

BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 3 (31)

Wrzesień 1999

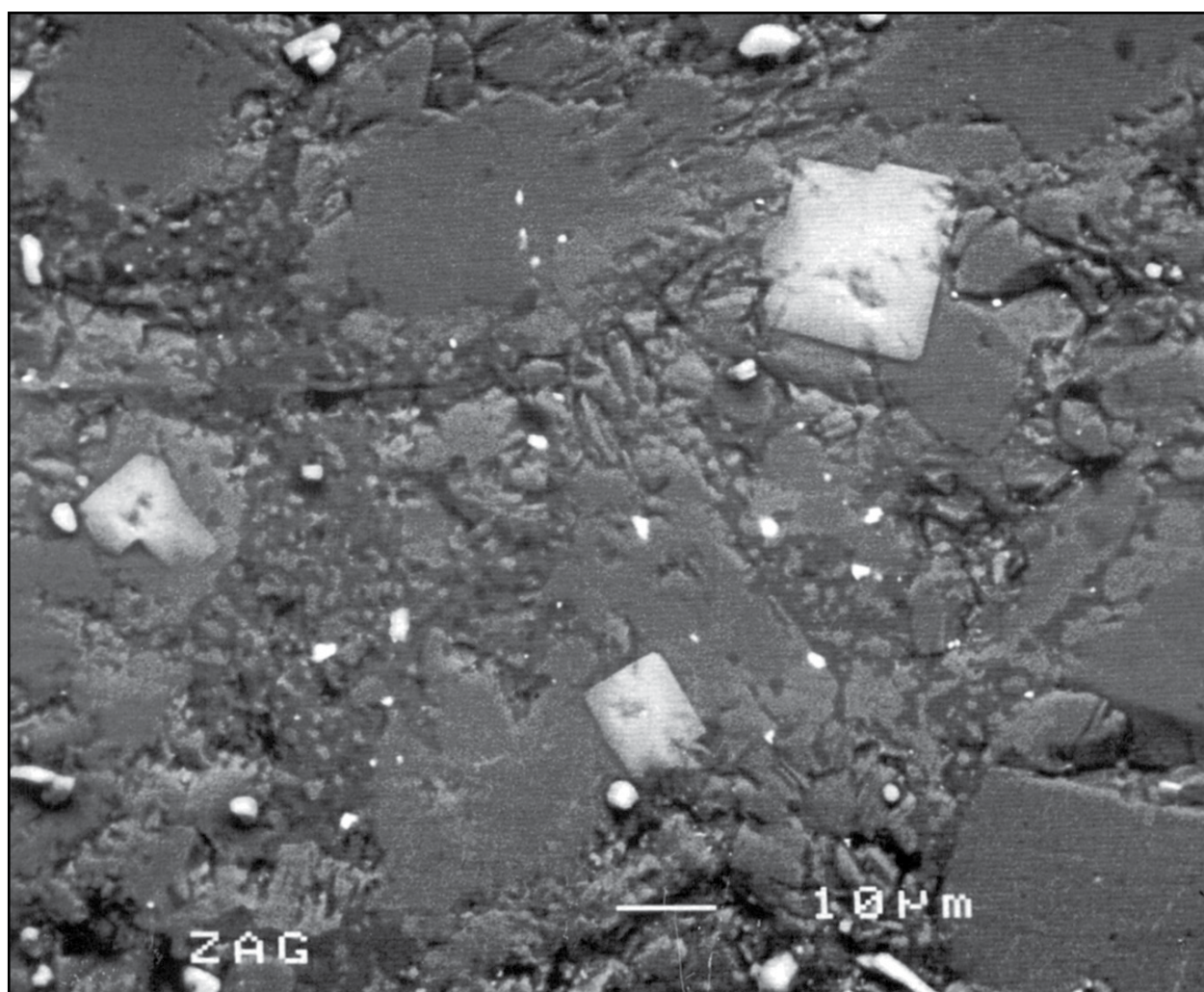
W numerze:

30 lat Murchisona

Pochodzenie tektytów

Odkrywanie planetoid

Szkliva krateru Elgygytgyn



Na zdjęciu: Kryształy halitu w chondrycie H3-6 Zag

Załączona pocztówka to prezent dla prenumeratorów od Agencji PLANAR z Gdańska

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

Redaguje *Andrzej S. Pilski*

Skład: *Jacek Drążkowski*

Druk: *Jan, Lidzbark Warm.*

Adres redakcji:

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

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

15401072-3724-36001-00-01

w BOŚ SA O/Olsztyn,
zaznaczając cel wpłaty.

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

Subscribe to **Meteorite!**

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

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

www.meteor.co.nz

Od redaktora:

Zacznę od wiadomości, która najbardziej mnie ucieszyła. Mój przyjaciel, dr Tomasz Kwiatkowski, niegdyś wieloletni uczestnik „Wakacji w planetarium”, obecnie pracownik naukowy Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Poznańskiego, „dostał” planetoidę. Otrzymała ona nazwę 7789 Kwiatkowski. Uhonorowano w ten sposób jego osiągnięcia w dziedzinie fotometrii planetoid. Fakt ten zachęcił mnie do wyciągnięcia z najnowszego „Meteorite!” artykułów na temat obserwacji planetoid. Osiągnięcia amatorów w tej dziedzinie są zdumiewające.

Zdumienie i niedowierzanie budzi także historia Ivana Wilsona, jednego z najbardziej znanych poszukiwaczy meteorytów. Jak widać rzeczy zupełnie nieprawdopodobne także czasem się zdarzają. Jak w przypadku dobrego kryminału nie radzę czytać tej opowieści od końca.

Jak należało się spodziewać, sporo uwagi poświęcono kolejnej trzydziestej rocznicy deszczu chondrytów węglistych. Tym razem chodzi o Murchison, jeszcze bardziej, niezwykle niż Allende, ale, co z żalem zauważają kolekcjonerzy, dużo droższy. Znów powrócił na łamy spór o tektyty. Zwolennicy ich ziemskiego pochodzenia mają coraz mocniejsze argumenty, ale wciąż pozostawiają wiele pytań bez odpowiedzi. Przypomnę tylko dwa:

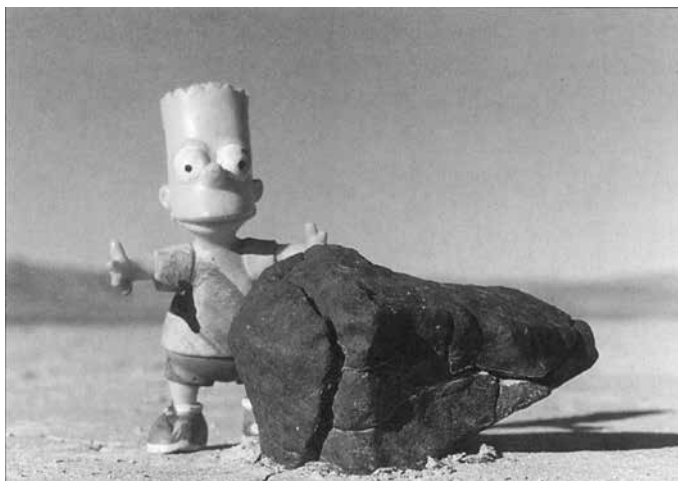
Skąd spadł meteoryt Igast, który jest tektytem? Dlaczego nie widać śladów gigantycznej katastrofy, jaką musiało spowodować 700 tys. lat temu uderzenie, które spowodowało rozrzuconie tektytów na ogromnym obszarze Australii, południowo-wschodniej Azji i Oceanu Indyjskiego?

Andrzej S. Pilski

Konkurs na podpis

Na konkurs przysłano dziesiątki znakomitych podpisów. Oceny dokonała moja siedemnastoletnia córka, która nie tylko zna Simpsonów, ale odróżnia Gao od Vaca Muerta. Nie zna jednak żadnego z uczestników konkursu, więc mogła być całkowicie bezstronna. Uznała ona, że najlepszy podpis przysłał Larry Stach z Redcliff w prowincji Alberta, w Kanadzie, chociaż decyzja była bardzo trudna. Larry otrzymuje w nagrodę meteoryt od Michael Casper I. Meteorites, Inc.

Joel L. Schiff



To był Homer, a teraz jest homeryt.

Zag: Zbyt wiele dobrego?

Martin Horejsi & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Wnajnowszym *Meteoritical Bulletin*, jako drugi od końca, znajduje się meteoryt o nazwie Zag. Chociaż nazwa nie wywołuje wrażenia czegoś tajemniczego, to jest z nim związanych trochę fascynujących opowieści.

Szczegóły dotyczące meteorytu to zwykle kilka fragmentów informacji: nazwa, miejsce, data, klasyfikacja i całkowita waga. Informacja o meteorycie Zag w biuletynie zawiera wszystkie pięć elementów, ale wszystkie one, z wyjątkiem klasyfikacji, pozostawiają mnóstwo miejsca do czytania między wierszami. Na temat klasyfikacji także można więcej powiedzieć.

Chociaż nazwa Zag jest oficjalną, okazy tego meteorytu były rozprowadzane pod przynajmniej trzema różnymi nazwami. Ponadto nie opublikowano ani dokładnego miejsca, ani momentu spadku tego meteorytu. Zag został sklasyfikowany jako brekcja regolitowa H3-6. Ta nietypowa klasyfikacja spowodowała, że meteoryt rozszedł się wśród naukowców i kolekcjonerów z szybkością błyskawicy. Dyskusje na jego temat są w rezultacie coraz częstsze.

Zainteresowanie meteorystem może być jeszcze większe, ponieważ w obszarach H3 niektórych płytek Zag odkryto niebieskie kryształy halitu. Dr Gero Kurat z Naturhistorisches Museum w Wiedniu odkrył „wugi gęsto wypełnione polikrystaliczną solą (NaCl).” Jak stwierdził „skała jest pełna soli, która wypelza z porów i krystalizuje na powierzchni naszej polerowanej płytki. Dosłownie można obserwować, jak rosną kryształy!” (Patrz zdjęcie na okładce).

Ponieważ dr Kurat badał świeżo odciętą płytkę Zag, mógł powiedzieć o kryształach soli co następuje „...one ciągle rosną, podobnie jak inne sole Na, a rdza rozwija się z lawrencytu wszędzie.”

Wygląd różnych okazów Zag może się bardzo różnić. Chociaż w cieście skalnym może być reprezentowana materia i H3, i H6, to wiele płytek składa się wyłącznie z części H6 ukazując mało chondr, brak brekcji i brak kryształów soli.

Wielką niewiadomą jest ciągle całkowita waga Zag. W przypadku większości meteorytów publikowanych w *Meteoritical Bulletin* podana jest całkowita waga meteorytu jako łączna waga zebranych okazów. Z drugiej strony waga Zaga jest podana jako liczba kilogramów, które „zostały sprzedane przez miejscowych handlarzom i kolekcjonerom”. Jeśli całkowita waga oznacza tylko ilość, która została dotąd sprzedana, trzeba to uważać za wagę minimalną.

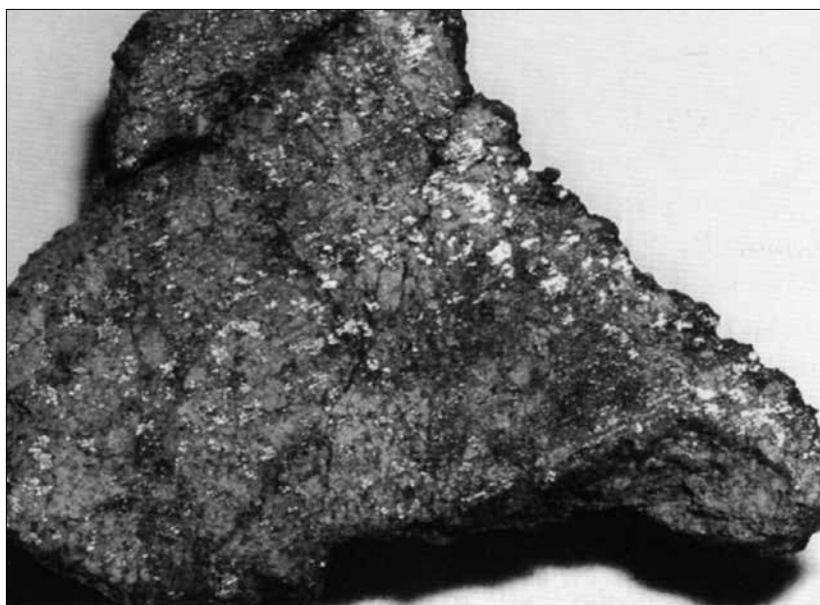
Pierwsze okazy Zag oferowane kolekcjonerom miały bardzo wysoką cenę. W miarę, jak coraz więcej osób oferowało ten meteoryt na sprzedaż, cena jego spadała wraz z rozmiarami oferowanych okazów. Na tym skrzyżowaniu widzimy rzadkie połączenie dwóch pożądaných właściwości: pożądana klasyfikacja połączona z dużą ilością dostępnego materiału.

Cięcia i obróbka Zag nastęrcza wiele szczególnych problemów, z których część jest poważna. Ponieważ płytka Zag może zawierać niebieskie kryształy soli, cięcie przy chłodzeniu wodą nie wchodzi w grę, ponieważ woda niszczy kryształy. Zamiast wody jest często używana nafta, ale brzydko pachnie i może wybuchnąć. Wydawałoby się, że do chłodzenia nadawać się może

tylko alkohol. Chociaż zdenaturowany 100% etanol nietrudno dostać, to informację na temat jego wykorzystania jako cieczy chłodzącej zdobyć trudno. Dzwoniliśmy do kilku fachowców, ale niewiele mogli powiedzieć na ten temat. Ponadto jeśli mała piła ze zbiornikiem na płyn chłodzący poniżej litra zapali się, to można uciec lub przykryć piłę i zdusić ogień. Z drugiej strony duża piła w Montana Meteorite Laboratory znajduje się w specjalnym budynku, a jej zbiornik na płyn chłodzący mieści ponad 20 litrów.

Zag, podobnie jak większość meteorytów kamiennych, stawia niewielki opór tnącemu ostrzu. Poza ryzykiem pożaru czy wybuchu cięcie Zaga nie sprawia problemów. Niestety na tym nie koniec kłopotów. Aby zachować kryształy soli, płytki muszą być polerowane na sucho, bez użycia smarów. Nie jest to problem dla meteorytu czy maszyny, ale dla osoby zajmującej się polerowaniem. Pył unoszący się nad płytką podczas polerowania na sucho zawiera nikiel i jest trujący, gdy go wdychać.

Bez względu na nieporozumienia, tajemnice i niebezpieczeństwa Zag jest bardzo pożądanym kawałkiem układanki Układu Słonecznego. Podobnie jak w przypadku Allende może go wystarczyć dla każdego.



Zag — pole widzenia ma 2 cm. Fot. Martin Horejsi.

Murchison CM2

– trzydzieści lat pobytu na Ziemi

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Mieszkańcy Murchison w stanie Wiktorja w Australii długo będą pamiętać dzień 28 września 1969 roku. Był niedzielny poranek, krótko przed godziną 11:00 i wiele osób szło właśnie do kościoła, gdy na bezchmurnym, błękitnym niebie pojawił się bolid, któremu towarzyszyły detonacje i „syczenie” zwiastujące przybycie drugiego w owym roku chondrytu węglistego. (Pierwszym był deszcz w Allende 8 lutego 1969 roku.) Czarne jak sadza kamienie spadły na obszar liczący ponad 5 mil kwadratowych, obejmujący miasto i przylegające tereny. Ludzie znajdowali meteoryty na trawnikach przed domami, na ulicach i na dachach domów. Doprawdy meteoryty z niebios.

Oprócz samych meteorytów ludzie zauważyli charakterystyczną woń alkoholu w mieście bezpośrednio po spadku, a meteoryty szczelnie zamknięte w słoikach zachowały ten zapach jeszcze przez wiele lat. Meteoryty Murchison zebrano tak szybko i były tak świeże, że nawet bardzo lotne pierwiastki nie zdążyły się jeszcze ulotnić. Można było umieścić próbkę w zamkniętej kolbie, ogrzać ją i wydobyć wodę i lotne związki organiczne przyniesione na Ziemię z kosmosu. Ze wszystkich chondrytów węglistych chondryty CM2 spadają najczęściej i stanowią ponad połowę wszystkich znanych chondrytów węglistych. Przeznaczeniem tego meteorytu, dzięki jego obfitości, a szczególnie ponieważ był świeży i stosunkowo mało zanieczyszczony, było dodanie nowego rozdziału do nauki o meteorytach.

Ogółem znaleziono ponad 700 kamieni o łącznej wadze około 100 kg, przy czym największy ważył ponad 7 kg. Większość stanowiły rozłupane fragmenty świadczące o kruchości meteorytów CM2. To, z czego Mur-

chison się składał, okazało się żyzną glebą. Okazy znalezione po kilku latach rzeczywiście miały korzenie wrastające w drobne szczeliny (ziemskich roślin oczywiście). Skorupa i wnętrze miały niemal identyczną barwę i wyglądały jak brykiety węgla drzewnego, przy czym skorupa była bardziej gładka niż podzielone na okruchy wnętrze. Kilka okazów przetrwało spadanie w całości i prezentowało uderzające struktury płynięcia rozchodzące się promieniście od spłaszczonego apeksu. Podobnie jak wszystkie chondryty CM2 Murchison ma znacznie mniejszą gęstość niż chondryty zwyczajne. Jego gęstość wynosi około 2,4 g/cm³.

Ciekawe, że zanim statek kosmiczny NEAR przeleciał blisko planetoidy 253 Mathilde, podejrzewano, że składa się ona z materii chondrytów węglistych (1995) i spektroskopowe badania minerałów powierzchni pokazały, że tak jest w istocie. Sądzone, że może to być CM2, ale okazało się, że ma ona gęstość zaledwie 1,3 g/cm³, o połowę mniejszą niż się spodziewano i bliższą chondrytom CI. Chondryty CI są dość rzadkie (znanych jest tylko 5), więc raczej przypuszcza się, że

Mathilde ma dużą porowatość, ponad 25%, i że może być stertą gruzu CM2.

Większość z nas zjadła zęby na chondrytach węglistych CV3 (Allende lub Axtell) i oczekuje na pokazanie podobieństw między CM2 i CV3. Dla większości kolekcjonerów Murchison jest typowym przykładem chondrytu CM2, ponieważ ciągle jest najłatwiej dostępny. Opiszę więc charakterystyczne cechy Murchisona pamiętając, że inne chondryty CM2 są podobne, choć występują też pewne różnice.

Gdy spojrzymy po raz pierwszy na płytkę cienką Murchisona, uderza jej czerń i anemiczne rozmieszczenie interesujących tworów. Teksturalnie podobieństwa między Allende i Murchison kończą się na skorupie obtopieniowej. Do faz wysokotemperaturowych należą chondry i ich fragmenty, agregaty kryształów i pojedyncze kryształy. Wagowo stanowią one około 50% meteorytu. Z faz wysokotemperaturowych chondry są stosunkowo podrzędnym składnikiem, stanowiąc objętościowo zaledwie 2%. Jest to wyraźnie widoczne już przy pobieżnym obejrzeniu płytki cienkiej Mur-



Cały i rozłupany Murchison CM2. Z drugiego wydania „Rocks from Space”.

chisona. Większość chondr jest mała, przeciętnie ich średnice są mniejsze niż 0,5 mm. Najmniejsze, o średnicach około 0,1 mm są niemal idealnie kuliste o granularnej teksturze i składają się z bardzo małych kryształów oliwinu i piroksenu. Największe chondry mają zwykle nieregularne kształty. Nie mają one obwódek i składają się ze stosunkowo dużych euhedralnych i subhedralnych kryształów oliwinu. Klasyczne tekstury chondr, jakie przywykliśmy oglądać w chondrytach zwyczajnych (pasiaste oliwinowe, promieniste piroksenowe, porfirowe oliwinowo-piroksenowe itd.), występują rzadko lub wcale. Najczęściej widoczne są fragmenty chondr i pojedyncze kryształy oliwinu, niektóre tak duże, jak wiele chondr. Pojedyncze kryształy oliwinu stanowią nawet 20% objętościowo i więcej. Liczne są także, mające nieregularne kształty, luźne agregaty bardzo małych kryształów oliwinu o składzie forsterytowym, osadzonych w szklawie. Stanowią one aż 18% objętościowo. Ziarna metalicznego żelaza są często widoczne w chondrach i agregatach. Małe ilości bardzo wysokotemperaturowych CAI występują w agregatach. Te minerały oczywiście mają główne znaczenie w przypadku chondrytów CV3, ale w Murchison są tylko podrzednym składnikiem.

Ciasto skalne jest nieprzezroczyste i czarne, stanowiące około 48% meteorytu objętościowo. Jego mineralogia jest bardzo podobna do chondrytów CI, ale z mniejszą zawartością magnetytu (około 8 mg/g ciasta skalnego). Głównym składnikiem są krzemiany warstwowe. W warunkach ziemskich jest to typ krzemianów o strukturze blaszkowej. Ich struktury kryształów układają się w płaskie warstwy, wzdłuż których występuje doskonała łupliwość (doskonałym ziemskim przykładem są miki). Większość jest uwodniona lub zawiera grupę wodorotlenową związaną w strukturze krystalicznej. Najczęściej występującymi krzemianami warstwowymi w chondrytach CM2 są serpentyny. W ziemskich przykładach serpentyny są krzemianami magnezu powiązanymi z jonem OH; w chondrytach CM2 są one raczej bogate w żelazo. Te minerały są prawdopodobnie produktami przeobrażeń piroksenów i oliwinów pod działaniem wody. Ogólnie mete-

oryty CM2 zawierają 4 – 18% wody wagowo, mniej więcej połowę tego, co chondryty CI.

Chyba najbardziej wzbudzającą zaniepokojenie cechą chondrytów CM2 w ogóle, a Murchisona w szczególności, jest obecność związków organicznych. Mówiąc „organiczne”, nie mam na myśli związków węgla wytworzonych przez organizmy żywe. Był to rzeczywiście szczęśliwy przypadek, że Murchison spadł zaledwie dwa miesiące po pierwszym lądowaniu na Księżycu. Laboratorium NASA w Houston było przygotowane do dokładnego badania skał księżycowych, a Murchison był najbardziej pierwotną materią pozaziemską, która mogła przetestować ich procedury analityczne włącznie z poszukiwaniem materii organicznej. Niemal natychmiast (1970 rok) odkryto nielotne węglowodory alifatyczne (nasycone i nienasycone węglowodory o otwartych, długich łańcuchach). Po nich w ciągu następnych pięciu lat odkryto całą chmurę innych związków organicznych. Wśród nich były węglowodory aromatyczne, kwasy karboksylowe, kwasy bikarboksylowe i hydroksykarboksylowe, heterocykliczne związki azotu i alifatyczne aminy i amidy. Szczególnie interesujące było odkrycie, że poszczególne aminokwasy o identycznym składzie chemicznym i strukturze są optycznie racemiczne, to znaczy są izomerami optycznymi, czyli różnią się tylko kierunkiem, w jakim skręcają spolaryzowane światło. W Murchison były jednakowe ilości lewoskrętnych i prawo-

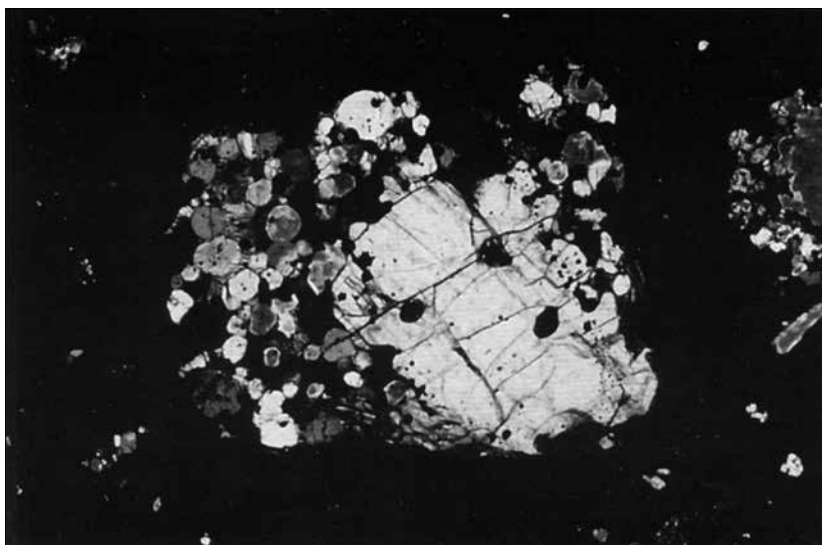
skrętnych form optycznych. Ponieważ życie rozwinęło się na Ziemi z przewagą form lewoskrętnych, znalezienie jednakowych ilości aminokwasów lewo- i prawoskrętnych wyraźnie wskazuje na ich pozaziemskie pochodzenie. W Murchison zidentyfikowano ponad 79 aminokwasów. Osiem z nich uczestniczy w syntezie białek w ziemskich formach życia. Dalsze jedenaście także jest na Ziemi pochodzenia biologicznego, chociaż są mniej rozpowszechnione. Z cząsteczkowego węgla znalezione w Murchison około 70% występuje w postaci nierozpuszczalnej materii, której nie zidentyfikowano w pełni. Pozostałe 30% znajduje się w rozpuszczalnych związkach organicznych, z których 30% to aminokwasy. Tak więc zawartość aminokwasów w Murchison wynosi około 60 ppm. Chociaż żaden z tych związków nie jest uważany za wynik procesów życia w kosmosie, pokazują one, że złożone cząsteczki organiczne mogą i istotnie tworzą się poza środowiskiem ziemskim. Jest to chyba najważniejsza wiadomość, jaką przekazuje nam Murchison.

Literatura:

Zolensky M., McSween Jr. H. Y., *Aqueous Alteration, Meteorites and the Early Solar System*, 1988, University of Arizona Press, Tucson.

Cronin J. R., Pizzarello S., Cruikshank D. P., *Organic Matter in Carbonaceous Chondrites, Meteorites and the Early Solar System*, 1988, University of Arizona Press, Tucson.

MT



Duże ziarno ortopiroksenowe wśród mniejszych ziaren piroksenu. Czarne, eliptyczne ziarna w dużym kryształcie to metaliczne żelazo. Szerokość pola widzenia 2,1 mm. Fot. dr Tom Toffoli.

Węgiel w chondrycie węglistym Murchison CM2

Gregory T. Shanos

tłum. Magdalena Pilska-Piotrowska

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Spadek meteorytu Murchison 28 września 1969 roku w stanie Wiktoria, w Australii jest prawdopodobnie jednym z najbardziej niezwykłych przypadków w historii nauki. Ten pojedynczy meteoryt zrewolucjonizował naszą wiedzę począwszy od formowania się Układu Słonecznego do początków życia na Ziemi. Informacja ta jest zawarta w pojedynczym pierwiastku zwanym węgiel!

Węgiel w chondrycie węglistym Murchison CM2 występuje w kilku formach: od atomowej do organicznej. Atomowy węgiel występuje jako grafit lub diament. Węgiel organiczny nie oznacza tu „żyjący”, a jedynie chemicznie związany z wodorem, azotem i tlenem. Węgiel może też wiązać się z innymi pierwiastkami, jak krzem, tworząc węglík krzemu SiC.

Węgiel jako grafit, diament i węglík krzemu ma postać mikrometrycznych rozmiarów mineralnych ziaren, które istniały w kosmosie przed uformowaniem się naszego Słońca i Układu Słonecznego. Te przedśłoneczne międzygwiazdne ziarna dostarczają cennych informacji odnośnie cykli życia gwiazd.

Pierwszy ślad, że międzygwiazdna materia może występować w mete-

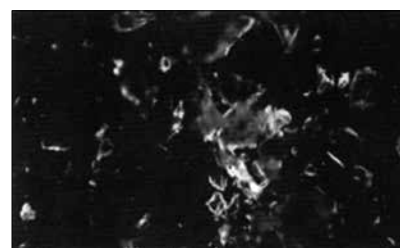
orytach, pochodzi z 1964, kiedy odkryto nietypowy izotop ksenonu. Izotop ten nazwano Xe-HL, co oznacza ksenon wzbogacony zarówno w najcięższe, jak i najlżejsze izotopy. Ten egzotyczny skład ksenonu był tak różny od mierzonego dotąd poza Ziemią, że badacze uwierzyli, iż musi on pochodzić spoza Układu Słonecznego. Upłynęło dwadzieścia lat, zanim Anders z kolegami zdołał wyodrębnić mineralny nośnik Xe-HL poprzez kolejne rozpuszczanie w silnych kwasach. Otrzymanym minerałem okazał się węgiel w postaci diamentu! Tena-nodiamenty mają blisko 25 angstrémów długości i do oglądania wymagają mikroskopu elektronowego (zob. Fot. 2). Diamenty są najliczniejszymi międzygwiazdnymi ziarnami w chondrytach węglistych, stanowiąc blisko 1000 cząstek na milion. Te nanodiamenty kondensowały, gdy bogate w węgiel warstwy zewnętrzne czerwonych olbrzymów zostały wyekspediowane w kosmos i następnie ostudzone. Egzotyczny Xe-HL powstał podczas wybuchu supernowej, który wyrzucił izotop do diamentowego gwiazdowego pyłu. Ostatecznie te wszczepione ziarna zawierające pozostałości supernowej zostały porwane daleko do przestrzeni międzygwiazdnej, gdzie następnie zostały pochwycone przez kondensujące planetozymale i ostatecznie wylądowały na Ziemi jako meteoryty.

Dodatkowo, poza diamentowym gwiazdowym pyłem, w chondrycie węglistym Murchison CM2 odkryto inne typy międzygwiazdnych ziaren. Należą do nich grafit, węglík krzemu, tlenek glinu i azotek krzemu. Wiele innych egzotycznych izotopów zostało wyizolowanych z tych międzygwiazdnych ziaren prawdy. Odsyłam zainteresowanych czytelników do wspomnianego przeglądowego artykułu Andersa i Zinnera, 1993 *Meteoritics* vol. 128 s.490-514, po więcej informacji na ten temat.

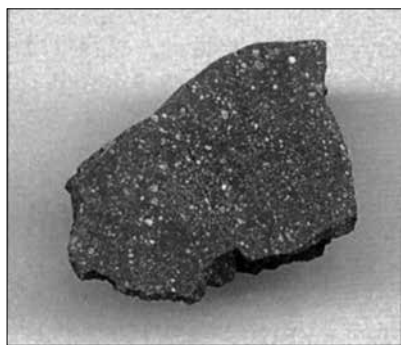
Meteoryt Murchison jest także

bardzo bogaty w składniki organiczne w porównaniu z Allende. Częściowo powoduje to, zawierające krzemiany warstwowe, ciasto skalne chondrytu węglistego CM2. Ciasto skalne meteorytu Murchison stanowi dowód kontaktu z ciekłą wodą. Woda jest niezbędnym składnikiem w powstawaniu tych substancji organicznych.

Organiczne formy występowania węgla w meteorycie Murchison posiadają daleko sięgające znaczenie dla początków życia na Ziemi. W ciągu ostatnich trzydziestu lat wyizolowano z tego meteorytu wiele biologicznie ważnych cząsteczek. Kilka klas związków, w tym kwasy tłuszczowe, aminokwasy i nukleotydy, to wyjściowe cząsteczki do budowy błon komórkowych, białek i DNA. Wszystkie te cząstki w jednym wspianym meteorycie!



Fot 2. Międzygwiazdne diamenty. Te nanodiamenty zawierają szereg egzotycznych, międzygwiazdnych izotopów włącznie z Xe-HL. Udostępnił Harry McSween, Jr. z „Meteorites and Their Parent Planets”, drugie wydanie, Cambridge University Press, 1999.



Fot 1. Meteoryt Murchison. Ten okaz znajduje się w prywatnych zbiorach autora. Waga 20 g pięćka w kształcie klina ma wymiary 33×29×14. Widoczne są chondry, wrostki wapniowo-glinowe i czarne ciasto skalne z krzemianów warstwowych. Węgiel we wszelkich, najróżniejszych postaciach znajduje się w cieście skalnym tego meteorytu.

W 1985 roku Deamer udowodnił, że proste kwasy tłuszczowe wyizolowane z chondrytu węglistego Murchison były zdolne do utworzenia błony w odpowiednich warunkach. Kwasy tłuszczowe są węglowodorami zawierającymi końcową, kwasową grupę karboksylową (czyli $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$). Część węglowodorowa jest niepolarna i lipofilna (lubiąca tłuszcz), podczas gdy kwasowa grupa karboksylowa (-OOH) jest polarna i hydrofitywa (lubiąca wodę). W alkalicznym środowisku wodnym grupa karboksylowa ulega jonizacji i kwasy tłuszczowe mogą

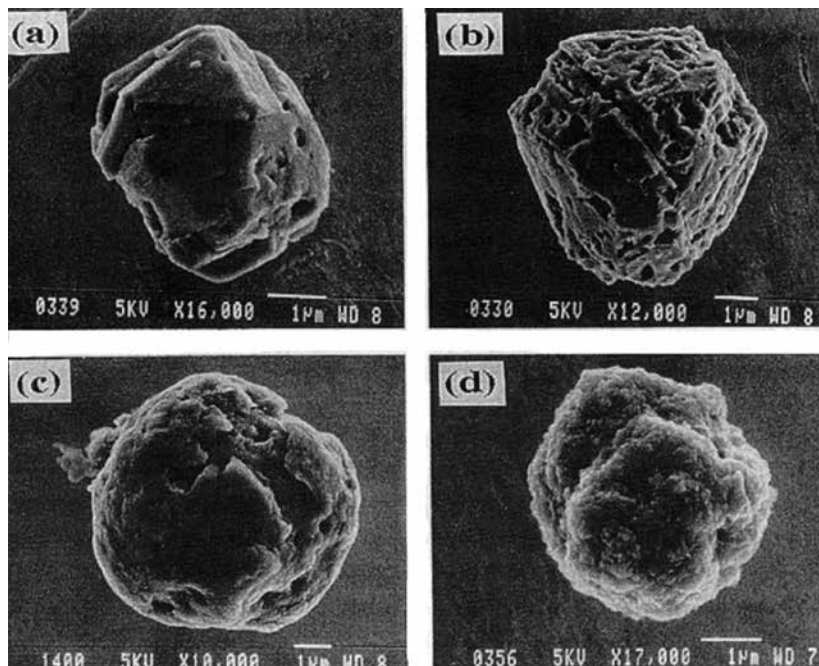
samodzielnie połączyć się i zamknąć, formując coś w rodzaju błony (zob. Fot. 4). Chondryt węglisty Murchison jest bogaty w kwasy tłuszczowe. Przegląd literatury pokazuje, że Murchison zawiera ponad 100 związków o charakterze karboksylowych kwasów tłuszczowych.

Deamer odnotował dwa typy struktur wiązania; j jedna występowała w formie lepkich płynnych kropelek w alkalicznym pH, podczas gdy druga stała struktura powstawała w warunkach neutralnych lub kwasowych. Druga struktura wiązania przypominała rzeczywistą błonę zawierającą pęcherzyki w środowisku zasadowym. Pęcherzyki posiadały otwartą wewnętrzną przestrzeń, w której mniejsze cząstki wykazywały ruchy Browna.

Równolegle przeprowadzono eksperymenty z meteorytem Allende, aby stwierdzić, czy struktury wiązań będą powstawać również w tych warunkach. Ekstrakt z meteorytu Allende CV3 tworzył tylko cienką błonkę na szkiełku mikroskopowym. Błonna ta nie reagowała na roztwór zasadowy i nie wytwarzała błony przypominającej komórkową.

Znaczenie tych struktur błonowych polega na zdolności otaczania innych cząstek i tworzenia czegoś w rodzaju prymitywnej „komórki”. Takie tworzenie kapsułek powodowało powstawanie mikrośrodowiska, w którym mogły zachodzić reakcje molekularne, prowadzące ostatecznie do powielenia tej prostej struktury.

Dowodem na pozaziemskie powstanie aminokwasów w meteorycie Murchison jest bogactwo pewnych



Fot. 3. Zdjęcia z mikroskopu elektronowego międzygwiazdowego SiC (a, b) i grafitu (c, d) wyizolowanego z meteorytu Murchison. Pasek skali = 1 mikrometr. Z Anders i Zinner, *Meteoritics* 1993 vol. 28 s. 493.

izotopów wodoru, węgla i azotu, mianowicie ^2H , ^{13}C i ^{15}N . Ponadto zidentyfikowano ponad 79 aminokwasów, z których większość nie występuje w biosferze.

Aminokwasy są cegiełkami, z których zbudowane są białka żywych organizmów.

Aminokwasy zwykle zawierają centralny węgiel alfa, z którym związane są cztery grupy lub reszty. Wszystkie aminokwasy zawierają grupę aminową ($-\text{NH}_2$), która jest słabą zasadą, grupę karboksylową ($-\text{COOH}$), która jest słabym kwasem i obojętny atom wodoru. Inne reszty, R, odchodzące od centralnego węgla, określają dany aminokwas. Ponieważ od centralnego

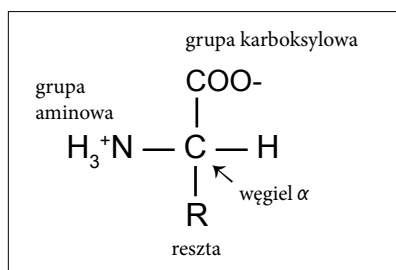
węgla odchodzą cztery różne grupy chemiczne, aminokwasy wykazują pewne właściwości zwane chiralnością lub skrętnością. (Zauważmy: glicyna jest jedynym aminokwasem, który tych własności nie posiada, ponieważ czwartą grupą chemiczną jest drugi atom wodoru). Wersja prawoskrętna zwana jest (D), a lewoskrętna (L) (zob. Rys. 2). Wszystkie żywe organizmy występujące na Ziemi wykorzystują L-aminokwasy do syntezy białek.

Wierzono, że synteza Streckera jest mechanizmem formowania się aminokwasów. Synteza Streckera produkuje aminokwasy z wyjściowych cząsteczek, takich jak cyjanek wodoru (HCN), amoniak (NH_3) i związki karbonylowe (RHC=O), przy czym woda i ily z minerałów warstwowych występują odpowiednio w roli rozpuszczalnika i matrix. Jednakże w wyniku tej syntezy powstaje mieszanina racemiczna lub równoważna obu form L i D.

Odkrycie przez Cronina i Pizzarello, w 1997 roku, nadmiaru L-enancjomerów stawia syntezę Streckera pod znakiem zapytania. Obecnie uważa się, że mechanizm powstania nadmiaru L-aminokwasów polega na wpływie kołowo spolaryzowanego światła podczas pozaziemskiej syntezy tych związków. Bailey w 1998 roku wykrył ten rodzaj światła w mgławicy w Orionie. Potwierdza to obecność kołowo spolaryzowanego światła w gazowo-pyłowych

TABELA 1: Charakterystyka znalezionych w meteorytach ziaren starszych od Układu Słonecznego.

TYP	ROZMIAR	KONCENTRACJA	POCHODZENIE
Węgiel (C) jako diament	1–5 nm	1000 cząstek na milion	supernowe
Węglik krzemu (SiC)	0,1–10 μm	10 cząstek na milion	olbrzymy bogate w węgiel lub supernowe
Węgiel (C) jako grafit	1–10 μm	2 cząstki na milion	— // —
Tlenki glinu (Al_2O_3)	1 μm	0,1 cząstki na milion	olbrzymy bogate w tlen
Spinel (MgAl_2O_4)	1 μm	2 cząstki na milion	— // —
Azotki krzemu (Si_3N_4)	1 μm	2 cząstki na milion	supernowe



Rys. 1. Struktura aminokwasu. Ze strony internetowej: <http://catlserver.tamu.edu/nutr/203/LectureOutlines/protein.html>

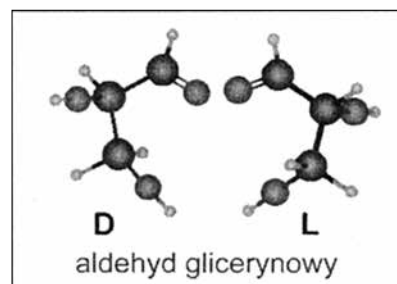
regionach formowania się gwiazd. Istnienie organicznych cząsteczek, zwłaszcza poliaromatycznych węglowodorów, czyli PAH, zostało potwierdzone zarówno w molekularnych obłokach, jak i w cząsteczkach międzygwiazdowego pyłu. Zatem, pierwiastek węgiel okazuje się wszechobecny we wszechświecie.

Tak więc „zamknięty system” z chondrytu węglistego mógł zawierać wewnątrz inne wyjściowe cząsteczki, takie jak aminokwasy, będące cegiełkami do budowy białek. Następnie ten system wymagałby środka

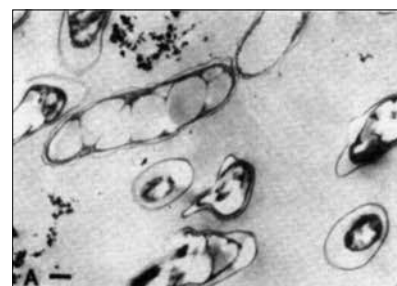
do replikacji. Meteoryt Murchison zawiera także wszystkie pięć cząsteczek budujących kwasy nukleinowe, niezbędnych do replikacji, zwanych adenina, guanina, cytozyna, tymina i uracyl. Cząsteczki te znajdują się w RNA i DNA wszystkich żywych organizmów. Zauważmy, że są to jedynie chemikalia potrzebne wszystkim żywym organizmom — cząsteczki te same w sobie nie stanowią życia.

Chondryt węglisty Murchison CM2 jest prawdziwie jednym z najwspanialszych meteorytów znanych nauce. Trzydzieści lat po jego przybyciu meteoryt ten wciąż zdumiewa społeczność naukową nowymi i ekscytującymi odkryciami, od międzygwiazdnych do początków życia na Ziemi.

Uwaga: Do czasu pisania tego artykułu, trzecia postać węgla, czyli Jullereny, nie została jeszcze wykryta w meteorycie Murchison.



Rys. 2. Aminokwasy D i L. D jest postacią prawoskrętną, a L — lewoskrętną. Ze strony internetowej: <http://www-bioLpaisley.ac.uk/courses/StFunMac/glossary/amino.html>



Fot 4. Ograniczające struktury utworzone z kwasów tłuszczowych w środowisku zasadowym, wyizolowane z chondrytu węglistego Murchison CM2. Udostępnił D. W. Deamer, *Origins of Life*, 1989 vol 19 s. 33. Zob. także Deamer, *Nature*, 1985 vol 317, s. 792-794.

Aminokwasy wykryte w chondrycie węglistym Murchison (CM2)

2 atomy węgla:

glicyna

3 atomy węgla:

alanina

β -alanina

seryna

sarkozyna

4 atomy węgla:

treonina

kwas α -aminomasłowy

kwas β -aminomasłowy

kwas γ -aminomasłowy

kwas α -aminoizomasłowy

kwas β -aminoizomasłowy

N-etyloglicyna

N,N-dimetyloglicyna

N-metyloalanina

N-metylo- β -alanina

5 atomów węgla:

walina

izowalina

norwalina

prolina

metionina

kwas 3-amino-2-etylopropanowy

kwas 3-amino-2,2-dimetylopropanowy

kwas 3-amino-2-metylobutanowy

kwas 3-amino-3-metylobutanowy

kwas 4-amino-2-metylobutanowy

kwas 4-amino-3-metylobutanowy

kwas allo-3-amino-2-metylobutanowy

kwas 3-aminopentanowy

kwas 4-aminopentanowy

kwas 5-aminopentanowy

4 atomy węgla:

kwas asparaginowy

5 atomów węgla:

kwas glutaminowy

kwas 2-metyloasparaginowy

kwas 3-metyloasparaginowy

kwas allo-3-metyloasparaginowy

kwas N-metyloasparaginowy

6 atomów węgla:

kwas α -aminoadypinowy

kwas 2-metyloglutaminowy

7 atomów węgla:

kwas α -aminopimelinowy

6 atomów węgla:

leucyna

izoleucyna

alloizoleucyna

norienecyna

pseudoleucyna

cykloleucyna

2-metylo-norwalina

kwas pipekolinowy

kwas 2-amino-2-etylobutanowy

kwas 3-amino-2-etylobutanowy*

kwas 2-amino-2,3-dimetylobutanowy

kwas 3-amino-2,3-dimetylobutanowy*

kwas 4-amino-3,3-dimetylobutanowy*

kwas 3-amino-3-metylopentanowy*

kwas 4-amino-2-metylopentanowy*

kwas 4-amino-3-metylopentanowy*

kwas 4-amino-4-metylopentanowy*

kwas 3-metyloamino-pentanowy*

kwas 4-aminoheksanowy*

7 atomów węgla:

kwas 2-amino-2,3,3-trimetylobutanowy

kwas 2-amino-2-etylo-3-metylobutanowy

kwas 2-amino-2-etylopentanowy

kwas 2-amino-3-etylopentanowy

kwas 2-amino-2,3-dimetylopentanowy

kwas 2-amino-2,4-dimetylopentanowy

kwas 2-amino-3,3-dimetylopentanowy

kwas 2-amino-3,4-dimetylopentanowy

kwas 2-amino-4,4-dimetylopentanowy

kwas allo-2-amino-2,3-dimetylopentanowy*

kwas allo-2-amino-3,4-dimetylopentanowy

kwas 2-amino-2-metyloheksanowy

kwas 2-amino-3-metyloheksanowy

kwas 2-amino-4-metyloheksanowy

kwas 2-amino-5-metyloheksanowy

kwas allo-2-amino-3-metyloheksanowy*

kwas allo-2-amino-4-metyloheksanowy*

kwas 2-aminoheptanowy

8 atomów węgla:

aminokwas alkanowy*

9 atomów węgla:

feniloalanina

9 atomów węgla:

tyrozyna

tyrozyna

Uwaga: gwiazdka () po nazwie aminokwasu wskazuje, że jego identyfikacja jest dyskusyjna.*

Wkład niesfornej psiny do meteorytyki – opowieść prawdziwa

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Trzeciego stycznia 1970 roku bolid rozświetlił niebo, rzucając poruszające się cienie, gdy meteoroid z hałasem przedzierał się przez atmosferę, zmierzając ku swemu pierwszemu ziemskiemu miejscu spoczynku. Mógłby zginać na słabo zaludnionych pustkowiach Oklahomy, gdyby krótkotrwałego świecenia tego kamienia — kamikaze nie uchwyciły kamery sieci preriowej (Prairie Network) założonej w 1965 roku przez Smithsonian Astrophysical Observatory. Meteoroid rozpadł się na cztery kawałki, z których wszystkie spadły na prywatne farmy hrabstwa Cherokee, niedaleko Lost City w stanie Oklahoma.

Zarządzający siecią preriową Gunther Schwartz wyruszył 5 stycznia do

Oklahomy ze swej bazy w Lincoln, w stanie Nebraska. Jego podróż opóźniał śnieg i lód na drogach, tak że do wschodniej granicy Oklahomy dotarł dopiero 7 stycznia. Podczas jego 450 milowej podróży film ze słynnym zdjęciem bolidu Lost City został wywołany, zrobiono pomiary i obliczenia i przekazano je Schwartzowi. Poszukiwanie meteorytu się rozpoczęło. Pola i drogi hrabstwa pokrywało ponad 15 centymetrów świeżego śniegu, powodując dalsze dwa dni opóźnienia. W końcu 9 stycznia znalazł się we właściwym miejscu według najlepszych obliczeń i jechał lokalną drogą tuż obok Lost City, gdy jadący przed nim samochód nagle się zatrzymał. Drzwi z prawej strony otwo-

rzyły się i z samochodu wyskoczył pies zamierzający załatwić swój psi interes. Drogę i pola pokrywała gruba warstwa śniegu, ale pies wiedział, dokąd zmierza. Jak obserwował Schwartz, pies biegł prosto do podejrzanego, czarnego kamienia leżącego na środku drogi, dziwnie pozbawionego śnieżnej pokrywy.

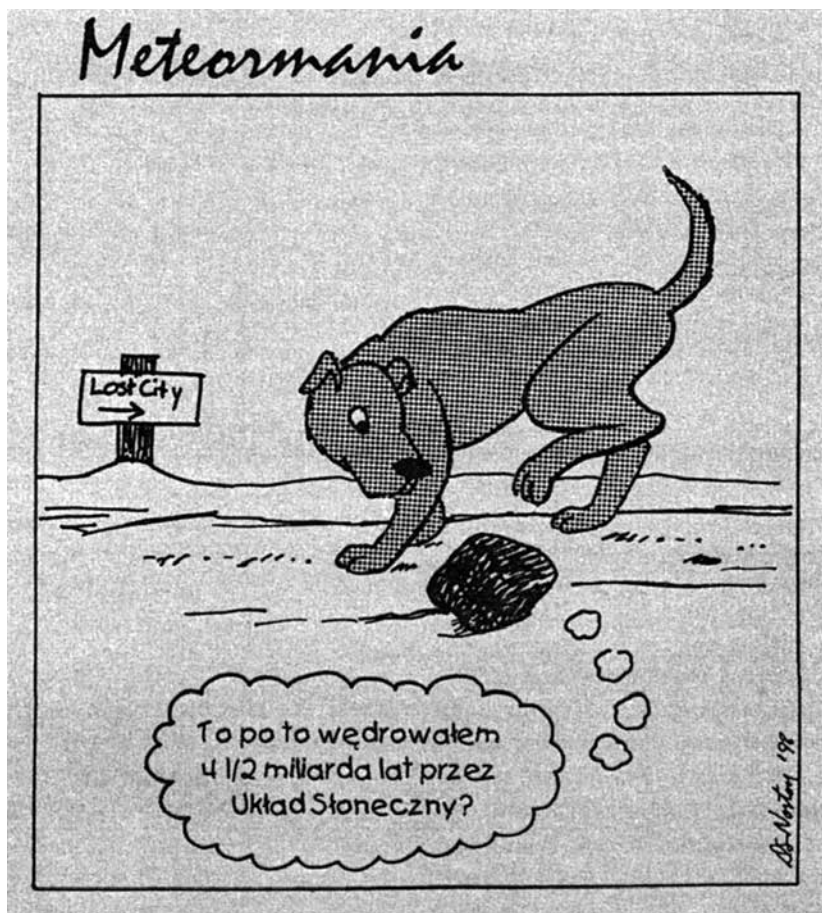
Psisko obwąchało kamień i wydając się zadowolonym z dokonanego wyboru ustawiło się, podniosło tylną nogę i — no wiecie, co psy robią w takim przypadku. Zadowolony pognał z powrotem do samochodu. Gdy samochód odjechał, Schwartz ogarnęło dziwne przeczucie. Podjechał do kamienia i obejrzał lśniąca, czarną bryłę. Nie miał najmniejszych wątpliwości. Był to okazały okaz (9,8 kg) słynnego dziś meteorytu Lost City, chyba pierwszego meteorytu, o którym wiemy, że został ochrzczony przez formę ziemskiego życia tak szybko po spadku.

W publikacji w numerze *Journal of Geophysical Research* z 10 czerwca 1971 roku dr Roy S. Ciarke Jr., wówczas nieetatowy kustosz meteorytów w National Museum of Natural History, krótko opisał odkrycie głównej masy w tak elegancki sposób, jak tylko naukowiec potrafi:

„...Przed rozpoczęciem badań okazów w laboratorium zrobiono dwa założenia dotyczące priorytetów naukowych. Są to (1) aerodynamiczne utwory zachowane na powierzchniach okazów Lost City są szczególnie ważne; (2) badanie materii organicznej w tym meteorycie nie jest obecnie zbyt interesujące. Istotnym czynnikiem przy wyciąganiu tego ostatniego wniosku było prawdopodobieństwo dodania przez psa ziemskiej substancji biologicznej do ważącego 9,8 kg okazu (McCrosky et al., 1971)...”

Ja mogę powiedzieć tylko, że chciałbym mieć psa z takim talentem do wywąchiwania meteorytów!

dwg



Wywiad z dr Paulem D. Lowmanem Jr

„Pochodzenie tektytów: różnica poglądów”

Louis Varricchio

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Dr Paul D. Lowman, geofizyk z Wydziału Geodynamiki NASA Goddard Spaceflight Center w Maryland w USA, od wielu lat analizuje tak zwany „spór o tektyty” — wciąż odżywającą dyskusję nad pochodzeniem tektytów. Dr Lowman uzyskał stopień bakalarza geologii na Uniwersytecie Rutgersa i doktora geologii na Uniwersytecie stanu Colorado. Zawodowo zajmuje się geologią, planetologią porównawczą, geologią Księżyca, analizą obserwacji powierzchni ciał ze statków kosmicznych, tektoniką i eksploracją Księżyca. Podczas swej czterdziestoletniej kariery pracował w NASA, U.S. Geological Survey oraz jako wykładowca na Uniwersytecie Kalifornijskim, Uniwersytecie stanu Maryland i U.S. Air Force Institute of Technology. Współpracował przy analizach próbek księżycowych z wypraw Apolla. Lowman uważa, że tektyty mogły powstać na Księżycu. Twierdzi, że „Problem tektytów jest obecnie po prostu nierozwiązywalny przy pomocy współczesnej wiedzy i metod badawczych.”

LV: Był Pan jednym z pierwszych geologów księżycowych NASA badających tektyty. Co sprawiło, że zajął się Pan tym zagadnieniem?

PL: Po raz pierwszy trafiłem do Centrum Goddarda w 1959 roku. Pracujący w NASA astronom John O’Keefe — orędownik teorii księżycowego pochodzenia tektytów — skierował mnie na praktykę do Roya Ciarke[^], do działu meteorytowego Smithsonian Institution. Moim zadaniem była zgrubna analiza tektytów. Było to bardzo nudne zajęcie. Między innymi musiałem skatalogować kolekcję tektytów z Filipin Otleya Beyera. Tak wyglądał mój pierwszy kontakt z tektytami.

LV: Jako geolog, co Pan widzi — makroskopowo i mikroskopowo — badając tektyt?

PL: Cóż, gdy patrzę na tektyt o kształcie rozbryzgowym, widzę mały szklany kamyk. Wygląda on na trawiony, skorodowany. Tego typu kamienie można znaleźć wszędzie tam, gdzie występuje szkliwo wulkaniczne — na przykład w Parku Narodowym Yellowstone w USA. Geolodzy pracujący na terenach wulkanicznych przeważnie widzieli obsydianowe kamyki, które mniej lub bardziej przypominają wyglądem tektyty. Tektyty wyglądają, jak szkliwo wulkaniczne. Gdy jednak zrobimy płytkę cienką tektytu, zobaczymy, że wygląda on zupełnie inaczej niż obsydian. W obsydianie jest pełno bardzo małych kryształków. Natomiast w większości tektytów trudno zobaczyć chociaż jeden kryształek. Patrząc na płytkę cienką tektytu, widzimy teksturę fluidalną; wygląda tak, jakby materia została bardzo dokładnie wymieszana.

LV: Jak wygląda skład chemiczny tektytów?

PL: Pod względem chemicznym wiele tektytów ma skład granitu; około 65% do 75% stanowi krzemionka (SiO₂), ale znamy tektyty o znacznie mniejszej zawartości krzemionki. Jest to mniej więcej skład chemiczny granitu. To właśnie jest najciekawszy moment. Gdyby tektyty spadły z nieba, byłyby wyjątkowymi meteorytami, ponieważ żaden znany meteoryt nie ma składu chemicznego granitu. Jednak pod względem chemicznym tektyty mają skład ziemskiej skały, mianowicie granitu, albo wulkanicznej skały podobnej do ryolitu. Są jednak przesłanki, że tektyty spadły z nieba, z dużej odległości od Ziemi. Jednak jako geolog muszę powiedzieć, że większość tektytów jest

szkliwem wulkanicznym o składzie granitu i nieznanym pochodzeniu.

LV: Co nadaje tektytom ich trawiony, czyli skorodowany, wygląd?

PL: W większości przypadków tektyty są pokryte dołkami lub małymi „wyjedzonymi przez robaki” rowkami o głębokości może milimetra. Można znaleźć przykłady tego trawienia na okazach ziemskiego obsydianu. Tektyt, podobnie jak obsydian, jest szkłem; jest metastabilną cieczą, w zasadzie cieczą przechłodzoną... Często można zauważyć, że zasady lub kwasy w glebie powodują korozję obsydianu. Jest to więc najczęstsze wytłumaczenie trawienia tektytów. Sądzę, że jest to najbardziej prawidłowa interpretacja, ale są także inne. Część wytrawienia tektytów mogła być spowodowana przez ablację, gdy kamyki przelatwały przez atmosferę z prędkością kilku kilometrów na sekundę. Nie zgadzam się z tą koncepcją. Przede wszystkim dlatego, że w planetarnym laboratorium w Centrum Goddarda NASA przeprowadziliśmy małe doświadczenie z tektytem. Przeciąłem tektyt na pół piłą diamentową i kazałem studentowi umieścić jedną połówkę w kąpeli parowej z silnie żrącą zasadą. Gotowaliśmy go przez kilka tygodni i zaczęło pojawiać się to, co widać na normalnych tektytach. Widać więc, że można wytrawić tektyt, stosując normalne metody chemiczne.

LV: Jest Pan jednym z niewielu cenionych naukowców badających Księżyc, który uważa, że tektyty pochodzą z Księżyca. Jakie powody skłaniają Pana do popierania hipotezy księżycowego pochodzenia tektytów, gdy tak wielu ekspertów ją odrzuca?

PL: Pozwoli Pan, że zacznę od stwierdzenia, że według najbar-

dziej populamej dziś teorii tektyty są „rozbryzgami” z uderzeń w Ziemię wielkich komet lub meteorytów. Teoria ta twierdzi, że w geologicznej przeszłości te uderzenia wytworzyły ogromne kratery i stopiły skały i glebę. Dziś odnajdujemy te stopione (ziemskie) skały i glebę w postaci zakrzepłych kropeł szkła — tektytów. Druga teoria utrzymuje, że tektyty pochodzą z Księżyca. Sądzę, że wciąż istnieją wystarczające powody, by uważać, że tektyty mogą pochodzić z Księżyca. Według pierwotnej koncepcji Johna O’Keefe z NASA (i innych jak H. H. Nininger) tektyty były wyrzucone z Księżyca przez uderzenie. Weszły one w atmosferę pod małym kątem, a następnie uległy ablacji — stopione w wyniku tarcia z ziemską atmosferą — w taki sam sposób, jak osłony termiczne statków Mercury, Gemini i Apollo uległy ablacji podczas powrotu na Ziemię. Według koncepcji O’Keefe’go z lat pięćdziesiątych i początku sześćdziesiątych tektyty były materią księżycową, która została wyrzucona z powierzchni podczas zderzenia i w końcu spadła na Ziemię. Od tego czasu zmodyfikował on nieco swą teorię, ale zanim wejdziemy w szczegóły chciałbym zauważyć, że O’Keefe miał rację, jeśli chodzi o materię wyrzucaną z Księżyca... i spadającą na Ziemię. Wiemy o tym, ponieważ ponad tuzin księżycowych meteorytów znaleziono na lodach Antarktydy (wiadomo, że meteoryty te pochodzą z Księżyca dzięki ich podobieństwu do próbek ze statków Luna i Apollo). Oczywiście, że meteoryty te nie

są tektytami i nie są podobne do tektytów także pod względem składu chemicznego — są to typowe skały księżycowe — ale O’Keefe miał rację, jeśli chodzi o materię wyrzucaną z Księżyca i docierającą do Ziemi.

LV: Co może Pan powiedzieć o kontrowersyjnej teorii O’Keefe’go, że tektyty są księżycowym szkliwem wulkanicznym?

PL: W ostatnich latach O’Keefe raczej porzucił koncepcję uderzeń w Księżyc, chociaż wciąż uważa, że tektyty pochodzą z Księżyca; wyrzucane zamiast tego jako szkliwo wulkaniczne z wulkanów księżycowych. Niewielu naukowców akceptuje tę teorię, ponieważ większość kraterów na Księżycu jest strukturami uderzeniowymi, ale z drugiej strony naziemne obserwacje chwilowych zjawisk na Księżycu sugerują, że występują tam erupcje wulkaniczne. Jednym z prawdopodobnych obszarów wulkanicznych jest krater Ary stach i jest wiele innych oczywistych utworów księżycowych pochodzenia wulkanicznego. Na Księżycu jest mnóstwo magmowej, wulkanicznej materii, ponieważ morza są pokrywami lawy. Wreszcie z danych sejsmicznych Apolla wiemy obecnie, że głębokie wnętrze Księżyca jest częściowo stopione. Tak więc w zasadzie nie ma powodu, dla którego na Księżycu nie mogłoby być erupcji wyrzucających szkliwo wulkaniczne, które dociera do Ziemi i spada jako tektyty.

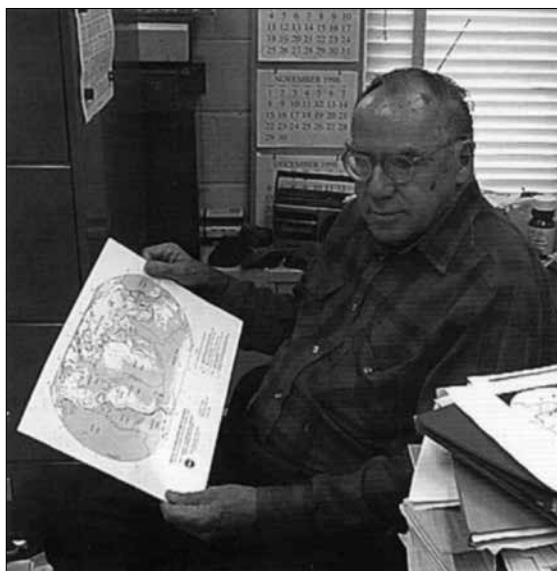
LV: Co może Pan powiedzieć o geochemicznych tendencjach, na które wskazują inni sugerując, że tektyty mają pochodzenie ziemskie i osadowe?

PL: Według mnie fizyka i aerodynamika tektytów wskazuje, że nie utworzyły się one na Ziemi. Aby mogły one powstać na Ziemi podczas zderzenia, musiałyby zostać wyrzucone z powierzchni, spędzić dostatecznie dużo czasu w przestrzeni, aby zakrzepnąć, przebyć długą drogę w kosmosie — jakieś 80000 km lub więcej — po czym spaść z prędkością

ucieczki (11 km/s), aby powstały kołnierze obserwowane na niektórych australijskich tektytach. Nie wyobrażam sobie, jak można to uzyskać w przypadku uderzenia w Ziemię. Sądzę, że w wyniku uderzeń w Ziemię musieliśmy znajdować tektyty wszędzie na Ziemi. Znajdujemy je jednak tylko na dość ograniczonych obszarach. Jest to bardzo skrócone przedstawienie mojego przekonania, że tektyty pochodzą z Księżyca i zarazem podsumowanie znakomitej pracy badawczej na temat tektytów, prowadzonej przez niezwykłego już Deana R. Chapmana z NASA Ames Research Center. Sądzę, że wiele jego koncepcji jest wciąż aktualnych.

LV: Badania Chapmana, prowadzone równocześnie z lądowaniem statków Apollo, sugerowały, że księżycowy krater Tycho jest źródłem tektytów australoazjatyckich. Wskazywał on nawet na „Promień Rossa” tego krateru jako na źródło tych tektytów, opierając się na komputerowych obliczeniach trajektorii wyrzuconej materii. Czy mamy dowód w postaci próbek skał z księżycowego promienia do przetestowania tej hipotezy?

PL: Apollo 12 mógł wylądować na promieniu. W istocie część próbki księżycowej 12013 — jednej z najintensywniej badanych skał w historii geologii — przywiezionej przez astronautów Apolla 12, ma skład chemiczny podobny do tektytów (jawanitów). Szkliwa granitowe stanowią małą część próbek materii księżycowej, rzędu 1% lub mniej, w przypadku 12013, skały KREEP. Obecnie znamy inne ogólne podobieństwa skał księżycowych i tektytów. Tektyty są chemicznie zredukowane w porównaniu z ziemskimi szkliwami ryolitowymi. Skały księżycowe są zupełnie pozbawione wody, a tektyty są niemal całkowicie pozbawione wody. Jest więc trochę rzeczywistego podobieństwa. Jest tak wiele miejsc na Księżycu, skąd nie mamy jeszcze próbek i po prostu nie mamy niewątpliwego materiału promieni do analizy. Nie ma wątpliwości, że promienie księżycowe są głównie materią wyrzuconą z kraterów na Księżycu. Promienie z krateru Tycho osiągają niemal trzecią część drogi wokół Księżyca, a więc ta materia została wyraźnie wyrzucona z prędkościami dorównującymi lub



Dr Paul Loman

przekraczającymi prędkością ucieczki z Księżyca. (O’Keefe i dr Jack Green z Kalifornijskiego Uniwersytetu Stanowego w Long Beach między innymi wierzą, że promienie księżycowe mogły uformować się po zderzeniu w sposób wulkaniczny).

LV: Czy jednak dane z Surveyora 7, który wylądował niedaleko krateru Tycho w latach sześćdziesiątych, nie pokazały, że materia z tego krateru to gabbro anortozytowe — materia bardzo bogata w skałki?

PL: Cóż, to prawda, że skorupa księżycowych lądów nie składa się z granitu czy czegokolwiek podobnego do tektytów. W zasadzie jest to skała bogata w glin. Jednak na powierzchni Księżyca jest mnóstwo szklawa wulkanicznego — zupełnie niepodobnego do tektytów — chociaż żadnego tektytu tam nie znaleziono. Ci, którzy uważają, że tektyty powstały na Ziemi, podkreślają ten fakt. Twierdzą jednak, że tektyty mogły powstać (głęboko we wnętrzu Księżyca) podczas tak gwałtownych zjawisk — erupcji wulkanicznych — że zawsze były wyrzucane poza Księżyc. Dlatego na powierzchni Księżyca tektytów nie znajdziemy. Poza tym jest mnóstwo miejsc na Księżycu, skąd nie mamy próbek, na przykład ogromne obszary wokół krateru Tycho.

LV: OK, jeśli przyjmujemy, trzeba uznać kontrowersyjną koncepcję, że tektyty pochodzą z Księżyca, to gdzie szukałby Pan ewentualnych źródeł?

PL: Dobrym miejscem jest krater Arystarch. Chociaż wygląda on na krater uderzeniowy, to uderzenie mogło zapoczątkować wulkanizm w tym regionie. Z kraterem tym wiążą się doniesienia o czerwono świeczących (piroklastycznych?) obłokach obserwowanych po raz pierwszy przez astronomów z U.S. Air Force sporządzających mapę Księżyca; inni astronomowie później to potwierdzili. Spektrometry cząstek alfa na statkach Apollo 15 i 16 zarejestrowały pojawianie się radonu, gdy statki przelatywały nad kraterem Arystarch. Radon ma bardzo krótki czas połowicznego rozpadu — rzędu kilku tygodni — więc jeśli znajdujemy radon na Księżycu, w tym przypadku związany z kraterem Arystarch, to musiał on zostać wyemitowany z Księżyca bardzo niedawno. Moja koleżanka, pracująca

w NASA jako astronom zajmujący się Księżycem Winifred S. Cameron, badała wiele utworów typu wulkanicznego na Księżycu. Korzystając ze zdjęć Lunar Orbitera sporządziła ona listę wielu bardzo intrygujących możliwych źródeł tektytów (t.j. wybuchowe kopuły wulkaniczne, diatremy i inne utwory). Krater Arystarch byłby pierwszym miejscem, na którym poszukiwałbym jako geolog jakiegoś rodzaju granitowej materii, która mogłaby być źródłem tektytów.

LV: Dlaczego dyskusja, czy tektyty pochodzą z Ziemi czy z Księżyca, wywołuje takie spory i emocje wśród naukowców?

PL: Większość naukowców mówi „Dlaczego tektyty są takim trudnym problemem? Możemy go rozwiązać.” Jednak przez ponad sto lat ludzie próbowali rozwiązać zagadkę tektytów i jak dotąd tak naprawdę nie wiemy, jak tektyty powstały. Dlaczego to wywołuje takie spory? Myślę, że widać tu, kim są naukowcy i czym są badania naukowe. Nie zajmuje się badaniami naukowymi ktoś, kto nie ma silnej motywacji i skłonności do niezależnego myślenia i nie chce walczyć o swoje przekonania. Dlatego właśnie były takie spory o ewentualne nanoskamieniałości w meteorycie z Marsa. Dyskusje na temat tego kamienia są bardzo zażarte i sędzę, że pod wieloma względami przypominają spory o tektyty — są zacięte i pełne złośliwości. Nie można za to winić tektytów lecz naukowców. Faktem jest, że ktoś o silnej osobowości, kto zainwestował lata wysiłków w rozwiązywanie problemu, musi wejść w konflikt, gdy napotka przeciwny obóz. Teoretycznie naukowiec powinien zająć się zagadnieniem, opracować teorię, przetestować ją i — jeśli nie działa — odrzucić. Nauka powinna działać w taki sposób, ale w praktyce nie zawsze tak się dzieje. Spór o tektyty nie jest zakończony mimo wysiłków kilku pokoleń naukowców. W końcu spór dostarcza owocnego pola do badań w czasie bolesny i niezorganizowany sposób, w jaki naukowcy działają.

LV: Dziękuję Panu.

Louis Varricchio jest niezależnym korespondentem naukowym występującym w Public Radio International i specjalistą od informacji o środowisku na Uniwersytecie Dakoty Północnej.

Odpowiedź na wywiad z dr Paulem D. Lowmanem Jr zatytułowany „Pochodzenie tektytów: różnica poglądów”

Bill Glass

Lowman popiera hipotezę Johna A. O’Keefe, dotyczącą pochodzenia tektytów z wulkanów księżycowych. Niestety forma wywiadu nie pozwala mu zaprezentować uporządkowanego i pogłębionego zestawienia jego powodów popierania tej hipotezy. Od lat sześćdziesiątych uzyskano ogromną ilość danych dotyczących natury Księżyca i przeprowadzono liczne badania zawartości pierwiastków śladowych i izotopów w tektytach. Wszystkie dane są zgodne z hipotezą powstania tektytów w wyniku uderzeń ciał niebieskich w Ziemię. Opublikowano szereg opracowań, między innymi: Taylor (1973), Koeberl (1990), Glass (1990), Koeberl (1994). W tej publikacji nie staram się przedstawić wszystkich danych popierających ziemskie pochodzenie zderzeniowe, ale koncentruję się na argumentach, które przedstawia Lowman na poparcie hipotezy pochodzenia z wulkanów księżycowych.

Według Lowmana badania aerodynamiczne wskazują, że gdyby tektyty tworzyły się wskutek zderzenia ciała niebieskiego z Ziemią, to byłyby wyrzucone z Ziemi, stygłyby w kosmosie, po czym spadałyby z powrotem na Ziemię z prędkością ucieczki (11 km/s), tak że powstawałyby kołnierze. Tylko australity (i może niektóre tektyty z Jawy) mają ślady ablacji aerodynamicznej. Gdyby zostały one wyrzucone w kosmos z prędkością równą prędkości ucieczki z Ziemi lub większą, to nie spadłyby z powrotem na Ziemię. Chociaż badania aerodynamiczne australitów prowadzone przez Deana R. Chapmana w latach sześćdziesiątych i na początku lat siedemdziesiątych sugerowały, że australity weszły w ziemską atmosferę z prędkością nieco większą od prędkości ucieczki, to późniejsze badania aerodynamiczne australitów przez W. L. Melnika (1991) wskazują, że obserwowane utwory ablacyjne wskazują raczej na ziemskie pochodzenie zderzeniowe — tzn. australity weszły w ziemską atmosferę z prędkością nieco mniejszą od prędkości ucieczki. W jeszcze późniejszej pracy, której Chapman jest współauto-

rem, Chapman zgadza się, że obserwowane utwory ablacyjne na australijskim tektycie wydobytych z Oceanu Indyjskiego mogły zostać wytworzone przez wyrzucenie ze źródłowego obszaru w Indochinach (Glass i in. 1996). Australoazjatyckie tektyty z Indochin, Chin i Filipin nie mają śladów ablacji, a niektóre tektyty z Indochin zawierają dowody, że lądowały, gdy były gorące. Tektyty te mają wydłużone kształty, które wygięły się podczas lądowania. Powierzchniowa warstwa była widocznie wystarczająco zimna, by pęknąć, ale wewnątrz było wciąż ciepło i rozciągało się jak toffi. Gdyby tektyty zostały wyrzucone z Księżyca przez wulkany, to powierzchnie ich zostałyby ogrzane podczas lotu przez atmosferę, ale wewnątrz byłyby zimne, czyli dokładnie odwrotnie niż obserwujemy. Gdyby wszystkie tektyty pochodziły z wulkanów księżycowych, to dlaczego nie na wszystkich widać ślady ablacji aerodynamicznej podczas przelotu przez atmosferę? Lowman twierdzi dalej, że nie widzi, jak tektyty mogły zostać wyrzucone z Ziemi w kosmos i spadać z powrotem, nie zasypując całej Ziemi. Jak daleko mogą polecieć tektyty nad powierzchnią Ziemi, to zależy od wielkości zderzenia; mniej sze zderzenia nie wyrzuciłyby tak daleko jak duże. Tak więc oczekiwałbym, że tektyty wytworzone przez zderzenia z Ziemią będą ograniczone do obszarów rozrzutu, a nie zostaną rozrzucone po całej Ziemi. Moim zdaniem trudniej uwierzyć, że tektyty mogły zostać wyrzucone z Księżyca i po przebyciu długiej drogi na Ziemię spaść w oddzielnych obszarach rozrzutu a nie na całą Ziemię.

Lowman przyznaje, że pod względem składu chemicznego tektyty są bardziej podobne do ziemskich skał niż do większości skał księżycowych; ale zwraca uwagę, że tektyty mają małą zawartość wody w porównaniu z ziemskimi skałami. Jednak zawartość wody w tektytach jest o rząd wielkości większa niż w skałach księżycowych. Z drugiej strony małą zawartość wody w tektytach można tłumaczyć wysokimi temperaturami wytworzonymi podczas zderzeń (Vickery i Browning, 1991; Koebel 1993). Szkliwa o podobnie niskiej zawartości wody były wytwarzane podczas eksplozji bomb jądrowych (Glass i in. 1998). Moim zdaniem łatwiej więc wyjaśnić niewielką zawartość wody w szkliwach wytworzonych podczas

zderzenia niż wysoką zawartość wody w szkliwach wulkanów księżycowych.

Lowman wskazuje, że gdy oglądamy płytkę cienką tektytu przez mikroskop, to szkło ma „fluidalną” teksturę i przypisuje to gruntownemu wymieszaniu. W rzeczywistości „fluidalna” tekstura jest wytwarzana przez żyłki szkła — różnym składzie i wskazuje, że stop nie został gruntownie wymieszany. Ponadto część fluidalnej tekstury jest wytworzona przez długie, powykrzywiane, podobne do wstążek nitki lechate-lierytu, czyli stopionego kwarcu. Zarówno niepełne wymieszanie, jak — cząstki lechatelierytu są charakterystycznymi elementami większości szkliw impaktytowych, ale nie wulkanicznych. W istocie nigdy nie spotkano cząstek lechatelierytu w szkliwie wulkanicznym.

Głównym problemem dla hipotezy pochodzenia tektytów z wulkanów księżycowych jest to, że wszystkie cztery znane obszary rozrzutu tektytów powstały w ciągu ostatnich 35 milionów lat, a wulkanizm księżycowy zakończył się około 2 miliardów lat temu. Najmłodsze znane wulkaniczne skały księżycowe mają około 3 miliardów lat, a zliczenia kraterów wskazują, że nawet najmłodsze pokrywy lawowe są starsze niż 1,5–2 miliardy lat. Lowman próbuje w odpowiedzi na to odwoływać się do księżycowych zjawisk przejściowych i wykrycia radonu z księżycowego wnętrza. Jednak uwalnianie pyłu, gazu i radonu z wnętrza Księżyca wydaje się być związane z księżycowymi pływami i wynikać z aktywności sejsmicznej a nie z wulkanizmu. Lowman zwraca uwagę, że dane sejsmiczne wskazują, iż Księżyc ma stopione wnętrze. Jednak te same dane sejsmiczne pokazują, że zewnętrzne 1000 km grubości Księżyca jest sztywne i nie stopione. Nie wydaje się możliwe, aby magma mogła utorować sobie drogę przez 1000 km skały i istotnie nie ma żadnego niezbitego dowodu, że tak się dzieje.

Aby wytłumaczyć brak tektytów na powierzchni Księżyca, Lowman proponuje, że podczas księżycowego zjawiska, które wytwarza tektyty, cała magma jest wyrzucana w kosmos i żaden jej fragment nie opada na powierzchnię Księżyca. Uważam, że taki scenariusz jest bardzo mało prawdopodobny, jeśli nie zupełnie niemożliwy. Tarcie o ściany kanału, którym wydostaje się magma, musi powodować, że prędkość

wyrzucenia magmy znajdującej się przy ścianach musi być niższa niż prędkość wyrzucenia magmy będącej w środku kanału. Tak więc część magmy musi opaść z powrotem na powierzchnię Księżyca. Ponadto nie wydaje się prawdopodobne, aby każda erupcja wysyłała całą magmę prosto ku Ziemi. Z upływem czasu więcej materii wyrzucanej przez wulkany powinno omijać Ziemię niż trafiać w nią. Materia wulkaniczna, która nie trafi w Ziemię, wchodzi na orbitę okołosłoneczną i część jej w końcu spadnie na Księżyc. Tak więc jeśli tektyty są wytwarzane przez wulkanizm księżycowy, to część ich powinna znajdować się na powierzchni Księżyca.

Na zakończenie wywiadu Lowman stwierdza, że: „Teoretycznie naukowiec powinien zająć się zagadnieniem, opracować teorię, przetestować ją i — jeśli nie działa — odrzucić.” John A. O’Keefe zaproponował test dla hipotezy pochodzenia tektytów ze zderzeń z Ziemią (O’Keefe, 1976). Powiedział, że jeśli tektyty są wynikiem zderzeń z Ziemią, to w osadach w głębinach mórz materia wyrzucona z kraterów powinna towarzyszyć warstwom mikrotektytów. Początkowo nie udało się znaleźć zwiększenia okrucichów minerałów i skał towarzyszących warstwom mikrotektytów i O’Keefe (1976) wykorzystał to jako dowód przeciwko hipotezie zderzeniowej. Gdy jednak znaleziono rdzenie zawierające większe koncentracje mikrotektytów, a więc prawdopodobnie znajdujące się bliżej krateru źródłowego, to w warstwach mikrotektytów i z australoazjatyckiego i z północnoamerykańskiego obszaru rozrzutu zauważono zszokowane ziarna minerałów oraz coesyty i stishowity (Glass i Wu, 1993). Tak więc hipoteza uderzenia w Ziemię przeszła test pomyślnie.

Innym testem dla hipotezy zderzenia z Ziemią jest to, że wszystkie obszary rozrzutu powinny być związane z kraterami uderzeniowymi. Po odkryciu struktury Zatoki Chesapeake uważamy obecnie, że mamy źródłowe kratery dla wszystkich obszarów rozrzutu prócz jednego. Wciąż nie znaleziono źródłowego krateru dla obszaru australoazjatyckiego, ale sądzę, że jest to tylko kwestia czasu. W moim przekonaniu hipoteza pochodzenia z wulkanów księżycowych nie przeszła pomyślnie żadnego testu, jaki tylko wymyślono.

dokończenie na str. 15.

Szkliwa krateru Elgygytgyn

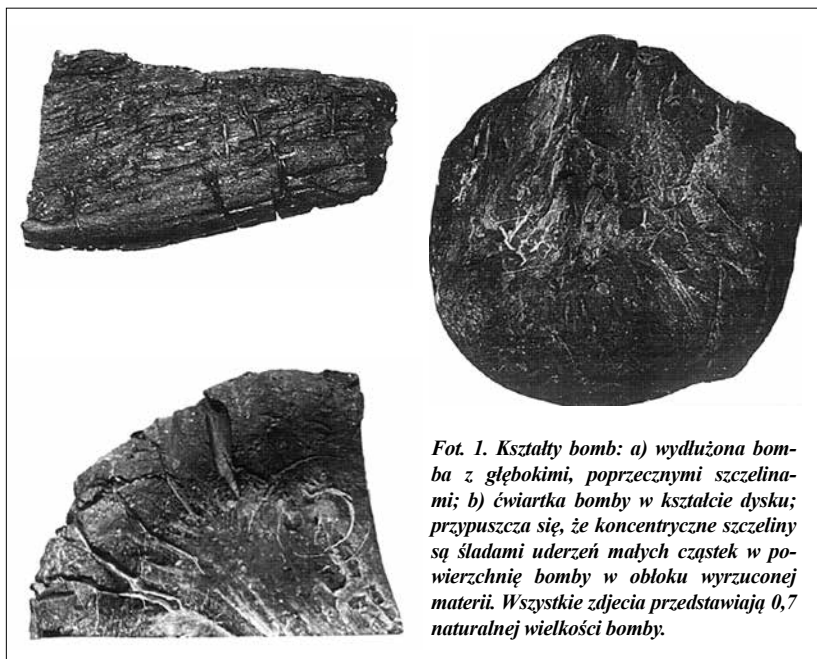
E. P. Gurow

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

Struktura uderzeniowa Elgygytgyn jest mającym 3,5 miliona lat kraterem znajdującym się w górzystej, centralnej części półwyspu Czukotka w Rosji. Krater ma postać okrągłej depresji o średnicy 18 kilometrów otoczonej przez wydźwignięty, pierwotny brzeg. Najgłębszą część depresji zajmuje jezioro Elgygytgyn o średnicy 12 kilometrów i głębokości 170 metrów. R. Dietz przypuszczał, że Elgygytgyn jest największym, młodym miejscem zderzenia na powierzchni Ziemi i kraterem źródłowym australoazjatyckich tektytów. Koncepcję tę obalono, gdy wyznaczono wiek krateru.

Szklane bomby, skały przetopione uderzeniem i skały zmetamorfizowane szokowo występują w osadach na tarasach wewnątrz krateru i rzadko są rozrzucone na tarasach małych strumieni wokół brzegu krateru.

Szklane bomby mają kształty kropel, ciastek, cylindryczne i nieregularne (Fot. 1). Wielkość bomb waha się od 1–2 cm do 15 cm średnicy, a waga od 5–10 g do 2000 g. Na polerowanych przekrojach niektórych bomb i w płytkach cienkich widoczne są fluidalne tekstury

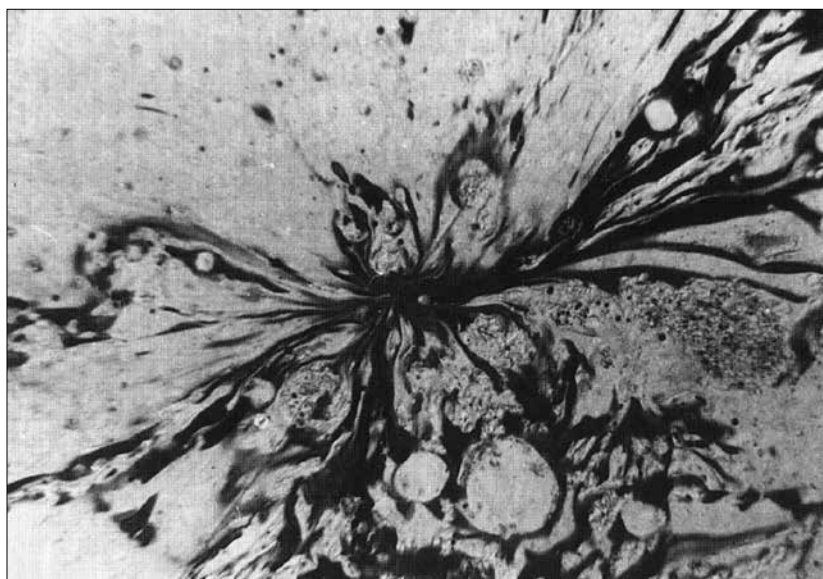


(Fot. 2). Bomby są czarne, rzadko ciemnoszare, ich powierzchnia jest matowa. Szkło na świeżych przełamach ma jasny połysk. Rzadkie wrostki to biały lub bezbarwny, przezroczysty lechatelieryt i biały, przeobrażony szokowo kwarc. Bąble gazu w szklawie mają do 5 mm średnicy i lśniącą powierzchnię.

Główną osobliwością powierzchni bomb są głębokie, otwar-

te szczeliny. Tworzą one od jednego do trzech systemów różniących się głębokością. Powstały one wskutek zestalania się powierzchni bomby podczas lotu przez atmosferę. Głębokość szczeliny zależy od grubości skorupy szklawa na powierzchni płynnego jądra, tak więc pierwsze szczeliny mają 1 do 2 mm głębokości, a ostatnie osiągają głębokości 5–7 mm i mają około 5 mm szerokości na powierzchni bomb o średnicy około 6–12 centymetrów. Wszystkie szczeliny mają przekrój w kształcie litery U a nie V. Ślady napięcia powierzchniowego stopu widać na dnie niektórych szczelin (Fot. 3).

Przypuszcza się, że objętość otwartych szczelin odpowiada zmniejszeniu objętości stopu od początku krzepnięcia do zakończenia tego procesu. Objętość szczelin 25 mierzonych bomb waha się od 0,5% do 3,7% całej objętości każdej bomby. Bomby o objętości szczelin od 1,0% do 1,5% mają maksymalną propagację. Biorąc pod uwagę objętość szczelin i współczynnik objętościowej ekspansji szklawa krzemianowego (około $3,0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) oceniono spadek temperatury od zapoczątkowania



Fot 2. Płytką ciemną niejednorodnego szklawa. Polaroidy równoległe. 90x.

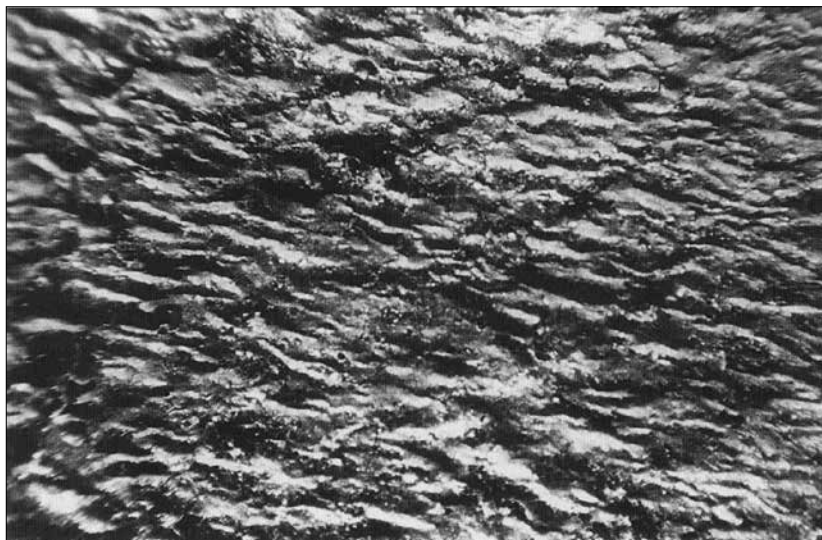
się formowania skorupy szkliva do całkowitego zestalenia się bomby. Kontrakcja o około 1,0–1,5% odpowiada spadkowi temperatury o około 400°C. Przedział temperatur około 1200° odpowiada zmniejszeniu się objętości bomby o 3,7%.

Ślady ablacji i wtórnego topnienia są widoczne na powierzchni ośmiu bomb. Wszystkie te bomby mają kształt kropeł i rozmiary od 40×50×69 mm do 73×105×110 mm. Ślady ablacji mają postać prążków na bocznej powierzchni bomb (Fot. 4a). Na powierzchni tych bomb występują bąble zdarte przez ablację do 3 mm średnicy. Ślady wtórnego topnienia występują na ścianach niektórych otwartych szczelin. Wystające fragmenty powierzchni bomby chronią niektóre części powierzchni przed ablacją (Fot. 4b). Maksymalna

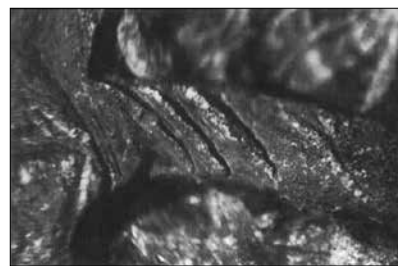
grubość ablacji i wtórnego topnienia sięga około 1,5 mm. Doświadczenia przeprowadzone przez D. R. Chapmana pokazały, że grubość ablacji szkliva tektytów do 2 mm odpowiada prędkości wejścia w atmosferę około 5 km/s.

Przypuszczamy, że formowanie się szklanych bomb przebiegało następująco:

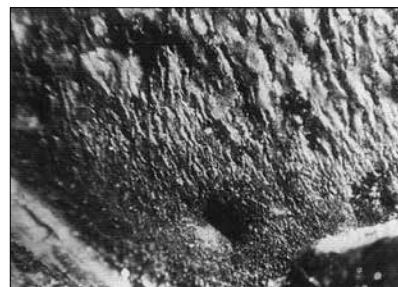
- 1) wyrzucenie stopionych kropeł cząstek z krateru;
- 2) uformowanie się aerodynamicznie ukształtowanych postaci bomb;
- 3) zestalenie się skorupy bomb podczas lotu po trajektorii w górę i w dół;
- 4) ablacja i wtórne topnienie powierzchni bomb przy wejściu w atmosferę podczas spadania;
- 5) spadek zestalonych bomb na powierzchnię Ziemi. Brak cząstek



Fot 4a. Prążkowana rzeźba bocznej powierzchni bomby (20×)



Fot 3. Paski stopu ciągnące się na dnie szczeliny. 20×.



Fot. 4b. Część powierzchni osłonięta przed ablacją przez wystający element (20×).

skał wbitych w powierzchnię bomb jest dowodem, że spadły one w zestalonej postaci.

Kształt bomb Elgygytgyn i właściwości ich szkliva są podobne do własności niektórych tektytów. Gęstość i współczynnik załamania szkliva Elgygytgyn są bardzo bliskie gęstości i współczynnikowi załamania indochinitów i filipinitów. Skład chemiczny bomb jest bliski składowi chemicznemu tych tektytów, a główną różnicą jest większa zawartość alkaliów w szkliwie bomb.

*Instytut Nauk Geologicznych
Narodowej Akademii Nauk Ukrainy*

MW

dokończenie ze str. 13.

O ile wiem, nie ma niczego, co wiadomo o tektytach, co byłoby lepiej wytłumaczone przez hipotezę księżycowego pochodzenia niż hipotezę zderzeń z Ziemią.

Cytowana literatura:

B. P. Glass (1990), Tektites and microtektites: key facts and inferences. *Tectonophysics*, **171**, 393-404.

B. P. Glass and J. Wu (1993), Coesite and shocked quartz discovered in the Australasian and North American microtektite layers. *Geology*, **21**, 435-438.

B. P. Glass, F. E. Senftle, D. W. Muenow, K. E. Aggrey and A. N.

Thorpe (1988), Atomie bomb glass beads: tektite and microtektite analogs. W J. Konta (red.) *Proceedings of the 2nd International Conference on Natural Glasses*, Prague, September 21-25 1987 (Uniwersytet Karola w Pradze) p. 361-369.

B. P. Glass, D. R. Chapman and M. Shyam Prasad (1996), Ablated tektite from the Central Indian Ocean. *Meteoritics and Planetary Science*, **31**, 365-369.

C. Koeberl (1990), The Geochemistry of tektites: an overview. *Tectonophysics*, **171**, 405-422.

C. Koeberl (1994), Tektite origin by hypervelocity asteroidal or cometary impact: target rocks, source craters

and mechanisms. W *Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution* (red. B. O. Dressler et al.) *Geol. Soc. Am. Special Paper*, **293**, 133-151.

W. L. Melnik (1991), Ablation of Australian tektites supportive of a terrestrial origin? (abstract) *Meteoritics*, **26**, 371.

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

S. R. Taylor (1973), Tektites: a post-Apollo view. *Earth-Science Reviews*, **9**, 101-123.

A. M. Vickery and L. Browning (1991) Water depletion in tektites (abstract) *Meteoritics*, **26**, 403.

MW

Bruno Lang

(1916–1998)

Opr. Janusz W. Kosinski

W maju 1998 roku odszedł od nas doktor Bruno Lang, jeden z najwybitniejszych w Polsce, znany również za granicą, meteorytyk.

Bruno Lang urodził się 22 marca 1916 roku w Wiedniu, gdzie jego rodzice przebywali czasowo w związku z trwającą I wojną światową. Dzieciństwo spędził w Tarnowie, gdzie uczęszczał do szkoły podstawowej. Później jego rodzice przeprowadzili się do Krakowa i Bruno Lang rozpoczął naukę w Gimnazjum im. Jana III Sobieskiego. Po skończeniu tej szkoły, w 1934 roku podjął studia na Uniwersytecie Jagiellońskim. Od 1935 roku kontynuował je na Wydziale Chemii Politechniki Warszawskiej. Studia przerwała II wojna światowa.

Początkowe lata wojny Bruno Lang spędził na terenie dzisiejszej Ukrainy. Kontynuował studia chemiczne. Po wybuchu wojny sowiecko-niemieckiej znalazł się w Uzbekistanie, a następnie w Moskwie. W 1943 roku zgłosił się do Armii Polskiej formującej się na terytorium Związku Radzieckiego. Wraz z przemieszczającym się frontem wschodnim doszedł do Berlina, a swój udział w wojnie zakończył z wysokim stopniem oficerskim.

Po wojnie Bruno Lang powrócił na Politechnikę Warszawską, nadal specjalizując się w chemii. W latach 1951–1964 pracował w Ministerstwie Przemysłu Chemicznego, zajmując się odbudową i modernizacją zakładów chemicznych.

W latach 1959–1960 odbył studia podyplomowe w zakresie radiochemii na Uniwersytecie Warszawskim. Ten kierunek zainteresowań rozwijał od 1964 roku, pracując w Laboratorium Radiochemii i Chemii Radiacyjnej Uniwersytetu Warszawskiego. W okresie tym, prowadząc zajęcia ze studentami, wydał podręcznik akademicki poświęcony badaniom izotopów.

W czasie pracy w Laboratorium Radiochemii Bruno Lang zainteresował się problematyką występowania i właściwościami plazmy niskotemperaturowej (częściowo zjonizowanej). Jednak zasadnicza zmiana w zainteresowaniach naukowych nastąpiła w roku 1970. Wtedy to Bruno Lang przetłumaczył z języka niemieckiego książkę F. Boschke „Z Kosmosu na Ziemię. Meteory i meteoryty”. Konsekwencją tej pracy było zainteresowanie meteorytami na ziemiach Polski, informacjami, jakie mogą być uzyskane w czasie badań meteorytów i ich znaczeniem dla poznania Układu Słonecznego, astrofizyki, kosmochemii i kosmologii. Efektem tych zainteresowań były również badania nad zjawiskami towarzyszącymi spadkom meteorytów na Ziemię (przełot w atmosferze, zderzenie z Ziemią).

Kolejnym ważnym wydarzeniem w działalności naukowej Bruno Langa była praca doktorska, której promotorem był prof. R. Teisseyre z Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Dotyczyła ona badań nad powstawaniem i ewolucją rojów meteoroidów.

Od momentu obrony pracy doktorskiej (1978) Bruno Lang całkowicie poświęcił się szeroko pojętej meteorytyce oraz dziedzinom z nią związanymi. Prowadził badania interdyscyplinarne pyłu międzypla-

netarnego, struktury strumieni meteoroidów, pyłów i jąder kometarnych, właściwości meteorytów — szczególnie znajdujących na Antarktydzie. Interesował się też występowaniem związków organicznych w jądrach komet, do czego zbierał materiały, analizując dane z sond Wega i Giotto (komety Halleya).

W 1979 roku wraz z M. Kozłowskim przygotował doskonały, niestety nie opublikowany, materiał o naturze zjawiska obserwowanego nad rzeką Tunguska, na Syberii. Prace z lat 1975–1982 zaowocowały publikacją monografii „Fizyka i ewolucja wnętrza Ziemi” (PWN, Warszawa 1983). Nie była to jedyna większa publikacja — wydał też prace w seriach poświęconych fizyce i ewolucji naszej planety w języku angielskim („Physics and Evolution of the Earth's Interior” Elsevier & PWN, 1984–1993; „Evolution of the Earth and Other Planetary Bodies” PWN-Elsevier, 1992).

W roku 1979 oraz w 1982 B. Lang uczestniczył w pracach Narodowego Instytutu Badań Polarnych w Tokio, zajmując się między innymi paleomagnetyzmem oraz meteorytami znajdowanymi na Antarktydzie.

Bruno Lang do ostatnich dni swego życia aktywnie uczestniczył w badaniach meteorytów. Jego obiektem zainteresowań był szczególnie spadek w 1994 roku meteoryt Baszkówka.

Doktor B. Lang był naukowcem cenionym i lubianym, szczególnie przez młodszych współpracowników, dla których zawsze znajdował czas i którym potrafił zaszcześcić zapale do pracy.

Jego odejście to olbrzymia strata nie tylko dla polskiej meteorytyki; to strata dla polskiej nauki.

Pogrzeb odbył się 13 maja 1998 roku na warszawskich Powązkach.



Drugie Międzynarodowe Targi Meteorytowe

23-24 października 1999 r.

Gifhorn, Dolna Saksonia, Niemcy

- * Sprzedaż i wymiana meteorytów
- * Informacje dotyczące meteorytów i powstawania kraterów
- * Wystawa: Kosmiczne Szramy w Europie
- * Wykłady naukowe
- * Badanie domniemanej materii meteorytowej

Informacja: Rainer Bartoschewitz, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn, Niemcy

E-mail: Rainer.Bartoschewitz@volkswagen.de

Szukanie meteorytów w Roosevelt Country

Ivan Wilson

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Urodziłem się i wychowałem na rancho pod bardzo ciemnym nocnym niebem, więc już jako dziecko wiedziałem o istnieniu spadających gwiazd. Niewiele to dla mnie znaczyło, póki będąc w siódmej klasie nie odnalazłem ich w encyklopedii. Możliwość znalezienia meteorytu zafascynowała mnie, ale w miarę upływu czasu coraz bardziej o tym zapomniałem.

Gdy miałem 21 lat, zainteresowałem się poszukiwaniem belemnitów i zacząłem przeszukiwać okolice Elidy i Portales w Nowym Meksyku. Gdy nauczyłem się, jak szukać, zebrała się ich spora kolekcja. Pewnego dnia, szukając na zachód od Elidy, natrafiłem na kilka kawałków kamienia wyglądającego na stopiony i pomyślałem, że to z pewnością meteoryty. Wysłałem kilka próbek do Amerykańskiego Laboratorium Meteorytowego w Denver, w stanie Colorado i otrzymałem list mówiący, że to były kawałki limonitu i życzący więcej szczęścia następnym razem.

Pewnego dnia 1967 roku byłem na poszukiwaniach w okolicy na północny zachód od Portales, tam gdzie często szukałem i za każdym razem, gdy tam byłem, zwracałem uwagę na duży, brunatny kamień i ciekawiło mnie, co to jest. Moja szwagierka ma ogródek skalny i zawsze poszukuje kamieni do niego, więc postanowiłem, że go do niej zawiozę. Musiałem taszczyć go jakieś pół mili do samochodu, więc zabrałem go dopiero po kilku wyjazdach. Gdy przywiozłem go do domu, szwagier powiedział, że jego zdaniem jest to meteoryt. Pomyślałem, że zwariował, ponieważ kamień nie wyglądał na osmalony ani stopiony, ale postanowiłem nie dawać go szwagierce do ogrodu, póki się nie upewnię. Odłupałem mały kawałek i wysłałem do laboratorium w Denver.

Po kilku dniach przybył do mego domu pan Glenn Huss i powiedział, że to meteoryt. Ważył dwadzieścia osiem funtów (ok. 13 kg) i pan Huss kupił go ode mnie. Później wszedł on do literatury meteorytowej jako meteoryt kamienny (L4) nazwany Floyd.

W „Portales News Tribune” ukazał się artykuł na ten temat i w ciągu następnych dwóch lub trzech miesięcy pojawiły się doniesienia o kolejnych meteorytach, z których jeden znalazł mój przyjaciel, Jim Wamica. W tym czasie spytałem Glenna, jakie mam szansę znalezienia innego meteorytu. Powiedział, że bardzo nisko. Nikt dotąd nie poszukiwał meteorytów z powodzeniem. Powiedział mi, że uważa się, że co roku spada jeden meteoryt na każde 2000 mil kwadratowych. Roosevelt County liczy 2500 mil kwadratowych. Nadal szukałem belemnitów, nie zapominając o meteorytach, ale nie spodziewałem się, że jeszcze jakiś znajdę.

Pewnego dnia Jim Wamica zadzwonił, abym przyjechał do niego. Miał coś do pokazania — kolejny meteoryt. To naprawdę mnie poruszyło — pomyślałem, że skoro on mógł znaleźć dwa meteoryty, to może ja też mogę. Zacząłem się zastanawiać, jak to zrobić. Stwierdziłem, że jeśli jeden meteoryt spada co roku na każde 2000 mil kwadratowych, to po 2000 lat powinien być jeden na każdą milę kwadratową. Uprzytomniłem sobie, że w większości przypadków będą one zagrzebane w ziemi. Pomyślałem wtedy o silnie zerodowanych terenach w hrabstwie i doszedłem do wniosku, że na takich terenach niektóre meteoryty mogły znaleźć się na powierzchni. Terenami tymi były pola porzucone od lat trzydziestych do pięćdziesiątych, gdzie susza i silne wiatry spowodowały silną erozję. Wywiany wiatrem piasek pozostawił nową powierzchnię do oglądania.

Warunki do poszukiwań nie były zbyt przyjemne. Pogoda zmieniała się od silnego upału do często niezłych chłódów; wiatry nie należały do rzadkości. Dokuczały owady, trafiały się grzechotniki i zielsko wywołujące uczulenia. Niektóre tereny były pokryte konkrecjami żelaza mającymi taką samą barwę jak meteoryty. Wszystko to razem sprawiało, że poszukiwania były niezbyt przyjemne.

Zacząłem przeszukiwać te obszary. Przewędrowałem wiele mil w piekącym skwarze i wietrze i po kilku miesiącach byłem bardzo zmęczony i bliski rezygnacji.

Pewnego dnia wybrałem się wraz z ojcem na poszukiwanie belemnitów na wydmy. Na końcu jednej z nich, wracając do samochodu, natrafiłszy na jednofuntowy meteoryt. Po trzech dniach, w innej okolicy, znalazłem meteoryt ważący trzy czy cztery uncje (ok. 100 gramów). Znalezienie tych dwóch porządnie mnie zdopinguwało. Glenn Huss także zaczął mnie zachęcać. Powiedział, że mam więcej sukcesów niż każdy inny, kogo znał.

Po paru tygodniach wróciłem z ojcem na miejsce, gdzie znalazłem drugi meteoryt, i znaleźliśmy jeszcze trzy. Przyjechał Glenn Huss i wszyscy pojechaliśmy w to samo miejsce. Mój ojciec znalazł jeden tego dnia. Kolejnych kilka tygodni minęło bez żadnego znaleziska.

Pewnego sobotniego poranka zacząłem poszukiwania i pracowałem cały dzień. Około 4 po południu miałem już potężny ból głowy i byłem gotów zrezygnować. Zacząłem myśleć, że prawdopodobnie nie zawsze będę w stanie z powodzeniem szukać meteorytów. Skierowałem się do samochodu i wtedy właśnie zauważyłem mały meteoryt, 10–12 uncji. Obszedłem go dokoła i zauważyłem, że mogę go widzieć wyraźnie tylko wtedy, gdy Słońce mam z tyłu. Zacząłem

szukać dalej i gdy dotarłem do samochodu miałem jeszcze trzy meteoryty, a ból głowy zniknął. Przez cały czas przedtem szukałem meteorytów tak jak belemnitów, patrząc pod Słońce. W tym momencie wiedziałem już, że mogę szukać i znajdować meteoryty.

Po tym, jak nauczyłem się, jak szukać meteorytów, udoskonaliłem swą metodę, wykorzystując lornetkę. Mogłem przyjrzeć się podejrzanemu kamieniowi i, jeśli wyglądał zachęcająco, podejść do niego. W przeciwnym razie mogłem iść dalej.

Do stycznia 1970 roku znalazłem 28 okazów ważących od 2 uncji do 28 funtów. W każdym przypadku były to zwietrzałe meteoryty kamienne. W tym czasie moim marzeniem było znalezienie świeżo spadłego meteorytu oraz żelaznego. Nigdy jeszcze nie znalazłem żelaznego meteorytu.

Zacząłem rozszerzać obszar moich poszukiwań na południową i zachodnią część hrabstwa. Roosevelt County ma 1571200 akrów, z czego prawdopodobnie 2300 akrów było wtedy silnie zerodowanych. Dziś jest mniej, ponieważ wiatry ustały i jest więcej wilgoci. Obszar poszukiwań stanowił 0,1467% terenu hrabstwa.

W styczniu 1972 roku znalazłem kamień ważący 23 i pół funta. Było to w pewnym gospodarstwie w południowej części Roosevelt County. Glenn Huss zabrał go do Denver do przecię-

cia. Zadzwoił później i powiedział, że jest on inny i prawie nie można go przeciąć. Okazał się najlepszym moim znaleziskiem i otrzymał nazwę Kenna (ureilit — przyp. red.).

W tym czasie pojawiło się w gazetach kilka artykułów o moich sukcesach. Zaniepokoiło mnie to, ponieważ obawiałem się, że ludzie zaczną szukać meteorytów tam, gdzie ja. Obawy okazały się niepotrzebne, ponieważ każdy uznał, że trzeba być wariatem, żeby wędrować i narażać się na skwar, wiatr i zimno. To mi bardzo odpowiadało.

Od połowy lat siedemdziesiątych do roku 1998 znajdowałem stopniowo coraz więcej meteorytów; w 1979 roku ich liczba osiągnęła 100. W ciągu tego czasu przyjeżdżało do mnie do Portales wiele osób, aby im pokazać, jak szukać, co zawsze chętnie robiłem. Jeden był z Florydy, jeden z Wisconsin, jeden z Kalifornii i z różnych innych miejsc z całego kraju. Jedynym, o którym wiem, że udało mu się coś znaleźć, był student z Wisconsin.

Jim Wamica, z którym szukałem belemnitów, znalazł przez ten czas 14 meteorytów. Eugene Moore znalazł trzy. James Cathey dwa. Mój ojciec także znalazł dwa. Lester i Kenneth Shirley zainteresowali się tym niedawno i znaleźli cztery meteoryty.

Zdarzało się, że zabrakło mi paru godzin czy dni do znalezienia dobre-

go okazu. W 1970 roku szukałem na zachód od Portales i wracając do domu minąłem stare, porzucone domostwo. Pomyślałem, że powinienem poszukać wokół niego, ale postanowiłem wrócić tam później. Następnego ranka Jim Wamica i Eugene Moore znaleźli koło tego domu 12-funtowy meteoryt.

W 1972 roku szukałem w okolicy Delphos i zauważyłem ślady łopaty i odcisk kamienia z dwoma małymi kawałkami meteorytu, które odłupały się, gdy uderzył w ziemię. (Sądząc po odcisku, musiał ważyć 15-20 funtów.) Nigdy nie udało mi się dowiedzieć, co się z nim stało.

Nie tak dawno spytałem farmera, czy mogę przeszukać jego pole i mając zgodę przeszukałem całe i nic nie znalazłem. Po jakichś trzech miesiącach Mel Bishop budował płot i znalazł 4-funtowy meteoryt. Przechodziłem nie więcej niż 30 stóp od miejsca, gdzie go znalazł.

Typy meteorytów znalezionych w Roosevelt County są następujące: jeden LL3; jeden pallasyt (Dora); dwa achondryty; jeden chondryt węglisty; dwa ureility i szereg chondrytów, obejmujący wszelkie rodzaje chondrytowych struktur.

Sobota, 13 czerwca 1998 roku, 7:35 rano, 80 stopni, bezchmurne niebo. Dwa gromy dźwiękowe w odstępie jednej sekundy. Potem seria sześciu czy ośmiu wystrzałów podobnych do strzałów z moździerza lub petard. Byłem w domu i wybiegłem na zewnątrz zobaczyć, co się stało. Zobaczyłem spiralną smugę kondensacyjną z dużym obłokiem dymu na końcu. Była niemal dokładnie nad głową, lekko tylko odchylona na południowy zachód. Ciągnęła się z południowego zachodu na północny wschód.

Pomyślałem, że eksplodował silnik odrzutowca, ponieważ słyszałem odrzutowiec, ale po kilku minutach przyszło mi do głowy, że mógł to być meteoryt. Wtedy było już za późno, by zrobić zdjęcie, ponieważ smuga się rozproszyła.

Kilka minut po dziesiątej Gale Newberry, mój sąsiad, zadzwonił i powiedział: „Myślę, że powinienś rzucić okiem na moją stodołę.” W jej dachu była dziura około 8×3 cale, izolacja na północnej ścianie była oderwana, a w ścianie było wgłębienie. Z dziury w izolacji Gale wyciągnął 530-gramowy meteoryt



Autor z trzema spośród znalezionych przez niego okazów Portales Valley.

kamienny. Linia od dziury w dachu do miejsca, gdzie meteoryt uderzył w ścianę, wskazywała, że leciał on z południowego zachodu na północny wschód i spadał pod kątem około 70 stopni.

Gale mieszka trzy mile na wschód od Portales, przy trzeciej ulicy. Wiedziałem, że powinno być więcej meteorytów, ale nie miałem pojęcia, gdzie szukać. Kilka osób zaczęło mówić mi o hałasie. Niektórzy słyszeli tylko jeden grom dźwiękowy, inni dwa. Niektórzy nie słyszeli żadnego wystrzału, inni słyszeli nawet dziesięć lub dwanaście.

W poniedziałek po południu dowiedziałem się, że Nelda Wallace była świadkiem spadku meteorytu na jej podwórzu. Poszedłem do niej i zobaczyłem 37-funtowy meteoryt i miejsce, gdzie spadł. Zakopał się i wyrzucił ziemię w kierunku północno-wschodnim. Pani Wallace i jej szwagier stali na podwórzu, słyszeli eksplozję i hałas przypominający serię wystrzałów oraz widzieli, jak meteoryt uderzył w ziemię. Dół miał około 25 cm głębokości i 20 cm średnicy.

Meteoryt ten okazał się bardzo dziwny, ponieważ ten okaz wyglądał jak meteoryt żelazny. Meteoryt Gale'a był bardzo gładki, wielkości dużego pączka. Neldy miał bardzo nierówną powierzchnię z dużymi żyłami metalu i głębokimi wklęsnięciami. Pojawiło się więcej okazów, niektóre prawie całe z żelaza, niektóre całe kamienne, a niektóre mieszane.

We wtorek Lonnie King znalazł 3-funtowy meteoryt żelazno-kamienny mniej więcej w połowie drogi między

okazami Newberry'ego i Wallace. We środę znaleziono dwa dalsze meteoryty. W następnym tygodniu znaleziono ich jeszcze więcej. We środę 24 czerwca znalazłem okaz ważący 11 i ćwierć funta; w niedzielę, 28 czerwca, znalazłem jeszcze jeden o wadze 4 i pół funta.

Inną ciekawą rzeczą jest to, że wszystkie większe spadły na południowo-zachodnim krańcu obszaru rozrzutu, a wszystkie mniejsze na północno-wschodnim końcu. Normalnie jest dokładnie odwrotnie. Największe lecą najdalej, a najmniejsze spadają pierwsze.

Elton Brown znalazł 38-funtowy meteoryt 2 lipca około 3/4 mili od miejsca, gdzie pani Wallace znalazła swój. Do 4 sierpnia znaleziono 41 okazów o łącznej wadze 135 funtów (około 61 kilogramów).

Ujemną stroną było, że ludzie wchodzili na prywatny teren bez pozwolenia właścicieli. Spowodowało to trochę nieporozumień. O ile mi wiadomo, robili to wyłącznie miejscowi.

W sumie znalazłem 6 okazów z tego spadku. Ten i Kenna są jedynymi meteorytami znalezionymi przeze mnie, które nie znajdowały się na ob-



Autor z 37-funtowym meteoritem Portales Valley, który spadł na podwórzu Neldy Wallace.

szarach, skąd wiatry wywiały ziemię. Kenna został znaleziony w gospodarstwie, na ziemi, a Portales Valley na farmach.

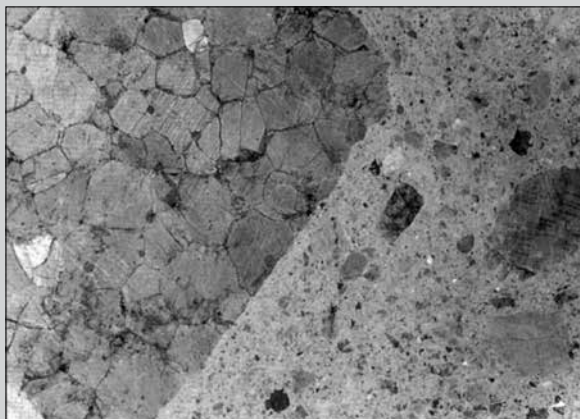
Ostatnie kilka tygodni było bardzo interesujących dla osoby, która szukała starych meteorytów przez ostatnie 31 lat. Możliwość usłyszenia i zobaczenia obłoku, uświadomienia sobie, że był to spadek niemal na moje podwórze i możliwości wyjścia i znalezienia świeżych meteorytów, to jeden z najwspanialszych momentów mojego życia.

W niedzielę, 7 lutego 1999 roku znalazłem mój dwusetny meteoryt. Wśród moich znalezisk jest około 125 różnych meteorytów.



Galeria

Pena Blanca Spring. Spadł w 1946 roku. Achondryt, aubryt. Pozazdrościć. Fot. Martin Horejsi.



Seminarium na temat małych planet

Richard Kowalski

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Naukowcy są obecnie niemal pewni, że zagłada dinozaurów 65 milionów lat temu była spowodowana w znacznym stopniu przez planetoidę, która uderzyła w miejsce, które dziś nosi nazwę Chicxulub, na półwyspie Yucatan w Meksyku. Ludzie są pierwszymi istotami, które rozwinęły się na tej planecie, mogącymi zrozumieć to nieustanne zagrożenie, a my jesteśmy pierwszym pokoleniem, które rzeczywiście ma sposoby poszukiwania tych ewentualnych pocisków i w razie ich znalezienia przygotowania rozsądnej obrony.

Astronomia jest jedną z niewielu dziedzin nauki, gdzie amatorzy mogą wnieść znaczący wkład, a dzisiejsi podwórkowi obserwatorzy wyposażeni w CCD stanowią znaczne bogactwo, które zbyt wielu zawodowców lekceważy. Jest jednak grupa profesjonalistów, zainteresowanych obiektami zbliżającymi się do Ziemi (NEO), która wykorzystuje zapal amatorów w stopniu, w jakim niewielu zawodowych astronomów czyni to w innych dziedzinach. Miłośnik astronomii jest ważną i nieodłączną częścią programów poszukiwania NEO.

Obecnie jest tylko garstka czynnych programów poszukiwania NEO i niemal wszystkie są zlokalizowane w Stanach Zjednoczonych. LINEAR jest operacją pseudowojskową i jest największym z tych programów obejmującym ogromny obszar nieba. Wszystkie te programy mają jedną wadę. Poświęcają cały czas na poszukiwanie NEO, które mogą ewentualnie uderzyć w Ziemię, ale niestety nie mogą udostępnić czasu teleskopowego na śledzenie swych własnych odkryć. Miłośnik wyposażony w średniej wielkości teleskop i CCD może obecnie uzyskać obrazy obiektów tak słabych, że do uzyskania ich obrazu w epoce fotografii potrzebny był 5-metrowy teleskop na Mt. Palomar. Około 100 tych zaawansowanych miłośników z całego świata asystuje profesjonalnym programom poszuki-

wawczym, prowadząc regularne obserwacje astrometryczne tych nowo odkrytych obiektów. W rzeczywistości ogromna większość obserwacji NEO i planetoid głównego pasa, po ich odkryciu, jest wykonywana przez tych miłośników astrometrii.

W czerwcu 1998 roku zapoczątkowałem Listę Dyskusyjną Małych Planet (MPML), która jest w zasadzie nieustanną, otwartą i czasem dość specjalistyczną dyskusją na temat natury tych ciał oraz technicznych porad i wskazówek dla obserwatorów planetoid i komet. Ta elektroniczna lista dyskusyjna przyciągnęła prawie 300 badaczy pracujących w dziedzinie małych planet. Uczestniczą w niej zarówno etatowi, jak i nieetatowi astronomowie, twórcy programów komputerowych oraz większość zespołów poszukujących NEO. W październiku 1998 roku jeden z miłośników zaproponował, aby zorganizować spotkanie amatorskich i zawodowych badaczy. Amatorsko-Zawodowe Seminarium Małych Planet (MPAPW99), które odbyło się w Obserwatorium Lowella we Flagstaff w Arizonie 23 i 24 kwietnia 1999 roku, zakończyło się sukcesem.

Podczas wstępnych dyskusji na temat zorganizowania takiego spotkania zaproponowano mi stanowisko przewodniczącego komitetu organizacyjnego, na co się zgodziłem. W skład komitetu weszli: dr Edward Bowell z Obserwatorium Lowella i dr Alan Harris z Jet Propulsion Laboratory w Pasadenie. Obaj od kilkudziesięciu lat byli zaangażowani w badania małych planet. Dla równowagi, ze strony amatorów został zaproszony do komitetu organizacyjnego dr Paul Comba z Prescott w Arizonie.

Amerykańscy miłośnicy astronomii są uprzywilejowani przez dobrą pogodę, dobre teleskopy i wiedzę techniczną, ale rzadko wielu z nich robi obserwacje użyteczne dla nauki. Włoscy i japońscy miłośnicy od dawna uczestniczyli w zbieraniu danych i współpracy z zawodowymi kolegami. Organizowali już nawet podobne

spotkania w przeszłości. MPAPW99 było pierwszym takim spotkaniem w USA i sądząc po reakcji, takie spotkanie w USA było mocno spóźnione.

MPAPW99 odbywało się na przepięknym Wzgórzu Marsowym górującym nad Flagstaff. Na seminarium przybyło 106 osób; 27 przygotowało ustne wystąpienia, a 14 zaprezentowało plakaty. Ogłoszeń o seminarium ukazało się niewiele, ale już po kilku tygodniach musieliśmy zamknąć rejestrację, bo zgłoszeń było zbyt wiele. Ponieważ zagrożenie zderzeniem dotyczy całego świata i ponieważ miłośnicy astrometrii żyją na całym świecie, uznaliśmy za ważny udział miłośników spoza USA. Dzięki szczodrym grantom z NASA/JPL, SKY&Telescope, The Planetary Society i Meteor Crater company, organizatorzy MPAPW99 mogli pokryć koszty podróży wielu uczestników. Wśród nich znaleźli się obserwatorzy i astronomowie z Australii, Kanady, Czech, Francji, Izraela, Włoch, Japonii i Słowenii.

Miłośnicy przygotowali ponad 2/3 prezentacji na seminarium oraz opisali swe aktualne i planowane programy. Prezentacje dotyczyły najróżniejszych tematów, od nauczycieli, którzy włączają astronomię do swych lekcji i, do przyrządów projektowanych i konstruowanych przez amatorów do prowadzenia poszukiwań NEO. Ze względu na ograniczoną ilość miejsca nie mogę omówić każdej prezentacji, ale spróbuję opisać kilka ważniejszych.

Roy Tucker z Tucson w Arizonie jest jednym z kilku amatorów pracujących obecnie, którzy odkryli NEO. Dotąd zawdzięczamy mu łącznie 3 odkrycia. Proponował on skonstruowanie przyrządu do postępującego skanowania, który pozwalałby na obserwowanie pasa nieba przez całą noc, przy czym obserwacje byłyby w odstępach 15 do 30 minut. Ponieważ projekt tego przyrządu pozwala zbudować go stosunkowo niewielkim kosztem, można zbudować sporo takich przyrządów i rozmieścić

w wielu miejscach. Metoda postępującego skanowania wykorzystana w układzie Tuckera jest taką samą, jak wykorzystywana w programie straży kosmicznej na Kitt Peak, ale inną niż „Stare-Mode” wykorzystywana przez LINEAR i LONEOS. Metodę tę można najbardziej efektywnie wykorzystywać, skanując równikowe obszary nieba. Jeśli rozmieści się pewną liczbę „trójstrzałowców”, jak nazywa je Tucker, tak że obejmą one cały obszar równikowy, to pozwoli zawodowcom wykorzystującym „Stare-Mode” skoncentrować się na biegunowych obszarach nieba. Podczas gdy „Stare-Mode” działa dobrze na całym niebie, metoda postępującego skanowania działa najlepiej do 45 stopni od równika niebieskiego. Jeśli projekt i plan Tuckera zostaną zaakceptowane, ta mieszanka przyrządów badawczych umożliwi przeszukiwanie nieba w sposób znacznie szybszy i bardziej ekonomiczny.

Miłośnicy astronomii byli zaangażowani w odkrywanie małych planet i ich badanie przez cały czas od chwili odkrycia pierwszej z nich. Przez cały XIX wiek amatorzy dokonali większości odkryć i innych obserwacji. Przez większą część XX wieku miłośnicy nie mogli uczestniczyć w badaniach, ponieważ byli ograniczeni wielkością posiadanych teleskopów. Sytuację zmieniło CCD i dzisiejsi miłośnicy znów mogą odkrywać własne globy. Liderem w amatorskich odkryciach jest cały czas dr Paul Comba z Prescott w Arizonie. Obecnie ma on na koncie ponad 550 odkryć, a ponad 18 z nich otrzymało stałe numery. Najbardziej zdumiewa to, że Paul zaczął aktywne polowanie na małe planety dopiero niewiele ponad 3, lata temu.

Paul przedstawił 5 powodów, dla których ma taką wydajność. Są to:

- 1) emerytura i dobre zdrowie
- 2) duży teleskop
- 3) duże FOV
- 4) dobra arizońska pogoda
- 5) (975) Preseverantia.

Brian Warner z Colorado Springs w stanie Colorado omówił swój nowy program automatycznej fotometrii małych planet. Brian wykorzystuje dostępny w handlu, sterowany komputerem teleskop i kamerę CCD. Przy pomocy tego zestawu Brian może otrzymać fotometryczne obserwacje automatycznie. Dzięki programowi

komputer może skierować teleskop na wybrany obiekt, rejestrować obiekt dostatecznie długo, aby otrzymać wysoki stosunek sygnału do szumu, a potem przenieść teleskop na pole zawierające gwiazdy standardowe. To pozwala Brianowi spać i otrzymywać użyteczne dane.

Petr Pravec z Ondřejova w Czechach omawiał dość mamy stan ocen jasności dokonywanych obecnie przez miłośników astrometrii. Występują różnice w pomiarach, które do pewnego stopnia są spowodowane użytymi detektorami. Fakt, że większość obserwacji astrometrycznych jest robiona bez korekcji na płaskie pole, jeszcze bardziej zmniejsza dokładność, ale podstawowym powodem niezgodności jest to, że większość używanych katalogów astrometrycznych różni się nawet o całą wielkość gwiazdową.

Pravec, który pracuje w Minor Planet Center, formułuje indywidualne korekcje dla każdego z aktywnych miejsc astrometrycznych.

Dr Alan Harris omawiał znaczenie fotometrii małych planet dla otrzymywania krzywych jasności tych ciał. Istnieją setki stosunkowo jasnych małych planet, dla których mamy niewiele danych lub nie mamy ich wcale i staranny miłośnik może dokonać istotnego wkładu w tej dziedzinie. Stwierdzamy, że wewnętrzna budowa wielu większych małych planet może być monolityczna lub utrzymywana w całości dzięki strukturalnej wytrzymałości. Większe ciała, które obracają się wolniej, mogą być monolityczne lub mieć wewnętrzną strukturę podobną do sterty gruzu. Takie sterty gruzu są utrzymywane w całości przez wzajemne przyciąganie. Dr Harris przedstawił wykres tempa rotacji zależnie od średnicy. Jak dotąd znaleziono tylko jedną małą planetę wirującą tak szybko, że musi ona być monolityczną. Jakakolwiek przyszła próba zepchnięcia małej planety z kolizyjnego kursu z Ziemią wymaga lepszej znajomości stosunku populacji planetoid monolitycznych do stert gruzu. Wraz z rozpoczęciem dla miłośników astronomii ery programów typu „wskaz i kliknij” można powiedzieć, że wkrótce nastąpi rewolucja w fotometrii tak samo, jak „wskaz i kliknij” zrewolucjonizowało astrometrię w ostatnich kilku latach.

Seminarium nie ograniczało się tylko do dyskusji naukowych; było

także okazją do kontaktów towarzyskich. Przed rozpoczęciem seminarium, w rotundzie Slipper Building w obserwatorium odbył się wieczorek zapoznawczy. Starzy przyjaciele mogli znów się zobaczyć, a „elektroniczni” przyjaciele mieli w końcu szansę spotkać się twarzą w twarz. Pod ścianą rotundy wystawione były rozmaite historyczne instrumenty, a najbardziej historycznym z nich był komparator błyskowy Zeissa, którego używał Clyde Tombaugh do odkrycia Plutona w 1930 roku. W komparatorze znajdowały się kopie płyt, na których odkryto Plutona i gości zapraszano, aby sami spróbowali „pobłyskać”. Choć Pluton był wyraźnie zaznaczony linią na płycie, jego wypatrzenie było prawie niemożliwe. Każdy, kto próbował szukać, był zdumiony, że Clyde rzeczywiście w ten sposób odkrył Plutona.

Emocjonująca była także możliwość spotkania kilku „wielkich nazwisk” zajmujących się badaniem małych planet. Dr Donald Yeomans z JPL, dr Brian Marsden, dyrektor Minor Planet Center i dobrze znany miłośnik David Levy byli zwykle otoczeni wianuszkami ludzi zadających pytania podczas przerw w seminarium.

W rotundzie uczestnicy spotkali się także na obiedzie na zakończenie pierwszego dnia. Podczas obiadu usiadłem obok dr Paula Weismanna, który jest szefem naukowym JPL. Weismann zajmuje się misją ROSETTA, która ma przelecieć w 2006 roku obok planety idy Otawara. Wyobraźcie sobie jego zaskoczenie (i moje), gdy okazało się, że dokładnie naprzeciw nas siedzi przy stole japoński miłośnik Otawara, którego nazwisko nosi ta planetoida.

Rzeczywiście ci, których nazwiskami ochrzczono ciała niebieskie, tworzyli na MPAPW99 sporą grupę. Na identyfikatorach noszonych przez uczestników widniały nie tylko ich nazwiska i nazwy obserwatoriów, które reprezentowali, ale w przypadku tych, których uhonorowano nadaniem ich nazwisk planetoidom, także nazwy i numery planetoid. Na zakończenie obiadu wzniesiono toasty za tych, którzy ostatnio zostali „nagrodzeni własnymi globami” i za uczestników seminarium.

dokończenie na str. 23

Obserwowanie i odkrywanie planetoid: doświadczenie jednej osoby

Paul G. Comba

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 3. Copyright © 1999 Pallasite Press)

Pierwszą planetoidę obserwowałem w 1976 roku po przeczytaniu w „Sky & Telescope”, że 6 Hebe będzie przechodzić na tle gromady gwiazd Praesepe. W owym czasie powracałem właśnie do astronomii. Niebo fascynowało mnie od dziecka; jako nastolatek byłem aktywnym miłośnikiem astronomii i poważnie myślałem o zostaniu astronomem. Potem jednak moje życie poszło inną drogą i astronomia przez wiele lat pozostawała w uspieniu. Teraz zacząłem ponownie obserwować niebo i postanowiłem rozpocząć skromnie od niedużej lunety.

Podobnie jak wielu miłośników zaplanowałem obejrzenie wszystkich obiektów z katalogu Messiera, ale wkrótce uświadomiłem sobie, że przez mały teleskop, na niebie oglądanym z podmiejskiej okolicy, większość tych obiektów wygląda tylko jak małe, białe plamki. Stwierdziłem, że znacznie ciekawsze będzie obserwowanie i rejestrowanie wędrowki Hebe na tle gromady Praesepe.

Wkrótce potem zapoznałem się z „Tonighfs Asteroid”, pisemkiem zawierającym mapki do odnajdywania jaśniejszych planetoid. Korzystając z tych mapek, zaobserwowałem przez 15-cm refraktor • około 60 moich pierwszych planetoid. Wtedy już wpadłem całkowicie. Musiałem zdobyć większy teleskop, atlasy nieba, kalendarze astronomiczne i efemerydy. Prowadziłem własne rejestry trajektorii planetoid i wkrótce moja kolekcja planetoid liczyła ich setki.

Z czasem zapragnąłem, aby moje obserwacje zyskały jakieś znaczenie naukowe. Stało się to możliwe, gdy przeszedłem na emeryturę, przeprowadziłem się do Arizony i zająłem się astrofotografią. Fotografia znacznie zwiększyła zakres obiektów, które mogłem obserwować, aż do odległej planetoidy 5145 Pholus o jasności 17 magnitudo. Co ważniejsze,

otworzyła mi drzwi do astrometrii.

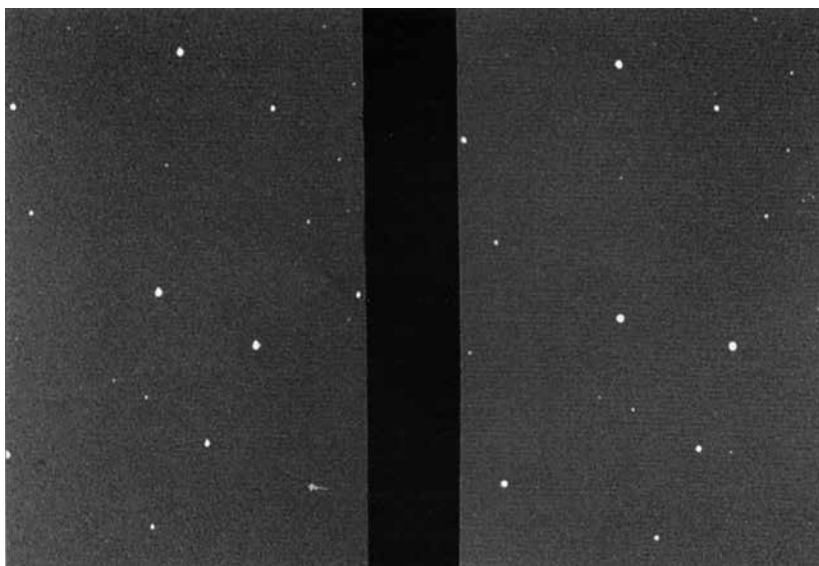
Astrometria zajmuje się pomiarami bardzo dokładnych pomiarów położenia przemieszczających się ciał niebieskich w danych momentach czasu. Wymaga to zrobienia zdjęcia lub rysunku obiektu i kilku sąsiednich gwiazd porównania. Położenia obiektu i gwiazd porównania na zdjęciu są następnie bardzo dokładnie mierzone, a współrzędne gwiazd porównania bierze się z katalogu gwiazd. Dane te wprowadza się do programu komputerowego, który oblicza współrzędne obserwowanego obiektu.

Celem astrometrii planetoid jest obliczanie orbit tych ciał, tak aby można było dokładnie przewidzieć ich położenia w przyszłości. Jest to szczególnie interesujące w przypadku obiektów, których orbity mogą przynieść je nieprzyjemnie blisko Ziemi. Obecnie znamy ponad 10000 ponumerowanych planetoid, których orbity są dobrze znane, i dziesiątki tysięcy nie ponumerowanych, których orbity znamy słabo, że nie wspomnę o setkach tysięcy, które

jeszcze nie zostały odkryte. Istnieje więc duża potrzeba obserwacji astrometrycznych. Obserwacje te są dostarczane do Minor Planet Center (MPC — Ośrodek Małych Planet) w Cambridge, w stanie Massachusetts, który publikuje je w „Minor Planet Circular”.

Gdy miłośnik astronomii po raz pierwszy dostarczy serię dokładnych obserwacji astrometrycznych, MPC nadaje numeryczny kod miejscowości lub obserwatorium, gdzie obserwacje były robione (w moim przypadku 684 Prescott). Jest to dowód uznania, że obserwator jest zdolny robić poważne obserwacje godne przechowywania w rejestrach.

Pierwsze moje obserwacje astrometryczne były robione fotograficznie: powiększone odbitki umieszczałem w skanerze i robiłem pomiary na ekranie komputera. Po krótkim okresie nauki byłem w stanie wysyłać do MPC około 16 astrometrycznych obserwacji każdego miesiąca. Najpierw, koncentrowałem się na ponumerowanych planetoidach: ponieważ ich orbity są dobrze znane,



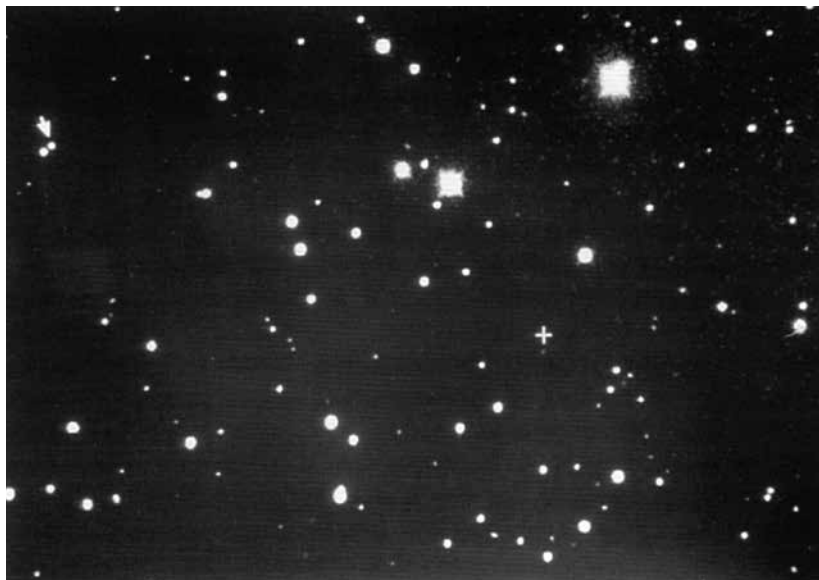
Obserwacja planetoidy. Na dwóch zdjęciach zrobionych w odstępie 69 minut widoczna jest 6 Hebe (jasny obiekt blisko środka). Slajdy wydrukowano odwrócone, tak że obiekt przemieszcza się w lewo. Najślabsze gwiazdy mają jasność 15^m. Zdjęcie zrobiono Celestronem 11, f/10.

mogłem sprawdzić dokładność moich pomiarów.

Gdy moja pewność siebie wzrosła, zająłem się nie ponumerowanymi planetoidami, gdzie obserwacje astrometryczne są najbardziej potrzebne. Ten program realizowałem przez półtora roku i w tym czasie miałem przyjemność odkrycia mojej pierwszej planetoidy. Obiekt ten otrzymał tymczasowe oznaczenie 1995 ON, a później dostał stały numer i nazwę: 8407 Houlahan.

Moja metoda pomiarów była jednak powolna i wymagająca cierpliwości. Stało się więc oczywiste, że jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie techniki CCD. Oznaczało to kolejną zmianę, która okazała się pełna niespodzianek. Gdy w końcu miałem już kamerę CCD ST-8 podłączoną do 45-cm f/4,5 reflektora i wszelkie niezbędne oprogramowanie zainstalowane w komputerze, patrzyłem na pierwszych kilka obrazów i czułem, że stał się cud. Czułość tego sprzętu była wprost zdumiewająca. Zaskakiwała także łatwość, z jaką można było obrazy porównywać, mierzyć i manipulować nimi. Moje podniecenie wzrosło, gdy na pierwszej parze obrazów, które porównywałem, odkryłem nową planetoidę, 1996 FP3 (noszącą teraz numer 10181). Ten pamiętny dzień nastąpił wkrótce po moich 70 urodzinach.

Zaplanowałem kontynuowanie programu obserwowania znanych planetoid, ale wkrótce okazało się, że odkrywam coraz więcej nowych i postanowiłem skoncentrować się na ich obserwowaniu. Jeśli nowy obiekt



Zdjęcie ekranu monitora komputerowego. Planetoida 1997 ET (jasność 18,7", nad nią znak +) została odkryta poprzedniej nocy i była obserwowana. Podczas obserwacji odkryto nowy obiekt 1997 EY (jasność 16,8", strzałka). 1997ET „porzuciłem” wtedy i zająłem się śledzeniem 1997 EY, który stał się moją pierwszą numerowaną planetoidą (7684). Obraz uzyskano kamerą CCD ST-8 dołączoną do reflektora 45 cm.

jest obserwowany przez co najmniej 50 dni, zanim znajdzie się zbyt blisko Słońca, to jest duża szansa, że uda się go odnaleźć, gdy pojawi się znowu przy kolejnej opozycji. Po zaobserwowaniu podczas dwóch kolejnych opozycji jest mało prawdopodobne, aby ten obiekt został zgubiony. Zwykle jednak musi być obserwowany podczas przynajmniej czterech opozycji, zanim uda się obliczyć jego orbitę z wystarczającą dokładnością, aby MPC nadał mu numer.

Minęły dopiero trzy lata, odkąd zacząłem wykorzystywać mój sprzęt CCD i wciąż jestem zdumiony potęgą tej techniki i tym, co pozwala mi ona robić. Odkryłem 554 planetoidy;

mniej więcej połowę z nich podczas zaplanowanych poszukiwań, a drugą połowę podczas obserwowania innych obiektów. Z tych odkryć 23 zostały już ponumerowane, 98 było obserwowanych podczas dwóch i więcej opozycji, a 60 było obserwowanych przez co najmniej 50 dni. Ogółem zrobiłem prawie 8000 obserwacji astrometrycznych (większość z dokładnością do pół sekundy łuku), obejmujących także niektóre obiekty poza Neptunem słabsze niż 21 wielkość gwiazdowa.

Moje dziecięce marzenie zostania astronomem spełniło się.

Prescott, Arizona, U.S.A.

comba@northlink.com

mw

dokończenie ze str. 21

Potem tym, którzy mieli na to ochotę, pozwolono spojrzeć na Księżyc i Marsa przez 24-calowy refraktor Percivala Lowella. Chociaż tylko kilka nocy brakowało do opozycji, na rdzawej tarczy, z powodu złego seeingu, niewiele było widać szczegółów. Mimo wszystko obserwowanie Marsa przez tak dostojny teleskop wywoływało wzruszenie.

Niestety zła pogoda, która uniemożliwiała zobaczenie szczegółów na Marsie, niemal codziennie podczas seminarium przynosiła także opady śniegu. Z powodu złej pogody odwołano planowaną wycieczkę do teleskopu LONEOS.

Ostatnie ważne wydarzenie towarzyskie podczas seminarium nastąpiło dzień po jego zakończeniu. Około 30 uczestników wyjechało 65 kilometrów na wschód, by odwiedzić Krater Meteorowy. Około 50 000 lat temu meteoroid żelazny wielkości domu uderzył w płaskowyż arizoński i wytworzył ten dół w Ziemi. Dziś krater ma ponad kilometr średnicy i blisko dwieście metrów głębokości. Jak wiadomo czytelnikom, jest to najlepiej zachowany krater uderzeniowy na Ziemi. Chociaż uczestnicy MPAPW99 wiele się nauczyli, a większość wyraźnie dobrze się bawiła, to przy oglądaniu tego miejsca zderzenia dotarła do nas powaga pracy, którą wykonujemy.

Niemal każdy zgodził się, że MPAPW99 było dla uczestników znakomitą okazją do powiększenia wiedzy i umocnienia współpracy i przyjaźni. Zgodzono się też, że to seminarium było mocno spóźnione i coroczne spotkania są nie tylko świetnym pomysłem, ale koniecznością, by zapewnić długofalowy wzrost naszej społeczności.

Uczestnicy Listy Dyskusyjnej Małych Planet pracują obecnie nad następnym Amatorsko-Zawodowym Seminarium Małych Planet w roku 2000. Zapowiada się, że będzie ono jeszcze lepsze niż pierwsze.

mw

Spytaj geologa

Publikacja z kwartalnika *Meteorite!* Vol. 5 No. 3.
Copyright © 1999 Pallasite Press

1. *Dlaczego geochemicy używają zawsze stosunków pierwiastków przy badaniu składu chemicznego meteorytów, a nie procentowej zawartości wagowej lub objętościowej (Co oznacza stosunek FeO do Fe).*

Procentowe zawartości wagowe i objętościowe można podawać przy opisywaniu poszczególnych meteorytów, aby scharakteryzować znalezisko. Geochemicy są jednak bardziej zainteresowani procesami, które doprowadziły do końcowego składu. Podczas reakcji chemicznych zachodzi redystrybucja zgodnie z właściwościami różnych pierwiastków. To rozparcelowanie najlepiej pokazać, dzieląc procent wagowy interesującego nas pierwiastka przez wagową zawartość wybranego pierwiastka porównania, takiego jak krzem, żelazo (lub inne, czy nawet grupy pierwiastków); inaczej mówiąc „normalizujemy” wartości względem tego pierwiastka. Sposób ten pozwala uwypuklić lub osłabić wpływ takich procesów, jak częściowe topnienie, frakcjonowanie, mieszanie, utlenianie i inne, co pozwala na wyizolowanie pojedynczego efektu, który chcemy zbadać. Możemy ocenić, jak daleko zaszły reakcje chemiczne.

Metoda ta pozwala także na dokonywanie porównań różnych meteorytów. Możemy powiedzieć, czy dany meteoryt jest wzbogacony, czy zubożony w jakiś pierwiastek w porównaniu z innym meteorytem i możemy poszukać przyczyn tych różnic. Analizy chemiczne, szczególnie dotyczące pierwiastków śladowych, są często normalizowane do składu chondrytowego, aby pokazać, na ile skała uległa ewolucji od tej pierwotnej sytuacji. Często bardzo interesujące jest określenie różnych stanów żelaza w meteorycie. Szczególnie znaczenie ma proces utleniania lub wchodzenia tlenu w stop z żelazem. Pożyteczne jest więc zmierzenie zawartości tlenu żelaza (FeO) w stosunku do żelaza metalicznego (Fe).

2. *Co oznacza lotność tlenu?*

Aby ocenić, na ile ważny jest jakiś pierwiastek dla przebiegu pewnej reakcji chemicznej, patrzymy na jego potencjał chemiczny, który jest funkcją energii, jaką może on wnieść do reakcji, oraz ciśnienia i temperatury otoczenia. Obliczenia potencjału chemicz-

nego zakładają jednak idealne zachowanie się uczestniczących w reakcji roztworów i gazów. W rzeczywistych substancjach takie zachowanie jest możliwe tylko przy bardzo niskich ciśnieniach. Aby uwzględnić to dla gazów, G. N. Lewis zaproponował bardziej realistyczną funkcję, którą nazwał „lotnością”, oznaczającą zdolność rzeczywistego gazu do ucieczki z roztworu.

Lotność gazu jest określana przez pomiar objętości gazu przy różnych kombinacjach ciśnienia i temperatury. Jeśli mamy sytuację wysokiej lotności tlenu, to jest to dobra sposobność do zachodzenia reakcji z tlenem. Na przykład stwierdzono, że bazalty na powierzchni Księżyca krystalizowały w warunkach bardzo redukujących w przeciwieństwie do bazaltów ziemskich, które są znacznie bardziej utlenione. Gdy zmierzono lotność tlenu, okazało się odpowiednio, że w przypadku bazaltów księżycowych była ona cztery do ośmiu rzędów wielkości mniejsza niż w przypadku bazaltów ziemskich. W przypadku roztworów „aktywność” jest funkcją analogiczną do „lotności”. Warto jednak zauważyć, że lotność można także przypisywać roztworom i ciałom stałym, ponieważ zawsze emitują one pewne ilości gazu.

3. *Czy piroksen może powstawać z oliwinu i odwrotnie?*

Odpowiedź brzmi „tak”. Nie jest to jednak proste przekształcenie z jednego do drugiego. Oba minerały składają się z pierwiastków żelazowo magnezowych oraz glinokrzemianów. W oliwinie przypada więcej jonów żelazowo magnezowych na jon glinokrzemianowy niż w piroksenie. Aby przekształcić się w piroksen, oliwin musi wydalić nadmiar glinokrzemianu ze skaleni do sąsiadującej z nim części skały. Zachodzi to z reguły w najbardziej zmetamorfizowanych skałach, granulitach, gdzie temperatury są tak wysokie, że w izolowanych miejscach występuje topnienie. Typowa reakcja polega na łączeniu się oliwinu z plagioklazem w wyniku czego powstają dwa rodzaje piroksenu i kwarc. Część oliwinu może także łączyć się z plagioklazem, tworząc granaty. Podczas tworzenia się eklogitów, innego typu silnie zmetamorfizowanych skał powstających pod wysokim ciśnieniem z maficznej materii wyjściowej, także zachodzi przekształcanie oliwinu w piroksen.

Przekształcenia takie możemy także obserwować, gdy patrzymy na materię, schodząc w głąb ziemskiego płaszcza, który składa się ze skał ultramaficznych. Typowym przykładem są lherzolity składające się w przeważającej części z oliwinu. W miarę wzrostu głębokości plagioklaz i oliwin przekształca się w dwa rodzaje piroksenu i spinel. Jeszcze głębiej jeden z piroksenów i spinel łączą się, tworząc oliwin i granat.

II piknik meteorytowy

Zapowiedź w poprzednim „Meteorycie” sprawiła, że tym razem do Rudnika Wielkiego przybyło więcej kolekcjonerów. Przy wjeździe do Rudnika witała ich kartka „II piknik meteorytowy” ze strzałką wskazującą kierunek. Kolejna kartka wisiła przy posiadłości Pacerów, gdzie witali wszystkich gospodarze: Ela i Grzegorz. W sobotę, 28 sierpnia, zebrali się tam: Jarosław Bandurowski, Robert Borzęcki, Janusz Burchard, Tomasz Celeban, Marcin Cimała, Michał Gregorczyk, Stanisław Jachymek, Andrzej Kotowiecki, Kazimierz Mazurek, Krzysztof Socha, Jerzy Strzeja, Paweł Żochowski i niżej podpisany. Wymieniłem tylko kolekcjonerów licząc na wyrozumiałość pominiętych osób towarzyszących.

Tradycyjnie dopisała pogoda; chwilami żałowano nawet, że gospodarz nie zbudował basenu w ogrodzie. Nie brakowało napojów i rozmaitych smakołyków. Ci, którzy byli w zeszłym roku, byli natomiast trochę zawiedzeni znacznie skromniejszą ofertą

meteorytów, którą dodatkowo zubożyli bardziej zapobiegliwi kolekcjonerzy przyjeżdżając dzień wcześniej i wykupując rarytasy. Tak znikła z oczu prześliczna płytka diogenitu Johnstown.

Na ogrodowym stole królowały meteoryty żelazne: Gibeon, Canyon Diablo, Toluca, Mundrabilla, Henbury. Za sprawą Krzysztofa Sochy pojawił się też Morasko. Z meteorytów kamiennych były Gao-Guenie, Juancheng, Tenham, Allende, Murchison i jeden okaz Pułtusza, który dość szybko zniknął. Na nabywców nie czekały długo ładne i niezbyt drogie okazy pallasytu Huckitta. Kusily małe fragmenty Zagami, ale za cenę raczej astronomiczną. Atrakcją była duża pięćka eukrytu Millbillillie.

Wszyscy wyrazili chęć spotkania się na kolejnym pikniku w roku 2000. Tym razem prawdopodobnie odbędzie się on pod koniec czerwca.

Andrzej S. Pilski

XV wystawa i giełda minerałów INTERSTONE, 9–10 października, Łódzka Hala Sportowa, Aleja Politechniki, Łódź. Wybieram się tam z meteorytami. Zapraszam. Andrzej S. Pilski