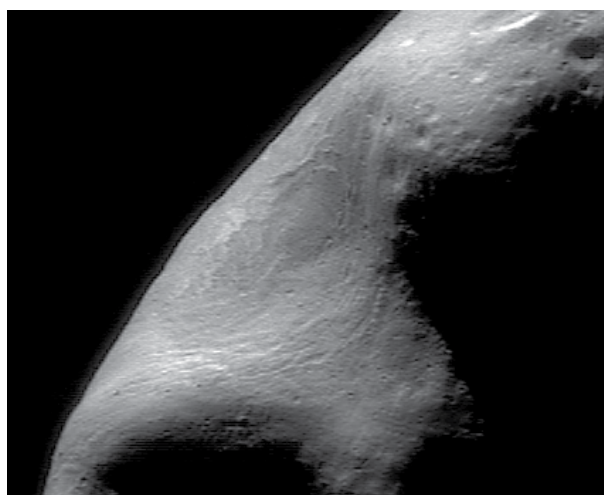
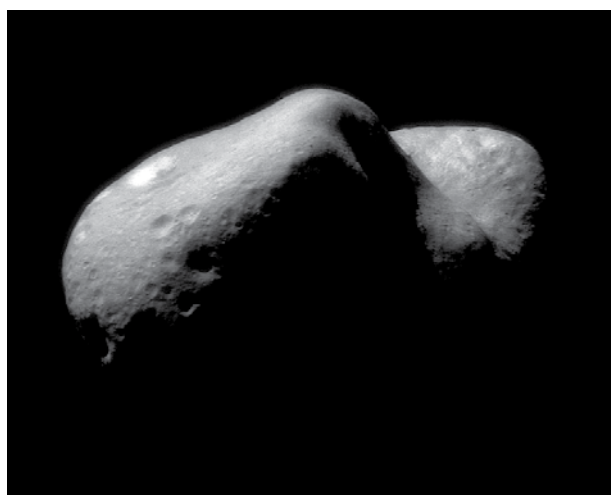


BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

# METEORYT

Nr 1 (33)

Marzec 2000



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

Redaguje *Andrzej S. Pilski*

Skład: *Jacek Drążkowski*

Druk: *Jan, Lidzbark Warm.*

Adres redakcji:

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

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2000 roku 16 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr:

**15401072-3724-36001-00-01**

w BOŚ SA O/Olsztyn,  
zaznaczając cel wpłaty.

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

## Od redaktora:

*Witamy pierwszy sztuczny księżyc planetoidy, któremu zawdzięczamy zdjęcia na okładce. Kwestia, czy sonda NEAR lata wokół chondrytu zwyczajnego czy mezosyderytu ciągle pozostaje nierozstrzygnięta, ale mam nadzieję, że w następnym „Meteorycie” będę już mógł podać odpowiedź.*

*Większość teorii na temat pochodzenia chondr utrzymuje, że grudki pyłu, krążące wokół rodzącego się Słońca, zostały raptownie ogrzane i zamieniły się w kropelki, które dość szybko zakrzepły. Potem wymieszały się one z innymi ziarnami pyłu i zlepiły się w chondryty. Koncepcje te są dla mnie coraz mniej przekonujące, od kiedy zobaczyłem konglomerat okruchów skalnych zwany Baszkówką, gdzie na oko widać, że towarzyszące chondrom okruchy skalne pochodzą z tego samego lokalnego źródła, co chondry. Dlatego z przyjemnością zauważyłem kolejną publikację, której autorzy są podobnego zdania i zachęcam do jej lektury. Tym razem chodzi o chondryt węglisty Renazzo.*

*Mając nadzieję, że przynajmniej niektórzy czytelnicy mają lepszą pamięć ode mnie, chciałbym prosić o pomoc. W erze przed-Meteoryt-owej, czyli przynajmniej 10 lat temu, widziałem gdzieś artykuł o przysypanym grubą warstwą osadów potężnym kraterze meteorytowym na Pomorzu. Na obrzeżu tego krateru nawiercono rzekomy meteoryt Kłodawa. Ponieważ wygląda na to, że ta metalowa brekcja nie jest meteoritem lecz impaktytem, poszukuję publikacji na temat tego krateru i informacji, kto zajmował się jego badaniem. Chyba warto w końcu wprowadzić ten krater do międzynarodowego katalogu.*

*Na jesienne Targi Meteorytowe w Gifhorn wybrało się tym razem kilku polskich kolekcjonerów. Muszę przyznać, że mam im za złe, że pojechali **sobie**, to znaczy nie uznali za stosowne podzielić się na łamach „Meteorytu” swymi wrażeniami z innymi, którzy z różnych względów nie mogli sobie pozwolić na wyjazd. Mam nadzieję, że w tym roku wybiorą się do Gifhorn bardziej „gramotne” osoby. O targach tradycyjnie pisze organizator, czyli Rainer Bartoschewitz.*

*Wprawdzie w Polsce targów ściśle meteorytowych nie ma, ale można wykorzystać giełdy minerałów do spotkań miłośników meteorytów. Zapraszam na giełdę w Sosnowcu 25 i 26 marca (budynek Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, ul. Będzińska 60), w Łodzi 6 i 7 maja (Hala Sportowa, ul. Księdza Skorupki) i oczywiście w Olsztynie, w Planetarium, 10 i 11 czerwca.*

*Ponieważ chętnych do prezentowania swej podobizny na łamach Meteorytu jakoś nie widać, wracamy do żartów.*

*Andrzej S. Pilski*

## Subscribe to *Meteorite!*

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

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

[www.meteor.co.nz](http://www.meteor.co.nz)



# Pochodzenie chondr i ciasta skalnego chondrytu węglistego Renazzo

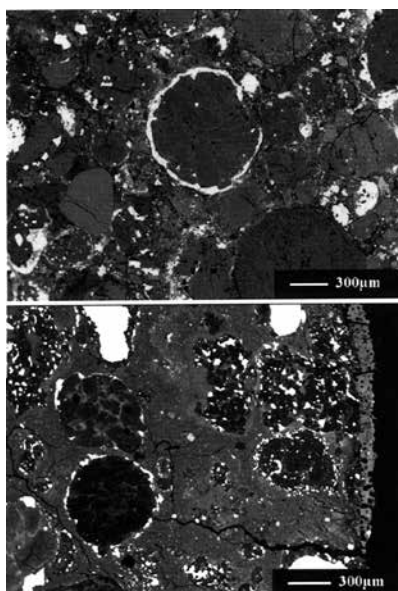
S. Klerner i H. Palme

(Artykuł z kwartalnika Meteoritel! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Chondryty są fragmentami małych planet, które nie zostały przeobrażone przez planetarne procesy dyferencjacji, takie jak topnienie i uformowanie się jądra. Wiele chondrytów zostało jednak przeobrażonych w ciele macierzystym przez metamorfizm cieplny lub działanie wody w niskiej temperaturze. Chondryty węgliste typu 3 (np. Allende) należą do najbardziej pierwotnych meteorytów, w których występowało tylko nieznaczne ogrzewanie i niewielkie oddziaływanie wody ze skałą. Wiele składników Allende i innych chondrytów typu 3 zachowało w swym składzie chemicznym i mineralogii ślady procesów przedplanetarnych tj. mgławicowych.

Głównym składnikiem chondrytów są chondry. Są to milimetrowej wielkości kulki materii przeważnie krzemianowej. Mineralogia i tekstura chondr wskazuje na krystalizację z kropelek ciecży. Innym ważnym składnikiem chondrytów jest ciasto skalne składające się z milimetrowej wielkości ziaren głównie oliwinu bogatego w FeO. Inne składniki to okruchy minerałów, w tym metale rodzime, stopy i siarczki, rozmaite okruchy skał oraz inkluzje wapniowo-glinowe (tylko w chondrytach węglistych). W różnych typach chondrytów składniki te występują w różnych proporcjach. Ważną cechą charakterystyczną chondrytów węglistych (CC) jest stosunkowo duża ilość ciasta skalnego w porównaniu z chondrytami zwyczajnymi i enstatytowymi (OC i EC), gdzie chondry tworzą nawet 80% meteorytu objęściowo. Niewielką zawartość ciasta skalnego w chondrycie zwyczajnym Chainpur i znaczną zawartość w chondrycie węglistym Renazzo łatwo zauważyć na Rys. 1.

Renazzo i inne chondryty CR są w pewnym sensie bardziej pierwotne od meteorytów należących do innych



Rys. 1. Obrazy z mikroskopu elektronowego typowych obszarów: a) Chainpur LL3,4 (chondryt zwyczajny) i b) Renazzo CR2 (chondryt węglisty). Wyraźnie widać, że chondryty węgliste zawierają więcej ciasta skalnego niż chondryty zwyczajne.

grup chondrytów węglistych. Ich ogólny skład chemiczny jest bardzo podobny do składu chondrytów CI (odzwierciedlającego słoneczne proporcje pierwiastków) z wyjątkiem pierwiastków lotnych. Ciasto skalne chondrytów CR jest wyjątkowo drobnoziarniste z wysoką zawartością wody uwięzionej w uwodnionych minerałach, takich jak krzemiany warstwowe. Jednocześnie te meteoryty zawierają znaczną część metalu

FeNi z sięgającą do 1% wagowo zawartością Cr (Zanda i in., 1994). Obecność metalicznego chromu odzwierciedla skrajnie redukcyjne warunki podczas formowania się metalu. Współistnienie ciasta skalnego bogatego w krzemiany warstwowe i zredukowanego metalu wskazuje więc na brak ogrzewania w ciele macierzystym. Meteoryt Renazzo mógł więc lepiej zachować dowody procesów przedplanetarnych niż inne chondryty węgliste. Aby lepiej zrozumieć formowanie się chondrytów CR, przeprowadziliśmy szczegółowe badanie tekstury, obfitości i składu chemicznego ciasta skalnego i chondr.

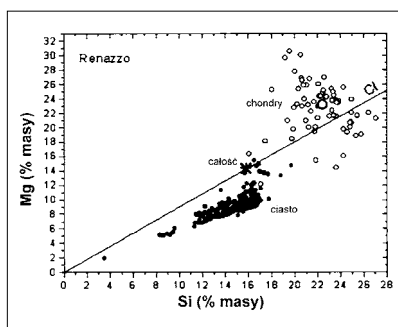
W chondrytach CR chondry (i ich fragmenty) i ciasto skalne to dwa główne składniki. Określono procentową zawartość chondr i ciasta skalnego w trzech przekrojach Renazzo. Przygotowano fotomozaikę obrazów jednego przekroju ze skaningowego mikroskopu elektronowego, którą podzielono na cztery reprezentatywne obszary (poszczególne ~15–20 mm<sup>2</sup>, łącznie 67,15 mm<sup>2</sup>). Zawartość ciasta skalnego i chondr określono w tych czterech obszarach metodą punktowego zliczania. Stwierdzono następujące stosunki (ciasto skalne + ciemne inkluzje)/(chondry + ich fragmenty): 0,44, 0,68, 0,77 i 0,79. Widać, że występują dość duże różnice stosunku

|                          | obszar 1 | obszar 2 | obszar 3 | obszar 4 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
| ciasto/chondry           | 0,44     | 0,68     | 0,77     | 0,79     |
| chondry (Mg/Si)          | 0,99     | 1,03     | 1,05     | 1,06     |
| chondry (% obj.)         | 69,5     | 59,6     | 56,3     | 55,5     |
| ciasto skalne (Mg/Si)    | 0,65     | 0,65     | 0,65     | 0,65     |
| ciasto skalne (% obj.)   | 30,4     | 40,3     | 43,6     | 44,4     |
| całość (Mg/Si obliczone) | 0,890    | 0,876    | 0,874    | 0,877    |

Tabela 1. Stosunki ciasto skalne/chondry i Mg/Si w czterech obszarach (każdy ~15–20 mm<sup>2</sup>) przekroju Renazzo (SME).



ciasto skalne/chondry w niewielkich obszarach meteorytu. Wartości stosunków są podane w tabeli 1. Skład chemiczny chondr i ciasta skalnego (osiem obszarów wolnych od chondr i okruchów minerałów) w czterech badanych obszarach wyznaczono mikrosondą elektronową wykorzystując metodę rozogniskowanej wiązki. Do analizy poszczególnych chondr zrobiono profile przez każdą chondrę w dwóch różnych kierunkach. Reprezentatywne składy poszczególnych chondr wyliczono przydając analitom wagi na podstawie geometrii chondr.



Rys. 2. Stosunek Mg do Si w cieście skalnym, chondrach i ogólnie w meteorycie Renazzo. Średni skład chondr pokazuje duże kółko.

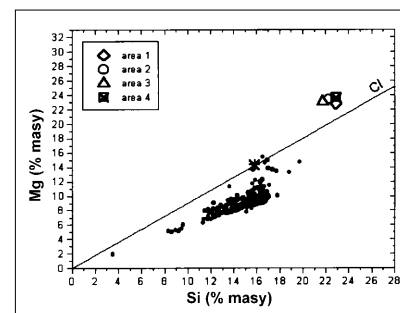
Rys. 2 przedstawia stosunek Mg do Si we wszystkich 300 analizach ciasta skalnego i 75 analizach chondr (reprezentujących tylko krzemianową część chondr). Cały meteoryt ma stosunek Mg/Si 0,90 (Mason B. i Wiik H.B., 1962), który jest identyczny ze stosunkiem w chondrytach CI i słonecznym. Ciasto skalne chondrytu Renazzo ma przeciętny stosunek Mg/Si 0,65 ze standardowym odchyleniem 0,11. Stosunek ten jest o 30% niższy od wartości dla całego meteorytu (Tabela 2). W przeciwieństwie do tego chondry mają wysokie stosunki Mg/Si, przeciętnie  $1,03 \pm 0,2$ , czyli 10% powyżej wartości dla całego meteorytu. Wysokie stosunki Mg/Si w chondrach odzwierciedlają dużą zawartość w nich oliwinu uboższego w FeO, głównego składnika chondr w Renazzo, podczas gdy niski stosunek Mg/Si w cieście skalnym jest spowodowany zawartością minerałów bogatych w FeO i SiO<sub>2</sub>. Przeciętny skład chemiczny ciasta skalnego i chondr wskazuje na wzajemne dopełnianie się. Wysoka zawartość Mg w chondrach (przeciętna zawartość Mg 23,18% wagowo) jest kompenso-

wana niską zawartością Mg (średnio 9,65) w cieście skalnym, co daje ogólną przeciętną zawartość 14,33 i słoneczny stosunek Mg/Si jak pokazano w tabeli 2. Dowód na dopełniającą się zależność składu chondr i ciasta skalnego jest wyraźnie pokazany na rys.2. Nie ma innego składnika Renazzo, który znacząco wpływa na równowagę masy pierwiastków Mg i Si. Ponieważ ogólny stosunek Mg/Si jest taki sam, jak w chondrytach CI, proporcje ciasta skalnego i chondr wymieszanych aby utworzyć całość meteorytu Renazzo, muszą być dobrze określone. Jest nieprawdopodobne, aby przypadkowe wymieszanie tych dwóch składników dało całkowity stosunek Mg/Si identyczny ze stosunkiem dla chondrytów CI. Z tego ważnego wniosku wynika, że *miejsca formowania się chondr i ciasta skalnego nie mogą być oddalone od siebie w przestrzeni*. Niezależne formowanie się chondr nigdy nie mogłoby wytworzyć chondrytowego stosunku Mg/Si całego meteorytu. *Jedynym rozsądnym założeniem jest, że chondry i ciasto skalne tworzyły się z tego samego zbiornika w mgławicy (o składzie chondrytowym)*. Pewna część materii została przekształcona w chondry, a reszta w ciasto skalne. Ten prosty obraz można zracjonalizować w ramach modelu kondensacji. Pierwszą główną fazą krzemianową, która ulega kondensacji, jest forsterytowy oliwin o stosunku wagowym Mg/Si około 2. W nieco niższej temperaturze gazowy SiO będzie reagować z forsterytem wytwarzając enstatyt o mniej więcej słonecznym stosunku Mg/Si. Jeśli z jakiegoś powodu ta reakcja opóźni się do momentu po utworzeniu się chondr, to materia poprzedzająca chondry będzie zawierać znaczną część forsterytowego oliwinu i w rezultacie chondry będą miały wysokie stosunki Mg/Si. Duże ziarna forsterytowego oliwinu, znajdowane we wszystkich typach chondrytów, byłyby właściwymi składnikami poprzedzającymi

|               | średnio Mg/Si   |
|---------------|-----------------|
| ciasto skalne | $0,65 \pm 0,11$ |
| chondry       | $1,03 \pm 0,2$  |
| całość        | 0,91            |
| CI            | 0,90            |

Tabela 2. Mg/Si w Renazzo i CI.

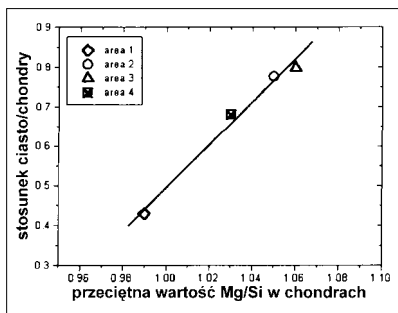
chondry Renazzo. Po kondensacji forsterytu i powstaniu chondr bogaty w SiO gaz skondensował i utworzył bogatą w Si materię poprzedzającą ciasto skalne. Ten obraz może być nieco spekulatywny, ale zasadnicza rzecz, uformowanie się chondr i ciasta skalnego z jednego zbiornika, jest dobrze wykazane przez dane przedstawione wyżej.



Rys. 3. Średnie stosunki Mg/Si dla chondr w czterech obszarach.

Jak wspomniano wcześniej, istnieją duże różnice w stosunkach ciasto skalne/chondry nawet w małych obszarach meteorytu. Jeśli założymy stały ogólny skład chemiczny w tej skali i ponadto stały skład ciasta skalnego, co potwierdzają nasze pomiary, musimy dojść do wniosku, że skład chondr jest zmienny, przy czym Mg/Si rośnie ze wzrostem ilości chondr. Tę hipotezę można przetestować. Mimo małych zmian zawartości Si i Mg (Rys. 3), istnieje wyraźna tendencja (tabela 1). Ze wzrostem stosunku Mg/Si dla chondr od 0,99 do 1,06 rośnie ilość ciasta skalnego (rys.4). Obszary, których dużą część stanowi ciasto skalne, mają chondry o przeciętnie dużym stosunku Mg/Si, a obszary o niewielkiej zawartości ciasta skalnego mają średnio niski stosunek Mg/Si. Na podstawie stosunków Mg/Si dla chondr i ciasta skalnego i na podstawie procentowej zawartości tych składników obliczono przeciętne stosunki Mg/Si dla czterech badanych obszarów. Wyniki pokazują, że cztery obszary mają taki sam stosunek Mg/Si jak cały meteoryt. Wyniki te pokazują, że procesy formowania się chondr musiały działać w bardzo lokalnej skali.

W bardziej utlenionych chondrytach CV (jeśli chodzi o chondry), takich jak Allende i Mokoia, nie występuje dopełniająca się zależność składu chemicznego jeśli chodzi o Mg/Si. Zarówno chondry jak i ciasto skalne mają w przybliżeniu chon-



Rys. 4. Stosunki Mg/Si dla chondr rosną ze wzrostem ilości ciasta skalnego.

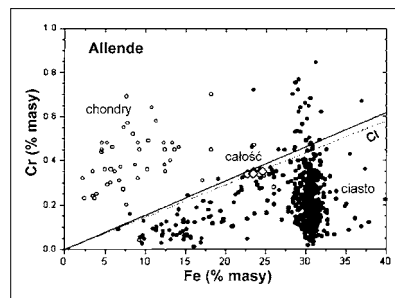
drytowe stosunki Mg/Si, ponieważ skład oliwiny ich chondr jest bardziej fajalitowy.

Dopełniająca się zależność chondr i ciasta skalnego w Allende jest jednak udokumentowana przez różnice w stosunkach Fe/Cr. Rys. 5 przedstawia stosunki Cr/Fe dla około 500 analiz ciasta skalnego i 54 analiz chondr. Meteoryt ma w całej masie taki sam stosunek Cr/Fe jak chondryty CI, natomiast chondry mają mniej Fe a więcej Cr, a ciasto skalne ma więcej Fe a mniej Cr. Duże pełne symbole przedstawiają analityczne wyniki uzyskane z fluorescencji rentgenowskiej z ośmiu

próbek jednego okazu Allende. Waga tych próbek wahała się od 100 do 400 mg. Wszystkie osiem próbek miało w granicach błędu te same stosunki Cr/Fe identyczne ze stosunkiem dla chondrytu CI (Klerner i Palme, 1999). Ponieważ zawartość Fe w cieście skalnym jest raczej stała, więc musi istnieć odwrotna zależność między średnią zawartością Fe w chondrach a ilością ciasta skalnego w danej próbce, z czego wynika, że ciasto skalne i chondry nie są niezależnymi składnikami Allende i innych chondrytów węglistych. Znow zarówno składniki ciasta skalnego jak i chondr musiały utworzyć się z jednego zbiornika o składzie słonecznym.

Chondry i ciasto skalne w meteorycie Renazzo mają dopełniające się stosunki Mg/Si. Stosunek dla chondr jest wyższy niż w całej masie (słoneczny), dla ciasta skalnego jest niższy.

Niezależne formowanie się chondr i ciasta skalnego jest nieprawdopodobne. Jedne i drugie musiały uformować się z jednego zbiornika słonecznego. Dokładnie słoneczne średnie stosunki Mg/Si w nawet bardzo małych obszarach meteorytu Renazzo



Rys. 5. Stosunki Cr/Fe w cieście skalnym, chondrach i całej masie Allende. Duże, niezaczernione diamanty wskazują przeciętne wartości dla próbek Allende od 100 do 400 gramów (zob. Klerner i Palme, 1999)

nie mogą być wynikiem przypadkowego wymieszania się chondr i ciasta skalnego o różnych nie-słonecznych stosunkach Mg/Si. Chondryty CV mają średnio słoneczne stosunki Mg/Si w cieście skalnym i chondrach. Jednak dopełniający się aspekt w chondrytach CV jest udokumentowany przez dopełniającą się zależność stosunków Cr/Fe w chondrach i cieście skalnym.

Tak więc modele, które postulują niezależne pochodzenie chondr i ciasta skalnego, można wykluczyć. Tworzenie się chondr podczas dwubiegunowych wpływów z aktywnego, młodego Słońca (Shu i in., 1996) wydaje się więc nieprawdopodobne. Trudno wyobrazić sobie, jak chondry mogłyby przyciągnąć dokładnie taką ilość drobnoziarnistej materii, która jest wymagana do wytworzenia chondrytowego składu tych meteorytów. Chociaż wciąż nie znamy źródła energii dla topienia chondr, sądzimy, że formowanie chondr występowało w skali lokalnej przekształcając pewną część pierwotnego pyłu w kropelki, z których powstały chondry i przyłączając pozostałą, drobnoziarnistą materię do chondr.

S. Klerner dziękuje „Meteorite!” za przyznanie jej nagrody Briana Masona w 1999 r., co umożliwiło jej wzięcie udziału w konferencji the Meteoritical Society.

*Institut für Mineralogie und Geochemie, Universität zu Köln, 50674 Köln, Niemcy.*

**Wiedza naukowa to zbiór twierdzeń o różnym stopniu pewności — niektóre są niezmiernie mało pewne, niektóre niemal pewne, żadne nie jest absolutnie pewne.**

Richard Feynman

**From Allende to Zagami:**  
Quality meteorites for the collector and enthusiast  
Expert cutting, polishing, and preparation of specimens  
Trades considered • Collections purchased  
New collectors always welcome

450 gram translucent Esquel pallasite      Exclusive: Breccia from the Popigai Crater, Siberia

VISIT OUR VIRTUAL SHOWROOM ONLINE AT:  
**www.islandmeteorite.com**  
Contact: Geoff Cintron at (516) 731-8218 • Email: Geoffcin@aol.com

Na tych stronach można obejrzeć zdjęcia z ostatniej giełdy minerałów w Tucson (patrz str. 18).

# Komary, Diamenty i Bardzo Duży Krater

Syberyjski Krater Popigaj Czêœæ I

Roy A. Gallant

Tłum. Marek Muciek

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

**W** 1997 roku wracaliśmy po ciągiem z wyprawy do miejsca spadku deszczu meteorytów Chinge, przy granicy z Mongolią. Moja nieustraszona syberyjska koleżanka, Katia Rossowska, rzuciła od niechcenia szaloną myśl — „W przyszłym roku pojedźmy do Popigaj”. Wyszło jej to tak naturalnie, jakby proponowała pójście na zakupy.

Struktura uderzeniowa Popigaj jest odkrywką petrologiczną, za obejrzenie której niejeden geolog oddałby swój młotek. Około 40 mln lat temu kęś kosmicznego gruzu huknął w to miejsce, wybijając krater o średnicy 80–100 km i przekopując grunt do głębokości 10 km. Niezliczone tysiące kilometrów sześciennych skał zostały wyrzucone na tysiące metrów w górę, po czym oblały teren bryłami rozmaitego pochodzenia, z grubsza posegregowanymi według masy. Powstałe rumowisko to istny bigos, złożony z fragmentów skał węglanowych, granitów, gnejsów i piaskowców, o rozmiarach od piłki golfowej do potężnych głazów. Na dodatek są tam powstałe w wyniku uderzenia pokłady tagamitu i lżejszego suewitu. Tagamit zawiera bogate zasoby diamentów, wytworzonych przy zderzeniu. Jak bogate? Tego od Rosjan się nie dowiesz.

Przynajmniej z dwóch powodów Popigaj jest interesujący z meteorytowego punktu widzenia. Według artykułu W.L. Masaitisa i O.N. Simonowa „Międzynarodowa Ekspedycja do Popigaj — 1998”, tam właśnie po raz pierwszy odkryto diamenty w utworach zderzeniowych. Ponadto intensywnie badano tam warunki metamorfizmu zderzeniowego.

Jeśli nie jesteś lemingiem albo liskiem polarnym, dostać się na miejsce możesz tylko helikopterem. Z Chatangi do północno zachodniej ściany krateru, ukazującej najpiękniejszy przekrój, jest około 2,5 godziny lotu. Do Chatangi leci się samolotem z Krasnojarska około 8 godzin, a Krasnojarsk jest około 5 godzin lotu od Moskwy. Jeśli ktoś lubi duże liczby, to z Nowego Jorku do Popigaj jest około 13 000 km.

Pociąg jechał, a sugestia Katii rozrastała się w coraz większą furę kilometrów i dolarów. A co z pozwoleniami na wjazd na teren Popigaj? A ekipa pomocnicza? A sprzęt — pontony, żywność na 10 dni, litry trujących płynów i past, i zwykle paki do zabijania komarów?

„Nie, Katiu, będziemy musieli znaleźć jakiś inny cel”, powiedziałem. Zamilkła. Przygryzając wargi wpatrywała się w przesuwający się za oknami odległy krajobraz. Znałem to spojrzenie i wcale mi się ono nie podobało. Oznaczało, że jednak jakoś pojedziemy do Popigaj.

## Plany, plany...

Przez następny rok Katia ślezczała nad rachunkami. Tymczasem ja skoncentrowałem się na naszej wyprawie do niedostępnego miejsca spadku słynnego meteorytu Pallas, czego dokonaliśmy latem 1998. Po powrocie stamtąd, e-maile od Katii zaczęły zatykać mój komputer. Mieliśmy zebrać 40 000 \$, wynająć 6-osobową ekipę pomocniczą, i czy nie powinniśmy zabrać lekarza? A jeszcze wypożyczenie gumowych łodzi i namiotów, i wynajem helikoptera na jakieś 10 godzin, po 800\$ za godzinę. To były tylko podstawowe potrzeby.

Do tego jeszcze koszt przelotów, opłaty transportowe w Moskwie i Krasnojarsku, wydatki na żywnienie i hotele w Krasnojarsku i Chatandze.

„Nie!” „Niet”, dodałem po rosyjsku, dla większego efektu. To było zbyt drogie, zbyt skomplikowane, a może nawet zbyt *niebezpieczne*. Przecież tam mogą być białe niedźwiedzie! Miałem nadzieję, że słowo „niebezpieczne” przywiedzie ją do rozumu. Kilka dni później odpisała, że umówiła już kucharza, przemilego biofizyka. Chęć zabrania się z nami zgłosił też Aleksandr Andriejew, mineralog, który prowadził nas w naszej ekspedycji „pallasowej”, jak również Aleksiej Kowaliov, wojskowy prawnik, inny uczestnik tamtej wyprawy. Stwierdziła, że dobrze będzie mieć ze sobą niezłego prawnika. I czy nie byłbym uprzejmy skontaktować się z dr Keenanem Lee z Colorado School of Mines. Był na miejscu katastrofy Tunguskiej, więc pewnie chciałby skorzystać z szansy odwiedzenia Popigaj. Chciał, wyjaśniając, że „geologowie dopiero zaczynają pojmować znaczenie struktur uderzeniowych i rolę, jaką odegrały one w geologicznej historii Ziemi. Całkiem niedawno, dopiero gdy odkryto meksykański basen Chicxulub, geologowie zaczęli zwracać uwagę na astro-problemy”.

Mógł być dodać, że niezwykłość Popigaj skłoniła UNESCO do włączenia go na listę terenów wartych ochrony i szczegółowego przebadania w przyszłości.

Kolega dra Lee ze School of Mines, dr John Warme, również chętnie pisał się na tę wyprawę, stwierdzając: „Popigaj jest ważny, ponieważ jest jednym z największych kraterów na

Ziemi, jednym z pierwszej dziesiątki. Niewielu ludziom zdarza się widzieć coś takiego, twór isticie bajkowy. Zajmuję się badaniem pokładów poudarzeniowych w Newadzie, które są około 10 razy starsze od Popigaj. Jednak teren w Newadzie został zniszczony tektonicznie przez uskoki i późniejsze wydarzenia. Popigaj jest w znacznie lepszym stanie, ponieważ znajduje się w stabilnej części skorupy ziemskiej. Ta ekspedycja da mi szansę zobaczenia różnych utworów poudarzeniowych na ich właściwym miejscu i mam nadzieję, że to co zobaczę w Popigaj pomoże mi lepiej zrozumieć i zrekonstruować krater w Newadzie.”

Chęć przyłączenia się do nas zgłosił z kolei kolega Warme’a z Uniwersytetu Północnego Kolorado, dr Jared Morrow, również specjalista od kraterów. Napisał on, że Popigaj było dla niego ważne z dwóch powodów: „Po pierwsze, ze względu na moje osobiste zainteresowania badawcze, związane z dewońskim kraterem koło Alamo w Newadzie. Po drugie, stwierdziłem, że moich studentów bardzo ciekawią przybysze z kosmosu. Zobaczywszy ten fantastyczny twór, łatwiej mi będzie zafascynować studentów problematyką kosmicznych katastrof i wpływem, jaki miały one na wygląd Ziemi w ciągu jej historii.”

Nim się spostrzegłem, nasza kompania rozrosła się do 21 osób. Zrozumiałem, że wpadłem po same uszy. Trzyosobową rodzinę trzeba było odrzucić, co niestety znacznie podniosło koszt na osobę dla reszty

z nas. Na szczęście, w ostatniej chwili problem został rozwiązany przez hojne wsparcie finansowe ze strony Jean Dickey z Sykesville w Maryland. Od dawna zainteresowana moimi syberyjskimi wyprawami, i tym razem nie zamierzała pozostać obojętna. Mój syn, od trzech lat uczący angielskiego na Tajwanie, oświadczył, że chce się ze mną zabrać. Pewnego dnia opowiadałem o planowanej wycieczce mojemu maklerowi giełdowemu, Walterowi Johnsonowi, zwanemu Rudym. Gdy skończyłem, Rudy zamyślił się głęboko, po czym powiedział, że następnego dnia zadzwoni. Zadzwonił, oznajmiając krótko: „Jedziemy. Travis też chce jechać.” Travis to 14-letni syn Rudego. Rudy jest z wykształcenia fizykiem jądrowym, przekwalifikowanym na finansistę. Gdy go spytałem czemu chce się do nas przyłączyć, odpowiedział: „Któż mógłby przepuścić okazję, która trafia się raz w życiu. A poza tym, spędzę trochę czasu z synem.”

Ekspedycja nabrała rozpędu. Przyjeliśmy nawet limnologa, dra Kentona Stewarta z uniwersytetu stanu Nowy Jork w Buffalo. Ken stwierdził, że chce z nami jechać, żeby zbadać syberyjskie jeziora, które zamierza porównać ze znanymi mu jeziorami Ameryki Północnej. „Ponieważ rejon Popigaj jest tak bardzo izolowany, więc byłaby to świetna okazja do zbadania pewnych gatunków zooplanktonu, które są niezwykle ważnym ogniwem łańcucha pokarmowego jezior.”

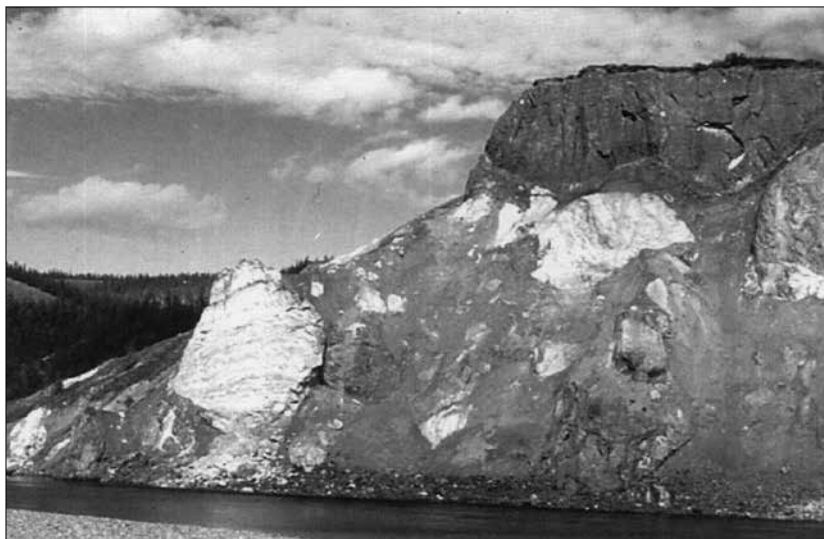
Wreszcie, notatka o naszych planach zamieszczona w czasopiśmie

„Meteorite!” zwróciła uwagę Geofreya Notkina. To znany globtroter, często pisujący o meteorytach na łamach „Meteorite!” Oprócz meteorytów interesuje się również paleontologią, i przeprowadził wiele badań terenowych w USA, Anglii, Islandii i Chile. Przyczyny, dla których chciał się do nas przyłączyć były takie: „.....bo chcę wziąć udział w jednej z wypraw Roya Gallanta, a poza tym słyszałem, że syberyjskie komary należą do najmniejszych na świecie.” Uzbrojony w packę na muchy, Geoffrey urządzał mordercze rajdy przeciw komarom. Jednak pomiędzy jedną a drugą taką szarżą, wnosił do naszego towarzystwa ducha przyjaźni, który uczynił tę kompanię wielce sympatyczną.

## Wyjeżdżamy!

Mniej więcej już na miesiąc przed odjazdem napięcie sięgnęło zenitu. Wreszcie nadszedł 1 lipca. Opóźniony odlot z Waszyngtonu, potem zagubiona torba w Moskwie, ale wreszcie 7-osobowa ekipa amerykańska przecisnęła się przez kontrolę celną na moskiewskim lotnisku Szeremietiewo i zebrała w mieszkaniu dra Walentina Cwietkowa. To nasz stary przyjaciel, a przy tym czołowy w Rosji zbieracz i badacz meteorytów. Katia wcześniej przyleciała z Krasnojarska. Na jej prośbę, z St. Petersburga przyjechał pociągiem dr Wiktor Masaitis, jeden z luminarzy nauki Federacji Rosyjskiej. Nasz samolot do Krasnojarska odlatywał o 23.50, więc mieliśmy kilka godzin na spotkanie z nim. Struktura w Popigaj długo była uważana za twór wulkaniczny. To właśnie Masaitis w 1970 roku wykazał, że jest to krater meteorytowy. Przywiodły go do tego wniosku stożki uderzeniowe i inne ślady metamorfizmu zderzeniowego, na które natknął się w tej niecce.

A oto fragmenty relacji Masaitisa: „Okrągłą nieckę w Popigaj długi czas uznawano za zapadlisko tektoniczne, bądź za skutek działania erozji, albo za kombinację tych procesów z wybuchami wulkanicznymi, które miały miejsce we wschodniej Syberii około 250 mln lat temu. Ale tzw. „wulkaniczne” utwory w Popigaj różnią się od prawdziwych bazaltów lub andezytów, przede wszystkim niezwykłą obfitością inkluzji znacznie



*Część północno zachodniej strony krateru Popigaj — skutek kolizji światów.*



starszych skał krystalicznych. Podobne skały krystaliczne znaleziono w postaci dużych bloków w okolicach niecki, wśród kambryjskich i perm-skich osadów. Wszystkie te tajemnicze utwory przyciągnęły naszą uwagę i domagały się wyjaśnienia.

Podobne przejawy przeobrażeń uderzeniowych już dawno stwierdzono w przypadku kraterów księżycowych. Mając tamte badania w pamięci, rozpoczęliśmy geologiczne i petrograficzne badania skał popigajskich. Wkrótce znaleźliśmy stożki uderzeniowe i inne utwory wskazujące na to, że doznały one uderzeniowego przeobrażenia. Na podstawie obserwacji geologicznych i badań mikroskopowych ustaliliśmy, że zarówno chaotyczne brekcje, jak i lawo-podobne i tufo-podobne osady wewnątrz depresji muszą być uznane za rezultat uderzenia ogromnego meteorytu jakieś 30–40 mln lat temu.

Zbadaliśmy zawartość i stosunki pierwiastków z grupy żelaza, znajdujących się w przetopionej skale zwanej tagamitem, pochodzącej z krateru. Na tej podstawie doszliśmy do wniosku, że uderzające ciało było chondrytem zwyczajnym, o średnicy 7–8 km. Musiało nadlecieć z północnego wschodu, bo większość przetopionego materiału znajduje się w sektorze południowo zachodnim. Uderzenie było więc ukośne. Szacunkowa prędkość wejścia w atmosferę wynosiła 15–20 km/s.

Wkrótce znaleźliśmy charakterystyczne minerały wysokociśnieniowe — coesyt i diament — powstające przy ściskaniu kwarcu i grafitu. Był to dodatkowy, oczywisty dowód

uderzeniowego pochodzenia krateru. Tezę tę potwierdziły dalsze badania geologiczne i geofizyczne, w tym wiercenia.

Co ciekawe, odkrycie krateru Popigaj spowodowało, że badania geologiczne w innych częściach Rosji doprowadziły do znalezienia dalszych pradawnych kraterów meteorytowych.”

W ciągu 20 lat po roku 1970, Wszechrosyjski Instytut Naukowy Badań Geologicznych im. A.P. Karpińskiego oznaczył około 30 kraterów meteorytowych, w tym kilka o średnicy wielu kilometrów. Według Masaitisa, na lądowej części powierzchni Ziemi znamy 180 kraterów uderzeniowych, o średnicach od kilku metrów do 300 km.

Lee twierdzi, że większość rosyjskich odkryć to właśnie dzieło Masaitisa. Uczynił on więcej niż jakikolwiek inny geolog w Rosji, żeby udowodnić meteorytowe pochodzenie wielu struktur. I zrobił to w czasach, kiedy geologowie, zawsze konserwatywni, bardzo niechętnie przyjmowali myśl, że spadki meteorytów są istotnym procesem geologicznym.

### Nasza petrologiczna róża ma kolce

Następnego ranka, o godzinie 7 miejscowego czasu, nasza 9-osobowa grupa wylądowała w Krasnojarsku. Katia opowiedziała nam o serii bardzo nieprzyjemnych rozmów telefonicznych, które ona i jej asystent Siergiej Parszиков odbywali z niejakim Nikołajem Andriejewiczem Fokinem, potężnym biurokratą rządowym z Chatangi. Podlega on bezpośrednio

Giennadijowi P. Niedielinowi, gubernatorowi Tajmyrskiego Okręgu Autonomicznego. (Te nazwiska należy znać, jeśli się chce zobaczyć Popigaj). Od Fokina potrzebowaliśmy oficjalnego zezwolenia na wjazd na teren Popigaj, oraz jego „błogosławieństwa”, niezbędnego np. do wynajęcia helikoptera. Okazało się, że zażądał on od nas „podatku”, w wysokości 15% całkowitego kosztu ekspedycji. Całkowitego — tzn. włącznie z kosztami naszych przelotów na terenie USA! Siergiej i Katia zaprotestowali, oferując mu znacznie mniejszą kwotę 1600 \$, obliczoną na podstawie naszych wydatków poniesionych w Rosji. Na to Fokin zaczął miotać przez telefon oskarżenia i obelgi. Stwierdził, że to co mu proponujemy to nic więcej niż „podaczka”. Rosyjskie słowo „podaczka” oznacza marną jałmużnę, dawaną żebrakowi na odczepnego, gest raczej upokarzający. Fokin świetnie zdawał sobie sprawę, że ta „podaczka” miała wartość 3-letniej pensji profesora uniwersytetu.

Później dowiedzieliśmy się, że takie wybuchy były typowe dla Fokina. Dzięki nim zdobył sobie przydomek „Szczekającego Psa”. Oskarżył nas, że jesteśmy jakimiś żurnalistami, uzbrojonymi w wymyślne kamery, i że interesuje nas jedynie nakręcenie filmu o kraterze, który potem będziemy sprzedawać w Stanach za ciężkie pieniądze. Znaleźliśmy się w kropce.

Po naradzie postanowiliśmy polecieć do Chatangi i zobaczyć, co się da zrobić na miejscu. Niewykluczone, że pomoże interwencja jakichś innych „czynników urzędowych”, które uznają legalność naszej wyprawy, jako zainteresowanej kraterem wyłącznie naukowo. Nasz „wymyślny” sprzęt filmowy to były dwie amatorskie kamery wideo — moja i jednego z Rosjan — oraz kilka zwykłych aparatów fotograficznych. Fokin, zanim rzucił słuchawką, pochwalił się, że nie dalej jak tydzień wcześniej zawrócił grupę badaczy austriackich, którzy nie chcieli płacić.

Gdy tylko wysiedliśmy z samolotu w Chatandze, nastąpił atak. Nie Fokina, lecz zastępów komarów, które zmusiły nas do założenia kapeluszy z siatką. Geoffrey, jak muszkieter, zaczął energicznie wywijać packą na muchy, a mój syn Jon wyjął zasilane baterią urządzenie, przypominające



*Komarów nie brakowało.*



rakiety tenisową, rażące prądem każdego komara, który nieopatrznie otarł się o druty. „Patrz, padają jak muchy!” oznajmił z triumfalnym uśmiechem. Jon zabrał się z nami po to, by odwiedzić Rosję po 15 latach nieobecności. Niegdyś studiował rusycystykę i dobrze mówi po rosyjsku, więc wspomagał Katię jako tłumacz.

Chatanga jest ostatnią placówką w drodze do Popigaj. Wzdłuż błotnistych ulic stoją opuszczone, drewniane i betonowe budynki. Ponury nastrój przenika wszystko. Trzęsący się autobusik dotaszczył nas do hotelu, gdzie mieliśmy spędzić „noc”. Następnego dnia mieliśmy załadować się do helikoptera, który miał dowieźć nas na miejsce. Oczywiście, o ile pan Fokin pozwoli. Wciąż był zdecydowany jak najbardziej ulżyć naszej kieszeni. Katia i Siergiej natychmiast zaczęli wydzwaniać po wszelkich urzędnikach, którzy mogli nam pomóc. Napięcie było straszne. Pozostali, podzieleni na dwie grupy, wyruszyli na pokryte kałużami ulice w poszukiwaniu sklepów. Znaleźliśmy dwa, w czymś na kształt małych, ciasnych przyczep campingowych. Obie grupy natknęły się na tę samą trójkę sympatycznych pijaczków. Chcieli podzielić się z nami swoją wódką, aby „oblać” tę okazję, która sprowadziła nas w to miejsce. Jak mówi rosyjskie powiedzonko, „jak jest wódka, to zawsze znajdzie się powód, żeby ją wypić”.

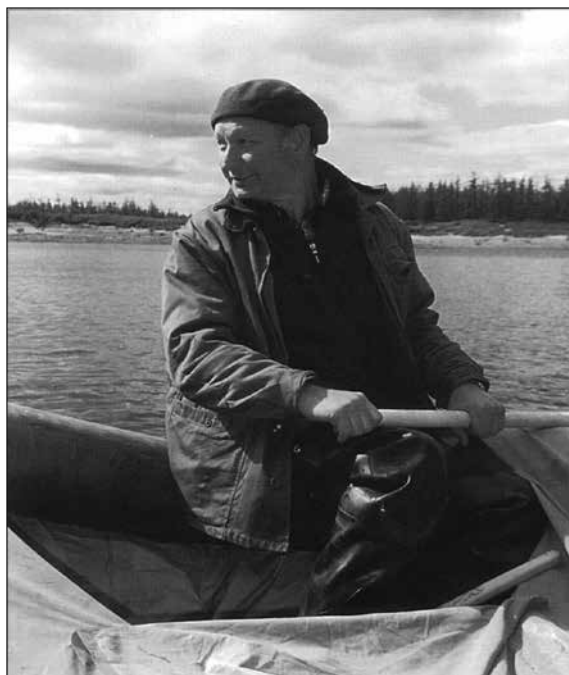
### Ostateczna rozgrywka ze „Szczekającym Psem”

Wieczorem wciąż nie mieliśmy pojęcia, czy zostaniemy stąd wyrzuceni, czy przyjęci jak mili goście. Następnego ranka mieliśmy się stawić przed Michaiłem Martyszkinem, kierownikiem Grupy Ekspedycji Polarnej i głównym szefem wszystkich rosyjskich wypraw w te rejony. Wszyscy mieliśmy tremę. Czy będzie to następny „Szczekający Pies”? Spotkanie miało być w małym gronie, więc tylko Katia, Siergiej, John Warme, Walerij Kiriczenko (nasz szef naukowy) i ja poszliśmy do siedziby Martyszkina. Po pięciu minutach oczekiwania na podwórku pojawił się ktoś, kto kazał nam iść za sobą. Miało to być wstępne spotkanie przed wielką audiencją u Fokina. Tak nam się przynajmniej wydawało. Gabinet Martyszkina był

wygodny i obszerny. Ze ściany spoglądał na nas duży portret Lenina. Biurko zdobyły cztery telefony, z których jeden był czerwony. Może powinienem wykonać szybki telefon do Clintona, pomyślałem. Martyszkin był starannie ubrany w czarny garnitur, śnieżnobiałą koszulę i krawat. Był niezwykle uprzejmy i miły, co zrazu wydało się mi podejrzanym. Przyjął nas płynną angielszczyzną, poczęstował kawą, koniakiem i dużym pudłem czekoladek, co jest raczej typowym, rosyjskim sposobem podejmowania zagranicznych dygnitarzy.

Gdyśmy sączyli kawę, dwaj jego ludzie pokazali nam małe pudełka z okazami złota, platyny i diamentów, znalezionych na tym terenie. Zadaliśmy parę zdawkowych pytań na temat geologii tego obszaru i ... czekaliśmy. Wobec tego Martyszkin przeszedł od razu do sedna sprawy. „Macie zielone światło,” oznajmił z triumfalnym uśmiechem, ukazującym dwa złote zęby. „Zaraz załatwię wam helikopter i zaopatrzę w dwie radiostacje. I dopilnuję, żeby nasi meteorologowie byli z wami w stałym kontakcie w kwestii pogody, tutaj i tam gdzie będziecie”. Następnie zasiadł za biurkiem i zaczął wydzwaniać, prowadząc czasem dwie rozmowy równocześnie. Po kwadransie nasza ekspedycja była zaplanowana i zaakceptowana w najdrobniejszych szczegółach, włącznie z przywilejem nieokazywania paszportów agentom bezpieczeństwa na lotnisku. Tak traktuje się VIP-ów w Rosji!

Siedzieliśmy oniemiały z niedowierzania. A co z Fokinem i jego groźbą odesłania nas do najbliższego gułagu, jeśli nie opłacimy jego oburzonego „podatku”? Gorączkowa sesja telefoniczna Katii i Siergieja, zaraz po przyjeździe, opłaciła się. Udało im się dodzwonić do biura gubernatora Niedielina i to był strzał w dziesiątkę. Przekonali wysokiego



*Naukowy szef ekspedycji, geolog Walerij Kiriczenko.*

urzędnika, że warto raczej budować przyjazne stosunki z Zachodem niż zrażać go sobie, jak to czyni twardogłowy sowiecki aparat, niewrażliwy na zmianę warunków, jaka nastąpiła po upadku komunizmu. Najwyraźniej urząd Niedielina kazał Fokinowi wycofać się z jego żądań. „Szczekającemu Psu” nałożono kaganiec.

Jak się w końcu okazało, nasz „podatek” został w drodze negocjacji z urzędem Fokina ustalony na 33 310 rubli (1583 \$). Katia i Siergiej zanieśli pieniądze do banku, żeby wpłacić je na konto podane im przez telefon. Ale w banku nikt nie miał pojęcia jak przeprowadzić taką transakcję. Szef banku musiał zadzwonić do biura Fokina po dalsze instrukcje. Wreszcie Katia dostała kwitek na moje nazwisko, a pieniądze zostały wpłacone na konto „inne podatki”.

Ten nieplanowany wydatek był dla nas poważnym kłopotem, z którego wspomniałomyślnie wybawił nas Martyszkin. Wsadził nas do helikoptera, którym rosyjscy geologowie lecieli na wizytację pobliskich miejsc. Dzięki temu zmniejszyły się nasze koszty przelotu. Ostatnim gestem jego dobrej woli był obiad w miejscowej restauracji „Karat” — pyszne steki z renifera, ziemniaki, sałatki, marynowane ryby i wódka na popitkę. Życie za kołem podbiegunowym poprawiało się z godziny na godzinę.

*c.d.n.*

# II Międzynarodowe Targi Meteorytowe

Rainer Bartoschewitz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

**P**onad 500 kolekcjonerów, naukowców i zainteresowanych osób z Europy i Północnej Afryki odwiedziło II Międzynarodowe Targi Meteorytowe w Gifhorn, w Niemczech, 23 i 24 października 1999 roku. Osiemnastu dealerów i kolekcjonerów meteorytów z całego świata oferowało materiał z historycznych i najświeższych spadków i znalezisk meteorytów, a także impaktyty na 60 metrach stołów.

Po wstępnym przywitaniu przez burmistrza Gifhorn, Manfreda Birttha, w miejskim ratuszu nastąpiło w piątkowy wieczór powitalne przyjęcie w historycznej „Ratsweinkeller” (winiarni w ratuszowej piwnicy — przyp. red.) z 1562 roku. Wzięło w nim udział 40 osób, zarówno wystawców jak i gości. W sobotę rano Manfred Birtth dokonał otwarcia II Międzynarodowych Targów Meteorytowych w języku niemieckim i angielskim witając osobiście każdego dealera.

Zaprezentowano niemal pełny przekrój typów meteorytów: wszystkie rodzaje chondrytów i większość typów achondrytów, w tym księżycowe, marsjańskie i anomalne okazy meteorytów, żelazno-kamiennie i niemal wszystkie typy meteorytów żelaznych. Nie było tylko niezwykle rzadkich lodranitów.

Targom towarzyszyła największa wystawa „Kosmicznych szram w Europie”. Na około 200 tablicach zaprezentowano blisko 50 potwierdzonych i wciąż badanych europejskich struktur uderzeniowych. Autor był w stanie przygotować tę prezentację tylko dzięki temu, że pomogli mu: R. Auth (Flieden), W. Czegka (Brühl), J.A. Dons (Oslo), H. Dypvik (Oslo), E. Gurov (Kijów), H. Henkel (Sztokholm), C. Marchat (Rochecourt), J. Naterstad (Oslo), J. Ormo (Pescara), J. Smith (Ottawa), E.F.F. Sturkell (Reykjavik), A. Theriault (Ottawa) i Urząd Turystyki w Steinheim.

Na pięciu wykładach Rainera Bartoschewitza znów było wielu słuchaczy. Największe powodzenie miał wykład „Jak rozpoznać meteoryt”. Wielu targowych gości chciało, by sprawdzono ich domniemane meteorytowe okazy. Większość z nich to był żużel, markasyt, krzemień, kawałki stali, surówki itp. Jednak jedna z próbek zaprezentowała krystaliczną strukturę z plamkami metalu porównywalną z pozbawionymi oliwinów pierwotnymi achondrytami (próbka pochodziła z Polski — przyp. red.). Jest ona obecnie badana i mam nadzieję, że ukaże się w najbliższym *Meteoritical Bulletin*, jako unikalny pierwotny achondryt, pośredni między chondrytami enstatytowymi i aubrytami.

Podczas targów wszyscy byli bardzo zajęci. Rozmowy i dyskusje specjalistów trwały od sobotniego wieczoru do wczesnych godzin niedzielnego poranka.

Liczba odwiedzających drugie targi nie wzrosła w porównaniu z pierwszymi, ale zmienił się rodzaj gości. W poprzednim roku wiele zainteresowanych osób przybyło z sąsiednich obszarów, a tym razem znacznie więcej ludzi szczególnie interesujących się meteorytami przybyło do Gifhorn z odległości dochodzących do 4000 kilometrów. Wskazuje to na akceptację i rosnące znaczenie koncepcji Międzynarodowych Targów Meteorytowych.

Targowi goście, zarówno dealerzy jak i zwiedzający, mieli przeważnie pozytywne uwagi na temat targów. Typowe komentarze wyglądały następująco:

Klaus Becker, Witten-Bommern: „Jako członek małego publicznego obserwatorium w Ennepetal, w Niemczech, szczególnie zainteresowany meteorytyką przybyłem na drugie Targi Meteorytowe w Gifhorn. Targi oferowały wiele źródeł zaopatrzenia

z szerokim wyborem meteorytów. Nawiązałem wiele nowych kontaktów (a także mogłem zrobić trochę dobrych zakupów) dzięki dużej liczbie gości i dealerów z różnych krajów. Wystawa struktur uderzeniowych w Europie zaprezentowała przegląd zjawisk kosmicznych na kontynencie europejskim dostarczając mnóstwa informacji.”

„Znakomita organizacja także przyczyniła się bardzo do dodatnich wrażeń z tej imprezy. Nie bez znaczenia był historyczny urok starego miasta Gifhorn nadający targom szczególną atmosferę. Czekam niecierpliwie na następne targi.”

Bez wsparcia, jakiego udzielili miasto i okręg Gifhorn, Grundstücks-Erschliessungs-Gesellschaft Gifhorn, Alexander Gehler z Wolfsburga, Joel Schiff z Nowej Zelandii, redaktor Vabenne z Wiednia i trzy pokolenia rodziny Bartoschewitz z Gifhorn, duży sukces Drugich Międzynarodowych Targów Meteorytowych nie byłby możliwy.

W wyniku wszystkich pozytywnych komentarzy Międzynarodowe Targi Meteorytowe staną się doroczną imprezą dla meteorytów i innych zainteresowanych ludzi. Trzecie Międzynarodowe Targi Meteorytowe odbędą się w Zamku Gifhorn w weekend 14 i 15 października 2000 roku. Towarzyszyć im będzie duża wystawa „Złóża meteorytów w lodowcach”. Targi poprzedzi seminarium „Jak rozpoznać meteoryt” w piątek, 13 października. Wstępne informacje są już dostępne w:

International Meteorite Fair Committee, Rainer Bartoschewitz, Lehmgeweg 53, D-38518 Gifhorn, Niemcy. E-mail: Bartoschewitz.Meteorite-Lab@t-online.de

Szczegółowe informacje można znaleźć na:

<http://www.Meteorite-Lab.de>



# Chondryty — nowatorski sposób ich fotografowania

O. Richard Norton i Tom Toffoli

(Artykuł z kwartalnika *Meteorite!* Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

**B**lisko trzy lata temu pojawiła się możliwość napisania nowej książki o meteoroidach dla Cambridge University Press. Miała ona być na wyższym poziomie niż „Rocks from Space”, aby mogła być kolejną lekturą dla nauczycieli i kolekcjonerów, którzy chcieli bardziej pogłębić swą wiedzę o meteoroidach. Od początku namawiałem wydawnictwo, aby szeroko wykorzystać barwne zdjęcia, szczególnie do zilustrowania chondrytów. Aby wykonać najlepsze barwne zdjęcia jak tylko możliwe poprosiłem o współpracę Toma Toffoli. Na realizację tego zamiaru poświęciliśmy dwa ostatnie lata. Zdjęcia ozdabiające te strony, to kilka przykładów wyników naszej pracy. Wybraliśmy je spośród licznych ilustracji przygotowanych do nowej książki „Meteorites — Fragments of Other Worlds”, która ma ukazać się w tym roku. Pozwólcie, że krótko opiszę, jak zostały one zrobione i co pokazują.

## Analizowanie płytek cienkich i wstępne zdjęcia

Pierwszym krokiem było przygotowanie płytek cienkich kilku reprezentatywnych meteoroidów. Liczne płytki cienkie zostały odcięte od większych próbek, a następnie zeszlifowane i wypolerowane do standardowej grubości 30 mikrometrów. Praca ta została wykonana przez Petrographics International of Saskatchewan w Kanadzie. Moim zadaniem było oglądanie każdej płytki przez mikroskop polaryzacyjny przy polaroidach równoległych i skrzyżowanych, a następnie wybieranie obiektów do fotografowania. Następnie robiono zdjęcia tych obszarów i mierzono ich pozycje na płytkach cienkich. Zrobiony został krótki opis każdego obszaru z uwzględnieniem tekstur (typów chondr), orientacji optycznej, oświetlenia i zastosowanego powiększenia. Oczywiście we wszystkich przypadkach wybrane obszary musiały odpowiadać treści przygotowywanej książki. Następnie płytki zostały wysła-

ne do Toma Toffoli, ze szczegółowymi instrukcjami odnośnie fotografowania wybranych obszarów z uwypukleniem ważnych tekstur potrzebnych do zilustrowania książki. Tom zaprojektował bardzo uniwersalny system mikroskopowy wykorzystując doskonale skorygowane makroobiektywy do stosunkowo dużych obiektów i wysokiej jakości aplanatyczne obiektywy mikroskopowe do małych obiektów wymagających dużych powiększeń. W tym hybrydowym systemie płaszczyzna ogniskowa była łatwo dostępna, a płytki można było łatwo przemieszczać w płaszczyźnie x-y i obracać uzyskując każdą orientację optyczną. Mniej więcej przez cały pierwszy rok dokładnie oceniałem zdjęcia i jeśli było trzeba, Tom wprowadzał odpowiednie modyfikacje w metodach i wyposażeniu. W rezultacie stopniowo zaczęliśmy dostrzegać wyraźną poprawę. Niektóre z tych pierwszych prac zostały opublikowane w *Meteoricycie* (marzec 1999).

W miarę kontynuowania naszej pracy coraz bardziej dostrzegaliśmy jednak, że nasze zdjęcia nie pokazują wszystkich szczegółów, o których istnieniu wiedzieliśmy z wizualnych oględzin. W szczególności zauważyliśmy, że oglądanie płytek przy różnych rodzajach oświetlenia wydobywa różne elementy ukrywając inne. Żadna technika oświetleniowa nie mogła pokazać wszystkich utworów teksturalnych bez wprowadzania niejasności. Dlatego postanowiliśmy spróbować kilku sposobów oświetlania zarówno pojedynczo jak i w różnych połączeniach. Zasadniczo mieliśmy do dyspozycji cztery różne rodzaje oświetlenia: światło odbite, światło przechodzące, światło spolaryzowane przy polaroidach ustawionych równolegle i światło spolaryzowane przy polaroidach skrzyżowanych. Chociaż może się to wydawać proste, schematy łączonego oświetlenia wymagały kilkukrotnych ekspozycji i trzeba było mnóstwa pracy, zanim pojawiły

się właściwe kombinacje. Wyniki tych prób przeszły nasze najśmielsze oczekiwania.

## Pierwszy przedmiot testu

Na nasz pierwszy temat wybraliśmy chondryt zwyczajny H3 (26,03% całkowitej zawartości żelaza) z Brownfield w Teksasie (1937). Ten meteoroid ma dobrze widoczne chondry wszystkich typów do wyboru. Ma także sporo minerałów nieprzezroczystych: żelaza nikłonośnego i troilitu, oraz małe ilości magnetytu i chromitu. Zdjęcia 1 do 4 przedstawiają pasiastą chondrę oliwinową z widocznym brakującym kulistym wycinkiem u góry. Doznała ona licznych pęknięć biegnących przez całą chondrę. Wszystkie cztery zdjęcia zrobiono w tej samej skali. Pole widzenia ma szerokość 1,9 mm, a chondra ma 1,07 mm średnicy. Te cztery zdjęcia trzeba oglądać w podanej kolejności, aby zobaczyć jak tekstura staje się żywsza przy różnych schematach oświetlenia.

## Przykładowe próbki przy zastosowaniu schematów wielokrotnego oświetlenia

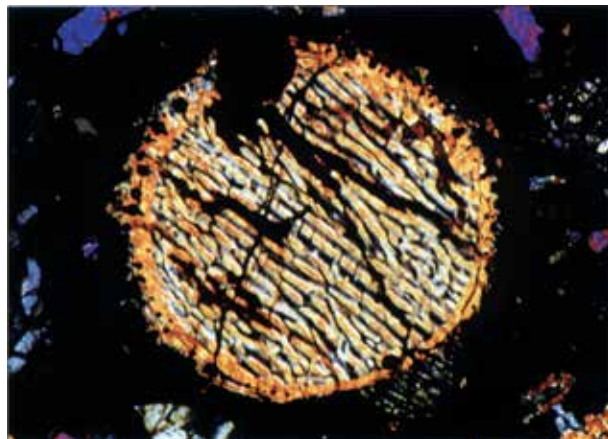
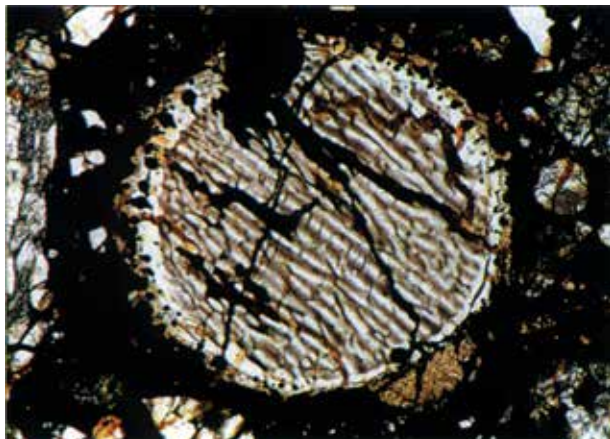
Teraz gdy pokazaliśmy efekty różnych sposobów oświetlenia testowego obiektu, zobaczmy kilka chondrytów, które fotografowaliśmy. Uwzględniliśmy tylko chondryty wczesnego typu petrograficznego 3, ponieważ są one najmniej przeobrażone termicznie i dlatego mają najbardziej pierwotne chondry.

Trzeba powiedzieć parę słów o oświetlaniu światłem odbitym płytek cienkich bogatych w metal. Normalnie płytka cienka jest doskonale wypolerowana i działa jak płaskie lustro stosując się do prawa odbicia. Światło padające pod dużym kątem do osi optycznej mikroskopu (>30 stopni) będzie odbijane poza oś optyczną nie trafiając w pole widzenia obiektywu, wskutek czego metal nie będzie dostatecznie oświetlony. Aby jeszcze bardziej utrudnić problem, obiektyw mikroskopu



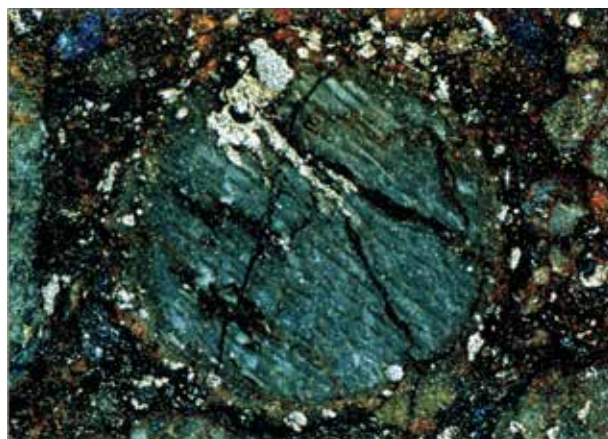
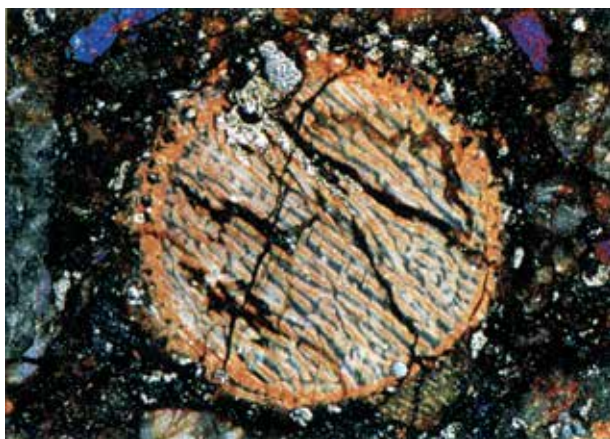
musi być blisko płytki cienkiej, co tym bardziej utrudnia umieszczenie źródła światła pod odpowiednim kątem  $< 30$  stopni w stosunku do osi optycznej. Szczególnie jest to istotne przy większych powiększeniach. Problem ten rozwiązują małe, giętkie światłowody, ponieważ można je umieścić blisko płytki cienkiej i skierować pod właściwym kątem, gdyż potrzebują bardzo mało miejsca. Ponieważ światło jest prawie spójne, silną wiązkę można skierować w pole widze-

nia obiektywu. Okazuje się, że powierzchnia ziaren metalu w chondrytach jest zwykle ziarnista niezależnie od pole-rowania. Metal składa się z wiele płaskich powierzchni ustawionych pod różnymi kątami do powierzchni płytki cienkiej, które działają jak lusterka. W rezultacie metal wzmacnia skolimowane światło i kieruje je jak lusterko do obiektywu. Widać to bardzo wyraźnie, gdy zmienia się kąt ustawienia światłowodu podczas patrzenia przez mikroskop.



*Fot. 1 (z lewej).* To zdjęcie zrobiono przy polaroidach ustawionych równolegle. Ciasto skalne otaczające chondrę jest przy takim oświetleniu nieprzezroczyste z rozproszonymi dużymi ziarnami reliktowymi. Większość małych ziaren składających się na ciasto skalne jest niewidoczna. Sama chondra ma wyraźną oliwinową obwódkę, która jest bardziej biała niż listwy oliwinu wewnątrz. Powoduje to brązowe szkliwo, które wypełnia przestrzeń między szkieletowym oliwinem. W obwódce są widoczne ciemne, prawie okrągłe bąble. Niektóre z pęknięć są wypełnione czerwono-brunatnym produktem wietrzenia. Wgłębienie wydaje się puste; być może była to pierwotna chondra, która uformowała się pierwsza i odcisnęła swój kształt we wtórnej, większej chondrze, która była jeszcze plastyczna. Na lewym skraju jest część chondry ortopiroksenowej z ciasno dopasowanymi subhedralnymi kryształami enstatytu. Wreszcie do głównej chondry przylega niezależna (o innym składzie mineralnym) dodatkowa chondra. Ma ziarnisty wygląd, żółte zabarwienie i znajduje się na dole z prawej.

*Fot. 2 (z prawej).* Ten sam fragment widoczny jest teraz przy skrzyżowanych polaroidach. Chondra nasycona jest barwami interferencyjnymi drugiego rzędu. Zarówno obwódka jak i listwy oliwinu należą do tego samego kryształu więc mają ten sam kolor. Brązowe szkliwo tak wyraźnie widoczne przy równoległych polaroidach, przy skrzyżowanych znikło ponieważ jest izotropowe i uległo wygaszeniu. Ciasto skalne wydaje się jeszcze ciemniejsze, ponieważ większość małych ziaren i niektóre większe ziarna także są wygaszone. Wydłużona chondra ortopiroksenowa na lewym skraju jest także częściowo wygaszona. Żółta niezależna chondra złożona także jest bliska wygaszenia i ma płaszczyzny zbliżniaczenia typowe dla enstatytu. Kilka jasno zabarwionych ziaren to prawdopodobnie okruchy oliwinu.



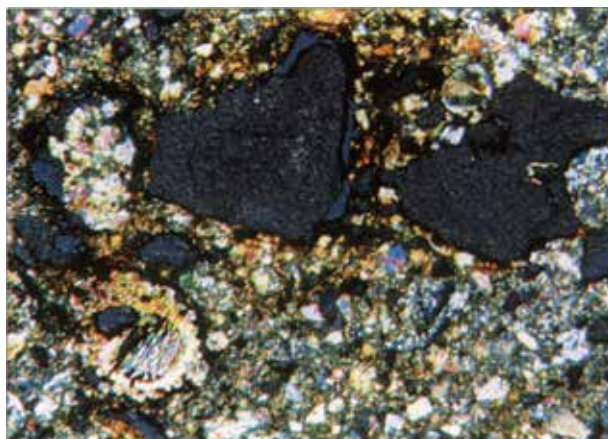
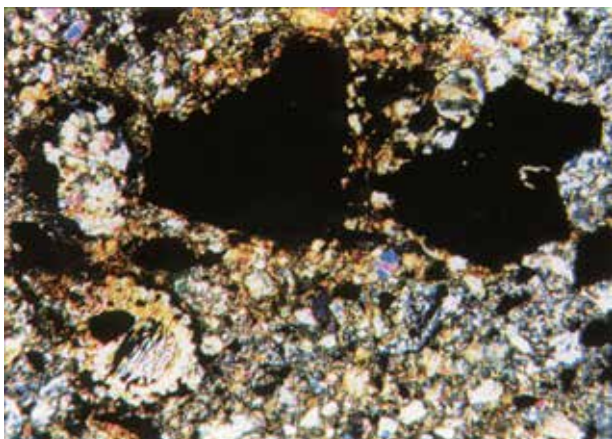
*Fot. 3 (z lewej).* Dwa poprzednie zdjęcia uświadomiły nam, że samo przechodzące światło nie może wszystkiego opowiedzieć. Gdzie są minerały nieprzezroczyste i jak są rozmieszczone w chondrze i dokoła niej? Jak można je odróżnić od mineralów w optycznym wygaszeniu? Czy minerały w wygaszeniu ukazują w świetle odbitym swe typowe tekstury? Pod wpływem tych pytań połączyliśmy zdjęcia przy skrzyżowanych polaroidach i w świetle odbitym. Zdjęcie 3 pokazuje kilka zdumiewających szczegółów dotąd niewidocznych. Ciasto skalne stało się złożoną mieszkanką drobnych kryształków. Niezależna złożona chondra (żółta na zdjęciu 1) teraz wyraźnie prezentuje polisyntetyczne zbliżniaczenia. W całym cieście skalnym widzimy duże ziarna, które są w optycznym wygaszeniu, ale stają się widoczne wraz z całym bogactwem szczegółów w świetle odbitym. Najbardziej emocjonująca transformacja uwidacznia się jednak w dużej chondrze. Wgłębienie nie jest puste, jak początkowo sądziliśmy. Winowajca, który zrobił wgłębienie, to kulka metalu, której fragmenty wciąż tam się znajdują. Ponadto metal został wtłoczony siłą uderzenia do szczeliny wnikać w nią głęboko. Światło odbite pozwala nam dostrzec rozmieszczenie metalu. Wiele prawie kulistych bąbli w obwódce to w rzeczywistości także bąble metalu. Najlepszy przykład sąsiaduje z niezależną chondrą u dołu. Niektóre bąble (u góry z lewej) są wciąż czarne ale z małymi okruchami metalu wewnątrz. Reszta to może być magnetyt bez widocznej struktury. W chondrze widać szkliwo, które w świetle odbitym ma charakterystyczny niebieski odcień.

*Fot. 4 (z prawej).* Ostatnie zdjęcie zrobiono tylko w świetle odbitym. Poprzeczne listwy oliwinu są tu znacznie gorzej widoczne niż w świetle spolaryzowanym przy skrzyżowanych polaroidach. Szkliwo pokrywa całą chondrę przesłaniając oliwin pod nim. Obwódka przybrała inny kolor i teksturę sugerującą, że jest niezależna od pasków oliwinu. Nie jest to jednak prawda, ponieważ jedno i drugie ulega jednocześnie wygaszaniu. W tym schemacie oświetlenia metal jest najbardziej widoczny.

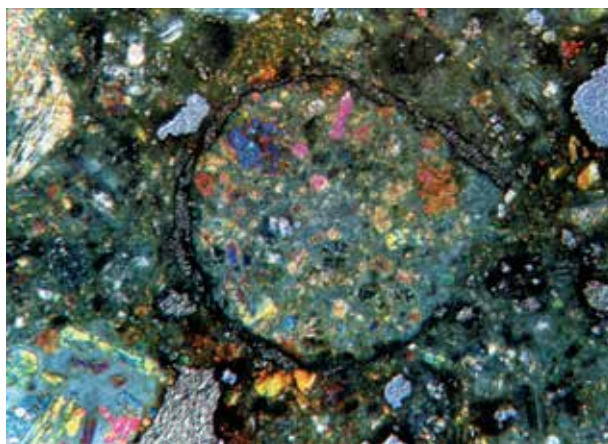
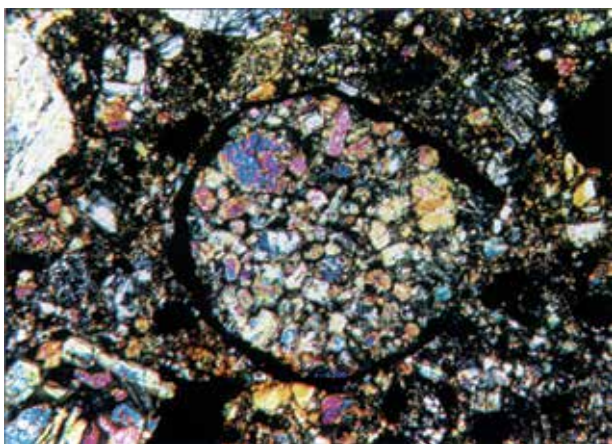


Ciekawym doświadczeniem jest wybranie małego obszaru i porównywanie dwóch zdjęć. Spędziłem wiele godzin na takich porównaniach i wydaje się, że nie ma końca bogactwo interesujących szczegółów wydobywanych

tylko dzięki użyciu wielokrotnego oświetlenia. Mamy tu to, co najlepsze z obu światów. Co jeden schemat oświetlenia ukrywa, drugi uwypukla. Teraz mamy pokazaną całą teksturę i nie brakuje żadnego fragmentu.



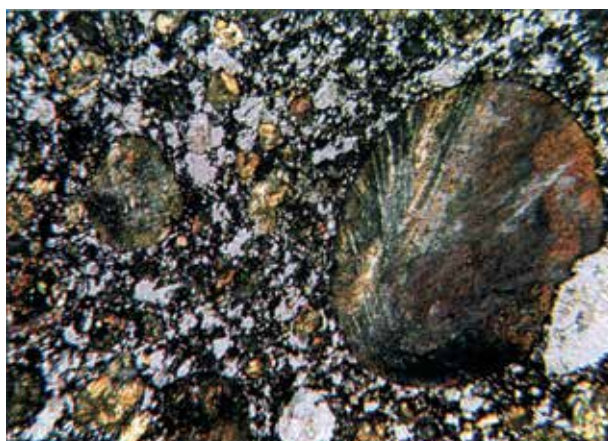
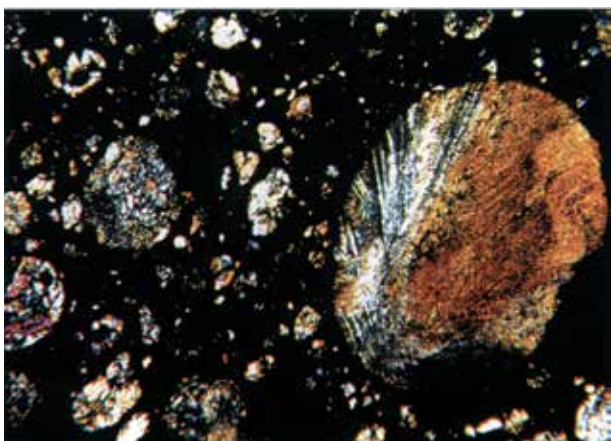
Fot. 5 (z lewej) i 6 (z prawej). Jest to para zdjęć zrobionych przy małym powiększeniu przedstawiająca ogólny widok fragmentu chondrytu Richfield LL3 o szerokości 4,4 mm. Fot. 5 w świetle XP ukazuje duże czarne pola pozbawione szczegółów. U dołu z lewej jest widoczna złożona chondra ze wspólną obwódką i objętym nią ciemnym bąblem. Fot. 6 oświetlona dodatkowo światłem odbitym ukazuje duże okruchy ciemnego metalu wypełniające pozorne pustki. Duże ziarno metalu w lewo od środka jest częściowo otoczone przez inny stop metalu. Metal częściowo obejmuje „ameboidalną” chondrę oliwinową sąsiadującą z dużym ziarnem. Złożona chondra także otacza ziarno metalu.



Fot. 7 (z lewej) i 8 (z prawej). Ta para zdjęć ukazuje dużą porfirową chondrę oliwinową o średnicy 1,3 mm w chondrycie Richfield LL3. Fot. 7 ukazuje chondrę w świetle XP. Widzimy tu duże, czarne obszary, które mogą być albo metalem, albo szkliwem. Ponadto chondrę otacza nieprzezroczysta, cienka obwódka. U dołu z lewej jest inny nieprzezroczysty obszar między dwiema chondrami oliwinowymi. Lewa chondra prezentuje luźno ułożone ziarna oliwinu i dość dużo czarnych miejsc.

Fot. 8 odpowiada na wiele naszych pytań. Czarne „dziury” okazują się ziarnami metalu. Duża chondra jest okryta cienką obwódką metalu rozzerwaną z prawej strony. Sąsiadujący z nią czarny obszar u dołu z prawej zawiera wiele ziaren metalu, które mogły początkowo być częścią metalowej okrywy.

Warto zauważyć różnicę tekstury między okrągłym bąblem metalu u góry z prawej, a tym u dołu z lewej. Niebieskie szkliwo licznie występuje w dużej chondrze, a szczególnie w chondrze oliwinowej u dołu z lewej. Całe pole jest teksturalną rozkoszą, która wymaga godzin studiowania, aby w pełni to docenić.



Fot. 11/12. Chondryt EH3, Sahara 97096. Fot. 11 ukazuje dużą chondrę eliptyczną z promienistą teksturą piroksenową w świetle XP. Większa oś chondry ma 1,4 mm. Po dodaniu światła odbitego Fot. 12 ukazuje wysoki objętościowo procent metalu typowy dla EH3, a teksturalne szczegóły dużej chondry są w znacznym stopniu wzmocnione.



# Wszystko w rodzinie: Meteorytowe znaleziska braci Shaw

Martin Horejsi & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

**C**o mają wspólnego Alaska, Colorado, Kansas, Missouri, Nebraska, Nowy Meksyk, Ohio, Dakota Południowa i Teksas? Są to stany, gdzie trzech bracia Shaw odnajdowali meteoryty. Do dziś bracia Allen, Chris i Oza Shaw odnaleźli lub rozpoznali dziewięć nowych meteorytów. Rozpoznany meteoryt, to taki, który znajduje się w posiadaniu innej osoby, ale nie został oficjalnie sklasyfikowany jako meteoryt. Jak dotąd lista odkryć braci Shaw obejmuje takie meteoryty jak Eads ze stanu Colorado, Hebron z Nebraski, Slaton z Teksasu, Powellsville z Ohio, Lemmon z Dakoty Południowej i Hope Creek z Alaski. Dalsze meteoryty znalezione przez braci ale jeszcze nie sklasyfikowane, to Independence ze stanu Missouri, Benjamin z Teksasu i Overland Park z Kansas. Ta lista robi jeszcze większe wrażenie, gdy weźmiemy pod uwagę, że bracia Shaw zajmują się poważnie meteorytami dopiero od roku 1996, a lista nie obejmuje okazów, które bracia Shaw znaleźli na znanych terenach spadku jak Portales w Nowym Meksyku.

Talent do odkrywania meteorytów braci Shaw stał się widoczny, gdy zaledwie cztery miesiące po tym, jak pewien profesor geologii pokazał im prawdziwy meteoryt, znaleźli swój pierwszy, nowy okaz. Jak mówi Allen Shaw, „najlepszy sposób zdobycia meteorytu, to szukanie od domu do domu”. Zależnie od determinacji poszukiwacza i wielkości terenu poszukiwań Allen ocenia, że kamień z kosmosu można znaleźć raz na 800 domów. Podczas gdy metoda szukania od domu do domu została wypracowana dziesiątki lat wcześniej przez H.H. Niningera, to dziś bracia Shaw stoją w obliczu konkurencji dziesiątków innych poszukiwaczy. Erze Niningera obcy był także ogromny rozgłos otaczający meteoryty i ich wartość pieniężną.

Uzbrojeni w niewiele więcej niż jeden okaz Gao i jeden Canyon Diablo bracia Shaws przemierzali okoliczne tereny rolnicze pukając do drzwi. Zdaniem Allena „Trzeba mieć choć trochę charyzmy, aby przychodzić do zupełnie obcych domów i pytać mieszkańców, czy widzieli kiedykolwiek kamień z nieba.” Allen ostrzega: „Czasem spotykasz jakichś dziwnych ludzi i praktycznie wracasz od ich drzwi do samochodu z obawą, że zrobią ci coś złego. Przeważnie jednak” — dodaje — „spotykam się ze zdumieniem i entuzjazmem, gdy prezentuję krótki wykład o meteorytach.”



Slaton, Teksas, chondryt L4

Chociaż wszystkie odkrycia meteorytów są emocjonujące, sam cud odkrycia nowego kamienia z kosmosu to jeszcze nie wszystko. Poszukiwacz musi wejść w posiadanie okazu. Bracia Shaws starają się składać ofertę bezpośrednio właścicielowi meteorytu najszybciej, jak tylko się da. W dziewięciu przypadkach na dziesięć znalazca akceptuje pierwszą ofertę. „Każde inne postępowanie” — zwierza się Allen — „pozwała znalazcy zastanowić się i uzyskać za swój okaz wyższą cenę, co wpływa na cenę sprzedaży.”

Niestety nie zawsze jest to takie proste. Gdy zaprezentowano braciom Shaw meteoryt Slaton z Teksasu, myśleli, że odnaleźli bardzo poszukiwany chondryt LL3. Nie byli osamotnieni w tej opinii, ponieważ oględziny okazu w pewnym laboratorium także dopro-

wadziły do tego samego wniosku. „We wnętrzu była chondra na chondrze bez śladu ciasta skalnego” — mówił Allen. — „Nie było też widać metalu.”

Po nabyciu okazu za coś, co Allen uważa za „niezwykle wysoką cenę, jak na zakup w terenie”, z analizy przy pomocy mikrosondy wynikła odmienna klasyfikacja. Był to nie tak rzadki chondryt L4. „Jest to piękny meteoryt i nie żałuję pozyskania tego okazu, chociaż odebrałem cenną lekcję” — mówi Allen. — „Nie można polegać na samych oględzinach makroskopowych.”

Kiedy emocje pozyskiwania meteorytu w końcu opadną, trzeba okaz formalnie sklasyfikować i opublikować. Allen mówi: „Zwykle odcinam płytkę 30 do 50 gramów, zależnie od wielkości meteorytu, i wysyłam ją do zbadania.” Po analizie w laboratorium, określającej chemiczną klasyfikację okazu, informacja o okazie i jego odkryciu jest dostarczana na specjalnym formularzu do redaktora „*The Meteoritical Bulletin*”. (Formularz jest dostępny na: <http://www.uark.edu/campus-resources/metsoc/bullform.htm>). Gdy okaz zostaje zaakceptowany jako kolejny dodatek do ziemskiej kolekcji meteorytów, nadaje mu się oficjalną nazwę i formalny opis odkrycia zostaje opublikowany w „*The Meteoritical Bulletin*”.

Co ma przyszłość do zaoferowania braciom Shaws? Pytany o ich aktualne poszukiwania Allen odpowiada tylko, że być może mają coś dużego. Nie powinno więc nas zdziwić, że ten rok znów będzie dobry dla braci Shaws. W końcu zaangażowani są w poszukiwania meteorytów dopiero od pięciu lat.

## Kolejne znaleziska braci Shaw

Trzeci z braci Shaw, Chris, z Salcha na Alasce, poszukując złota wykrywaczem metali w wąwozie

o nazwie Hope Creek, znalazł zamiast niego coś nie z tego świata — ważący 9,83 kg chondryt LL6. Chris powiedział, że leżał on wśród innych kamieni wielkości piłki futbolowej zgromadzonych na płaskim terenie w połowie wąwozu. Prawdopodobnie zostały tam umieszczone przez poszukiwaczy. Klasyfikację zrobił Michael McGehee z Uniwersytetu Arizońskiego. Interesującą cechą meteorytu Hope Creek są zagadkowo ukształtowane okruchy różniące się od całego meteorytu stopniem przeobrażeń szokowych. Mają one zabarwienie od brązowego do szarego. W niektórych miejscach są także białe okruchy przypominające Johnstown ze stanu Colorado.

Drugi meteoryt odnalazł inny z braci Shaw, Oza, gdy był na licytacji w Lubbock, w Teksasie. Kamień należał do zmarłej kobiety, która była zapaloną poszukiwaczką minerałów i artefaktów. Znalazła go w 1969 roku, gdy wraz z mężem, konno, polowali na jelenie. Odnalezienie tak dużego kamienia na terenie, gdzie kamieni prawie nie było, wydało jej się dziwne i przekonała męża, aby załadował ważący 52 kg kamień na konia i przetransportował do samochodu, a następnie do domu, gdzie kamień leżał na podwórzu przez 29 lat do jej śmierci. Jest to chondryt H4–5.



*Amfoteryt LL6 Hope Creek, który w 1998 roku znalazł Chris Shaw.*



*Chondryt H4-5 z Lubbock w Teksasie. Waży 52,28 kg.*



# Meteoryty i pseudometeoryty

**Michael D. McGehee i Carleton B. Moore**

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Czy zbyt wielka popularność może być uciążliwa? Posiadanie międzynarodowej reputacji laboratorium, które *za darmo* może stwierdzić, czy coś jest meteorytem, oznacza, że Center for Meteorite Studies (Ośrodek Badań Meteorytów) dostaje do obejrzenia mnóstwo kamieni. W ciągu ostatnich 1000 dni zbadaliśmy ponad 2200 okazów.

Ludzie przysyłają nam kamienie, listy elektroniczne na ich temat,

dzwonią z pytaniami i przynoszą mnóstwo kamieni do naszej siedziby w Arizońskim Uniwersytecie Stanowym. Niemal każdy myśli, że podczas niedawnej wycieczki znalazł meteoryt za 50000 dolarów.

Gdy ludzie dzwonią, staramy się wydobyć jak najwięcej informacji zadając pytania według opublikowanego przez nas wstępnego testu. Czy okaz jest magnetyczny? O dużej gęstości? Ma brązową lub czarną powierzchnię? Masywny i zwarty? Czy po przecięciu

lub zeszlifowaniu widać wewnątrz plamki metalu?

Na te proste pytania nie zawsze otrzymujemy proste odpowiedzi. Sposób zadawania pytań musimy dopasować do naukowego doświadczenia znalazcy. Na „magnetyczny” często dostajemy odpowiedzi, że igła kompasu obraca się w pobliżu kamienia, albo że wyłączony telewizor świeci, gdy jest blisko próbki, lub że dzwoniący „czuje”, jak magnes jest przyciągany w dół, gdy trzyma go nad okazem. ☞



Na „dużą gęstość” słyszymy zwykle, że okaz jest ciężki. Oczywiście, że każdy kamień wielkości piłki futbolowej będzie ciężki, więc zwykle pytamy, czy kamień waży tyle, ile mógłby ważyć, zdaniem dzwoniącego, odlew żelaza tej samej wielkości.

Staramy się nie zadawać pytań sugerujących odpowiedź. Na przykład zamiast pytać „Czy ma brązową albo czarną powierzchnię?” pytamy o jego kolor. Z reguły w odpowiedzi słyszymy, że jego kolor trudno określić i często słuchamy opisu brudu na okazy zanim osoba go oczyści. Większość brudu jest brązowa, a więc niemal każdy kamień będzie częściowo brązowy.

Najgorszą stroną rozmów telefonicznych jest wysłuchiwanie pasjonujących opowieści o spadku. Wiele razy słyszeliśmy, jak coś było tak gorące, że świeciło całą noc, zanim znalazca to podniósł, albo jak dziadek takiego-to-a-takiego rzeczywiście widział jak to spadło na ziemię na jego farmie. Aby obiektywnie podchodzić do badanego okazu staramy się traktować te opowieści jako bajania, a nie kłamstwa. Ktoś mógł widzieć, jak coś spadło z nieba czy nawet jak świeciło w ciemności. Po prostu z ziemi podniesiono nie ten okaz.

Większość pseudometeorytów okazuje się uzasadnionymi pomyłkami. Laboratoria z innych regionów geologicznych sprawdzające domniemane meteoryty mają różne rozkłady procentowe, ale nasze trzy główne rodzaje pseudometeorytów to magnetyt, hematyt i żużel. Każdy z nich przechodzi cztery z pięciu testów. Jednak niektóre okazy nie przechodzą żadnego testu. Pumeks, szkliwo i wapień ze skamieniałościami nie powinny nikogo wprowadzić w błąd.

Na pustyniach południowego zachodu Stanów Zjednoczonych dostajemy także wiele kamieni z polewą pustynną. Jest to ciemnobrązowa i czarna powłoka, którą uzyskuje wiele kamieni, gdy leżą na powierzchni w obszarach sąsiadujących z minerałami manganu. Polewa pustynna może wyglądać jak skorupa obtopieniowa i może oszukać początkujących poszukiwaczy. Widzieliśmy tę polewę na skaleniu, wapieniu i bazalcie, które przynoszono do analizy.

Pozaziemskie pochodzenie ponad 90% próbek, które badamy, można

wykluczyć w ciągu dwóch minut. Reszta wymaga dodatkowych testów na obecność niklu. Kiedyś przeprowadzaliśmy mokre analizy chemiczne, ale obecnie preferujemy przyrządy: albo wywołaną protonami emisję rentgenowską, albo mikrosondę elektronową. Obie metody nie powodują niszczenia próbki i analizują charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie materii w próbce.

Z około 10% okazów, którym przyglądamy się dokładniej, niektóre okazują się fragmentami pocisków, zardzewiałych pługów, metalowych odlewów, zardzewiałych narzędzi, odpryskami przy spawaniu, kulkami z łożysk i rudami metali. Nietypowe okazy geologiczne analizujemy czasem dla zaspokojenia własnej ciekawości. Bywają to galena, arsenopiryt, perydotyt i ilmenit. Trzymamy w naszej siedzibie kolekcję pseudometeorytów, aby pokazać ludziom, że już wcześniej widzieliśmy coś takiego, jak oni przynieśli.

Niektórzy ludzie nie uznają jednak odpowiedzi „nie”. Jest trochę osób, które przynoszą ponownie te same próbki uważając, że za pierwszym razem popełniliśmy błąd. Dostajemy także próbki od ludzi, którzy twierdzą, że Smithsonian Institution, albo Uniwersytet Nowego Meksyku albo Uniwersytet Kalifornijski popełnił błąd i nie rozpoznał prawdziwego meteorytu.

Co kilka miesięcy ktoś przynosi nam (albo chce przynieść) jakiś wytwór UFO. Chociaż byłoby dobrze mieć przygotowany na taką okazję adres F. Muldera z FBI w Waszyngtonie, zwykle odsyłamy do jednego z działających klubów UFO w Arizonie.

Spośród 2200 próbek, jakie widzieliśmy w ostatnich 33 miesiącach, zidentyfikowaliśmy sześć meteorytów (daje to około 0,3%). Półprofesjonalni poszukiwacze z wykrywaczami metalu znaleźli trzy, turyści znaleźli dwa i kowboj na ranczu turystycznym znalazł jeden. Jednak tylko dwa z nich były nowymi znaleziskami. Trzy meteoryty były ze spadku Canyon Diablo, a jeden był chondrytem Gold Basin wielkości orzecha włoskiego.

Z sześciu meteorytów, które zidentyfikowaliśmy, pięć pochodziło z Arizony, a jeden z Nevady. Suchy klimat i jasno zabarwione gleby pu-

styń oznaczają, że meteoryty mogą łatwiej przetrwać i łatwiej je zauważyć niż w obszarach o częstszych deszczach i bujnej roślinności.

Klasyfikujemy także meteoryty i sprawdzamy autentyczność przypuszczalnych meteorytów od kolekcjonerów i dealerów. Kontakty z dealerami stwarzają jednak pewne problemy. Dealerzy inspirują wiele poszukiwań (i znalezisk), ale gorący rynek meteorytowy winduje ceny często do poziomu przekraczającego możliwości instytucji akademickich. Współpraca z dealerami ma zwykle charakter wymiany barterowej. Dostajemy próbkę (zwykle 10–200 gramów) do szczegółowych badań chemicznych. Jej znaczna część zostaje uszkodzona lub zniszczona podczas analiz, a reszta trafia do naszego zbioru.

Dealerzy czasem także przysyłają do nas ludzi, którzy nie uznają odpowiedzi „nie”. Dla nich jest to szybki sposób pozbycia się natrętów. Jest to proza życia, ale jeśli dealer przysłał do nas zbyt wielu kłopotliwych klientów, rewanżujemy się tym samym.

W naszej pracy dużą satysfakcję daje odpowiadanie młodym ludziom, którzy przysyłają próbki. Stanowiąc część uniwersytetu chcemy zachęcać do interesowania się nauką. Dzieci zwykle dostają dłuższe listy pisane w stylu, który mówi coś pozytywnego o ich przygodzie z meteorityką i zachęca do patrzenia na świat z naukową ciekawością.

Najmniej satysfakcjonującym aspektem naszych badań jest nieustanne sprzątanie i porządkowanie biura. Niemal codziennie poczta przynosi nowe kamienie, więc pył i piasek wciskają się wszędzie. Dostajemy także przesyłki bez adresu nadawcy i bez żadnego listu wewnątrz. Zajmują one po prostu miejsce, póki ktoś nie zadzwoni, aby spytać, co stało się z próbką, którą wysłał trzy miesiące temu.

Czekamy nadal, aż kinowe przeboje ostatnich lat dotyczące meteorytów trafią do telewizji. Gdy prezentowano je w kinach, zwiększył się ruch w interesie. Spodziewamy się, że Armageddon sprawi, że u nas zrobi się gorąco.

*Center for Meteorite Studies  
Arizona State University*



# Steinheimer Becken

Guy Heinen

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

**S**teinheimer Becken znajduje się około 40 kilometrów na południowy wschód od krateru Ries. Becken oznacza po niemiecku misę, co jest odpowiednim określeniem dla tej niecki w Szwabskich Alpach o średnicy 3,4 kilometra. Znajdowane tam skamieniałości sprawiły, że była ona znana dużo wcześniej, zanim zaczęto rozważać jej powstanie w kontekście uderzenia planetoidy czy komety. Opisywano znaleziska różnych ssaków jak mastodonty, jednorożce i prehistoryczne jelenie. Znalaziono też 50 gatunków ptaków i gady, jak żółwie czy krokodyle. Wychodnia „Schneckensande” (piaskowiec ślimakowy) obok cmentarza w Steinheim została osadzona w bezodpływowym jeziorze. Zmieniające się stopniowo kształty muszli zgodnie z układem warstw stratygraficznych dają zdumiewający wgląd w ewolucję słodkowodnego ślimaka *Planorbis multiformis*.

Przez długi czas nie zauważano żadnego dowodu wskazującego na zderzenie. Wszystkie utwory przypisywano aktywności wulkanicznej, podobnie jak w przypadku Ries. W znacznie mniejszym Steinheimer Becken pokrywy wyrzutowe nie zachowały się. Wiercenia wykonane w środku niecki napotkały zbrekcjonowane skały zinterpretowane jako brekcja utworzona z opadającej po uderzeniu materii. Planarne elementy, a szczególnie stożki uderzeniowe stanowią najbardziej niezbite dowody pochodzenia uderzeniowego. Te stożki uderzeniowe, bardziej poprawnie określane jako „Strahlenkalke” (wapień promienisty) bardzo dobrze zachowały się w wapieniach górnej jury (w Niemczech nazywanej często białą jurą). Ogólniejsze określenie „stożki uderzeniowe” powstało w rzeczywistości później.

Obecność góry centralnej sprawia, że Steinheimer Becken zalicza się do kraterów złożonych, chociaż ma tylko 3,4 kilometra średnicy. Na

Księżycu tylko kratery o średnicach przekraczających 10 kilometrów są złożone. Sprawia to znacznie niższe ciążenie.

Górka centralna jest najlepiej widoczna z Sontheim. Mniejsza od głównej wioski Steinheim Sontheim jest drugą miejscowością wewnątrz krateru. Jest tam ciekawe muzeum, gdzie wystawione są skamieniałości z krateru oraz Strahlenkalke i impektyty.

Steinheimer Becken ma ten sam wiek co Ries: 15 milionów lat. Ten sam wiek i niewielka odległość od

siebie sugerują, że są to bliźniacze kratery podobnie jak dobrze znany przykład Clearwater Lakes w Kanadzie.

## Więcej kraterów uderzeniowych wokół?

W Alpach Frankońskich, na wschód od krateru Ries, znajduje się kilka okrągłych niecek. Niektórzy autorzy (Illies, Stucke i Rutte) uważają je za kratery uderzeniowe. Zaczynając od położonego najbardziej na zachód i wędrując ku wschodowi są to „Stopfenheimer Kuppel”, „Sornhüll”, „Pfahldorfer Becken”,



Steinheimer Becken z widokiem na górkę centralną (fot. G. Heinen)



Moldawit z Chlum nad Malse. Waga 22 g, wymiary 62×27 mm (kolekcja i zdjęcie G. Heinen)

„Mandelgrund”, „Mendorfer Becken”, „Willenhofen”, „Wipfelsfurt” i „Sausthal”.

„Stopfenheimer Kuppel” znajduje się około 20 kilometrów na północny wschód od Ries. Jest pokryty kilkoma uskokami o dość ograniczonym zrzućcie. Stwierdzono, że ziarna kwarcu z centralnej części zawierają planarne elementy (Storzer D. et al, 1971), natomiast brak innych wskaźników uderzenia.

Żadnych wskaźników uderzenia nie znaleziono w nieckach Sornhüll, Pfahldorf i Mandelgrund. To samo można powiedzieć o Mendorfer Becken”, „Wipfelsfurt” i „Sausthal”. „Hemauer Pulk”, utworzony przez grupę płytkich niecek wypełnionych osadami, nie zawiera żadnych uskoków i ma normalne podłoże.

Niecki podobne do „Hemauer Pulk” znajdują się wszędzie po drodze do Willendorf. W kamieniołomie w sąsiedztwie Willendorf warstwy górnej jury są spękane, zbrekcowane i nachylone. Spośród wszystkich niecek na wschód od Ries Willendorf jest prawdopodobnie najlepszym kandydatem na pochodzenie uderzeniowe.

Są przekonujące dowody na uderzenie blisko Romanshorn w Szwaj-

carii (Hofmann, 1978). Może ono mieć pewien związek z kraterem Ries. Kanciaste fragmenty piaskowca z dna morskiego i wapieni górnej jury znaleziono w skałach słodkowodnego piaskowca w pobliżu Gossau i Bernhardzell. Znaleziono także wapień promienisty (stożki uderzeniowe). Krater mógł się nie zachować w piaskowcu.

### Materia wyrzucona daleko

Bloki skał górnej jury od jednego do kilkuset kilogramów, znalezione w sąsiedztwie Ulm i Augsburga, interpretuje się jako wyrzucone. Transport rzeczny można wykluczyć, ponieważ bloki nie zostały zaokrąglone. Znajdowane są one w osadach trzeciorzędowych środkowego miocenu, co odpowiada wiekowi uformowania Ries. Nazywane są blokami Reutera po publikacji Reutera (1926).

Niewiele pozostaje dziś wątpliwości, że moldawity także pochodzą z krateru Ries. Ich wiek i skład chemiczny mówią same za siebie. Ich odległość od Ries i ich skład chemiczny sytuują je wśród materii wyrzuconej z krateru.

Po przeleceniu około 400 kilometrów w większości spadły one na

ziemię w dwóch miejscach na terenie Czech i Moraw. Mniejsze obszary rozrzutu znajdują się w kotlinie Cheb na zachodnim krańcu Czech, w Lausitz koło Drezna w Niemczech i w sąsiedztwie Radessen w Austrii.

Nazwa Moldawity pochodzi od rzeki Moldau (po czesku Vltava). Są to szkliska krzemionkowe zawierające bardzo mało wody i należące do rodziny tektytów. Ich analizy chemiczne wskazują, że wyjściową materią był piasek lub glina z różnymi ilościami miki, skałenia i dolomitowego węgla wapnia zależnie od konkretnego obszaru rozrzutu. Są pewne dowody, że słodkowodny piaskowiec z obszaru poprzedzającego Ries dostarczył wyjściowego materiału dla moldawitów. Różne odcienie moldawitów odzwierciedlają nieznaczne różnice składu między poszczególnymi miejscami. Moldawity z Czech z większą zawartością dolomitu i mniejszą zawartością FeO są przeważnie butelkowo zielone, podczas gdy te z Moraw mają tendencję do odcieni oliwkowo-zielonych i brązowych ze względu na większą zawartość gliny i FeO. Ponadto te ostatnie mają wyższy stosunek żelaza trójwartościowego do dwuwartościowego.

✍



Łowcy meteorytów: (od lewej) Marvin Kilgore, Bob Haag i Alain Carion.



Meteoryt wytworzony przez człowieka: na tym zbiorniku paliwa od rosyjskiego satelity, pokazanym na wystawie Pietera Heydelaara, widać typowe struktury meteorytowe, takie jak zastygłe strużki spływającego metalu i mikrokratery.



Od lewej: wydawca „Meteorite!” dr Joel Schiff; znany autor i badacz Geoff Notkin i autor artykułu o kraterze Popigai (patrz str. 6) dr Roy Gallant.



# Spór o tektyty

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 1. Copyright © 2000 Pallasite Press)

*Poniższy tekst jest komentarzem do uwag Billa Glassa dotyczących wywiadu z Paulem D. Lowmanem Jr. na temat pochodzenia tektytów, który ukazał się we wrześniowym „Meteorycie”. Po nim następuje odpowiedź Billa Glassa.*

## Darryl S. Futrell:

**P**odobnie jak Bill Glass w stosunku do wywiadu z Lowmanem postaram się ograniczyć moje uwagi do tematów poruszonych w jego replice. Prezentując swoje argumenty przemawiające za ziemskim uderzeniowym pochodzeniem tektytów Glass cytuje szereg prac na temat ich składu chemicznego. Autorzy tych prac opierają jednak swą argumentację na założeniu, że skład chemiczny tektytów nie może istnieć na lub wewnątrz Księżyca. O’Keefe (np. 1994) pokazał wielokrotnie, że pewne próbki księżycowe z wypraw Apollo dowodzą, że Glass stwierdza, że tylko australity i być może niektóre tektyty jawańskie mają ślady ablacji aerodynamicznej. W przeciwieństwie do niego Chapman (1964) stwierdza, że typowe aerodynamicznie obrobione „jądro” znajdujące się wszędzie w obrębie australoazjatyckiego obszaru rozrzutu tektytów i podaje szereg przykładów z Filipin, Billitonu i Australii. Jego praca pokazuje, że duża liczba innych tektytów australijskich posiada łysie plamy wynikające z odłupywania się, po ostygnięciu, cienkiej warstwy pod wpływem naprężenia aerotermicznego. W istocie aerodynamicznie obrobione tektyty znaleziono we wszystkich pierwotnych czterech obszarach rozrzutu z wyjątkiem Wybrzeża Kości Słoniowej, skąd tak mało tektytów było dostępnych do badań. Chao (1964) opisuje bediazyt, a King (1964) opisuje bediazyt, które zostały obrobione aerodynamicznie. Mam aerodynamicznie obrobione „jądra” bediazytów, indochinitów, chinitów, filipinitów i australitów. Służę zdjęciami.

Przypominam sobie, że czytałem gdzieś o innej przyczynie, dla której większość tektytów nie ma widocznych śladów ablacji; jeśli w naszą

atmosferę wpada rozległy rój milionów, czy miliardów tektytów, to tylko te pierwsze mogą pozostać stabilne aerodynamicznie podczas przelotu i uzyskać wyraźne ślady ablacji. Tektyty lecące za nimi wpadają w turbulentne ślady tych pierwszych i mają skłonność do tracenia stabilności i koziolkowania. Powoduje to, że ablacja rozkłada się na całą powierzchnię i trudniej zauważyć jej ślady. Potem dochodzą destrukcyjne efekty wietrzeń w postaci trawienia roztworami i abrazji.

Glass cytuje abstrakt pracy Melnika, w której autor twierdzi, że ablacja australitów przemawia za ich ziemskim pochodzeniem. Melnik wspomina jeden australit z kołnierzem, który wcześniej opisywał George Baker, i uważa, że ten okaz podlegał zewnętrznemu oporowi podczas wyrzucania z ziemskiej atmosfery. Okazuje się, że jest to jego najsilniejszy argument na poparcie tego twierdzenia. We wstępnym streszczeniu publikowanej pracy określa on wewnętrzną fluidalną strukturę tego tektytu jako przypominającą toroidalny wir i to jest główny powód, dla którego wnioskuje on, że podlegał on zewnętrznemu oporowi podczas opuszczania ziemskiej atmosfery.

Badalem australit o kształcie guzika z kołnierzem będący wcześniej toroidalnym wirem. Przed wejściem w atmosferę miał on oczywiście sferyczny kształt rozbrygowy zawierający duży wewnętrzny bąbel. Później ablacja przecięła ten bąbel, a dodatkowa ablacja następnie wyłobiła wgłębienie na powierzchni w środku poprzedniej powierzchni, gdzie był bąbel. Czy to może wyjaśnić, co Melnik widział w tektycie, który opisywał?

Dlaczego Melnik nigdy nie opublikował pracy na ten istotny temat? Gdzie są dane? Gdzie są równania

z rozwiązaniem numerycznym, wykresy i ilustracje popierające jego pogląd? Jak można porównać jego streszczenie bez żadnych znaczących danych z setkami stron danych na temat ablacji tektytów opublikowanych przez Chapmana i współpracowników w ciągu dwunastu lat?

Glass stwierdza, że Chapman nie znalazł dowodów istnienia tektytów Oceanu Indyjskiego, które uległy ablacji, eliminujących źródłowy krater w Indochinach. Nie znaleziono też dowodów eliminujących Księżyc jako źródło. Chapman i współautorzy znaleźli dowody ablacyjne na setkach (jeśli nie tysiącach) australitów z kołnierzami, które eliminują Ziemię, jako możliwe źródło. Ich praca jest nadal aktualna.

Wszystkie tektyty wchodziły w atmosferę jak sztywne (zimne) ciała (Chapman i Larson 1963), a tektyty przybywające z Księżyca nie spadają na całą Ziemię, ponieważ grawitacja ma ogniskujący wpływ na roje tektytów (Chapman 1971).

Jedynymi tektytami, które miękły wewnątrz podczas wejścia w atmosferę, były niektóre z najmniejszych australitów o średnicy około 1 centymetra. Znacznie większe formy rozbrygowe, które musiały lądować, gdy jeszcze były miękkie, na pewno musiały uzyskać swój kształt w punkcie pochodzenia, albo w zderzeniach podczas postulowanego wyrzucenia ze zbiornika lawy na Księżycu, albo w wyniku wyrzucenia z takiego zbiornika podczas mniejszych, wcześniej- szych erupcji i opadnięcia w pobliżu, gdy były wciąż plastyczne. Później zostały porwane przez duży wytrysk z Księżyca.

Glass stwierdza, że cząstek lechatelierytu (stopionego kwarcu) nigdy nie znajdowano w szklowie wulkanicznym. Według Barnes’a (1940) lechatelieryt istnieje wokół

ziemskich wulkanów. Inkluzje ziaren minerałów, w tym kwarcu, znajduje się w ziemskich skałach magmowych, w tym piroklastycznych, i są nazywane ksenokryształami. Są one obce w stosunku do skał wulkanicznych, w których występują i muszą pochodzić ze ścian kanałów lub komór magmowych. Anhedralne kryształy kwarcu znajdowano w niektórych uwarstwionych tektytach (Barnes 1963). W scenariuszu księżycowych zjawisk wulkanicznych wytwarzających szkliwo tektytowe, uwarstwione tektyty, które jak wielu badaczy pokazało, składają się ze zgrzanych mikrotektytów, byłyby oczywistym produktem piroklastycznym. W tym przypadku ziarna kwarcu i inne rzadkie, poniżej milimetra, krystaliczne ziarna minerałów plus ziarna coesytu, znajdowane od czasu do czasu w uwarstwionych tektytach musiały istnieć wcześniej i pochodzić ze ścian księżycowych kanałów. Można więc je uznać za przykłady księżycowych ksenokryształów.

Pewna liczba inkluzji w uwarstwionych tektytach, które gromadziły się w stos na brekcjonowanej powierzchni, która została później zagrzebana pod następnymi osadami gorących mikrotektytów (Futrell 1992) może być wyjaśniona tylko w kontekście wulkanicznej piroklastycznej erupcji mikrotektytów.

Chapman (1971) przedstawia dowody, że kratery uderzeniowe Ries i Bosumtwi jedynie mają wspólny wiek z moldawitami i iworytami i nie mogą być ich źródłem. Także Virgil Barnes (1969) wykazuje, że moldawity nie mogą pochodzić z Ries. Struktura Chesapeake Bay także jest tylko współczesna z tektytami północnoamerykańskimi i nie wytworzyła tektytów. Nie ma rozstrzygających dowodów wskazujących, że jest inaczej.

Zwolennicy teorii zderzeniowej lubią twierdzić, że wulkanizm księżycowy zakończył się jakieś dwa miliardy lat temu, ale mogą zaproponować czytelnikom kolekcję około pięćdziesięciu publikacji wskazujących, że wulkanizm księżycowy trwa nadal. Są wśród nich obserwacje Greenacre (1965) i innych słynnego czerwonego świecenia na Płaskowyżu Arystarcha z figurami płynięcia w 1963 roku, które później Hartmann i Harris (1965) zinterpretowali jako

prawdopodobne erupcje piroklastyczne. Wykrycie przez Apolla 15 w tym samym regionie obecności radonu i polonu, których stosunki zmieniały się z dnia na dzień, wskazuje na trwającą aktywność jakiegoś typu. Płaskowyż Arystarcha jest regionem, w którym McEwen et. al. (1994) stwierdził występowanie rozległych złóż niezdewitryfikowanych szkliw piroklastycznych (mikrotektytów?) o przeciętnej głębokości 10–20 metrów. Wyprawy Apollo odwiedziły tylko stosunkowo stare księżycowe obszary, gdzie większość próbek pochodzi z ubogich w składniki lotne płytszych warstw. Niemniej Glass (1976) znalazł kilka próbek szkliwa krzemionkowego w próbkach gleby, co do których sądzi, że są pochodzenia wulkanicznego. Niestety, przynajmniej dla zwolenników księżycowego pochodzenia tektytów, z wizyty Apolla na Płaskowyżu Arystarcha, aby sprawdzić kilka miejsc czerwonego świecenia, zrezygnowano.

Glass stwierdza, że nie ma niczego, co by wiedział o tektytach, co lepiej wyjaśniałaby hipoteza ich księżycowego pochodzenia. Proponuję rozważenie głównych wskazówek co do pochodzenia tektytów; petrologii czyli struktury wraz z wysoką jakością i trwałością szkliwa tektytów. Wszystkie uwarstwione tektyty prezentują zarówno makroskopowo (von Koenigswald 1975; Futrell 1997) jak i mikroskopowo (Futrell 1986; Futrell 1991) struktury wulkaniczne. Pewne uwarstwione tektyty potrzebują co najmniej 10 minut na utworzenie swych złożonych struktur (Futrell 1986). Uwarstwione tektyty nie są podobne do rzeczywistych ziemskich stopów poudzerzeniowych. Rzeczywiste stopy poudzerzeniowe mają wszystkie wyższą zawartość wody i składają się z „odłamków” szkliwa (O’Keefe 1994), które utworzyły się momentalnie. Futrell (1999) prezentuje ilustrowane podsumowanie rozmaitych struktur wulkanicznych znajdujących w uwarstwionych tektytach.

Pojedyncze mikrotektyty dobrze odpowiadają pod względem rozmiarów i struktury księżycowym szkliwom piroklastycznym takim jak zielone z Apolla 15 i pomarańczowe z Apolla 17, a także występuje analogia między księżycowymi szkliwami

piroklastycznymi i uwarstwowionymi tektytami jeśli chodzi o niektóre lotne pierwiastki śladowe takie jak Cl, Br, i Zn (Muller and Gentner 1973) i F (Moore et al., 1983).

Walter i współpracownicy znaleźli dowody wskazujące, że tektyty o kształtach rozbryzgowych mogły zostać stopione z istniejących wcześniej uwarstwowionych tektytów (np. Walter 1967). Mogło to zdarzyć się tylko w ciągu zjawisk wulkanicznych.

Hipoteza powstania tektytów w wyniku zderzenia z Ziemią gwałci kilka praw fizyki (np. O’Keefe 1976) podczas gdy teoria pochodzenia z wulkanów księżycowych nie narusza żadnego.

6222 Haviland Ave.  
Whittier CA 90601-3735

## Odpowiedź na uwagi Darryla Futrella

**Billy P. Glass:**

Futrell utrzymuje, że O’Keefe pokazał, że „...podobny do tektytów skład chemiczny istnieje głęboko wewnątrz Księżyca i może wydostać się na powierzchnię poprzez wulkanizm”. Chociaż jest prawdą, że niewielkie ilości materii magmowej bogatej w krzemionkę znaleziono wśród przywiezionych próbek księżycowych, to materia ta jest pod względem petrografii i składu chemicznego odmienna od szkliwa tektytów (zob. np. Taylor 1973; Koeberl 1988; Taylor i Koeberl 1994). Dane sejsmiczne i termiczne modele Księżyca wskazują, że częściowo stopione skały na dzisiejszym Księżycu muszą pochodzić tylko z głębokości 1000 kilometrów i więcej. Futrell twierdzi, że księżycowy wulkanizm trwa do dziś i mówi o „czerwonym świeceniu z figurami płynięcia” interpretowanym jako „prawdopodobna erupcja piroklastyczna” oraz o radonie i polonie wykrytym przez orbitujący statek Apollo 15. Sheehan i Dubbins (1999) doszli do wniosku, że te przejściowe zjawiska na Księżycu są tylko błędnymi interpretacjami ziemskich efektów atmosferycznych i instrumentalnych. Nawet jeśli księżycowe zjawiska przejściowe wskazują na jakiś rodzaj księżycowej powierzchniowej aktywności, to dane sejsmiczne Apolla, radiometryczne datowanie skał księżycowych i zliczenia kraterów

wskazują, że Księżyc nie był aktywny geologicznie przez co najmniej dwa miliardy lat. Tak więc zgadzam się z Wilhelmsem (1994), że „Jaka by nie była rzeczywista czy psychologiczna przyczyna zjawisk przejściowych, to nie jest to wulkanizm.” Nawet gdyby trochę stopionych skał istniało głębiej niż 1000 km, to proponowanie, że mogłyby one przedostać się przez 1000 km zimnej sztywnej skały na powierzchnię Księżyca nie wydaje się realistyczne, a nawet gdyby to było możliwe, to nie wydaje się prawdopodobne, aby częściowe topnienie dolnej części księżycowego płaszcza mogło wytworzyć magmę o składzie tektytów, który jest podobny do składu ziemskich skał.

Chociaż, jak wskazuje Futrell, utwory sugerujące ablację aerodynamiczną obserwowano w australoazjatyckim obszarze rozrzutu poza Australią i Jawą oraz w innych obszarach rozrzutu tektytów, to wciąż jest prawdą, że najbardziej widoczne, niewątpliwie dowody ablacji występują głównie w przypadku australitów. Nadal uważam, że jeśli tektyty przybyły z Księżyca, to w przypadku wszystkich obszarów rozrzutu powinny być na nich widoczne podobnie wyraźne oznaki ablacji atmosferycznej i w podobnych proporcjach. Futrell próbuje obejść ten problem sugerując, że jest prawdopodobne, iż tylko tektyty z przodu roju tektytów wchodzących w atmosferę mogą mieć wyraźne oznaki ablacji, ale to nie wyjaśnia, dlaczego tylko kilka tektytów z innych obszarów rozrzutu takie oznaki posiada. Ponadto ponieważ nie wszystkie australoazjatyckie tektyty weszły w atmosferę w tym samym czasie, na co wskazuje ich rozrzut na dużym obszarze, to tektyty z innych części obszaru rozrzutu powinny wykazywać oznaki ablacji w podobnym stopniu jak australity; jednak takich okazów prawie nie ma. Szczególnie trudno moim zdaniem uwierzyć, że duże bloki tektytów Muong Nong (uwarstwionych) nie mają żadnych oznak ablacji skoro miały wejść w atmosferę z prędkością większą niż 11 km/s. Zgadzam się, że trawienie przez roztwory starszych tektytów mogło sprawić, że utwory ablacyjne są słabiej widoczne, ale żaden z tektytów na innych obszarach rozrzutu nie ma oczywistych oznak rozległej ablacji.

Futrell krytykuje pracę Melnika (1991) wskazując, że badał on tylko jeden australit, który nie eliminuje Ziemi jako źródła, podczas gdy „Chapman i współautorzy znaleźli dowody ablacji na setkach (a może tysiącach?) australitów z kołnierzymi, które eliminują Ziemię jako możliwe źródło.” Chapman i Larson (1963) stwierdzają, że badali dziesiątki tysięcy australitów; podają jednak dane na temat ablacji tylko dla siedmiu australitów i dwóch jawanitów. Każdy z tych dziewięciu okazów ma dość duży przedział możliwych prędkości wejścia. Wszystkie mogły mieć prędkości wejścia niższe niż 11 km/s, a więc mogą mieć ziemskie pochodzenie. Argumenty Chapmana i Larsona (1963) przeciw ziemskiemu pochodzeniu oparte są na wniosku, że trzy australity z Port Campbell weszły w ziemską atmosferę pod różnymi kątami. Tak więc jeśli tektyty mają ziemskie pochodzenie, to muszą pochodzić z bardzo różnych odległości, a więc różnych miejsc na powierzchni Ziemi, a nie z jednego miejsca, jak wynika z hipotezy uderzeniowej. Melnik zrobił analizę 30 lat po badaniach Chapmana. Czy nie jest możliwe, że w ciągu tego czasu mogliśmy dowiedzieć się czegoś nowego o analizie aerodynamicznej i rozrzuć materii przez wielkie zderzenia?

W mojej odpowiedzi na wywiad z Lowmanem stwierdziłem, że cząstek lechatelierytu nie znaleziono w szklach wulkanicznych. Futrell stwierdza „Według Barnes (1940) lechatelieryt istnieje wokół ziemskich wulkanów.” Nie mam możliwości zweryfikowania twierdzenia Barnes (1940) i nigdy nie obserwowałem lechatelierytu w szklach wulkanicznych ani nie słyszałem, by w nich występował, ale widziałem liczne publikacje o lechatelierycie w szklach uderzeniowych. Jeśli ktoś z czytelników poda mi źródło opisujące lechatelieryt w szklach wulkanicznych, albo jeszcze lepiej ma przykładowy okaz, który mógłby mi przysłać, byłbym bardzo wdzięczny. Barnes (1940) wskazuje także, iż obecność lechatelierytu wskazuje, że stopienie tektytu było szybkie, ogrzanie bardzo silne i stygnięcie bardzo szybkie. Dochodzi do stwierdzenia, że są tylko trzy naturalne sposoby szybkiego i intensywnego ogrzania połączone

z szybkim stygnięciem: ogrzewanie, gdy meteoroid przelatuje przez atmosferę, stopienie gleby przez uderzenie pioruna i stopienie podczas uderzeniowego formowania krateru. Barnes jest zwolennikiem uderzenia; wulkanizmu nie brał nawet pod uwagę. Nawet jeśli lechatelieryt czasami występuje w szklach wulkanicznych, to o wiele częściej jest spotykany w szklach uderzeniowych, gdzie występuje zawsze, gdy tylko skała źródłowa zawiera kwarc. Tak więc powszechne występowanie lechatelierytu w tektytach jest zgodne z ich pochodzeniem uderzeniowym; natomiast byłoby czymś niezwykłym, jeśli nie niemożliwym, w przypadku pochodzenia wulkanicznego.

Futrell dowodzi, że ziemska grawitacja wywiera ogniskujący efekt na rój tektytów przybywający z Księżyca i dlatego tektyty nie spadają wszędzie na Ziemi. Efekt ogniskujący powoduje zbliżanie się do siebie cząstek roju, ale nawet jeśli różnica w momencie wyrzucenia i prędkości początkowej była niewielka, to tektyty rozciągnęłyby się na pewną odległość. Ponadto spadając na Ziemię, która się obraca, lądowałyby na rozległym obszarze. Dlatego mały obszar rozrzutu iwoarytów i wełtawitów trudno wytłumaczyć przy pochodzeniu z wulkanów księżycowych.

Chapman (1971) wyjaśnia ograniczone obszary rozrzutu tektytów sugerując, że większość roju ominęła Ziemię. W takim przypadku tektyty, które ominęły Ziemię za pierwszym razem, weszłyby na orbitę wokół Słońca i część ich spadałaby na Ziemię przy kolejnych okrążeniach. Jak wskazywałem w odpowiedzi na wywiad z Lowmanem, gdyby ziemskie obszary rozrzutu były wynikiem czterech zjawisk na Księżycu, to musiałoby być znacznie więcej, które nie trafiły w Ziemię za pierwszym razem. Niektóre z tych tektytów spadałyby na Ziemię przy kolejnych okrążeniach. Tak więc tektyty powinny spadać na Ziemię cały czas, a nie ograniczać się tylko do czterech zdarzeń. Gdzież więc one są?

Futrell próbuje wyjaśnić mineralne inkluzje odnalezione w tektytach typu Muong Nong jako „księżycowe ksenolity”. Ksenolity w ziemskich skałach wulkanicznych są fragmentami skał, które wypłukane zostały ze



ścian kanałów, kiedy magma wznosiła się ku powierzchni. W przypadku pochodzenia z wulkanów księżycowych magma wydostawała się z głębi Księżyca i jeśli przyjąć wyjaśnienie Futrella, gdy wędrowała w górę przez płaszcz bogaty w oliwin i skorupę bogatą w anortyt, wypłukiwała poszczególne minerały (a nie okruchy skał), które rzadko występują na Księżycu (ale licznie występują w skałach osadowych na Ziemi) zamiast liczniej występujących księżycowych minerałów. Byłoby to doprawdy zdumiewające. Ponadto wszystkie inkluzje minerałów w tektytach Muong Nong prezentują dowody metamorfizmu szokowego. Skąd magma „wiedziała”, że ma wybierać tylko te minerały, które wcześniej zostały przeobrażone szokowo? I dlaczego inkluzje minerałów szokowych są tylko w tektytach Muong Nong, a nie ma ich w rozbryzgowych i ablacyjnych? Występowanie ich niemal wyłącznie w tektytach Muong Nong przewiduje teoria ziemskiego pochodzenia uderzeniowego, ponieważ są to tektyty, które spadły najbliżej proponowanego obszaru źródłowego i są inne dowody petrograficzne, że formowały się one w niższych temperaturach. Ponadto trzeba zwrócić uwagę, że rodzaje inkluzji mineralnych w tektytach Muong Nong są zgodne z pochodzeniem z ziemskich skał osadowych (Glass i Barlow 1979), a trudno je wyjaśnić przy pochodzeniu z wulkanów księżycowych.

Futrell wskazuje, że Chapman (1971) uważa, że kratery uderzeniowe Ries i Bosumtwi są „współczesne” z moldawitami i iworytami. Futrell sugeruje, że struktura uderzeniowa Chesapeake Bay jest kraterem „współczesnym” z tektytami północnoamerykańskimi. Według Chapmana „współczesny” krater powstaje, gdy duży kawał szklawa czy skały spada wraz z tektytami i wytwarza krater uderzeniowy, który powstał w tym samym czasie, co tektyty z odpowiedniego obszaru rozrzutu, ale nie jest źródłem tektytów. W przypadku struktury Chesapeake Bay kawał skały o średnicy 20 km musiałby zostać wyrzucony z Księżyca w jednym kawałku. Nawet gdyby erupcja wulkaniczna na Księżycu była zdolna wyrzucić w kosmos kawał skały o średnicy 20 kilometrów (co moim

zdaniem jest nieprawdopodobne), to badania geochemiczne wskazują, że struktury Ries, Bosumtwi i Chesapeake Bay zostały utworzone przez obiekty o składzie meteorytowym, a nie przez bryłę o składzie tektytów czy skał księżycowych (Koeberl 1999). Ponadto badania izotopów strontu i neodymu w iworytach, moldawitach i tektytach północnoamerykańskich są zgodne z ich pochodzeniem odpowiednio ze struktur Bosumtwi, Ries i Chesapeake Bay (Shaw i Wasserburg 1982; Koeberl et al. 1996). Ponadto liczba i wielkość mikrotektytów Wybrzeża Kości Słoniowej i Ameryki Północnej rośnie odpowiednio w kierunku struktur Bosumtwi i Chesapeake Bay (np. Glass et al. 1997). W przypadku pochodzenia uderzeniowego należałoby tego oczekiwać, a w przypadku pochodzenia z wulkanów księżycowych musiałby to być przypadek.

Zgadzam się z Futrellem, że istnienie tektytów typu Muong Nong czyli uwarstwionych trudno wyjaśnić pochodzeniem uderzeniowym, ale jest to prawdopodobnie tylko skutek tego, że nie wiemy, co się dzieje podczas wielkich zderzeń. Wydaje mi się jednak, że po wielkim zderzeniu miejscowe środowisko jest gorące przez dostatecznie długi czas, aby duże masy szklawa (tj. tektyty Muong Nong) miały czas dopasować się do nieregularności powierzchni wyginając się, pękając i zgrzewając się, tak że powstają struktury, które zdaniem Futrella mogą być wytwarzane tylko w procesach wulkanicznych. Niektóre teksturalne czy strukturalne utwory w tektytach Muong Nong można by łatwiej wyjaśnić pochodzeniem wulkanicznym; jednak pochodzenie wulkaniczne nie wyjaśni petrografii i składu chemicznego tektytów typu Muong Nong.

Futrell stwierdza „Rzeczywiste stopy poudereniowe mają wszystkie wyższą zawartość wody i składają się z „odłamków” szklawa (O’Keefe 1994), które utworzyły się momentalnie.” Ma rację, ale ten opis odnosi się do szklawa poudereniowego znajdującego w pokrywach wyrzutowych niedaleko krateru. Im dalej od krateru zostaje wyrzucone szklawo, tym więcej energii musiało uzyskać i będzie tym suchsze i bardziej jednorodne. Duże, uwarstwione tektyty typu

Muong Nong spadły bliżej krateru źródłowego niż większość rozbryzgowych i wszystkie ablacyjne tektyty. W rezultacie mają one wyższą zawartość wody, są mniej jednorodne i zawierają niestopione inkluzje mineralne. Spodziewamy się tego przy pochodzeniu uderzeniowym, ale trudno to wyjaśnić przy pochodzeniu z wulkanów księżycowych.

Futrell kończy cytując O’Keefe’go (1976), który stwierdza, że ziemskie pochodzenie uderzeniowe szklawa tektytów gwałci kilka praw fizyki. Futrell nie podaje, które prawa fizyki są pogwałcone, ale O’Keefe utrzymuje, że suche, gęste, jednorodne szklawo tektytów nie może utworzyć się w krótkotrwałym zjawisku takim jak zderzenie. Jednak, jak wskazałem odpowiadając na wywiad z Lowmanem, szklawa podobne do tektytów zostały wytworzone podczas prób z bombami jądrowymi (Glass et al. 1988). Tak więc wydaje się, że powstawanie tektytów w krótkotrwałym zjawisku, takim jak zderzenie, nie gwałci żadnego prawa fizyki. Futrell wielokrotnie cytuje Chapmana i stwierdza, że prace Chapmana i jego kolegów nadal są aktualne. Dla czytelników nie znających prac Chapmana może być interesującą uwagą, że był on zwolennikiem księżycowego uderzeniowego pochodzenia.

W sumie jeśli przyjmujemy teorię pochodzenia z wulkanów księżycowych, to musimy zaakceptować dużą liczbę wysoce nieprawdopodobnych przypadków, które można łatwo wyjaśnić, a nawet można ich oczekiwać przy pochodzeniu ze zderzenia z Ziemią. Zwolennicy pochodzenia tektytów z wulkanów księżycowych każą nam wierzyć, że magma, z której utworzyły się tektyty, wydostała się z dużej głębokości z płaszcza Księżyca (ciała, które przypuszczalnie od co najmniej 2 miliardów lat nie jest aktywne geologicznie), zgarniając po drodze wcześniej przeobrażone szokowo pojedyncze ziarna kwarcu (i innych przeobrażonych szokowo minerałów), które rzadko spotyka się w skałach księżycowych (ale często w ziemskich skałach osadowych). Stop, o składzie podobnym do skał ziemskiej skorupy, został następnie wyrzucony w kosmos z prędkością większą od prędkości ucieczki z Księżyca i w całości lub części spadł na

Ziemię jako tektyty plus jedno ciało dostatecznie duże, aby utworzyć krater o średnicy od 10 do 90 km. (Dlaczego nie ma licznych obiektów o pośrednich rozmiarach między tektytami i jednym dużym obiektem kraterotwórczym?) Mikrotektyty w każdym obszarze rozrzutu po prostu przypadkiem mają większe rozmiary i jest ich więcej w miarę zbliżania się do „równowiekowego” krateru; a inkluzje minerałów przeobrażonych

szokowo występują tylko w większych, uwarstwionych tektytach typu Muong Nong.

W odpowiedzi na wywiad z Lowmanem stwierdziłem na zakończenie, że o ile wiem, nie ma niczego, co wiemy o tektytach, co lepiej tłumaczyłaby hipoteza ich pochodzenia z wulkanów księżycowych niż hipoteza pochodzenia ze zderzeń z Ziemią. Z ewentualnym wyjątkiem niektórych tekstur czy struktur obserwowanych w niektórych

rzadkich tektytach typu Muong Nong, nadal jestem tego zdania.

*Department of Geology  
University of Delaware*

Od redaktora „Meteorite!”: Przykro mi, że z powodu braku miejsca nie było możliwe opublikowanie spisów literatury zarówno do uwag Futrella jak i do repliki Glassa. Mam nadzieję, że nie umniejsza to wartości samych argumentów.

# Spytaj geologa

**odpowiada Bernard Spörl**

Publikacja z kwartalnika *Meteorite!* Vol. 6 No. 1.  
Copyright © 2000 Pallasite Press

1. W słowie „regmaglipt” rozumiem, co znaczy „glipt”, ale nie „regma”. Co oznacza ten przedrostek i kto był autorem tej nazwy?

„Regmaglipt” jest nazwą utworów ablacyjnych, które mogą powstawać na powierzchni meteorytu podczas przelotu przez atmosferę. Te powierzchniowe wgłębienia przyrównuje się często do odcisków kciuka. Obie części słowa są pochodzenia greckiego. „Regma” oznacza złamanie lub pęknięcie, a „glypt” oznacza „rzeźbiony” lub „żłobiony”. Przez dłuższy czas szukałem w literaturze meteorytowej, encyklopediach angielskich i w innych językach oraz na różnych stronach internetowych jakiejś wzmianki o pochodzeniu tego słowa, ale w końcu muszę przyznać, że nie udało mi się znaleźć żadnej wzmianki o autorze tego określenia, ani kiedy to nastąpiło.

2. Jakie minerały występujące w meteorytach nie występują na Ziemi?

Jeśli pamiętamy, że Ziemia ma podobne pochodzenie jak większość meteorytów, to informacja, że składa się z tych samych lub podobnych elementów, nie budzi zdziwienia. Podstawowy zestaw minerałów w Układzie Słonecznym utworzył się podczas kondensacji dysku słonecznego dużo wcześniej, zanim materia połączyła się w ciała planetarne. Innymi słowy trudno znaleźć minerały meteorytów, które w tej czy innej formie nie występują na Ziemi. Oczywiście nie obserwujemy, aby metalowe stopy tworzące jądro Ziemi występowały na powierzchni, ale możemy patrzeć na meteoryty żelazne, jako przykłady, jak może wyglądać ta niezwykle głęboko usytuowana materia.

Wapniowo-glinowe wrostki (CAI) w chondrytach węglistych wyglądają dostatecznie niezwykle, aby mogły zawierać minerały występujące tylko w meteorytach. Stwierdziłem jednak, że są to zgrupowania minerałów występujących także na Ziemi. Okazało się, że wszystkie minerały o obco brzmiących nazwach jak fassait, rhönit i hibonit mają swe ziemskie odpowiedniki.

Jest pewna liczba minerałów, które zostały zdegradowane z wyjątkowej pozycji minerałów pozaziemskich. Najbardziej znany, armalcolit, nieprzezroczysty tlenek magnezu, żelaza i tytanu, odkryto początkowo w próbkach księżycowych, ale

później zidentyfikowano go także na Ziemi. Skrajnie wysokociśnieniowe fazy krzemionki, coesyt i stiszowit uważano początkowo za związane wyłącznie z procesami zachodzącymi podczas zderzeń (i wybuchów bomb atomowych). Coesyt znaleziono w niektórych głównych łańcuchach górskich naszego globu, gdzie bardzo głęboko zagrzebane skały zostały wydźwignięte wysoko. Stiszowit teoretycznie powinien być wytwarzany głęboko w strefach subdukcji. Generalnie to nie poszczególne minerały odróżniają meteoryt od ziemskich kamieni. Raczej są to proporcje, w jakich one występują, oraz proporcje izotopów różnych pierwiastków wchodzących w skład minerałów.

3. Jakie informacje można uzyskać z płytek cienkich poza składem mineralnym?

Możemy także wyznaczyć koncentracje minerałów. Robi się to przez punktowe zliczanie, tj. licząc ile razy konkretny minerał występuje na trasie biegnącej przez płytkę ciekłą. Dokładne chemiczne analizy minerałów można uzyskać skaningowym mikroskopem elektronowym i podobnymi przyrządami. Dostarczają one informacji o ciśnieniach i temperaturach, w których minerały się tworzyły. Takie dane można także uzyskać przez ogrzewanie i zamrażanie płynnych inkluzji, mikroskopijnych próbek cieczy uwięzionych podczas krystalizacji.

Analiza tekstury pozwala nam stwierdzić, czy próbka jest skałą magmową, osadową czy metamorficzną, a ponadto dowiedzieć się sporo o deformacyjnym rozwoju skały. Obserwujemy orientację i rozmieszczenie różnych minerałów, ich kształty, rozkład rozmiarów, i szczególne struktury takie jak defekty, załamania, zbliźniaczenia, spękania szokowe, lamele. Ostatnio połączone z komputerem przyrządy takie jak teksturalny goniometr rentgenowski sprawiły, że te niegdyś bardzo nudne metody stały się bardziej przyjemne, i pozwoliły na pomiary tysięcy ziaren w jednej płytce cienkiej. Wykorzystując przekrojową zależność par utworów (ziarna, kryształy, żyły i inne struktury), będących w kontakcie wzajemnie ze sobą, możemy wyznaczyć, który utwór z pary powstał wcześniej, a więc odtworzyć historię zdarzeń w całej płytce. Pozwala to nam wyznaczyć kolejność krystalizacji minerałów w skałe magmowej czy metamorficznej i odkryć deformacyjną historię dowolnego typu skały. Wiek niektórych ziemskich skał osadowych można wyznaczyć z mikroskamieniałości widocznych w płytce cienkiej. Można to także zrobić przez trawienie płytki cienkiej znalezionych w skałe minerałów zawierających uran, takich jak apatyt czy cyrkon, aby ujawnić ślady rozszczepienia. Można je zliczyć i liczbę przeliczyć na wiek. Analiza śladów rozszczepienia mówi także wiele o termicznej historii skały.

# „Teraz Księżyc w pełni nie będzie już więcej idealnie okrągły” — Monachium’99

„Okazy są tańsze w dniu dla dealerów, gdy targi są zamknięte dla publiczności” — szepnął mi jeden z przyjaciół. Przyjechałem więc na Monachijskie Targi Mineralów i Klejnotów 1999 dzień przed oficjalnym otwarciem. Co do niższych cen, nie jestem przekonany. Ciekawe jednak było obserwowanie dealerów odwiedzających konkurentów i wymieniających skarby.

Wśród około 800 wystawców ze dwa tuziny mogły zainteresować meteorytofilów. Najpierw natrafiłem na Ericha Haiderera z Wiednia mającego naprawdę rzadkie typy: Erich pokazał DAG 430 (węglisty, nietypowy), DAG 275 (CK), DAG 319 (ureilit), Gobernador Valadares (nakhilit) i duży, księżycowy DAG 262. Wśród takich rarytasów Yilmia (E5) wyglądał prawie jak chondryt zwyczajny.

Uwe Eger z Bochum zgromadził słynne niemieckie spadki i znaleziska takie jak Eichstädt, Hainholz czy Ibbenbüren. Jego krajan, Kaspar von Wuthenau, przyciągał zwiedzających dużą płytą Daraj 001 (H5) i rzadkim stopem powderzeniowym wśród okazów Gao. Dla kontrastu stół Belga, Michela van den Dries pokrywało co najmniej 250 brunatnych „zwyczajnych” okazów Gao.

Stoisko Karla Spricha z Johannesburga ozdabiały okazałe płyty Gibeona. Wiele z nich, odciętych od 200-kg bryły, fascynowało pozakrzywianymi figurami, prawdopodobnie wytworzonymi wskutek uderzenia meteorytu. Ogólnie jednak biorąc wieloletni faworyci: Gibeon, Sikhote-Alin czy Canyon Diablo traciły w Monachium grunt.

„Każdy już ma przynajmniej jeden” skomentował Mike Pimentel z Direct Line Resources. Po pięciu latach oczekiwania na tę chwilę Mike zadziwił zwiedzających Nantanami. Zostały one wydobyte na światło dzienne z serc królów rdzy, oczyszczone i wykapanie w alkoholu. Wyniki lśniły srebrzyście i niewinnie, jakby żelazo nigdy nie rdzewiało.

Tuż obok niego konkurował z nim HK International z Urugwaju z Campo del Cielo. Widziałem wcześniej okropnie rdzewiejące okazy Campo del Cielo, ale te okazy wydawały się niemal nierdzewne. Na próżno oglądałem tkaninę pokrywającą stół poszukując łuszczących się płatów rdzy. „Wartość miłości i meteorytów żelaznych jedynie czas pokaże” — filozoficznie zauważył ktoś.

Bryły grafitu z żyłkami żelaza i krzemianami z Campo del Cielo przyciągnęły mnie do stoiska Buda Eislera. Leżało tam wiele pallasytów — Bud był niedawno w Imilac po tym jak kupił Cerro Cuadrado (L5) z Argentyny.

Achmed Pani z Wiednia narobił mi apetytu na „solony” Zag i piękne płytki nowego znaleziska Massa. Miał także austriackie köfelsyty, które mogą być impaktytami, albo po prostu zostały wytworzone przez ciepło gigantycznego osuwiska ziemi w Tyrolu.

Nie było natomiast żadnych wątpliwości, że brekcja Rochechouart jest dowodem kosmicznego zderzenia i Alain Carion (zob. fot. str. 18) z Francji oferował te wielobarwne świadectwa. Można je było porównać z szarymi

i czerwonymi suevitami z krateru Ries i pięknymi stożkami uderzeniowymi z niemieckiego Steinheim i kanadyjskiej struktury Sudbury.

Jego krajan Laurent Sikirdji przyciągał uwagę cienkimi płytkami Esquel i dużym, czarnym, rosyjskim chondrytem Vyatka, podczas gdy Bruno i Carine z La Memoire de la Terre robili to samo 15 kg bryłą Bechar, ogromnym Zegdou, nowym, orientowanym ureilem o nazwie Bartail i kilkoma pięknymi chondrytami zebranych niedawno w regionie Tagounite, w Maroku. Gorący oddech pustyni czuć było przy stoisku Labennów, którzy ostatniej wiosny przywieźli z Sahary około 200 kg. Ich prawdziwą gwiazdą był Sahara 99555, piąty w historii angryt, a drugi dopiero znaleziony poza Antarktydą.

U Allana Langheinricha zauważyłem przepięknie wypolerowane Zagi, wspaniałe całkowite okazy i płytki DAG 521 (CV3), Winony, Kapoety (howardyt), DAG 476 (shergottyt) oraz kawałki księżycowego DAG 400 po bardzo przystępnych cenach. Wobec ceny 80 \$ zламаłem się. Później pokazałem z dumą maleńki pyłek przyjacielowi. „Teraz Księżyc w pełni nie będzie już więcej idealnie okrągły” — zażartował.

Delicje zdobyły także stoisko Marvinina Killgore (zob. fot. str.): Maralinga (CK4), Bencubbin i HAH 237 (według katalogu Phila Bagnalla „Starfall” oba są klasyfikowane jako bencubinity), ataksyt South Byron, czy 29-gramowa kostka niemieckiego syderofiru Steinbach. Gregor Pacer oferował Cachari (eukryt) i piękne płytki Mt. Tazerzait (L5), Tuxtuac (LL5) i Arispe (oktaedryt IC). Sprzedawał także niezwyklej rozmiarów irgizyty i najrozmaitsze australity.

Obok niego Szwajcar, Christian Stehlin, z przejęciem opowiadał o przeżyciach po drugiej stronie Ziemi. „Zobaczyłem idealny guzik australitu, gdy zmieniałem koło w samochodzie”. Jego Allende był wielkości bochenka chleba, ale bardziej mi ślinka ciekła na widok jego chondrytów: Mbale, Dimmitt, St. Michel i Ozona.

Z Rosji przyjechał z meteorytami Iwan Kołtyrew z St. Petersburga, który miał piękne Sikhote-Aliny i ciemnego Tsareva (L5). Także Waczesław Kałachow z Moskwy przywiózł wspaniałe płyty pallasytu Brahina i piękne piętki fascynującego ksenolitowego chondrytu Ghubara z Omanu. Czech Zdenek Prokopec zasypał swój stół tysiącami zielonych moldawitów ustępując tylko Top Geo z Niemiec, gdzie piętrzyły się pudła wypełnione tektytami europejskimi i azjatyckimi.

Dwa dni spędziłem wędrując przez trzy hale wystawowe, ale wciąż nie mogę oprzeć się wrażeniu, że mogłem kogoś przeoczyć. Jeśli tak było, obiecuję, że odwiedzę go podczas następnych targów monachijskich od 6 do 8 października 2000 roku. Proszę jednak pamiętać: pierwszy dzień jest tylko dla dealerów.

*Christian Pinter, Wiedeń, Austria.*

