które były jądrami kondensacji. (Długość pola 2 mm).



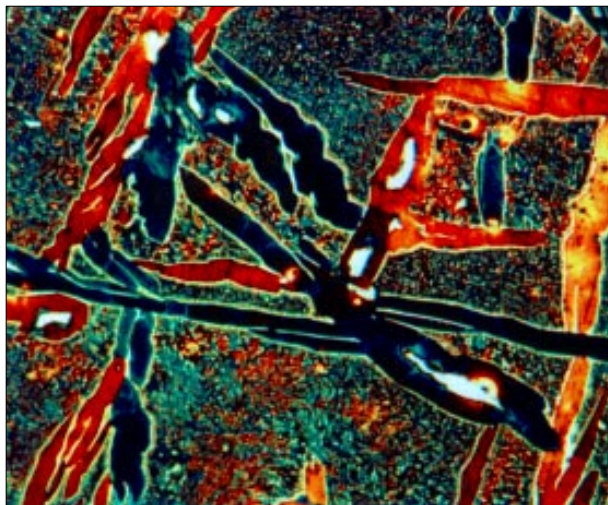
Makroskopowy widok Cape York, Agpalilik, średnioziarnistego oktaedrytu IIIA. Paski kamacytu biegną głównie w dwóch kierunkach. Bryłka troilitu ma asymetryczną obwódkę zawiniętego kamacytu. Długość pola 8 cm.



Cratheús (1950), oktaedryt plessytowy, wytrawiony barwnie, ukazuje następujące utwory: paski i ziarna kamacytu, pomarańczowe, brązowe lub w odcieniach niebieskiego, obwiedzione nieciągłymi nitkami taenitu o barwie jasnożółtej i białe kryształy schreibersytu. Długość pola 0,5 mm.



Maria da Fé (Brazylia), oktaedryt drobnoziarnisty IVA wytrawiony roztworem 10% tiosiarczanu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) i 3% metadwusiarczynu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Kamacyt zabarwił się na niebiesko, żółto i brązowo, ukazując bogactwo układów linii Neumanna przecinających grupy dwóch lub więcej pasków kamacytu o tej samej orientacji, na co wskazuje ta sama barwa. Długość pola 10 mm.



Mikroskopowe zdjęcie Cratheús (1950) (Brazylia), plessytowego oktaedrytu typu IIC. Paski kamacytu pomarańczowe i brązowe lub ciemnoniebieskie. Schreibersyt biały a taenit jasnożółty. W polach plessytu wiele ziaren kamacytu ma kilka orientacji zgodnie z makroskopową strukturą Widmanstättena. Długość pola 2 mm.