BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 1 (29) Marzec 1999

30-lecie meteorytu Allende

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.

Od redaktora:

Ósmy rok wydawania „Meteorytu" rozpoczął się pechowo. Źródło większości materiałów, czyli kwartalnik „Meteorite!", gdzieś „wsiąkło". Mijały tygodnie, a wysłany pod koniec stycznia egzemplarz wędrował po świecie, lub, co bardziej prawdopodobne, leżał w jakimś porcie lotniczym. Okazało się bowiem, że zapodziały się także egzemplarze wysłane do Niemiec. Wreszcie, gdy Joel Schiff gotów już był wysyłać drugi egzemplarz, ten pierwszy dotarł po ponad miesięcznej podróży.

Aby zmniejszyć opóźnienie „Meteorytu" rozważałem już wykorzystanie części materiałów, które nie zmieściły się w poprzednich numerach. Skończyło się jednak tylko na opowieści o meteorycie Odessa i to z innej przyczyny. Trochę niespodziewanie przybył na wcześniejszą niż zwykle giełdę minerałów w Warszawie Gregor Pacer. Okazy Odessy miał już wcześniej, ale tyle było ciekawszych meteorytów. Tym razem postanowiłem zdobyć dla naszych kolekcjonerów kilka niedużych okazów, jako materiał ilustracyjny do artykułu.

Od nowego roku znika z „Meteorytu" sklepik. Zaopatrywanie w meteoryty przejmuje firma „ASPMET". Jej ofertę można otrzymać zwracając się pod adres podany wewnątrz numeru, albo zaglądając na gościnne strony http://www.minerals.inpoland.com. Oprócz Odessy nowością w ofercie są płytki chondrytu Gao-Guenie.

Zgodnie z zapowiedzią głównym tematem jest chondryt węglisty Allende, którego deszcz spadł 30 lat temu powodując gwałtowny spadek cen tego typu meteorytu. Dziś na chondryt CV3 stać nawet naszych kolekcjonerów, co 30 lat temu było nie do pomyślenia. Znacznie ważniejsza stała się obfitość materiału do badań, co zaowocowało szeregiem sensacyjnych odkryć, że wspomnę tylko o diamentach. Okładkę zdobi środkowa część plakatu, który przygotował z okazji rocznicy Michael Buckler z Niemiec. Cały plakat można obejrzeć w Olsztyńskim Planetarium, albo zafundować sobie za pośrednictwem firmy „ASPMET". Niestety trochę kosztuje.

Nie wiadomo kiedy minęły dwa lata i pora znów spotkać się na VIII Seminarium Meteorowo-Meteorytowym. Tym razem odbędzie się ono w Pułtusku i Wyszkowie 24 i 25 kwietnia. Jednym z tematów będzie oczywiście meteoryt Pułtusk. Więcej o seminarium wewnątrz numeru.

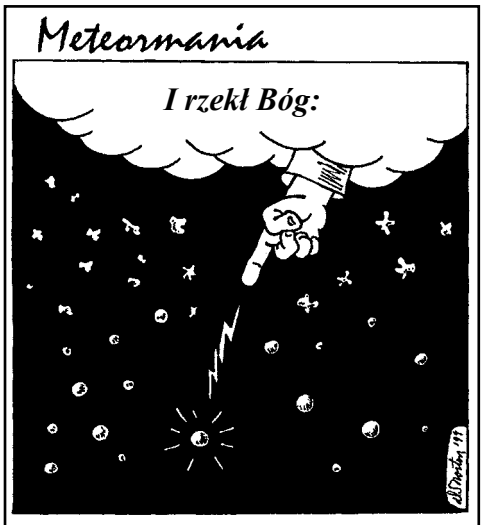
Andrzej S. Pilski

Subscribe to *Meteorite!*

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

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

www.meteor.co.nz



„Niech staną się chondry."

Rysunek z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 1. Copyright © 1999 Pallasite Press

Allende

– król chondrytów węglistych CV3

O. Richard Norton

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

Deszcz meteorytów Allende sprawił, że do badań i dla kolekcjonerów stało się dostępnych więcej chondrytów CV niż wszystkich innych chondrytów weglistych razem wziętych. Allende jest najintensywniej badanym chondrytem węglistym w historii. Dobrym sposobem badania jest porównanie chondrytów CV z innymi podtypami chondrytów węglistych. Spadki chondrytów CV zdarzają się znacznie rzadziej niż chondrytów CM. Stanowią tylko 20% chondrytów węglistych. W porownaniu z CI i CM chondryty CV mają znacznie większą gęstość (3,5 g/cm^3), zbliżoną do gęstości chondrytów zwyczajnych. Ciasto skalne jest znacznie bardziej zwarte (mniej porowate), a zawartość wody jest mniejsza niż 2% wagowo. Wnętrze jest w ogóle odmienne od chondrytów CI i CM. Ciasto skalne ma odcień szary, a nie czarny i zawiera obfitość dużych, wyraźnie widocznych chondr, co kwalifikuje chondryty CV w ogóle, a Allende w szczególności, do typu petrograficznego 3. W cieście skalnym znajdują się także duże, o nieregularnych kształtach, białe wrostki ogniotrwałych minerałów o wysokiej zawartości wapnia, glinu i tytanu, nazywane CAI. Wykorzystując Allende, jako typowego przedstawiciela (rzeczywistym prototypem jest Vigarano CV3) przyjrzyjmy się trzem głównym składnikom chondrytów CV3: ciastu skalnemu; chondrom; CAI i innym wrostkom.

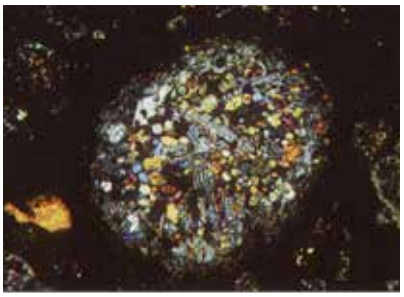
Ciasto skalne

Allende ma objętościowo ok. 60% ciasta skalnego, dość dużo w porównaniu z innymi CV3, w których średnia zawartość wynosi ok. 42%. Chociaż na powierzchni przekroju ciasto wydaje się szare, w płytce cienkiej jest czarne i nieprzezroczyste. Składniki nieprzezroczyste to troilit (FeS), pentlandyt [$(Fe,Ni)_9S_8$] i małe ziarenka bogatego w nikiel metalu taenitu (lub awaruitu Ni_3Fe). Obrazy o wysokiej rozdzielczości z mikroskopu elektronowego płytek cienkich o grubości poniżej 0,01 mm pokazały jednorodne rozmieszczenie maleńkich, subhedralnych kryształków i okruchów oliwinu, dominującego krzemianu. Oliwin ten jest bogaty w żelazo, o zawartości fajalitu Fa_{50}. Często oliwin jest pokryty cienką warstwą nieprzezroczystej materii, której podstawowym składnikiem jest wegiel. Chondryty CV3 zawierają przeciętnie poniżej 1% węgla wagowo, ale w Allende jest go znacznie mniej, około 0,29%. Brak jest uwodnionych krzemianów i osadzonych przez wodę siarczanów i węglanów powszechnie występujących w CI i CM.

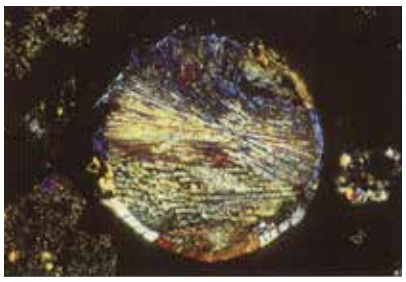
Chondry

Najbardziej charakterystyczna dla CV3 jest tekstura chondr. W podgrupie jako całości chondry stanowią średnio 44% objętościowo. W Allende jest ich mniej niż 30%. Chondry są duże, typowo między 0,5 a 2 mm. W niektórych fragmentach Allende widać chondry o średnicach przekraczających 4 i 5 mm, a rekord wynosi aż 25 mm! Najczęstszym typem chondr są ziarniste lub mikroporfirowe chondry oliwinowe. Składają się one z ciasno upakowanych euhedralnych i subhedralnych ziaren oliwinu o jednakowych rozmiarach. Niektóre zawierają słupki klinoenstatytu wykazujące polisyntetyczne zbliźniaczenia (rys. 1). Powszechnie są widoczne w tych chondrach nieprzezroczyste, zaokrąglone bąble metalu, siarczku żelaza i magnetytu. Oliwin w chondrach jest niemal czystym krzemianem magnezu (Fa_6), co stanowi ciekawy kontrast z oliwinem w cieście skalnym. Otaczają chondry obwodki ciemnej materii składającej się z serpentynu, produktu przeobrażenia działaniem wody, po którym następowała dehydratacja. Wymieszane z serpentynem są nieprzezroczyste FeS i $NiFe_2S$. Duże kryształy oliwinu często wykazują budowę pasową, przy czym zawartość żelaza wzrasta od środka ku brzegowi. Przejawia się to zwykle jako zmiana dwójłomności w poprzek kryształu.

Pasiaste chondry oliwinowe (BO) są w chondrytach CV3 dość rzadkie, ale w Allende często można znaleźć trochę efektownych w płytkach cienkich oglądanych przy skrzyżowanych polaroidach. Listewki kryształu mogą łączyć się z materią obwódki tworząc jeden kryształ, lub tworzyć kilka układów równoległych słupków o różnych orientacjach i barwach interferencyjnych. Wszystkie są osadzone w izotropowym szkliwie (rys. 2). Często



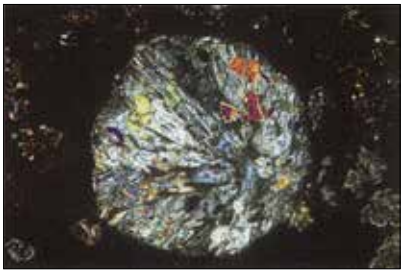
Rys. 1. Ziarnista chondra oliwinowa z subhedralnymi i euhedralnymi kryształami oliwinu i białymi listewkami klinoenstatytu o małej zawartości wapnia prezentującymi płaszczyzny polisyntetycznych zbliźniaczeń biegnące przez całą długość kryształu. W chondrze są rozproszone ciemne bąble magnetytu i troilitu. Chondrę otacza serpentyn. Allende CV3, XPL.



Rys. 2. Ta złożona pasiasta chondra oliwinowa ma kilka zestawów równoległych słupków zorientowanych w różnych płaszczyznach. Ostro ograniczona obwódka składa się z kryształów oliwinu stanowiących optyczną ciągłość z przylegającymi grupami słupków. Dwa amebokształtne skupienia oliwinu są widoczne z lewej. Allende CV3, XPL.

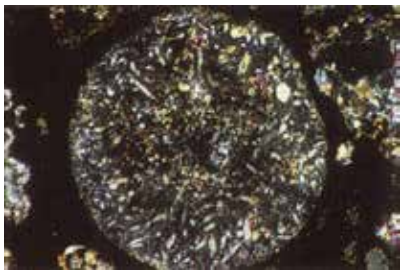
chondry BO otacza korona luźno upakowanych maleńkich kryształków oliwinu, które wydają się być związane z chondrą. Złożone chondry powszechnie występują w Allende i zwykle zawierają małą chondrę BO zamkniętą w ziarnistej chondrze oliwinowej.

Porfirowe chondry piroksenowe rzadziej występują w Allende niż chondry BO. Ich poszczególne kryształy są zwykle duże, ściśle upakowane i brak materii obwodki. Zwykle mają teksturę ekscentryczno promienistą, często z malutkimi ziarnami oliwinu rozproszonymi poikilitowo między listewkami piroksenu (rys. 3).



Rys. 3. Porfirowa chondra piroksenowa z listewkami klinoenstatytu rozchodzącymi się promieniście z ekscentrycznego punktu nukleacji. W klinoenstatycie widoczne są polisyntetyczne zbliźniaczenia. Rozproszone ziarna oliwinu są rozmieszczone poikilitowo między ziarnami piroksenu. Allende CV3, XPL.

Opisane dotąd chondry licznie występują także w chondrytach zwyczajnych. Są jednak w Allende i innych CV3 chondry, które występują tylko w chondrytach węglistych. Są to chondry anortytowo-forsterytowo-spinelowe. Są one idealnie okrągłe, bez obwódki, a ich rozmiary sięgają od 0,1 do 2 mm. Charakteryzują się brakiem barw interferencyjnych i są przeważnie ciemnoszare. Maleńkie, białe igiełki plagioklazu bogatego w wapń (anortytu) układają się po obwodzie mniej więcej promieniście względem środka. Środek chondry jest bardzo drobnoziarnisty i składa się z maleńkich ziaren spinelu ($MgAl_2O_4$) i takiej samej wielkości kryształów forsterytu (rys. 4).

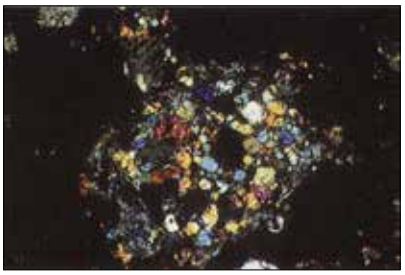


Rys. 4. Wyraźnie okrągła chondra anortytowo-forsterytowo-spinelowa, w której widoczne są duże słupki anortytu, z których wiele ułożyło się promieniście ku środkowi. Malutkie ziarna w srodku to spinel i forsteryt. Allende CV3, XPL.

Skupienia oliwinu, CAI i ciemne wrostki

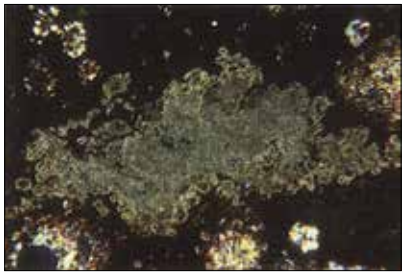
Pozostałe 10% objętości Allende składa się z licznych wrostków rzadko spotykanych w chondrytach zwyczajnych. W cieście skalnym są rozproszone skupienia kryształów mikrometrowej wielkości składające się głównie z oliwinu ubogiego w żelazo z niewielkim dodatkiem piroksenu i skaleniowców (minerał podobny do skalenia, ale zubożony w krzemionkę SiO_2). Towarzyszą one często chondrom oliwinowym tworząc wokół nich obwódkę, albo stanowią pojedyncze, krystaliczne, amebokształtne skupienia oliwinu z wystającymi ramionami (rys. 5). Czasem skupiają się wokół bryłki bardzo ogniotrwałych tlenków lub krzemianów. Wydaje się, że w przeciwieństwie do chondr, które powstały wskutek topnienia, te skupienia przyłączyły się do bryłek w cieście skalnym.

Allende jest najczęściej zauważany z powodu innych wrostków, które były przedmiotem wielu badań od jego spadku w 1969 roku.



Rys. 5. Amebokształtne skupienie oliwinu. Widoczny jest nieregularny kształt i wystające „ramiona", inaczej niż w zwykłych chonrach. Duże, ciemne ziarna to FeS i magnetyt. Allende CV3, XPL.

Są to wysokotemperaturowe minerały ogniotrwałe, bogate w wapń, glin i tytan, nazywane inkluzjami wapniowo-glinowymi czyli CAI. Są one wyraźnie widoczne na powierzchniach przełamu jako białe lub lekko różowawe, nieregularne kształty ostro kontrastujące z ciemnym ciastem skalnym. Są one większe od wiekszości chondr. Chociaż wszystkie CV3 (i CO) zawierają te wrostki, to w Allende są one szczegolnie liczne stanowiąc około 10% objętości. W płytkach cienkich są one jednorodnie jasno- lub ciemnoszare, a niektóre mają obwódki reakcyjne. Większość jest bardzo drobnoziarnista i składa się z kryształów o rozmiarach poniżej 1 mikrometra, zbyt małych, by widzieć je wyraźnie przy pomocy mikroskopu optycznego. Ich nieregularne kształty często kończą się postaciami płatkowymi, co sugeruje, że były one stopione i wpłynęły do ciasta skalnego (rys. 6). Mineralogia CAI jest skomplikowa-



Rys. 6. Płatkowa postać CAI. Ma drobnoziarnistą teksturę z obwódką reakcyjną o jasnej barwie. Tuż pod strukturą jest mała chondra BO. Allende CV3, XPL.

na. Składają się one z wysokotemperaturowych tlenkow i krzemianów (przeobrażonego i nieprzeobrażonego melilitu, fassaitu, spinelu, anortytu, sodalitu i nefelinu) i chemicznie są porównywalne z chondrami anortytowo-forsterytowo-spinelowymi. Znaczenie CAI nie wynika tyle z ich mineralogii ile z ich składu izotopowego. Zawierały one krótko żyjące izotopy promieniotwórcze, które nie mogły być wytworzone w mgławicy słonecznej lecz we wnętrzu masywnej gwiazdy, która gwałtownie wyrzuciła te izotopy do mgławicy i otaczającego ośrodka międzygwiezdnego podczas jej fazy supernowej.

Ostatni, stosunkowo częsty rodzaj wrostków jest chyba najbardziej enigmatyczny ze wszystkich. Są to tak zwane ciemne inkluzje. Są one

zwykle widoczne na przekrojach, mają kanciaste kształty i są znacznie większe od chondr. Są drobnoziarniste i bez widocznych szczegółów. Pod mikroskopem widać w nich bardzo małe, jednakowej wielkości chondry o średnicy około 0,1 mmm i mniejszej. Wygladają na pierwszy rzut oka jak fragment chondrytu CO3. Ciasto skalne wokół tych fragmentów wykazuje oznaki przeobrażenia związanego prawdopodobnie z przyłączaniem fragmentu. Skład chemiczny jest podobny do ciasta skalnego CV3.

Ten krótki artykuł jest zaledwie wstępnym opisem skarbów ukrytych w Allende. Meteoryt ten jest tak pełen osobliwości teksturalnych, że każdemu badającemu płytki cienkie można zagwarantować odkrycie nowej odmiany typowych struktur, której jeszcze nikt nie widział.

Podziękowania

Na wdzięczność autora zasłużyli: dr Tom Toffoli za udostępnienie przepięknych zdjęć płytek cienkich wykorzystanych w tym artykule; dr Tim McCoy za spędzenie z autorem mnóstwa czasu przy mikroskopie w Smithsonian Institution i za dogłębną analizę tekstur Allende widocznych w płytkach cienkich.

Woda, wszędzie woda

Historia przeobrażeń pod działaniem wody zapisana w meteorytach

Faith Vilas & Michael E. Zolensky

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

Widmo odbiciowe planetoid krążących między 2,6 a 3,5 j.a. od Słońca pokazuje, że materia pokrywająca ich powierzchnię składa się z minerałów, które powstają w wyniku działania wody. Podobieństwo tego widma do widm odbiciowych chondrytów węglistych CI i CM, zawierających produkty przeobrażeń pod wpływem wody, wskazuje na genetyczny związek między tymi planetoidami a chondrytami węglistymi. Przekształcanie materii w wyniku oddziaływania ciekłej wody powstającej z topniejącego lodu wchodzącego w skład planetoidy może zachodzić przy ciśnieniu i temperaturze, w których woda występuje w postaci cieczy. Woda jest niezastąpiona pod względem zdolności działania jako rozpuszczalnik dzięki jej dwubiegunowej naturze i silnej zdolności polaryzacji, oraz zdolności jonów H^+ i OH^- do tworzenia kompleksów z różnymi substancjami rozpuszczonymi w roztworach kwaśnych i zasadowych. Różne substancje wpływają na stabilność ciekłej wody zmieniając temperatury i ciśnienia dla krzywych stabilności lód–ciecz i ciecz–para na wykresie P–T. Duży zakres możliwości stabilności termicznej ciekłej wody jest przypisywany silnemu wiązaniu wodorowemu między cząsteczkami wody.

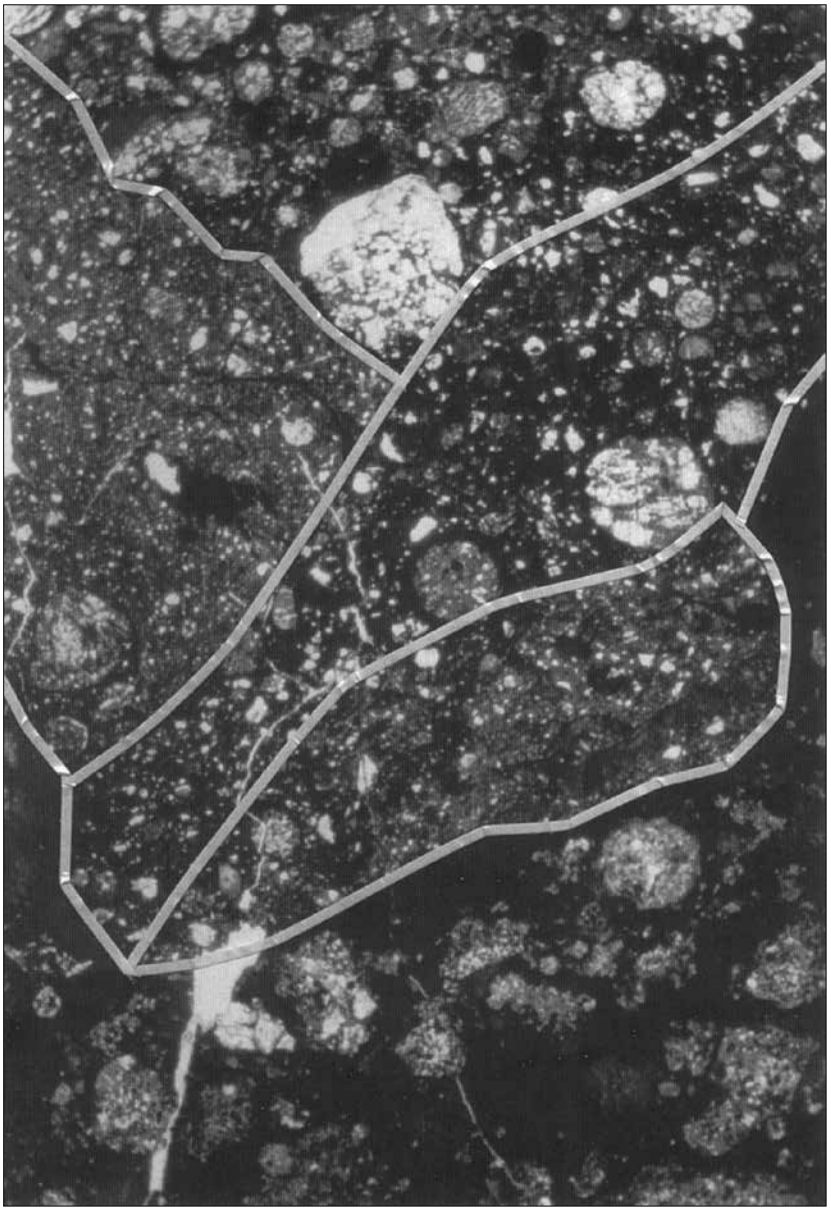
Jak występuje przeobrażenie pod działaniem wody? Macierzysta planetoida przeobrażonego meteorytu musi zostać ogrzana do temperatury, która pozwoli na istnienie ciekłej wody, ale nie może osiągnąć temperatury powodującej całkowite stopienie i dyferencjację skalnej materii. Warunki takie występowały wyraźnie w ograniczonym obszarze Układu Słonecznego, a mechanizm ogrzewania nie jest dobrze zrozumiany. Jako źródła proponowano zarówno indukcję elektromagnetyczną (np. Herbert i in. 1991 i podana tam bibliografia) jak i rozpad krótko żyjących izotopów promieniotwórczych takich jak ^{26}Al (np. Grimm i McSween, 1993 i podana tam bibliografia). Ten ostatni proces jest obecnie faworyzowany. Ogrzewanie to prawdopodobnie występowało w ciągu kilkudziesięciu milionów lat od powstania ciał macierzystych, czyli mniej więcej 4,5 miliarda lat temu. Niektóre ciała macierzyste chondrytów zostały ogrzane do temperatur od 400 do 1000°C, podczas gdy ciała macierzyste meteorytów żelaznych i achondrytów osiągnęły temperatury przekraczające 1227°C. W każdym przypadku najwyższe temperatury występowały we wnętrzach ciał, podczas gdy zewnętrzne warstwy były chłodniejsze wskutek utraty ciepła przez promieniowanie. Ilość ciepła dostarczanego planetoidzie daje nam największą średnicę ciała macierzystego, dla której uzyskuje się najwyższą temperaturę wnętrza. Wewnątrz strefy wodnych przeobrażeń, w której obserwacje widm wskazują, że większość planetoid podlegała przeobrażeniom pod działaniem wody, oba modele ogrzewania pokazują, że niemal wszystkie planetoidy o średnicach ponad 20 kilometrów powinny być ogrzane do punktu topnienia lodu. W większości tej strefy planetoidy o średnicach 50 km miałyby wnętrza ogrzane do temperatur przekraczających 327°C. W takiej temperaturze skład produktów przeobrażenia wody zaczyna się zmieniać. W wyniku tych mechanizmów ogrzewania wytwarza się w ciele macierzystym wąska strefa ciekłej wody przemieszczająca się ku powierzchni planetoidy w miarę kontynuowania ogrzewania. W końcu strefa wody istnieje pod powierzchniową czapą lodu, która ogranicza utratę wody z planetoidy przez czas dostatecznie długi, aby pozwolić na występowanie procesów przeobrażeń pod działaniem wody gdzieś pod czapą lodową w materii skalnej.

Zaproponowano także dwie inne hipotezy wyjaśniające wytwarzanie wody potrzebnej do przeobrażeń minerałów. Lód wodny może być wyrzucany podczas zderzeń na powierzchnię ciała macierzystego i szybko zasypywany w ciekłej postaci warstwą regolitu stanowiąc czynnik wodnego przeobrażania. Ten mechanizm działał prawdopodobnie w początkach akrecji ciał macierzystych, kiedy powszechnie występowały nieniszczące zderzenia. W zu-

pełnie odmiennym podejściu cienka (<100Å) warstewka ciekłej wody oddziaływująca z bezwodną materią powierzchni mogła powodować przeobrażenia nawet w temperaturach do –20°C dzięki energii powierzchniowej stałej materii.

Dziś nie widzimy powierzchni tych ciał macierzystych. W miarę jak Jowisz stawał się coraz większy, powodował zwiększanie mimośrodów i nachyleń orbit macierzystych planetoid. Oddziaływania między tymi ciałami zmieniły się z akrecyjnych na destrukcyjne. Macierzyste planetoidy o średnicach mniejszych niż 100 km zostały w wyniku zderzeń rozbite, a większe zostały pogruchotane lecz pozostały stertami gruzu powiązanymi przez grawitację. Mniejsze planetoidy, które dziś obserwujemy, reprezentują wnętrza większych planetoid, które zostały rozbite kiedyś w przeszłości. W wyniku tych katastrofalnych zderzeń materia z tych mniejszych planetoid została wrzucona do wewnętrznej części Układu Słonecznego docierając w końcu do orbity Ziemi i dając kolekcję meteorytów zawierających świadectwa przeobrażeń pod wpływem wody w początkach Układu Słonecznego.

Ślady występowania przeobrażeń pod wpływem wody w Układzie Słonecznym widoczne są głównie w składzie chemicznym chondrytów węglistych. Minerały powstające w wyniku działania wody znajdowane są głównie w chodrytach CM2, CI i CR2, ale także w chondrytach CV i CO. W mniejszym stopniu znajduje się je także w ciastach skalnych niezrównoważonych chondrytów zwyczajnych takich jak Semarkona (LL3) Bishunpur (LL3), Tieschitz (H3) i Krymka (L3). (Alexander i in. 1983; Hutchison i in. 1986) i w cząstkach pyłu międzyplanetarnego.



Chondryty węgliste CM2 zawierają minerały, które zazwyczaj łączymy z działaniem wody na Ziemi. Jedną z zagadek chondrytów CM2 jest, jak powiązać przeobrażenia, które występowały w chondrach zawartych w chondrytach CM i w materii ciasta skalnego otaczającej te chondry. Zarówno skład mineralny jak i tekstura minerałów mogą się zmieniać między tymi dwoma obliczami meteorytów CM.

Dominującym minerałem w cieście skalnym CM są bogate w żelazo serpentyny, przy czym w jednym meteorycie mogą występować trzy i więcej typów serpentynu. Najczęściej spotykanymi są cronstedtyt (Fe_2^{+2}, $Fe^{+3}(Si\text{-}Fe^{+3})O_5(OH)_4$), żelazowy antygoryt ($(Mg, Fe,Mn)_3(SiAl)_2O_5(OH)_4$), oraz greenalit ($(Fe^{+2}, Fe^{+3})_{2\text{-}3}\ Si_2O_5(OH)_4$). Zidentyfikowano także mniejsze ilości innych fyllokrzemianów. Ponadto w cieście skalnym meteorytów Murray, Cold Bokkeveld (Calliere i Rautureau 1974) i Nawapali (Barber 1981) znaleziono montmorillonit ($((Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2xnH_2O$). Nie warto ich jednak szukać przez domowy mikroskop. Wielkości kryształów wszystkich tych minerałów wahają się od 100 do 1000 Å. Występują one w postaci płytek, fragmentów kulek, włókien i wiązek o falistych kształtach, oraz form podobnych do paproci lub gąbek. Naukowcy badają te minerały przy pomocy mikroskopu elektronowego prześwietlającego o wysokiej rozdzielczości.

W cieście skalnym otaczającym chondry i agregaty, oraz w drobnoziarnistych obwódkach w chondrytach CM, występuje grupa faz bogatych w Fe-S-Ni-O oraz Fe-S-Ni-Si-O zwanych toczilinitem. Występują one jako puste i wypełnione rurki, włókna, płaskie i pofałdowane warstwy ziaren o wielkości zwykle poniżej 1000 Å. Mackinnon i Zolensky (1984) pokazali, że toczilinity w rzeczywistości występują w dwóch fazach. Toczilinit (dobrze uwarstwiony siarczek Fe-Ni i wodorotlenek Fe-Mg) oraz nie mający jak dotąd nazwy minerał składający się z naprzemienych warstw serpentynu i toczilinitu. Obie te fazy występują na tyle obficie w chondrytach CM, że warunki ich formowania się moż-

na wykorzystać jako ograniczenie warunków, w których zachodziły przeobrażenia pod działaniem wody w chondrytach węglistych CM.

W cieście skalnym CM obecne są także węglany często tworzące przerosty z fyllokrzemianami i toczilinitem. Związki organiczne są wszędzie obecne w chondrytach CM.

Chondryty węgliste CI składają się z tego, co w innych chondrytach węglistych występuje jako ciasto skalne; nie obserwujemy w tych meteorytach chondr. Fyllokrzemiany (włącznie z serpentynem i montmorillonitem), tlenki (głównie magnetyt), siarczki, węglany i siarczany, wszystkie są obecne. Węglany stanowią do 5% objętości chondrytów CI, przez co stają się jednym z głównych składników mineralnych. Dowody takie jak datowanie wieku węglanów w Orgueil (Macdougall i in. 1984) i strukturalna doskonałość kryształów dolomitu w Ivuna (DuFresne i Anders, 1962) sugerują, że niektóre z węglanów należą do najstarszej materii meteorytowej, jaką dotąd zidentyfikowano, pochodzącej prawdopodobnie z samych początków istnienia ciała macierzystego.

Bardzo silnym dowodem na przeobrażenia pod wpływem wody są żyłki w Orgueil wypełnione siarczanami i węglanami wskazujące, że roztwory wodne przepływały przez ciało macierzyste CI. Dominującym siarczanem występującym w żyłkach CI jest epsomit ($MgSO_4 \times 7H_2O$), któremu towarzyszą heksahydryt i mniejsze ilości gipsu i blodytu.

Przeobrażenia pod działaniem wody w meteorytach CV i CO były znacznie mniej dokładnie badane, głównie dlatego, że rozmiar tych przeobrażeń jest znacznie bardziej ograniczony niż w chondrytach CI i CM. Większość produktów tych przeobrażeń w chondrytach CV i CO, to saponity i miki, chociaż występują także niektóre wtórne krzemiany Na–Ca (np. nefelin i sodalit). Ostatnio odkryto, że większość CV, włącznie z Allende, zawiera fragmenty materii CV, które zostały całkowicie lub częściowo przeobrażone przez wodę, a potem ogrzane i przeobrażone ponownie w bezwodną materię, zanim w końcu zostały włączone w skład meteorytu (Kojima i in., Krot i in.) (rys.1). To odkrycie pokazuje po raz pierwszy, że macierzyste planetoidy CV były bardziej złożonymi globami niż wyobrażano to sobie wcześniej.

Może najważniejszym aspektem identyfikacji przeobrażeń działaniem wody, o którym powinni pamiętać miłośnicy meteorytów, jest to, że aby dowody przeobrażeń meteorytu działaniem wody były uznane za rzeczywiste i interesujące pod względem naukowym, należy wykazać, że oddziaływanie to wystąpiło przed spadkiem na Ziemię. Tak więc produkty przeobrażeń działaniem wody w znaleziskach meteorytów (zwłaszcza antarktycznych) powinny być analizowane ze świadomością, że mogą być pochodzenia ziemskiego. Spadki meteorytów mają jednak znacznie większą szansę zademonstrowania wiarygodnych dowodów na działanie wody (jeśli występowało).

Planetary Science Branch
NASA Johnson Space Center
Houston, Teksas

Bibliografia

Alexander C., Barber D. J., Hutchinson R. (1986) *Meteoritics* **21**, 328.

Barber D. J. (1981) *Clay Minerals* **20**, 415.

Caillere S., Rautureau M. (1974) *Compte Rendus Acad. Sci*. **D279**, 539.

DuFresne E. R., Anders E. (1962) *Geochim. Cosmochim. Acta* **26**, 1085.

Grimm R. E., McSween H. Y., (1993) *Science* **259**, 653.

Herbert F., Sonnett C. P., Gaffey M. J. (1991) *The Sun in Time* p. 710 Univ. of Arizona Press, Tucson.

Hutchinson R., Alexander C., Barber D. J. (1987) *Geochim. Cosmochim. Acta* **51**, 1875

Kojima T., Tomeoka K., Takeda H. (1994) *Meteoritics* **28**, 649

Krot A. N., Scott E. R. D., Zolensky M. E. (1995) *Meteoritics* **30**, 748

Macdougall J. D., Lugmair G. W., Kerridge J. F. (1984) *Nature* **307**, 249.

Mackinnon I. D. R., Zolensky M. E. *Nature* **309**, 240.

Węgiel w chondrycie węglistym Allende CV3

Gregory T. Shanos
tłum. Magdalena Pilska

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

Chondryty węgliste, jak nazwa wskazuje, zawierają węgiel. W chondrycie węglistym Allende CV3 węgiel jest zlokalizowany w cieście skalnym meteorytu w stężeniu 0,3%. Występuje on w kilku formach od postaci pierwiastka do organicznej. Węgiel pierwiastkowy składa się z węgla chemicznie ze sobą powiązanego w specyficzne geometryczne struktury.Węgiel w graficie posiada cząsteczki, które tworzą strukturę płaskiej kartki złożonej z atomów uporządkowanych w sześciokąty foremne jak plaster miodu. Diament jest utworzony z atomów węgla ułożonych w czworościany zwane tetraedrami. Ta sztywna struktura odpowiada za nadzwyczajną wytrzymałość diamentu. W 1988 r. Lewis i Anders potwierdzili obecność w Allende nanodiamentów i w dodatku odkryli w ich wnętrzu izotopy ksenonu; były one uformowane przez wybuch pobliskiej supernowej poprzedzający formowanie naszego Układu Słonecznego. Węgiel związany z krzemem tworzy węglik krzemu (SiC), który także został wykryty w Allende, zawierał też izotopy ksenonu i neonu powstałe poza Układem Słonecznym. Ten „pył gwiezdny" zawierający węgiel z uwięzionymi gazami szlachetnymi mógł uczestniczyć w zapadaniu się naszej słonecznej mgławicy 4,56 miliarda lat temu! ☞

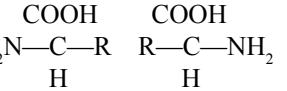
Dopiero niedawno odkryto nowe formy węgla, które zawierają 60 atomów węgla tworzących strukturę przypominającą piłkę futbolową. Określa się je mianem fulerenu. Atomy fulerenu czyli C_{60} są uporządkowane w regularny wzór z pięciokątów i sześciokątów (a dokładnie 12 pięciokątów i 20 sześciokątów). Te fulereny są wyjątkowo stabilne i posiadają zdolność chwytania innych cząsteczek. Innym powszechnym fulerenem jest C_{70}, który przypomina podłużną piłkę do rugby i także jest obecny w tym wspaniałym meteorycie (zob. „Meteoryt", marzec 1998).

Węgiel może też być kowalencyjnie związany z innymi pierwiastkami jak wodór, tlen i azot. Kiedy węgiel wiąże się z wodorem, rezultatem jest związek zwany węglowodorem. Każdy atom węgla tworzy tetraedr z otaczającymi atomami węgla i wodoru. Są dwa obszerne typy węglowodorów a mianowicie węglowodory alifatyczne i węglowodory aromatyczne. Węglowodory alifatyczne składają się z długich, prostych lub rozgałęzionych łańcuchów chemicznie związanych ze sobą atomów węgla i wodoru (np. CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 itd.). Węglowodory aromatyczne składają się z atomów węgla tworzących płaski sześciokątny pierścień, gdzie z każdym atomem węgla połączony jest tylko jeden atom wodoru. Najprostszym weglowodorem aromatycznym jest benzen (C_6H_6). Poliaromatyczne węglowodory czyli PAH, jak nazwa wskazuje są poli (wieloma) zrośniętymi pierścieniami benzenu. Najprostszym PAH znalezionym w Allende jest naftalen ($C_{10}H_8$) czyli kulka przeciw molom! PAH cieszyły się sporym zainteresowaniem w mediach spowodowanym potwierdzeniem ich obecności w marsjańskim meteorycie ALH84001.

W chondrycie węglistym Allende CV3 zostały także wykryte związki organiczne potrzebne dla życia. W 1972 r. Breger i Zubovic zidentyfikowali w Allende formaldehyd (CH_2O). Występuje on w cieście skalnym tego meteorytu jako polimer. [HO-(CH_2O)-H]. Znaczenie formaldehydu polega na tym, że w warunkach panujących w pierwotnej atmosferze ziemskiej, mógł się on stać prekursorem dla węglowodanów.

Wcześniejsze badania pozwoliły wykryć w chondrytach węglistych związki organiczne zwane aminokwasami. Aminokwasy są podstawowym budulcem dla białek we wszystkich żywych organizmach są zatem ważną klasą cząsteczek w badaniach kosmobiologicznych.

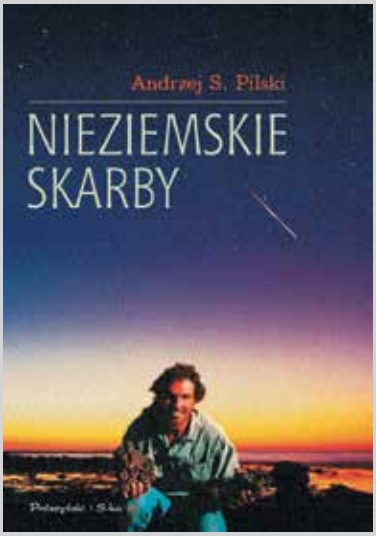
Aminokwasy zwykle posiadają centralny węgiel, z którym są związane cztery grupy chemiczne czyli reszty. Wszystkie aminokwasy zawierają grupę aminową (-NH_2), która jest słabą zasadą, grupę karboksylową (-COOH), która jest słabym kwasem oraz obojętny atom wodoru. Pozostałe reszty, R, wychodzące od centralnego węgla charakteryzują poszczególne aminokwasy. Aminokwasy posiadają własność zwaną chiralnością lub skręcalnością dlatego, że od centralnego węgla odchodzą cztery różne grupy. (Zauważ, że glicyna jest jedynym aminokwasem, który tej własności nie posiada, gdyż czwartą grupą chemiczną jest również atom wodoru.). Wersja prawoskrętna jest określana jako (D), a lewoskrętna jako (L). Wszystkie organizmy żyjące na Ziemi używają L-aminokwasów do syntezy białek. Badania meteorytu Murchison wykazały obecność równoważnej mieszaniny form D i L (enancjomerów) aminokwasów utworzoną w przestrzeni kosmicznej (zob. rys.1). Najnowsze badania Cronina (1997) ukazały, że w istocie w chondrycie węglistym Murchison CM2 występuje nadmiar formy L. To odkrycie jest niezwykle ważne dla ewolucji życia we wszechświecie.



aminokwas D ***aminokwas L***

Większość badań nad aminokwasami prowadzono na chondrytach węglistych CM2, takich jak Murchison i Murray. Jedyne aminokwasy zidentyfikowane w Allende, jak glicyna, alanina itd, występują powszechnie w biosferze i mogą być zanieczyszczeniami. Cronin i Moore znaleźli w 1971r. kilka aminokwasów w Murchison CM2 i Murray CM2 lecz Allende CV3 był ich zasadniczo pozbawiony. Harada i Hare (1980) pobrali próbki meteorytu idąc od powierzchni w głąb i stwierdzili, że pod powierzchniowymi zanieczyszczeniami występuje stały niski poziom aminokwasów. Dlatego aminokwasy mogą być miejscowe. Jest niewiele opublikowanych badań nad aminokwasami w meteorycie Allende CV3. Dlatego zapytałem dr Johna Cronina ze State University of Arizona czy istnieje wśród naukowców zgoda co do obecności aminokwasów w chondrycie węglistym Allende CV3. Odpowiedź dr Conina brzmiała „Powiedziałbym, że zgadzają się, że na pewno mogą być".

Węgiel w meteorycie Allende w jego wielu postaciach jako grafit, fuleren, diament, lub jako związek organiczny ukrywa wiele sekretów naszego Układu Słonecznego. Poszukiwanie prawdy w tych wielu formach węgla trwa!



Książka, której okładkę prezentujemy obok, powinna ukazać się w maju.

A co w środku?

- **Kamień z jasnego nieba**
- **Jak rozpoznać meteoryt**
- **Te okropne polne kamienie**
- **Z planetki 6 Hebe do Pułtuska**
- **Deszcze czarnych kamieni**
- **Ziarnko do ziarnka**
- **Z planetki 4 Westa do Białegostoku**
- **Przybysze z Marsa i Księżyca**
- **Ulewa żelaza**
- **Żelazo pełne niespodzianek**
- **Żelazne serca planetek**
- **Od zderzenia planetek do zderzenia z Ziemią**
- **Kosmiczne klejnoty**
- **Zagadkowe szkiełka**
- **Szczęściarze i pechowcy**
- **Meteoryty, które nie dały się złapać**

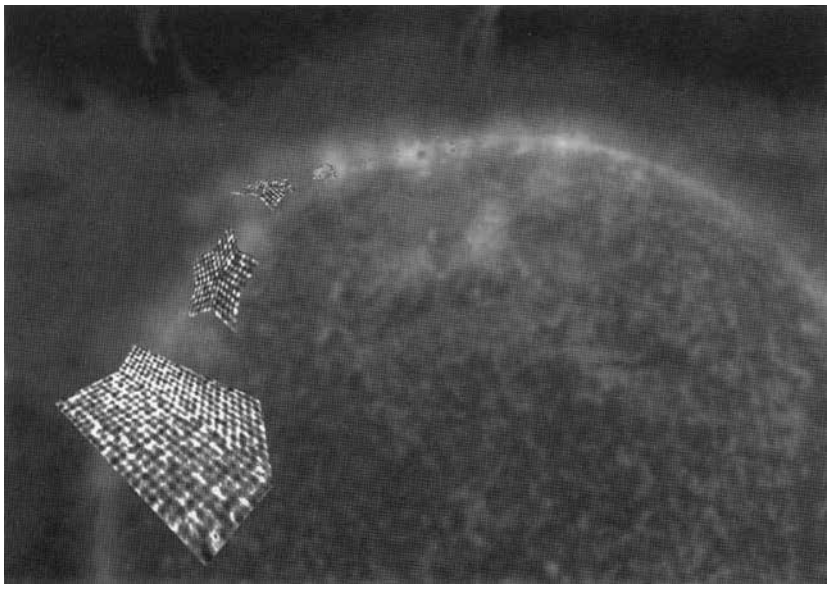
Starsze od Słońca diamenty w Allende

Tyrone L. Daulton

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

Wyobraźmy sobie gwiazdę w końcowej fazie ewolucji, która ekspanduje stając się czerwonym olbrzymem. W zewnętrznych warstwach atmosfery tej umierającej gwiazdy zaczynają kondensować ziarna pyłu od nanometrowej (10^{-9} m) do mikrometrowej (10^{-6} m) wielkości. Wyobraźmy sobie teraz, że w innej części galaktyki gwiazda kończy istnienie w gwałtownej eksplozji supernowej wyrzucając ogromne masy gazu. Gdy gazy te rozprzestrzeniają się i stygną, kondensują małe ziarna pyłu. Skutkiem śmierci tych gwiazd jest powstanie gwiezdnego pyłu, który jest rozsiewany do przestrzeni międzygwiezdnej. Tam miesza się i łączy z obłokami gazu międzygwiazdowego. Grawitacyjny kolaps jednego z tych zawierających pył obłoków gazowych utworzył nasz Układ Słoneczny i większość tego pierwotnego gwiezdnego pyłu została przetworzona pod działaniem ciepła, tak że jego pierwotna postać została całkowicie zniszczona. Czy jednak trochę gwiezdnego pyłu mogło przetrwać w pierwotnej formie i nadal występuje w Układzie Słonecznym? Jeśli tak, to gdzie on jest i co ważniejsze, jak go rozpoznać? Badanie tego gwiezdnego pyłu mogłoby ujawnić informacje o umierających gwiazdach, wokół których on się utworzył, i dostarczyć cennych informacji o początkach Układu Słonecznego.

Duże ciała, jak planety, ich księżyce i Słońce, zostały ogrzane do temperatur wystarczająco wysokich, by przekształcić ich gwiezdny pył w inne formy. Nie dotyczyło to jednak znacznie mniejszych ciał. Na przykład komety, uważane za najbardziej pierwotne obiekty w Układzie Słonecznym, mogą zawierać ziarna niezmienionego gwiezdnego pyłu. Ponadto gwiezdny pył mogą skrywać najmniej zrównoważone meteoryty, chondryty węgliste, które doznały tylko umiarkowanych przeobrażeń od momentu akrecji i uważane są za najbardziej pierwotne meteoryty. Na szczęście udało się zebrać i zbadać okazy chondrytów węglistych, które spadły na Ziemię. Allende jest szczególnie ważnym przykładem, ponieważ przed jego obfitym spadkiem w 1969 roku (ponad 2 tony materii) chondryty węgliste były ogromną rzadkością.



Pył tworzący się w zewnętrznych warstwach czerwonego olbrzyma. Na obraz nałożone są obrazy przedsłonecznych diamentów, uzyskane przy pomocy mikroskopu elektronowego, tak jakby unosiły się one w gazie wypełnionym pyłem.

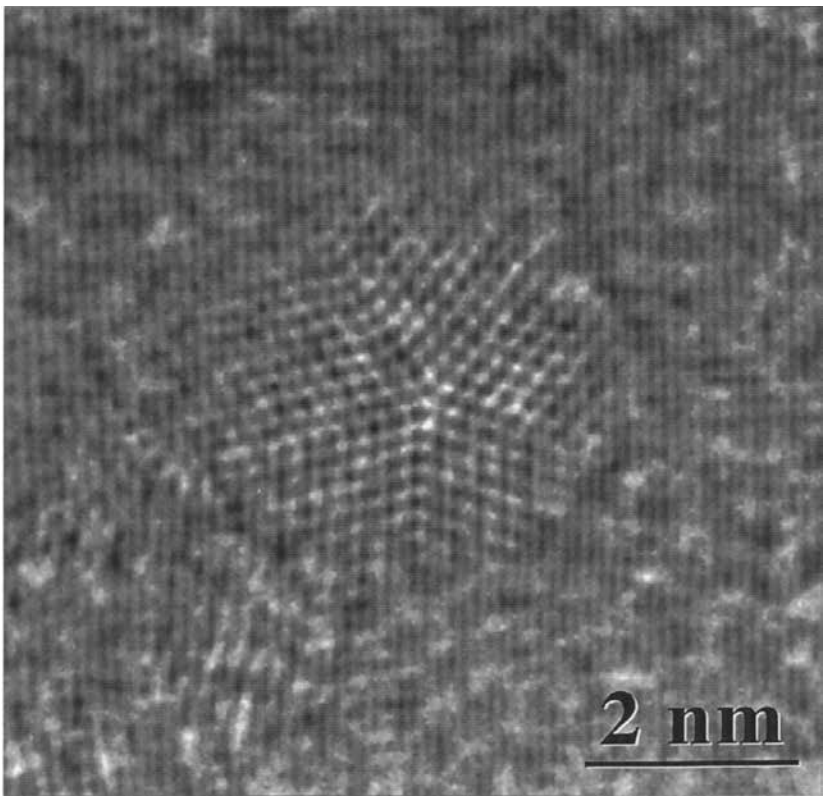
Jak można się dowiedzieć, czy ziarno minerału utworzyło się, zanim powstał Układ Słoneczny? Wszystkie pierwiastki cięższe od helu są wytwarzane w gwiazdach w procesach syntezy jądrowej. Rodzaj pierwiastka określa liczba protonów w jego jądrze, a liczba neutronów w jądrze decyduje o rodzaju izotopu danego pierwiastka. Różne typy gwiazd mogą wytwarzać różne stosunki izotopów wytwarzanych w nich pierwiastków. Na przykład pewne izotopy ksenonu wytwarzane są tylko przez supernowe, a nie powstają w czerwonych olbrzymach. Dlatego pył pochodzący z różnych typów gwiazd powinien różnić się rozkładem izotopów danego pierwiastka.

W dużych ciałach cały przyłączony gwiezdny pył został zniszczony, a jego charakterystyczne proporcje izotopów zostały wymieszane i weszły w skład nowych minerałów. W rezultacie skład izotopowy skał ziemskich, księżycowych i meteorytów jest podobny do średniego składu wszystkich izotopów występujących w Układzie Słonecznym. Dlatego jeśli znajdziemy ziarno minerału, którego skład izotopowy jest wyraźnie odmienny od średniego składu Układu Słonecznego, to musiało ono powstać wcześniej. Jest jeszcze warunek, że tych różnic nie można wyjaśnić naturalnymi procesami, które zmieniały skład izotopowy minerałów powstających w początkach istnienia Układu Słonecznego. Dlatego identyfikacja ziaren minerałów jako ziaren sprzed powstania Układu Słonecznego (czyli gwiezdnego pyłu) opiera się na występowaniu odmiennego składu izotopowego w samym ziarnie.

Trzeba było około dwudziestu lat pracy, przeważnie metodą prób i błędów, zanim ostatecznie odnaleziono i zidentyfikowano ziarna starsze od Słońca. Pierwszymi rozpoznanymi ziarnami były nanometrowej wielkości diamenty (Lewis i in. 1987). Zostały one wyizolowane z Allende przez kolejne traktowanie próbek stężonymi kwasami, w wyniku czego praktycznie cała próbka została rozpuszczona. Diamenty, które są odporne na działanie kwasów, prze-

trwały. Astronomowie wcześniej już uzyskali dane spektroskopowe wskazujące na obecność diamentów w międzygwiezdnym pyle (Saslaw i in. 1969), jednak nikt nie traktował obecności tych diamentów poważnie, ani nie przypuszczał, że mogą one znajdować się w Allende. Działanie kwasami stosowano, aby skoncentrować i wyizolować nieznane wówczas nośniki nietypowo wzbogacone w izotopy azotu i ksenonu. Ponieważ nie było wiadomo, w jakich minerałach znajdują się te anomalne izotopy, nie wiedziano, jakimi kwasami należało potraktować meteoryt. Dlatego praca metodą prób i błędów trwała dwadzieścia lat, zanim wyizolowano pierwsze ziarna starsze od Słońca. Traktowanie kwasami prowadzono do momentu, gdy nośniki anomalnych gazów nie dawały się już bardziej skoncentrować. Pozostałości po działaniu kwasami były analizowane przez mikroskop elektronowy prześwietlający (TEM) i okazało się, że 98% tych pozostałości stanowią ziarna diamentów. Uznano, że te diamenty są nośnikami anomalnych izotopów, a więc powstały wcześniej niż Słońce, ponieważ żadne dalsze procesy chemiczne i fizyczne (np. odwirowywanie) nie pozwalały uzyskać próbki diamentów nie mających anomalnych izotopów. Inaczej mówiąc anomalne izotopy znikały z pozostałości tylko wtedy, gdy usuwano diamenty. Po odkryciu diamentów starszych od Słońca zidentyfikowano, przy pomocy innych doświadczeń, następne starsze minerały: grafit, korund i azotek krzemu. Ponadto znaleziono starsze od Słońca węgliki krzemu, tytanu, cyrkonu i molibdenu.

Diamenty są zdecydowanie najliczniejszą postacią przedsłonecznych ziaren w Allende. Stanowią one około 400 części na milion (ppm) masy tego meteorytu. Przypuszczalnie są rozproszone równomiernie w drobnoziarnistym, węglistym cieście skalnym Allende, ale nie udało się określić ich rzeczywistego rozmieszczenia z powodu wyjątkowo małych rozmiarów. Średnice tych diamentów wahają się od 0,2 do 10 nanometrów ze średnią wartością około 2,8 nanometra. Przeciętna masa takiego diamentu wynosi tylko 2×10^{-19} karata, co oznacza, że składa się on w przybliżeniu z 2000 atomów węgla. Chociaż masa diamentów w Allende wynosi tylko 400 ppm, ponieważ rozmiary i masa poszczególnych diamentów są wyjątkowo małe, ich liczba jest dużo większa od liczby chondr. Chondry są kulistymi wrostkami z oliwinu i piroksenu występującymi licznie w chondrytach, takich jak Allende, i są najbardziej charakterystycznym składnikiem tych meteorytów. Trudno uwierzyć, że na gram Allende przypada około 10^{16} diamentów.



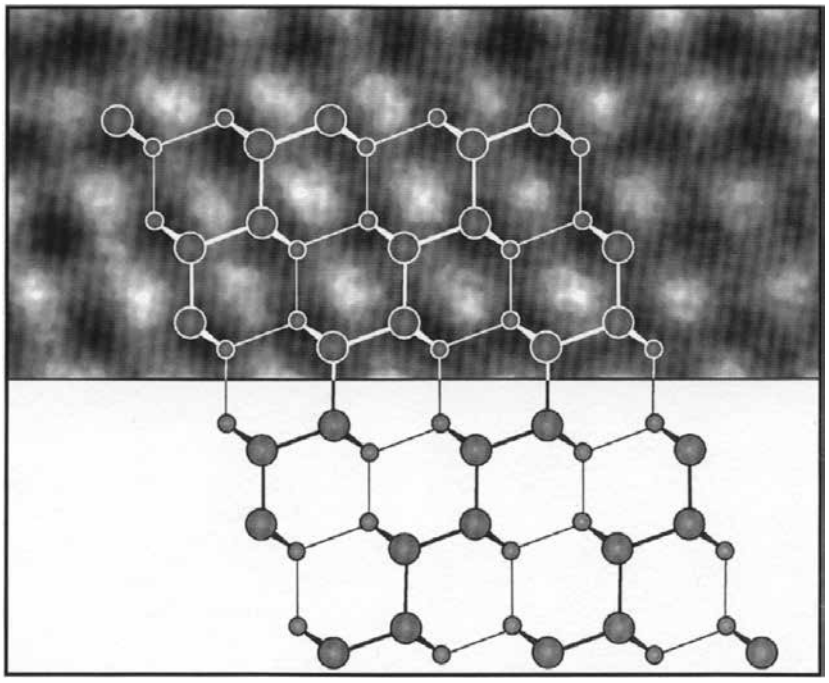
Rys. 1. Obraz przedsłonecznego diamentu wyizolowanego z Allende uzyskany przez mikroskop elektronowy prześwietlający.

Po wydzieleniu z meteorytu diamenty wyglądają jak drobny, biały pył. Jednak rozróżnienie w nim poszczególnych ziaren wymaga mikroskopu elektronowego o wysokiej rozdzielczości. Siatkowy obraz diamentu, powiększony ponad 2 miliony razy, jest przedstawiony na rys. 1. Obrazy siatkowe pokazują uporządkowanie atomów w krysztale i powstają, gdy kryształ jest zorientowany tak, że płaszczyzny zawierające atomy są oglądane z boku. Związek pozycji atomów węgla w diamencie z jego obrazem siatkowym jest pokazany na rys. 2. Gwieździsta budowa widoczna na rys. 1 wynikła z tego, że , gdy tworzył się diament, płaszczyzny atomów zetknęły się nieprawidłowo (lub powstało zbliźniaczenie) wzdłuż pięciu promienistych kierunków.

Jesteśmy przekonani, że przynajmniej część, jeśli nie wszystkie diamenty w Allende są starsze od Słońca, ponieważ zawierające diamenty pozostałości po rozpuszczeniu próbek Allende w kwasach są nieodłącznie związane z odmiennym składem izotopowym. Diamenty te nie mogły powstać w Allende, czy jego ciele macierzystym, ponieważ jest niemożliwe, aby w takim przypadku mogły uzyskać odmienne proporcje izotopów. Musiały one odziedziczyć skład izotopowy macierzystego ziarna przedsłonecznego, które później przekształciło się w diament. Jednak lotne gazy o nietypowym składzie izotopowym uwięzione w przedsłonecznym graficie, ulotniłyby się najprawdopodobniej przy przekształcaniu go w diament. Dlatego diamenty z nietypowymi izotopami musiały powstać poza Układem Słonecznym, a nie w Allende. Ponadto diamenty te nie mogły powstać w wyniku przeobrażeń szokowych przekształcających grafit w diament w Allende lub jego ciele macierzystym. Stwierdzono, że w Allende brak śladów deformacji szokowych w ziarnach oliwinu, których reakcje na działanie ciśnień są dobrze zbadane i dlatego są one dobrym wskaźnikiem przeobrażeń szokowych.

Chociaż sądzono, że ziarna starsze od Słońca mogą w Allende występować, odkrycie przedsłonecznych diamentów było zupełnie nieoczekiwane. Sądzono przedtem, że diamenty tworzą się tylko wtedy, gdy temperatury i ciśnienia są skrajnie wysokie. Takie warunki występują tylko w płaszczach ciał o wielkości planet, albo mogą wystąpić chwilowo podczas zderzeń planetoid. W płaszczach diamenty mogą wytrącać się z magmy, podczas gdy w trakcie zderzeń w diament przekształcany jest grafit. Po utworzeniu się diamenty są więzione w tych ciałach przez grawitację i nie mogą uciec w przestrzeń międzygwiezdną. Dlatego właśnie astronomowie odrzucali możliwość wynikającą z uzyskiwanych danych spektroskopowych — istnienie znacznych ilości diamentów w pyle międzygwiezdnym. Trzeba było odkrycia przedsłonecznych diamentów w Allende, aby ta koncepcja została przyjęta. Gdy tak się stało, przeprowadzono dalsze pomiary astronomiczne, aby ocenić ilość diamentów w międzygwiezdnej przestrzeni. Z ostatnich pomiarów spektroskopowych gęstych obłoków molekularnych wynika, że aż 10–20% węgla w tych obłokach ma postać diamentu (Allamandola i in. 1993). Jednak uznając, że istnieją diamenty w przestrzeni międzygwiezdnej, nadal pozostajemy z pytaniem, jak one się utworzyły.

Pojawiło się kilka teorii mających wyjaśnić, jak i gdzie utworzyły się przedsłoneczne diamenty. Dwie główne teorie proponują rośnięcie diamentów w wyniku kondensacji pary w zewnętrznych otoczkach bogatych w węgiel czerwonych olbrzymów (Lewis i in. 1987), lub szokową transformację grafitu w diament w supernowych, gdy ziarna grafitu gwałtownie się zderzają (Tielens i in. 1987). Ostatnio zaproponowano, że kondensacja diamentów z pary może także występować w supernowych (Clayton i in. 1995). Diamenty mogą powstawać w wyniku obu procesów. Nanometrowej wielkości diamenty uzyskano w wielu laboratoriach, w różnych warunkach, zarówno przez kondensację par (CVD) jak i pod działaniem szoku wybuchowego. Jak więc można stwierdzić, który mechanizm wytworzył diamenty starsze od Słońca?



Rys. 2. Związek między pozycjami atomów węgla w diamencie a ich obrazem siatkowym. Narysowano tylko dwie warstwy (czyli płaszczyzny) atomów. Duże kółka oznaczają atomy na górze, a małe — atomy w niżej położonej warstwie. Gdyby narysować dalsze warstwy, ich atomy po prostu nałożyłyby się na te.

Wewnętrzna struktura minerału często może ujawnić, jak on powstał. Różne mechanizmy formowania mogą wytwarzać odmienne mikrostruktury w materii. Dotyczy to także nanometrowej wielkości diamentów. Przy pomocy mikroskopu elektronowego o wysokiej rozdzielczości stwierdzono, że diamenty zsyntetyzowane w laboratoriach metodą CVD i szoku wybuchowego mają odmienne mikrostruktury (Daulton i in. 1996a). W diamentach wytworzonych metodą CVD częste są zbliźniaczone formy o budowie przypominającej gwiazdkę (podobne do rys. 1), co wskazuje na izotropowe warunki formowania się. Diamenty wytworzone wskutek szoku mają przeważnie planarne formy zbliźniaczeń, zawierają dyslokacje i inne utwory zgodne z przekształcaniem przez front fali uderzeniowej. Porównanie diamentów z Allende i Murchison pokazało, że są one najbardziej podobne do diamentów utworzonych metodą CVD, co sugeruje, że większość z nich utworzyła się w procesach typu CVD przy niskich ciśnieniach (Daulton i in. 1996b). Istotne jest uświadomienie sobie, że przedsłoneczne diamenty w Allende są mieszaniną diamentów pochodzących z wielu różnych źródeł; zarówno z czerwonych olbrzymów jak i z supernowych. Jest więc możliwe, że niewielka część przedsłonecznych diamentów utworzyła się w wyniku procesów szokowych, czy jeszcze innych.

Istnieje trzecia teoria pochodzenia przedsłonecznych diamentów proponująca, że ziarna grafitu napromieniowane wysokoenergetycznymi cząsteczkami mogą przekształcić się w diamenty (Ozima i in. 1993). Koncepcja ta nie zwróciła większej uwagi, gdy została opublikowana, ponieważ nie pokazano, że można w ten sposób wytworzyć diamenty w laboratorium. Są jednak przesłanki, że jest to możliwe. Mikrometrowej wielkości diamenty zaobserwowano w ziemskim węglu z prekambru zawierającym wysoką koncentrację tlenku uranu (Daulton i in. 1996b). Te diamenty mogły utworzyć się, gdy uran rozpadał się i napromieniowywał minerały węgla. Ponadto ostatnie doświadczenia w akceleratorach pokazały, że nanometrowej wielkości diamenty można utworzyć przez napromieniowanie jonami szczególnych form nanometrowej wielkości grafitu ogrzanego do wysokiej temperatury (Wesolowski i in. 1997). Jednak wciąż jest za wcześnie, by stwierdzić, czy jest możliwe, że niektóre przedsłoneczne diamenty zostały wytworzone przez napromieniowanie (na przykład w supernowej).

Allende jest meteorytem, który naprawdę pobudza wyobraźnię. Jego

ciasto skalne zawiera niezliczone maleńkie diamenty, które powstały wcześniej niż nasz Układ Słoneczny. Należą one do najstarszej materii, jaką możemy wziąć do ręki. Najmłodsze diamenty przedsłoneczne są co najmniej starsze od Układu Słonecznego, ale ich przeciętny wiek zależy od ich średniego czasu przebywania w międzygwiazdowych obłokach. Jest on ograniczony przez czas potrzebny, aby obłok zapadł się i utworzył nowe gwiazdy. Uważa się jednak, że gdy nowe gwiazdy powstają, mnóstwo pozostałego gazu i pyłu jest wydmuchiwane z powrotem do ośrodka międzygwiezdnego. Ponieważ diamenty są najtwardszą znaną materią, bardzo odporną na przeobrażenia, jest możliwe, że część przedsłonecznych diamentów przetrwała kolaps obłoku pyłu i powróciła do ośrodka międzygwiezdnego. Tak więc mała część diamentów przesłonecznych może być niezwykle stara. W mikrostrukturach przedsłonecznych diamentów zawarte są cenne informacje o warunkach panujących w odległych środowiskach gwiezdnych, które istniały długo przedtem, zanim utworzył się Układ Słoneczny. Z pewnością jest o czym myśleć, gdy mamy sposobność wzięcia do ręki fragmentu meteorytu Allende.

Bibliografia

Allamandola L. J., Sandford S. A., Tielens A., Herbst T. M. (1993) *Science* **260**, 64.

Clayton D. D., Meyer B. S., Sanderson C. I. (1995) *The Astrophysical Journal* **447**, 894.

Daulton T. L., Eisenhour D. D., Bernatowicz T. J., Lewis R. S., Buseck P. R. (1996a) *Geochimica et Cosmochimica Acta* **60**, 4853.

Daulton T. L., Ozima M. (1996b) *Science* **271**, 1260.

Lewis R. S., Tang M., Wacker J. F., Anders E., Steel E. (1987) *Nature* **326**, 160.

Ozima M., Mochizuki K. (1993) *Meteoritics* **28**, 416.

Saslaw W. C., Gaustad J. E. (1969) *Nature* **221,** 160

Tielens A., Seab C., Hollenbach D., McKee C. (1987) *The Astrophysical Journal* **319**, L109.

Wesolowski P., Lyutovich Y., Banhart F., Carstanjen H. D., Kronmuller H. (1997) *Applied Physics Letters* **71**, 1948.

Materials Science Division, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois 60439, USA.

Lwowskie „Pułtuski” w Polsce

Kazimierz Mazurek

Wśród tytułowych „Klejnotów Ordynacji Dzieduszyckich ze zbiorów Lwowa”, które w pierwszym kwartale tego roku można było oglądać w Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu, znalazły się też takie, przy których każdemu kolekcjonerowi meteorytów zrobi się co najmniej ciepło. Oglądając kolejne gabloty z arcyciekawymi okazami fauny, wśród których aż 25 znajduje się na liście gatunków zagrożonych wyginięciem, zbiór motyli, piękne skamieniałości kopalnej flory i fauny, unikalne szczątki mamuta i nosorożca włochatego wydobyte w 1907 r. w kopalni wosku w Staruni na Podkarpaciu staniemy wreszcie przed gablotą gdzie, ku naszemu zdziwieniu, leży sześć okazów meteorytu Pułtusk — chondrytu H5, który najliczniejszym w historii kamiennym deszczem „zrosił” okolice Pułtuska 30 stycznia 1868 r.

To nie byle jakie okazy. W krajowych zbiorach tylko osiem ma wagę większą od największego z nich, który liczy sobie 1050 g. Jego wymiary to 138 × 116 × 47 mm. Pozostałe ważą 904 g, 514 g, 326 g, 64,8 g i 34,7 g. Dzięki uprzejmości dyrekcji i pracowników Muzeum w towarzystwie Krzysztofa Sochy i Jarosława Bandurowskiego (który opatrzył okazy stosownymi podpisami) mogłem dokonać pomiaru meteorytów.

Jerzy Pokrzywnicki w swym „Katalogu meteorytów w zbiorach polskich” wydanym w 1964 r. podaje, iż we Lwowie znajduje się 213 okazów meteorytu Pułtusk. Interesujące jest ile z nich, a także jakie inne meteoryty zawiera kolekcja Dzieduszyckich.

Spróbujemy na te pytania odpowiedzieć w następnym numerze „Meteorytu”. 512 prezentowanych okazów to tylko część wielkiej, przyrodniczej kolekcji, założonej w 1854 r. przez hrabiego Włodzimierza Dzieduszyckiego, liczącej w 1939 r. ok.160 000 pozycji. Od 15 kwietnia br. będzie je można oglądać w Muzeum Archeologicznym we Wrocławiu. Naprawdę warto obejrzeć ten fragment wielkiej kolekcji polskiej przyrody, dziś będącej częścią zbiorów Ukraińskiej Akademii Nauk.

Meteoryty na wystawie w Zabrzu. W głębi z lewej okaz 1050 g. Fot. K. Mazurek.

Meteoryty Odessa

Geoffrey Notkin

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

Pod samolotem widoczne były coraz liczniejsze kwadratowe łaty ziemi o jasnej barwie. Liczba ich rosła od setek do tysięcy i coraz bardziej ciekawiło mnie, jakaż to ogromna działalność odbywa się na wschód od portu lotniczego Midland/Odessa.

Gdy samolot niemal niezauważalnie zaczął się zniżać, w każdym kwadracie dostrzegłem plamkę. Zbiorniki wody? Gdy zbliżyliśmy się, stwierdziłem, że te struktury nie rosną od ziemi w górę lecz wkopują się w nią. Były to szyby naftowe — „pump jacks" jak je nazywali miejscowi — napędzane elektrycznością lub nawet (co wyglądało niemal na perpetuum mobile) naturalnym gazem uzyskiwanym jako produkt uboczny z pól naftowych. Była to kraina ropy naftowej.

Pani za biurkiem w wypożyczalni samochodów już chciała wiedzieć wszystko o mnie i co myślę o Teksasie. „O, przyjechał pan zobaczyć krater meteorowy", rozpromieniła się i podała mi mapę. „Z przyjemnością powiem panu, jak tam się dostać, chociaż niewiele jest tam do zobaczenia." Pokręciła głową ze smutkiem, jakby wspominała pierwotny wygląd krateru powiedzmy 20 000 lat temu. „Jest prawie całkiem wypełniony, ale ludzie ciągle tam jeżdżą."

Każdy, z kim rozmawiałem w Odessie — pani w wypożyczalni samochodów, recepcjonista w motelu, bibliotekarz, elegancki biznesmen — wiedział o kraterze, a większość z nich znała także jego historię.

Wkrótce pędziłem międzystanową autostradą 20 zbyt podniecony, by zatrzymywać się w motelu.

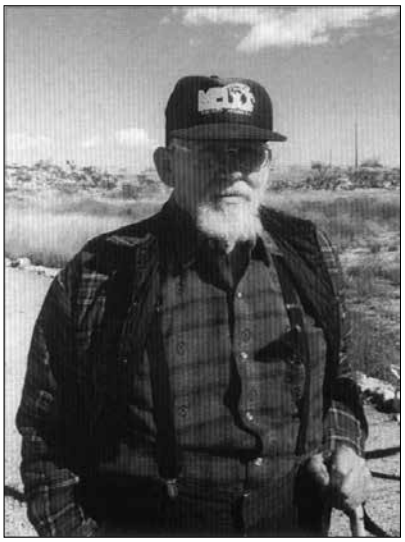
„Niełatwo go znaleźć" mówił mi jeden z przyjaciół. Tymczasem po zjechaniu z autostrady i minięciu kilku samochodów ciężarowych wyglądających jakby pamiętały czasy pierwszych osadników, zauważyłem ze zdziwieniem współczesny znak drogowy z napisem „Meteor Crater". Przez chwilę pomyślałem, że pojechałem w złą stronę i trafiłem do Arizony, ale było zbyt wiele szybów naftowych, by była to Arizona.

Zatrzymałem się na pustym parkingu. Była tam tablica ogłoszeniowa, kilka folderów, stolik i ścieżka prowadząca w dół do płytkiego, ale wyraźnie widocznego krateru. Przyjemnie samotny stałem na samym środku patrząc na płyty wapienia o wielkości sarkofagu wyrzucone przez furię dawnego uderzenia; na sterty skamieniałych ostryg (myślę, że były to Gryphea mucronata) pokrywające dno; na zaplombowane wejście do szybu — pozostałość po zakończonym niepowodzeniem poszukiwaniu w latach czterdziestych ogromnego zakopanego meteorytu żelaznego; na wykop, w którym zamiast żelazoniklowego meteorytu znaleziono skamieniałego mamuta. Cały czas byłem lekko podniecony faktem, że stoję w wielkim kraterze.

Powoli obszedłem dokoła brzeg krateru omijając krzaki i uważając na grzechotniki, dla których było to odpowiednie miejsce. Wyobrażałem sobie dawnych poszukiwaczy meteorytów i ciekaw byłem jakby to było, gdyby wykopać stufuntowy meteoryt. Nie musiałem zbytnio wysilać wyobraźni, gdyż poszukiwaczy spotkałem następnego dnia.

Zacząłem od samego rana odwiedzając skromną, ale interesującą kolekcję meteorytów biblioteki hrabstwa Ector. Moją rozmowę z bibliotekarzem usłyszał wysoki i przystojny teksański gentleman, który przedstawił się uprzejmie jako Jack Walker i opowiedział, jak obozował w kraterze, gdy był skautem, a później jako nastolatek wczołgiwał się do opuszczonego 160-stopowego szybu. „Jednak człowiekiem, który naprawdę może coś powiedzieć o kraterze, jest Tom Rodman", powiedział. Każdy chętnie służył pomocą, znalazła się książka telefoniczna i numer pana Rodmana, więc wyruszyłem w drogę pozostawiając pana Walkera z pełnym zadumy uśmiechem, wspominającego niewątpliwie swe śmiałe, młodzieńcze eskapady.

Gdyby nie Tom Rodman — prawnik i członek the Meteoritical Society — odeski krater mógłby już dziś nie istnieć. Zafascynowany tym miejscem jako chłopiec postanowił chronić je gdy był już dorosłym. „Wiedziałem, że jest tam krater" powiedział mi. „Nie wiedziałem jednak, że są tam jakiekolwiek meteoryty, póki nie pojawił się jakiś facet i bez pozwolenia nie wykopał całej gromady. Wzięliśmy połowę tego, co miał i pozwoliliśmy mu zatrzymać drugą połowę. Zbudowaliśmy małe muzeum przy kraterze, ale złodziejstwo było takie, że musieliśmy go zamknąć. Straciliśmy nasz największy okaz Odessy i przepiękny Allende. To, co mamy, znajduje się teraz w bibliotece." W latach pięćdziesiątych Rodman utworzył Odessa Meteorite



James Pliska, łowca meteorytów i mój przewodnik, w środku krateru Odessa.

Society starając się zwiększyć zainteresowanie kraterem. Wiele lat potem Służba Parku Narodowego przeznaczyła w końcu fundusze na ochronę krateru. Wciąż można spotkać pana Rodmana, jak odwiedza regularnie krater, może by sprzątnąć trochę liści, wyrzucić śmieci lub po prostu spojrzeć na miejsce, które interesowało go przez całe życie.

Zaparkowałem na podmiejskiej ulicy przed ładnym, białym domem. Drzwi otworzył barczysty, postawny mężczyzna o białych włosach i brodzie, ubrany w czerwoną, flanelową koszulę i czarne szelki. Dobiegający osiemdziesiątki James Pliska wciąż wyglądał, jakby bez trudu mógł wyciągnąć z ziemi stufuntowy meteoryt. W jego gabinecie zauważyłem kalejdoskopowy zbiór: meteoryty, groty strzał, skały, skamieniałości, butelki, klamry od pasów z okresu wojny domowej, odznaki i fragmenty uprzęży — wszystko znalezione przez Jamesa, jego syna i ich kolegów poszukiwaczy. Zanim mogłem w pełni docenić rozległość tego ogromnego zbioru, siedzieliśmy z powrotem w samochodzie kierując się jeszcze raz do krateru.

James znał mnóstwo opowieści i chciał pokazać mi osobiście miejsca swych największych znalezisk. Był gorący, słoneczny ranek i z laską w ręku James prowadził mnie powoli po niedawno wydeptanych ścieżkach. „Kiedyś w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych", zaczął, „z przyjacielem, z którym zwykle prowadziłem poszukiwania, dostaliśmy od ranczera, który był właścicielem tej ziemi, pozwolenie na prowadzenie poszukiwań. Parę razy podczas poszukiwań przyjeżdżał do nas swą półciężarówką. Patrzył, że to my i zatrzymywał się na chwilę rozmowy. Raz zobaczył, że w czasie, gdy rozmawialiśmy, ktoś jeszcze przyszedł i zaczął poszukiwania. Wyciągnął swoją wielką strzelbę i zaczął strzelać. „Zabieraj się z mojej ziemi, albo cię zastrzelę!" wrzeszczał." James przerwał, po czym wskazał laską brzeg krateru. „Gdzieś tam znaleźliśmy dużą koncentrację ... jeden ze sto funtów."

Łowca meteorytów James Williams i część jego ogromnej kolekcji meteorytu Odessa.

Apokryficzna opowieść mówi, że pewna młoda, zbiegła dziewczyna, Odessa Brockett, została tu przygarnięta w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku przez robotników budujących kolej i nazwali oni swój obóz jej imieniem. Lepiej udokumentowane jest przybycie ojca Jamesa z Czech w 1898 roku. Zbudował on pierwszy aeroplan w Teksasie i latał nim w 1910 roku. James poszedł w ślady ojca latając na B-17 w czasie II wojny światowej jako pilot lub drugi pilot podczas lotów bojowych w Europie. Po kapitulacji Niemiec James był jednym z pierwszych Amerykanów w Japonii, gdzie pomagał ewakuować POW. Po wojnie James kupił wojskowy wykrywacz min i zaczął penetrować stare obozy wojskowe częste na tych terenach, a potem jeden z przyjaciół powiedział mu o meteorytach żelaznych wokół starego krateru.

Syn Jamesa kontynuował opowieść: „Metrotech był moim pierwszym wykrywaczem Wyglądał jak puszka po kawie z rączką i rurą biegnącą w dół do pętli. Nie miał głośnika i musiał być podłączony do słuchawek. Musieliśmy wymyśleć sposób na szukanie tych meteorytów, bo było tyle żelaza w ziemi, że wykrywacz buczał bez przerwy. Nie było jeszcze wtedy dyskryminatorów i musieliśmy przełączyć go na minerały. Gdy przechodził nad meteorytem, zerował się, dźwięk znikał i wiedzieliśmy, że coś mamy. Na początku znajdowaliśmy duże kawały, które były głębiej i dawały silniejszy sygnał. Im dłużej szukaliśmy, tym mniejsze okazy się znajdowały. Jednym z pierwszych, jakie znalazłem, był czterdziestofuntowy okaz. Miałem wtedy kilkanaście lat. Gdy odpadła zwietrzelina, ledwie mieścił się w pudełku od butów. Tato chciał za niego 90 dolarów za funt, ale nie znaleźliśmy nigdy nikogo, kto chciałby tak dużo zapłacić za coś, o czym nie wiedział, co to jest. W końcu tato wymienił go na coś. Zawsze lubił wymiany."

W latach sześćdziesiątych James zaczął szukać meteorytów Odessa komercyjnymi wykrywaczami. „Wypróbowałem każdy, jaki tylko był w sprzedaży, ale nie chciały działać. Wreszcie spotkałem pana White'a z fimy White's Detectors, ponieważ miał tu wielki sklep. Powiedziałem mu, że te wykrywacze nie działają. „Dobrze, da mi pan kawałek tego cholernego meteorytu" powiedział White. „Zrobię coś, że będzie działać". I zrobił. Większość tego, co znalazłem, odszukałem przy pomocy wykrywacza White'a. Prawdopodobnie znalazłem prawie tonę. Trochę ich wymieniłem, trochę sprzedałem do muzeów tu, w Niemczech i w Japonii."

„Nie, nie szukam już więcej w kraterze", brzmiała odpowiedź na pytanie, z którym nosiłem się przez cały dzień. „Niewiele tam już pozostało."

Przy innej spokojnej ulicy po drugiej stronie miasta, gdzie domy stoją tak daleko od siebie, że nie trzeba chodników ani płotów, oczekiwała mnie inna kolekcja wspomnień. W domu przywitał mnie James Williams, nazwany przez O. Richarda Nortona „królem poszukiwaczy meteorytów Odessa", wraz z żoną. Przy wodzie sodowej kartkowaliśmy album fotograficzny — w części rejestr niezwykłych znalezisk, a w części gości tego domu. Znajome twarze były oczywistym dowodem, że wizyty kolekcjonerów meteorytów nie były tu czymś niezwykłym.

„To jest dwadzieścia lat pracy," powiedział o swym zbiorze James Williams. Jego największe znalezisko ważyło 162 funty, a jeden z najbardziej efektownych okazów — piękny meteoryt w kształcie piramidy — był chyba najtrudniejszy do znalezienia. „Usłyszałem bardzo słaby sygnał. Przesunąłem wykrywacz jeszcze raz nad tym miejscem i nic nie było słychać. Spróbowałem jeszcze raz i znów był bardzo słaby sygnał." W miarę kopania sygnał stawał się coraz silniejszy i w końcu Williams odkopał masywny meteoryt zwężający się stożkowo do ostrza grubości palca

i siedzący ostrzem do góry pod kilkoma stopami twardej, suchej ziemi.

Chociaż wiedziałem, że James jako poszukiwacz nie narzekał na brak sukcesów, ogrom jego zbioru był dla mnie zaskoczeniem. Owoce jego poszukiwań, od kilkusetgramowych okazów do cudownie powykręcanych rzeźb, które silny mężczyzna ledwie by ruszył z miejsca, były ładnie poukładane w szeregi — małe w starych puszkach po kawie, większe na tekturowych podstawkach. James wykazywał bezgraniczną cierpliwość, gdy oglądałem po kolei każdy meteoryt, niektóre ważyłem, fotografowałem i powtarzałem mu raz po raz, że nigdy nie widziałem tak wielu meteorytów razem w jednym miejscu.

James wciąż szuka meteorytów, ale sądzi, że niewiele pozostało do znalezienia. „Trzeba bardzo długo szukać, by jakiś znaleźć." Pokazał mi parę małych, ostro zakończonych okazów ważących może po 500 gramów. Były to jego najnowsze znaleziska. „Przeważnie są to takie właśnie małe kawałki i wykorzystuję je do wyrobów jubilerskich."

Zainspirowany mymi wywiadami nie mogłem się oprzeć chęci ponownego odwiedzenia krateru. Słońce zbliżało się do zachodu i wieże wiertnicze rzucały długie cienie. Z Goldmasterem w ręku przeczesywałem powoli niskie zarośla z dala od brzegu krateru. Znajdowałem mnóstwo gwoździ i kawałków drutu kolczastego, aż przy resztkach dziennego światła uzyskałem głęboki sygnał, słaby ale niewątpliwy. Wykopałem dołek na kilka cali i sygnał stał się trochę wyraźniejszy. Jeszcze głębiej i detektor zaczął głośno piszczeć. Myśląc o wielkim meteorycie i uwadze Jamesa Pliski, że jeśli zostały tam jeszcze jakieś okazy, to naprawdę głęboko, kopałem jak szalony, aż odkryłem ten długi, gładki, cylindryczny rodzaj meteorytu specificzny dla Odessy: starą rurę od wieży wiertniczej. Jest to klasyczny żart z poszukiwaczy Odessy i żadna wyprawa na poszukiwanie tam meteorytów nie byłaby kompletna bez znalezienia choć raz takiej rury.

Wróciłem do domu z jednym meteorytem od Jamesa Pliski i dwoma od Jamesa Williamsa. Nic nie zastąpi dreszczu samodzielnego odnalezienia meteorytu, ale nabycie go od pary wielkich, starych poszukiwaczy jest bardzo bliskie tego.

Uwaga autora: *Z ogromnym smutkiem dowiedziałem się o niedawnej śmierci Jamesa Pliski. Był to wspaniały człowiek z wielkimi zasługami dla swego kraju w okresie II wojny światowej i później. Jego syn, James R. Pliska kataloguje obecnie zbiór ojca. O ile wiem, James Williams nadal przeszukuje swym wykrywaczem równiny Teksasu i prawdopodobnie jest na poszukiwaniach, gdy czytasz te słowa.*
Uwaga redaktora: *Meteoryt Odessa jest oktaedrytem gruboziarnistym typu IA podobnie jak Morasko, Canyon Diablo, Przełazy i wiele innych. Nie wyróżnia się szczególnie efektownymi figurami i nie było bodźca do sprowadzania jeszcze jednego oktaedrytu IA, dlatego w polskich zbiorach występują nieliczne okazy. Osobliwością Odessy są ładne inkluzje, nawet krzemianowe, ale trudno je spotkać w najczęściej oferowanych, małych okazach. Dopiero ostatnio Gregor Pacer przywiózł trochę okazów tego meteorytu i to było bodźcem dla wybrania powyższego artykułu. Kolekcjonerzy, którzy chcą wzbogacić zbiór o okaz Odessy, mogą skorzystać z oferty firmy „ASPMET", skr. poczt. 6, 14-530 Frombork.*

VIII Seminarium Meteorowo–Meteorytowe Pułtusk–Wyszków 24–25 kwietnia 1999 r.

24.kwietnia 1999 r., sobota, godz. 11.00, Dom Kultury w Pułtusku

program:

- Otwarcie Seminarium, historia Seminarium 1979–1999
- Wyniki badań chondrytu Baszkówka — Marian Stępniewski
- Meteoryt Pułtuski: Deszcz meteorytów 131 lat temu i współczesne pytania — Janusz W. Kosinski
- Meteoritnyje dożdi — Walentin I. Cwietkow
- Zwiedzanie wystawy meteorytów w Muzeum Regionalnym

Po południu przejazd do Wyszkowa
godz. 20.00, I LO im. Norwida w Wyszkowie
§ Spotkanie kolekcjonerów meteorytów

25.kwietnia 1999 r., niedziela, godz. 9.30, I LO im. Norwida w Wyszkowie

program:

- Perseidy 1994–1998: Obserwacje, struktura roju i jego orbita — Katarzyna Gniazdowska, Janusz W. Kosinski
- Działalność obserwacyjna Sekcji Meteorów i Meteorytów PTMA 1997–1999
- Komunikaty
- Jeżeli będzie grupa osób zainteresowanych, możliwe jest zorganizowanie wycieczki na tereny spadku Meteorytu Pułtuskiego

Informacje, zgłoszenia udziału i zamówienia noclegów:

Janusz W. Kosinski, ul. Pułaskiego 19, 07-202 WYSZKÓW 4
tel. domowy 0-60 342-87-60, tel. służbowy 0-29 742-46-22
e-mail: jwk@friko3.onet.pl

ZAPRASZAMY !

Zaproszenie na OZMA III

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

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

— dwa wykłady Andrzeja S. Pilskiego

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

Zgłoszenia należy przesyłać na adres:

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

e-mail:karwen@kki.net.pl

Pochodzenie wielokilometrowych planetoid zbliżających się do Ziemi

(Nowy scenariusz)

A. Morbidelli

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

Po odkryciu pod koniec minionego stulecia planetoidy 433 Eros uświadomiono sobie szybko, że istnieje nowa populacja planetoid: ciała poruszające się po orbitach krzyżujących się z orbitami planet wewnętrznych. Wyjaśnienie pochodzenia tych planetoid zbliżających się do Ziemi (NEA) było trudne, ponieważ w owym czasie nie było oczywiste, jakie mechanizmy mogłyby zmuszać te ciała do zmiany orbit z ograniczonych orbitami Marsa i Jowisza — typowych dla głównego pasa planetoid — na przecinające orbity planet. Jeszcze nawet w 1976 roku Wetherill twierdził, że większość NEA musi być wygasłymi jądrami komet.

Jeśli jednak przyjrzymy się uważnie rozmieszczeniu planetoid w głównym pasie, zauważymy, że struktura pasa została ukształtowana przez szereg rezonansów: istnienie luk Kirkwooda jest związane z rezonansami średniego ruchu z Jowiszem (rezonansami między okresami obiegu planetoid i planety), spośród których szczególnie widoczne są rezonanse 3/1, 5/2 i 2/1. Górna granica rozmieszczenia planetoid, przedstawionego na wykresie zależności nachylenia i wielkiej półosi, jest wyznaczona położeniem wiekowego rezonansu ν_6, który występuje, gdy średnie tempa precesji długości periheliów planetoid i Saturna są jednakowe. Wynika z tego, że planetoidy muszą być jakoś usuwane z obszarów rezonansów i nasuwa się przypuszczenie, że to zjawisko może być związane z pochodzeniem NEA.

Pierwsza wskazówka, że rezonanse mogą zmuszać ciała do przecinania orbit planet, pochodziła od J.G. Williamsa, który w 1979 roku opublikował wykres pokazujący amplitudę wahań mimośrodu w funkcji odległości od rezonansu ν_6. Dla odległości mniejszych niż 0,025 j.a. amplitudy przekraczały 0,25 zmuszając ciała znajdujące się w rezonansie do przecinania orbity Marsa przy maksimum wahań mimośrodu. W 1983 roku J. Weisdom pokazał, że podobny efekt występuje dla rezonansu średniego ruchu 3/1: w nieregularnych odstępach czasu mogą występować szybkie, znaczne oscylacje wartości mimośrodów orbit ciał będących w rezonansie, których amplitudy przekraczają 0,3 — graniczną wartość dla orbity przecinającej marsjańską wychodzącej z umiejscowienia rezonansu 3/1.

W ślad za tymi pionierskimi pracami szereg badań potwierdziło, zarówno analitycznie jak i numerycznie, rolę jaką odgrywają rezonanse przy zwiększaniu mimośrodów orbit planetoid do wartości umożliwiających docieranie do orbit Marsa, a nawet Ziemi. Udoskonalona znajomość dynamiki rezonansów pozwoliła na opracowanie ogólnie akceptowanego scenariusza pochodzenia planetoid zbliżających się do Ziemi. Według tego scenariusza planetoidy te (NEA) są fragmentami planetoid głównego pasa, które w wyniku zderzeń zostały wrzucone do rezonansu 3/1 lub ν_6. Pod wpływem rezonansu mimośrody orbit wrzuconych fragmentów wzrastały tak, że te orbity zaczynały krzyżować się z orbitami ziemskich planet. Późniejsze bliskie spotkania z planetami spowodowały rozrzucenie tych fragmentów po całym obszarze, w którym są obecnie obserwowane i zaliczane do NEA.

Pierwszy sygnał, że scenariusz ten pomija pewne istotne jakościowo zjawiska dynamiczne, pochodził z pracy opublikowanej w czasopiśmie *Nature* przez Farinellę i kolegów w 1994 roku. Publikacja ta pokazała, że dla ciał z obszaru rezonansów ν_6, 3/1 i 5/2 dość powszechnym losem jest zderzenie ze Słońcem. Dzieje się tak dlatego, że wartość mimośrodu wzrasta niemal do jedności wskutek czego odległość perihelium orbity staje się mniejsza od promienia Słońca.

Przyczynę powodującą zwiększanie mimośrodu ciał będących w rezonansie do jedności znaleziono szybko. *Położenie rezonansu ν_6 jest niezależne od wartości mimośrodu, tak że mimośród może coraz bardziej rosnąć*. Wewnątrz rezonansów 3/1 i 5/2 istnieją natomiast rezonanse wiekowe i nakładają się na nie powodując chaotyczne ruchy w większej części obszarów rezonansu 3/1 i 5/2. Pozwala to na wzrost mimośrodu w nieregularny sposób bez górnej granicy.

Symulacje Farinelli i jego kolegów dotyczyły jednak zbyt małej liczby ciał, aby móc wyciągać wnioski na temat statystycznej istotności zderzeń ze Słońcem w ogólnym scenariuszu pochodzenia i ewolucji NEA. Udoskonalenie techniki komputerowej, a szczególnie pojawienie się nowego algorytmu całkowania, pozwoliło kilka lat później (1997) Gladmanowi i jego współpracownikom na numeryczne symulowanie dynamicznej ewolucji populacji kilkuset testowych cząstek umieszczonych w obszarze rezonansów ν_6, 3/1 i 5/2. Pokazali oni, że te populacje zmniejszają się dwukrotnie w ciągu każdych 2 milionów lat, ponieważ większość ich członków spada w końcu na Słońce.

Z tego wynika, że aby utrzymać stałą liczebność populacji NEA liczba planetoid, wrzucanych do obszarów rezonansów w ciągu miliona lat,

powinna być równa około 25% całkowitej populacji NEA. Takie tempo dostarczania jest nierealne w przypadku wielokilometrowych NEA, ponieważ tej wielkości planetoidy mogą być wrzucane do rezonansów tylko podczas rzadkich zderzeń o wysokiej energii prowadzących do rozbicia planetoid, takich jak zderzenia, które doprowadziły do powstania rodzin planetoid. Dlatego potrzebny był nowy scenariusz powstawania dużych NEA stanowiących poważne zagrożenie dla naszej planety.

Ta nowa koncepcja zrodziła się w głowie Fabio Miglioriniego, niezwykle błyskotliwego 26-letniego doktoranta i już współautora pracy Gladmana. Aby sprawdzić swą intuicję rozpoczął on dużą liczbę komputerowych symulacji ewolucji orbit planetoid głównego pasa i przecinających orbitę Marsa. Niestety Fabio zginął 2 listopada 1997 roku we włoskich Alpach zanim miał możliwość zobaczenia, że wyniki tych symulacji potwierdziły scenariusz, który wymyślił. Jego pracę dokończyli niedawno jego przyjaciele i koledzy: P. Michel, D. Nesvorny, V. Zappala i ja publikując ją w *Science* z 25 września 1998 roku. (Migliorini i in.).

Według tego nowego scenariusza liczne słabe rezonanse, gęsto występujące w głównym pasie, powoli zwiększają mimośrody planetoid — zjawisko to nazywamy chaotyczną dyfuzją — aż zaczną one przecinać orbitę Marsa. Rezonansami, które to powodują, są głównie rezonanse średniego ruchu z Marsem (efektywne dzięki bliskości planety mimo jej małej masy), a także wysokiego rzędu (typu n/m, gdzie n i m mają duże wartości) rezonanse z Jowiszem i rezonanse trzech ciał: planetoida — Jowisz — Saturn i planetoida — Mars — Jowisz (określone zależnościami $n_1P_1 + n_2P_2 + n_3P_3 = 0$ gdzie P_1, P_2 i P_3 są okresami obiegu a n_1, n_2 i n_3 są liczbami całkowitymi). Z powodu tej powolnej, chaotycznej dyfuzji w ciągu 25 milionów lat powinno trafić na orbity przecinające marsjańską około 50 — 100 planetoid większych niż 5 kilometrów. Pod wpływem połączonego działania zbliżeń do Marsa i silnych rezonansów orbity ich przekształcają się dalej w orbity przecinające ziemską. Z symulacji wynika, że obecna liczba wielokilometrowych planetoid przecinających orbitę Marsa jest dostatecznie duża, aby utrzymać w niezmienionym stanie populację planetoid przecinających ziemską orbitę przez następne 50 milionów lat mimo wysokiego tempa spadania tych ostatnich na Słońce.

Według tego scenariusza główny pas jawi się więc jako ogromny zbiornik planetoid, które wyciekają przez mnóstwo małych dziur (słabe rezonanse); planetoidy przecinające orbitę Marsa i te przecinające orbitę Ziemi stanowią dwa kolejne etapy ewolucyjne planetoid, które niedawno wyciekły z tego zbiornika. Na koniec planetoidy spływają do Słońca.

Chociaż scenariusz ten daje wiarygodne rozwiązanie problemu pochodzenia dużych NEA, to zarazem powoduje pojawienie się nowych problemów i perspektyw badawczych.

Czy proces dyfuzji z głównego pasa jest dominującym mechanizmem powstawania NEA o dowolnych rozmiarach? Czy też może zbliżające się do Ziemi ciała mniejsze od pewnej granicznej wielkości pochodzą w większości z rezonansów 3/1 i ν_6, do których zostały wrzucone w wyniku zderzeń? Jeśli tak, jaka jest ta wielkość graniczna? Pytanie to jest szczególnie związane z meteorytami, które można uważać za przedstawicieli dolnego krańca rozkładu rozmiarów NEA. W pracy opublikowanej ostatnio w Meteoritics & Planetary Science wraz z B. Gladmanem przeanalizowałem ponownie dostępne dane dotyczące rozmieszczenia orbit meteorytów przed ich spotkaniem z Ziemią (wyznaczonych na podstawie zdjęć bolidów) oraz wieku ekspozycji meteorytów na promieniowanie kosmiczne (CRE), który jest miarą czasu spędzonego przez meteoryt w kosmosie po uwolnieniu z ciała macierzystego. Doszliśmy do wniosku, że rozkład orbit meteorytów dobrze zgadza się z oczekiwanym przy założeniu, że meteoryty zostały wyrzucone z rezonansów ν_6 i 3/1, ale ich wiek CRE jest typowo o rząd wielkości dłuższy niż średni dynamiczny czas życia cząstek w tych rezonansach. Farinella ze współpracownikami oraz Bottke i jego współpracownicy zaproponowali, że paradoks ten może wytłumaczyć istnienie słabej siły wynikającej z reemisji cieplnej — tak zwanej siły Yarkowskiego — która powoduje powolną zmianę wielkiej półosi orbity. Według tego scenariusza meteoroidy nie trafiają bezpośrednio do rezonansów w momentach wskazywanych przez ich wiek CRE, lecz najpierw powoli migrują w głównym pasie, zanim dotrą do rezonansu. Wyjaśniałoby to, dlaczego wiek CRE meteorytów jest znacznie dłuższy niż przeciętny czas życia cząstek w obszarze rezonansu mimo faktu, że rozkład orbit wskazuje rezonansy ν_6 i 3/1 jako źródło. Jednak wynik pracy Miglioriniego i jego kolegów ukazuje nową możliwość: meteoryty mogą pochodzić w większości z planetoid przecinających orbitę Marsa.

Istotnie typowy czas potrzebny na dotarcie do Ziemi z pojedynczej orbity krzyżującej się z marsjańską wynosi około 20 milionów lat, czyli tyle, ile typowy wiek CRE meteorytów. Trzeba jednak jeszcze sprawdzić, czy rozkład orbit meteorytów będzie także ilościowo zgodny z oczekiwanym dla ciał pochodzących z orbit krzyżujących się z marsjańską.

Inną istotną konsekwencją pracy Miglioriniego jest to, że proces wyciekania z głównego pasa musiał w znacznym stopniu przerzedzić populację planetoid głównego pasa w ciągu istnienia Układu Słonecznego. Ocenia się, że liczba wielokilometrowych planetoid, które wyciekły w ciągu ostatnich 3 miliardów lat powinna być równa liczbie planetoid obecnie istniejących w głównym pasie. Może to mieć znaczące konsekwencje dla historii powstawania kraterów na planetach ziemskich, co należałoby szczegółowo zbadać. Jest możliwe w szczególności, że erozja pasa planetoid była najsilniejsza w pierwszej fazie istnienia Układu Słonecznego, gdy w pasie istniało znacznie więcej planetoid. Mogła wtedy zostać uwolniona z pasa dostatecznie duża liczba NEA, aby spowodować to, co nazywamy dawnym okresem ciężkiego bombardowania planet ziemskich. Bombardowanie to występowało w ciągu pierwszego miliarda lat istnienia planet, a rodzaj pocisków (planetoidy, komety, planetozymale) wciąż nie jest dokładnie znany.

C.N.R.S. — Nicejskie Obserwatorium, Francja

Mówi dr Rubin

J. Gregory Wilson

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

Dr Alan E. Rubin jest dziś jednym z najwybitniejszych meteorytyków w Stanach Zjednoczonych; ci którzy wertują publikacje dotyczące klasyfikacji meteorytów, zauważają, że jego nazwisko pojawia się zdumiewająco często. Trzynastego października dr Rubin przyjął mnie uprzejmie w pracowni i kolekcji meteorytów Uniwersytetu Kalifornijskiego (UCLA) w Westwood, w Kalifornii. Uważałem, że byłoby ciekawe usłyszeć zdanie naukowca na temat kolekcjonowania meteorytów w dzisiejszych czasach. Omawiając ten temat dr Rubin z dumą prezentował niektóre cenne okazy meteorytów, jak La Criolla o wielkości piłki futbolowej. Miałem także szczęście zobaczyć z bliska zdumiewającą płytę niesamowicie zbrekcjowanego Rose City, który spadł w 1921 roku, wypożyczoną przez dr Rubina ze Smithsonian Institution dzięki uprzejmości Glenna MacPhersona. Niestety tak się zdarzyło, że przeprowadzający wywiad dysponował wiedzą fachową na poziomie Spice Girls*, więc ta rozmowa o kolekcjonowaniu meteorytów była ściśle nienaukowa. Sądzę jednak, że uwagi dr Rubina będą interesujące dla kolekcjonerów i dealerów.*

JGW: Nie sądzę, aby środowisku miłośników meteorytów trzeba było pana przedstawiać, ale byłoby interesujące, gdyby zechciał pan krótko powiedzieć, gdzie i jak rozpoczął pan swą karierę i jakie były pana największe osiągnięcia.

AER: Cóż, zacząłem od studiowania astronomii na Uniwersytecie stanu Illinois, gdzie uzyskałem stopień bakałarza. Potem przez kilka lat byłem sprzedawcą obuwia, następnie pracowałem w planetarium w Chicago prezentując seanse popularne i dydaktyczne, aż uzyskałem stopień magistra geologii na tymże uniwersytecie. Jedyną rzeczą wspólną dla astronomii i geologii, jaka przychodziła mi do głowy w owym czasie, były meteoryty, chociaż wtedy niewiele o nich wiedziałem. Okazało się, że był tam profesorem Ed Olsen, który był kustoszem zbioru meteorytów w Field Museum znajdującym się przy tej samej ulicy. Został on promotorem mojej pracy na temat mezosyderytów. Nie miałem wtedy zamiaru robienia doktoratu, ale w końcu przeniosłem się do Nowego Meksyku, gdzie był Klaus Keil i u niego uzyskałem stopień doktora. Zaraz potem dostałem kontrakt na rok do Smithsonian Institution i pracuję tam od 1983 roku.

JGW: A pana praca tutaj?

AER: Zajmuję się całą rozmaitością chondrytów węglistych, enstatytowych, zwyczajnych, ziarnami metalu i strukturami krzemianów. Ich petrografią, tym co mówi o pochodzeniu chondr, co może powiedzieć o najdawniejszych procesach w mgławicy słonecznej i geologicznej historii ciał macierzystych. Interesują mnie także efekty szokowe, skutki przeobrażeń magmowych i tym podobne. Grant, którym zajmuję się obecnie, nosi tytuł „Modyfikacja macierzystych ciał chondrytów", więc zajmuję się głównie procesami zachodzącymi po okresie mgławicy, ogrzewaniem, przeobrażeniami magmowymi i szokowymi. Uczestniczę także w grancie Johna Wassona dotyczącym głównie procesów zachodzących w mgławicy i mam tam do czynienia z powstawaniem chondr i innej pierwotnej materii w chondrytach.

JGW: Główny temat, jaki chciałbym poruszyć, to kwestia tarć między społecznościami naukowców i kolekcjonerów.

AER: Jeśli chodzi o możliwości konfliktu między nami a kolekcjonerami, są dwa podstawowe zastrzeżenia, które badacze mogą wysuwać. Po pierwsze okazy są przecinane na coraz mniejsze kawałki, wskutek czego traci się informacje o budowie makroskopowej. Niektóre meteoryty będące gruboziarnistymi brekcjami jak Portales Valley, Rose City czy Blithfield, który jest chondrytem enstatytowym EL6, zawierają okruchy kilkucentymetrowej wielkości i jeśli potniemy je na mniejsze fragmenty, to utracimy tę informację petrograficzną. Drugą kwestią jest to, że kolekcjonerzy i dealerzy nie gwarantują tak długotrwałej odpowiedzialności za przechowywanie okazów jak instytucje. W muzeum, czy na uniwersytecie, gdy kustosz zbiorów umiera czy odchodzi na emeryturę, zatrudnia się na jego miejsce innego. Kolekcja pozostaje więc pod właściwą opieką przez długi czas. Gdy jednak umiera kolekcjoner, wraz z nim na ogół umiera jego pasja, a spadkobiercy niekoniecznie muszą się szczególnie troszczyć o odziedziczone po nim zbiory.

JGW: Czy niechęć naukowców do kolekcjonerów jest bardzo silna? Czy jako przedstawiciel środowiska naukowców może Pan powiedzieć, że ma ona charakter okazjonalny czy też stały?

AER: Cóż, to tak jakby spytać, czy wierzą oni w Boga. Każdy ma własne zdanie na ten temat. Niektórzy badacze zaciekle zwalczają dealerów i nie aprobują handlu meteorytami pod żadnym względem. Inni kustosze i badacze są znacznie bardziej przyjaźnie nastawieni do dealerów i kolekcjonerów. Jestem zaprzyjaźniony z wieloma dealerami i wielu z nich przysyła mi okazy do klasyfikacji. W zamian za to proszę na ogół o 20 gramów meteorytu dla kolekcji UCLA. Takie powiązanie jest niezbędne dla obu stron. My zyskujemy dzięki temu możliwość budowania kolekcji, a dealerzy mają sklasyfikowane okazy, czyli zyskują możliwość handlowania nimi we właściwy sposób. Jest to więc korzystny układ; jeśli natomiast jesteś całkowicie antagonistycznie nastawiony do dealerów, to nie dostaniesz nowych meteorytów, chyba że je kupisz.

JGW: Większość nowych okazów znajdują prywatni kolekcjonerzy, dealerzy i „poszukiwacze". Tak więc, że odegram tu rolę adwokata diabła, gdyby spełniona była wola zaciekłych przeciwników i dealerzy z kolekcjonerami zniknęliby, czy nie byłoby tak, że mniej meteorytów trafiałoby do pracowni badaczy? Czy rzeczywiście badacze chcieliby i mogliby zdobyć fundusze na kosztowne ekspedycje i znosić nieraz skrajnie trudne warunki poszukiwań terenowych, tak jak podczas ostatnich wypraw na Saharę?

AER: Właśnie, poruszył pan bardzo istotną kwestię. Dziesięć czy dwanaście lat temu powstała organizacja nazwana EuroMet, która przeprowadziła kilka wypraw do Australii i na Saharę. Finansowana była przez rządy i instytucje, ale fundusze się wyczerpały i obecnie w zasadzie nie działa. Natomiast działa wielu prywatnych kolekcjonerów wyruszających w tamte okolice ryzykując życie, zdrowie i wolność i przywożących wiele niezwykle cennych okazów. W tym sensie naukowe agencje nie odnoszą sukcesów w postaci zdobywania wielu okazów, ponieważ ich działania nie trwają długo. Prywatne przedsięwzię-

cia owocują zdobywaniem wielu okazów i jest to korzyść dla wszystkich. Ceny, jakich żądają, mogą być jednak trochę za wysokie i przekraczające możliwości wielu instytucji badawczych. Generalnie jednak jestem zadowolony, że ludzie tacy jak Labennowie wyruszają i przywożą nowe okazy. W najgorszym wypadku zostają one sklasyfikowane przez jakiegoś badacza, a wzorcowy okaz trafia do jakiegoś laboratorium. Złą stroną jest to, że czasem nie wiemy dokładnie, skąd pochodzą te meteoryty, ponieważ poszukiwacze nie podają tych informacji w obawie przed konkurentami. Ta informacja jest jednak częścią wiedzy o meteorycie, którą badacze chcieliby posiadać. Jakiego jest typu i skąd pochodzi, co także umożliwia identyfikowanie deszczów — jeśli inny okaz jest bardzo podobny, to jak daleko leżał on od drugiego? Jeśli nie znamy dokładnego miejsca znalezisk, to statystyki spadków i typów meteorytów zostają zniekształcone. Ogólnie lepiej jest jednak mieć meteoryt niż go nie mieć.

JGW: Tak więc, można by powiedzieć, że nie chciałby pan, aby dopływ „surowca" został ograniczony, a tylko chciałby pan, by unikano nieograniczonego i niepotrzebnego przecinania okazów, czy tak?

AER: Jest wiele chondrytów zwyczajnych i jeśli zostają one rozdzielone wśród kolekcjonerów, to raczej nie szkodzi to prowadzonym badaniom. Nie ma jednak co do tego całkowitej pewności. Można stwierdzić na przykład, że większość chondrytów o określonej zawartości oliwinu ma podobny wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne i może pochodzić z konkretnego ciała macierzystego. W takim przypadku te zwietrzałe chondryty zwyczajne, które pozwolimy dealerom ciąć, mogą okazać się cenne. Trzeba jednak zachować rozsądek. Jeśli znaczna część danego meteorytu znajduje się w zbiorach instytucjonalnych, to reszta może trafiać do dealerów i kolekcjonerów zaspokajając odpowiednio ich potrzeby osiągania zysków i powiększania zbiorów. Im bardziej cenne są meteoryty, tym wyższych cen żądają za nie dealerzy i tym bardziej cenione są one przez kolekcjonerów z powodu ich rzadkości. Z tego samego powodu są one cenne dla badaczy z uwagi na posiadaną wartość naukową i w takich przypadkach pojawia się problem, gdy próbujemy decydować, co należy z nimi robić. Znów jednak najlepszym kompromisem będzie to, że jeśli dostateczna ilość materii znajdzie się w instytucjach, to pogodzimy się z faktem, że reszta trafi do dealerów i kolekcjonerów.

JGW: Czy nie zdarzyły się ostatnio dość szczodre dary meteorytów dla instytucji naukowych? Myślę o Portales Valley. Może pan coś powiedzieć na ten temat?

AER: Mam szczęście, że wielu dealerów przysyła mi okazy do zbadania. Jeśli chodzi o Portales Valley, nie mogę narzekać. Jestem za to bardzo wdzięczny.

JGW: Muszę powiedzieć, że niemal wszyscy ludzie, których znam w świecie kolekcjonerów, zgadzają się z tym, co pan mówi, że znaczny procent nowych okazów powinien zawsze trafić do badaczy.

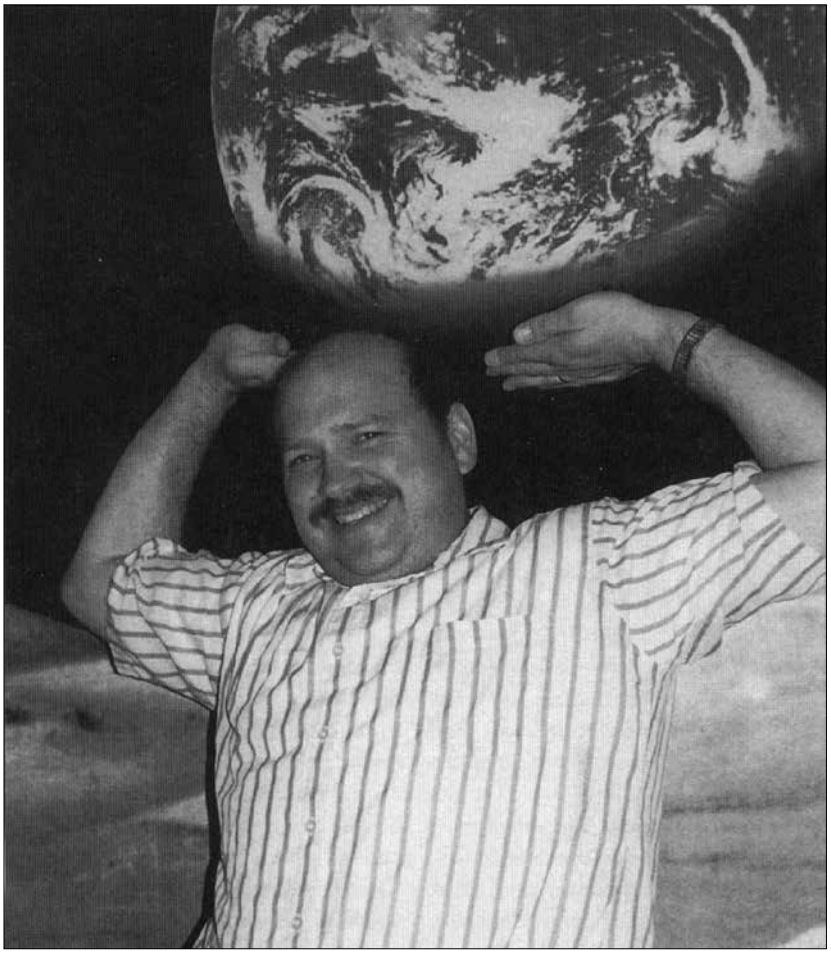
AER: Cóż, jestem dość umiarkowanym facetem, nie mam nic przeciw dealerom ani kolekcjonerom i myślę, że możemy wszyscy żyć w przyjaźni. Konflikty będą się czasem zdarzały, ale będzie to zawsze dotyczyło ludzi o innej filozofii życiowej. Myślę, że w wiekszości przypadków system ten rozwija się i działa całkiem dobrze.

JGW: Jeśli prywatnej osobie uda się znaleźć nowy meteoryt, jaki radziłby pan najbardziej właściwy sposób postępowania (poza telefonowaniem do pana)? Czy należy zwracać się do najbliższego gimnazjum lub muzeum?

AER: Problem polega na tym, że w większości lokalnych gimnazjów czy muzeów nie ma nikogo, kto wiedziałby choćby cokolwiek o meteorytach. Dotyczy to także działów geologii i astronomii. Nie wiedzą oni nawet, do kogo się z tym zwrócić.

Jeśli zupełnie nowy meteoryt spadnie na podworko lub znajdziesz go wychodząc na spacer z psem, to najlepiej skontaktować się z najbliższą instytucją, która rzeczywiście zajmuje się badaniami meteorytów. Większość kustoszy, to uczciwi ludzie i nawet podadzą znalazcy nazwiska kilku dealerów, z którymi mogą się skontaktować i dowiedzieć się ile mogą za meteoryt dostać.

Sprawiedliwość wymaga, aby osoba, której wpadła w ręce niewielka fortuna, miała możliwość uzyskania za nią najlepszej ceny. Jest to rozsądne. Chciałbym jedynie, aby ta osoba dała kustoszom dość czasu na sprawdzenie, ile mogą zaoferować dealerzy. Jeśli kustosz może zaoferować tyle samo, wolałbym, aby ta osoba sprzedała meteoryt kustoszowi, tak aby stał się od dostępny dla badań naukowych. Jest kilka meteorytów, takich jak mezosyderyt Lamont, które trafiły do konsorcjów dealerów i muzeów, tak że część ich była dostępna dla wszystkich. Myślę, że to było



Dr Alan Rubin przy pracy (zdjęcie udostępnił Alan Rubin).

dobre. Znalazcy dostają swoją cenę, dealerzy mają z czego żyć, a badacze i kustosze uzyskują okazy do swych zbiorów.
JGW: Nie dotyczy to kolekcjonowania, ale nie mogę nie skorzystać ze sposobności, by spytać o ALH 84001. Czy naukowcy są obecnie zgodni, że nie było w rzeczywistości w tym meteorycie żadnych tak zwanych „mikroskamieniałości"
AER: Powiedziałbym, że są zgodni, że nie ma w meteorycie żadnych marsjańskich organizmów. Wiele osób w JSC wciąż wierzy, że są. McKay i Gibson i niektórzy ludzie ze Stanford pracujący nad tym tematem wciąż pewnie w to wierzą. Jednak większość osób, z którymi rozmawiałem, zarówno biolodzy i astronomowie, jak i inni badacze meteorytów są zdania, że nie ma marsjańskich mikroorganizmów.
JGW: Gdy opublikowano wyniki badań w sierpniu 1966 roku, wywołały oczywiście sensację, nie tylko wśród osób zajmujących się meteorytami, ale w ogóle powszechną, i...
AER: Nawet Clinton o tym mówił!
JGW: Było to istne szaleństwo. Potem jednak była krytyka, że wyniki zostały opublikowane przedwcześnie. Czy to istotnie był po prostu wynik sumiennych i rzetelnych badań naukowych?
AER: Z całą pewnością. Powiem wprost. W czasopismach naukowych ukazuje się mnóstwo prac prezentujących wnioski oparte na dowodach, które wcale nie są silniejsze niż te w pracy McKaya. Nie wywołują one jednak takiego oddźwięku. Stawka nie jest tak wysoka. Nie jest niczym niezwykłym twierdzenie, że „mamy dowody istnienia nowej fazy siarki" czy coś podobnego. Wnioski zawarte w tych pracach mogą być prawidłowe lub błędne, dowody, na których się opierają, mogą być tak samo dostateczne lub niedostateczne jak w pracy McKaya. To temat spowodował takie zainteresowanie. Sama praca, jeśli przyjrzymy się jej dokładnie, jest dobra. Autorzy w pełni wykorzystali dostępne techniki badawcze, wymyślili kilka nowych, znaleźli coś, co uważali za dowody istnienia organizmów na Marsie i opublikowali to. Sądzę, że po prostu okazało się, że się mylili.
JGW: Miło to słyszeć, bo pojawiały się zarzuty szukania sensacji, albo że wiedza była niewystarczająca, albo...
AER: *Wszelka* wiedza jest niewystarczająca!
JGW: Wie pan, o co mi chodzi, niektórzy sugerowali, że praca została zaprezentowana publicznie zbyt pospiesznie.
AER: Nie. Czytałem tę publikację, gdy się ukazała, oglądałem konferencję, rozmawiałem z McKayem i Gibsonem i moim zdaniem była to absolutnie rzetelna nauka, a po prostu ich wnioski były błędne. Jedną rzeczą, jaką jednak zrobili, było wywołanie dalszych badań, co było dość cenne. Wiemy znacznie więcej o powstawaniu węglanów na Marsie niż kiedykolwiek przedtem, a być może także znacznie więcej o ziemskich organizmach. Temat był po prostu tak prowokujący, że stał się powodem do zamieszania bardziej niż jakiekolwiek wnioski prawidłowe czy też nie.
JGW: OK. Teraz najważniejsze pytanie. Czy widział pan „Dzień zagłady" lub „Armageddon"?
AER: Widziałem jeden i drugi.
JGW: I? Kciuki w górę czy w dół?
AER: Omal nie wyszedłem z „Armageddonu"! Gdybym nie był z żoną i dziećmi, przypuszczam, że bym wyszedł. Czasem mam prelekcje w planetariach i klubach astronomicznych i tam często mnie o to pytają, więc dlatego mógłbym powiedziec coś więcej na ten temat. Ale to było naprawdę głupie, wszystko w tym filmie było idiotyczne. Nauka, fizyka były wprost przerażające, nawet akcja była kiepska. Postacie były słabe, scenariusz był do niczego; to było okropne.

Meteoryty w Sieci!

Liczba znanych nam polskich stron internetowych poświęconych meteorytom powoli wzrasta!
Oto adresy kilku z nich:

www.minerals.inpoland.com

www.uni.torun.pl/~scibior

friko5.onet.pl/ka/jba1/

JGW: Proszę się nie wykręcać i powiedzieć, co pan naprawdę myślał...
AER: Jeśli chodzi o naukę w „Dniu zagłady", oceniłbym ją może na 60%. Strona naukowa była zdecydowanie lepsza, ale wciąż było sporo błędów. Jeśli stoisz na planetoidzie czy komecie, obojętne, co to było, i upuścisz pensa, ciążenie będzie tak małe, że trzeba będzie 45 sekund lub minuty, zanim moneta spadnie na powierzchnię. Sądzę, że reżyser nie chciał, by widownia się nudziła, więc przyspieszył akcję w tym przypadku. Poza tym rozsadzili oni kometę, aby nie było jednego dużego ciała uderzającego w Ziemię, ale wszystkie jej kawałki leciały dalej wpadając w ziemską atmosferę. Nie rozwiązywało to więc problemu; energia kinetyczna pozostawała taka sama, jak w przypadku uderzenia jednego wielkiego ciała. Kawałki nie spaliłyby się bez wyrządzania szkody; ich łączne działanie byłoby równie niszczące, jak uderzenie jednej wielkiej bryły. Ogólnie jednak strona naukowa była lepsza.
JGW: Filmowcy prawdopodobnie odpowiedzą, że na pierwszym miejscu stawiają rozrywkę, a na drugim ścisłość naukową, ale czytałem, że na konsultanta poproszono Carolyn Shoemaker. Mimo to z pewnością uważa pan, że mogliby zrobić lepszy film zwracając większą uwagę na poprawność naukową, choć była to fikcyjna opowieść.
AER: Z pewnością mogli dołożyć więcej starań. Jest jednak w „Dniu zagłady" scena, gdy astronom widzi kometę, wkłada coś do koperty i pisze na niej „Carolyn Shoemaker". Jeśli ktoś nie wie, kim ona jest, nie zwróci na to uwagi, ale przynajmniej jest to podziękowanie za jej wysiłki zwiazane z filmem i oczywiście także coś w rodzaju pośmiertnego hołdu dla jej męża Gene'a.
JGW: Dziękuję bardzo za poświęcenie mi czasu.
AER: Było mi miło.

J. Gregory Wilson jest kolekcjonerem meteorytów mieszkającym w Santa Monica w Kalifornii. Może być osiągalny pod sharkkb8@aol.com.

METEORYTY W SPRZEDAŻY WYSYŁKOWEJ

Najtańsza forma nabycia okazów dla tych, którzy nie mieszkają w pobliżu giełd minerałów.

Aktualną ofertę można otrzymać pisząc pod adres:
„ASPMET", skr. poczt.6, 14-530 Frombork

Prawie aktualna oferta jest w internecie:
http://www.minerals.inpoland.com

Jeśli otrzymany okaz nie podoba się, można go odesłać (w stanie nieuszkodzonym).

Kolekcjonerzy rejestrowani (wpisani do katalogu meteorytów w zbiorach polskich) mają prawo do zniżki.

Przy zamówieniu do 50 zł koszty przesyłki pokrywa zamawiający; powyżej 50 zł koszt pokrywa firma.

Axtell: to, że kwacze jak kaczka nie oznacza, że jest to Allende

Martin Horejsi & Marlin Cilz

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

Jak mówi stare powiedzenie, jeśli coś chodzi jak kaczka i kwacze jak kaczka, to jest kaczką. Jednak w przypadku meteorytu Axtell z Teksasu przed uznaniem go za kaczkę lepiej sprawdzić ogniotrwałe wrostki i termoluminescencję.

Dla wielu czytelników barwne zdjęcie przekroju chondrytu węglistego Axtell, zdobiące okładkę styczniowego numeru *Meteoritics* z 1995 roku, jest wspaniałym przykładem kolorowego chondrytu CV3. Dla innych jednak jest dowodem, że Axtell nie jest jeszcze jednym kawałkiem Allende.

Zaczęło się to od rutynowego telefonu do Blaine Reeda kilka dni przed wystawą skamieniałości i minerałów w Denver. Okazało się, że jakiś gość z Teksasu ma meteoryt i chce go sprzedać. Kamień ważący 6,2 kg, o trójkątnym kształcie, okazał się podręcznikowym przykładem chondrytu węglistego z wyraźnymi chondrami wystającymi ze zwietrzałej skorupy.

Kamień został zakupiony i przesłany do Montana Meteorite Laboratory do obróbki. Ponieważ do wystawy w Denver były tylko dwa dni, czekało nas sporo pracy, aby przygotować ten nowy meteoryt do szokowania nabywców. Nawet w małych fragmentach Axtella widoczne były wyraźne, kolorowe chondry, a duże płyty wyglądały zdumiewająco. Widok kolejnych płyt, każda ponad 300 gramów, odcinanych od głównej masy jak kromki chleba, naprawdę zapierał dech. Świadkowie obróbki Axtella nie mieli wątpliwości, że jest to nowy meteoryt, a nie przetransportowany okaz Allende.

Wiele unikalnych utworów widocznych w Axtellu znaleziono także w Allende, ale rzadko w takiej ilości jak w Axtellu. Jaskrawo zabarwione chondry, duże ziarna z pustymi środkami oraz wapniowo-glinowe wrostki są obecne w Allende, ale nie w takiej ilości. Ten fakt jednak nie świadczył jeszcze, że jest to nowy meteoryt.

Polerowanie Axtella nie jest łatwe, ponieważ jak na chondryt węglisty jest on dość twardy. Często przy polerowaniu chondrytów węglistych, takich jak Allende, chondry są zamazywane, ale nie w przypadku Axtella. Znów jednak nie musi to świadczyć, że mamy nowy meteoryt.

Według relacji znalazcy, Axtell został odnaleziony w 1943 roku, na długo przed spadkiem Allende w 1969 roku. Nie znaleziono jednak żadnej dokumentacji potwierdzającej datę znalezienia. Nadal więc nie było bezdyskusyjnego dowodu, że jest to nowy meteoryt.

Na szczęście na wystawie w Denver kupujący nie mieli większych zastrzeżeń co do tego, że Axtell jest nowym meteorytem i wszystkie oferowane płytki Axtella zostały sprzedane w niespełna 2 dni. Tempo sprzedaży jest jeszcze bardziej imponujące, gdy weźmiemy pod uwagę, że każda z około 15 płytek kosztowała dobrze ponad 5000 dolarów.

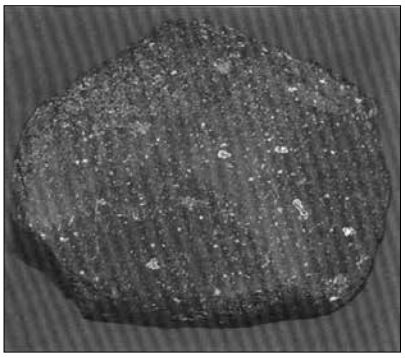
Gdy wszystkie okazy Axtella trafiły do muzeów, badaczy i kolekcjonerów, długo czekaliśmy na uzyskanie niezbitych dowodów potwierdzających różnicę między Axtellem i Allende. Oczekiwanie było pełne niepokoju.

Artykuł siedmiu autorów w styczniowym numerze *Meteoritics* z 1995 roku, zatytułowany „Axtell, nowe znalezisko chondrytu CV3 z Teksasu", czyta się jak dobrą powieść detektywistyczną pełną niewystarczających dowodów, brakujących dokumentów, zmarłych świadków i obiecujących tropów, które prowadziły w ślepy zaułek. W końcu uporczywe, metodyczne analizy naukowców wydobyły sekrety ukryte w ciemnym cieście skalnym Axtella. Jego skład chemiczny zdradził historię meteorytu, który spadł na Ziemię około przełomu wieków, ponad 70 lat przed Allende, i wylądował o tysiąc kilometrów dalej na północny wschód.

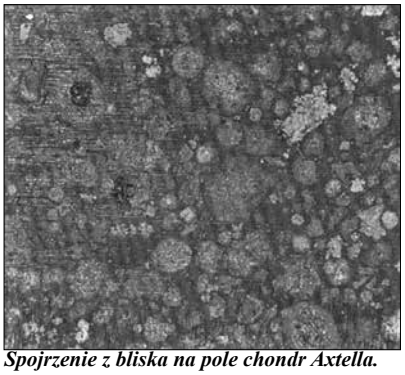
Chociaż większość dowodów potwierdzających różnicę między Axtellem i Allende nie opiera się na cechach petrograficznych, Axtellowi przypisano typ petrologiczny 3,0 a Allende typ 3,2. Na koniec, według artykułu z *Meteoritics*, „Na podstawie wysokiego stosunku magnetytu do metalu w chondrach i wysokiej zawartości niklu w metalu w chondrach i wrostkach, najlepiej uznać Axtella za członka utlenionej podgrupy chondrytów CV3".

Świętując rocznicę spadku chondrytu Allende chcemy zrobić przerwę i zwrócić uwagę na umiejscowienie i klasyfikację Axtella. Chociaż Allende jest najlepiej przebadanym przykładem chondrytu węglistego, zwłaszcza w Ameryce Północnej, to może być tylko jednym z wielu.

Raz jeszcze autorzy chcieliby wyrazić wdzięczność Berndowi Pauliemu za bezcenne informacje przekazywane zawsze w ciągu kilku minut od zapytania. Dziękujemy Ci, Bernd.



Axtell w całości. Fot. MC



Spojrzenie z bliska na pole chondr Axtella. Fot. MH.

Notatka z podróży do Tucson

Z bagażem doświadczeń ostatnich lat wybraliśmy się ponownie „przeżyć” największą giełdę minerałów na świecie. Oznacza to, również dla zbieraczy meteorytów, interesujące „spotkania trzeciego stopnia”. Po przylocie do Phoenix w Arizonie wypożyczyliśmy samochód i szybko pojechaliśmy w kierunku Tucson. Po przybyciu na miejsce i ulokowaniu się w hotelu natychmiast zagłębiliśmy się w lekturę „przewodnika” po giełdzie, żeby wyłowić interesujące nas stanowiska. Trzeba pamiętać, że w Arizonie w styczniu i w lutym jest zima, ale o temperaturach średnio w dzień 20–25°C, co oznacza, że wystawa odbywa się nie tylko w hotelach, ale także w wielu namiotach i na wolnym powietrzu.

Sprawą łatwą było odnalezienie znanych nam wystawców jak: Robert Haag, Marvin Kilgore, Michael Casper, Alain Carion czy Erich Haiderer. Jednak mniej znanych i nowych trzeba było odszukać chodząc mozolnie od drzwi do drzwi. Często również, zupełnie niespodziewanie, odkrywaliśmy wśród bardzo nieciekawych stanowisk — meteoryty. Ku naszemu zdziwieniu zdarzało się to najczęściej wśród kamieni jubilerskich, biżuterii czy skamieniałości. Niestety nie były to jakieś sensacje, tylko zwykłe chondryty czy też ostatnio bardzo popularny i wszędzie spotykany Sikhote-Alin.

Nowym meteorytem był Gold Basin, którego cena bezpośrednio u znalazcy kształtowała się $4/gram, a w drodze przedziwnych i skomplikowanych wymian spadała nawet do $1/gram. Jest to wręcz niewiarygodne, ale prawdziwe, co obserwowaliśmy także na kształtowaniu się cen innych meteorytów. Znalazca Gold Basin opowiadał nam o trudach poszukiwań, dlatego też cena $4/gram jest dla nas zrozumiała.

Nowy, ale już opatrzony Portales Valley można było kupić w cenie od $30/gram do nawet już $10/gram. Cena zależna była od ilości zawartego metalu. Szare płytki lub fragmenty bez większych wtrąceń metalicznych kosztowały $10/gram, a płytki i fragmenty z rozległymi wtrąceniami żelazo-niklu były do kupienia po 25–30 dolarów za gram.

Innym meteorytem, który jest coraz częściej widziany na stanowiskach wystawowych, jest DAG 400 oraz rzadziej DAG 262. Są to jedyne oferowane meteoryty księżycowe na legalnym rynku, ponieważ pochodzą od prywatnych znalazców. Cena ich kształtuje się na razie na poziomie 20 000 – 30000 dolarów za gram, a to jest zależne od wielkości kupowanego obiektu. Poza tymi dwoma libijskimi meteorytami był jeszcze inny meteoryt księżycowy — Calcalong Creek pochodzący z Australii i proponowany za absurdalną sumę kilkudziesięciu tysięcy dolarów za ~15 mg okruszek. Trzeba jednak powiedzieć, że jest to meteoryt o znaczeniu historycznym — pierwszy księżycowy meteoryt w prywatnych zbiorach, który to złamał monopol (między innymi amerykańskiego rządu) posiadania znalezisk z Antarktydy lub próbek przywiezionych przez misje „Apollo”. Posiadaczem głównej masy tego meteorytu był i jest Robert Haag. Cytowany zaś wcześniej okruszek proponował do sprzedaży Michael Casper, na którego stanowisku można było spędzić spokojnie cały dzień. Można było podziwiać (kupić?) parokilogramowy fragment pallasytu Imilac, parokilogramowe fragmenty grenlandzkiego meteorytu Agpalilik czyli Cape York, brazylijski eukryt Ibitira. Dominujące były jednak pospolite chondryty Gao-Guenie oraz rosyjskie Sikhote-Aliny.

Na stanowisku Roberta Haaga można było z kolei podziwiać kilkusetgramową płytę aubrytu Pena Blanca Springs o średnicy 35 cm i cenie $40/gram. Poza tym prawie należące do jego specjalności wybębnowane, drobniutkie meteoryty Odessa, po $3/gram oraz pocięte na drobne kawałki pallasyty Esquel, które to zaraz po rozpoczęciu się giełdy zostały skrzętnie wykupione. Samego Roberta można było jednak rzadko zastać w jego pokoju, co wiązało się pewnie z jego obowiązkami, bo jak wiadomo został ponownie ojcem (no i ożenił się!).

W prawie zawsze otwartym pokoju Kitty i Marvina Kilgore (firma South-West Meteorite Laboratory) można było również spędzić wiele godzin. Panował tam prawie zawsze tłok, a w przejrzystych witrynach można było zobaczyć wiele ciekawostek i rzadkości. Dla przykładu wymienię australijski meteoryt Miles, którego Marvin jest znalazcą, a także Portales Valley i Glorietta Mountains — obydwa z Nowego Meksyku. Dla znajomych było zawsze coś „ekstra”, ukryte w hotelowej szufladzie.

W pokoju Allana Langa, oprócz skamieniałości, można było również znaleźć wiele ciekawych i rzadkich meteorytów lecz w wielu przypadkach ceny były wygórowane w związku z ich historyczną wartością — mianowicie były to meteoryty ze starych, renomowanych kolekcji oferowane włącznie z oryginalnymi etykietkami. Zaś Erich Haiderer z Wiednia prezentował czeskie Moldawity (w niebywałych ilościach) a w natłoku polskich cynkitów, można było ujrzeć tu i ówdzie w artystycznym nieładzie porozrzucane meteoryty. Sam właściciel

Przeglądanie meteorytowych zakupów

G.P. na tle hotelu Ramada Inn (skamieniałości)

miał nieraz kłopoty z ich (i siebie) znalezieniem, klasyfikacją czy określeniem ceny. Górowały popularne wszędzie Gibeony, Sikhote-Alin, oraz sporo libijskich chondrytów o nieciekawych nazwach z numerami. Do sprzedaży proponowane były aubryty Mt. Egerton po $20/gram, stosunkowo tani Saratov, Kaigorod, a także parę rzadkich meteorytów, po usłyszeniu ceny których można było się przewrócić (np. Lafayette czy Governador Valadares — oba marsjańskie).

Po fazie zapoznawania się z prezentowanym materiałem potrzebowaliśmy pauzy dla nabrania dystansu i czasu do namysłu. W tym celu układaliśmy się na basenowych leżakach w zimowym słońcu Arizony, a wieczorami naradzaliśmy się w którejś z licznych restauracji, popijając zmrożone piwo z cytryną, zamawialiśmy tamtejsze specjalności — znakomicie przyrządzone steki czy „małe", ważące 1,5 kg, porcje żeberek pieczonych na ruszcie, do tego meksykańska fasola i panierowana cebula. O ile nasze przerwy w południe na „lunch" odbywały się w ścisłym gronie, o tyle wieczorne spotkania przebiegały w bardzo licznym, międzynarodowym towarzystwie zbieraczy i wystawców.

Po częstych zmaganiach i kalkulacjach proporcji zawartości portfela do chęci wejścia w posiadanie niektórych okazów, postanowiliśmy zaczerpnąć świeżego powietrza i odzyskać ostre spojrzenie, w związku z czym zwiedziliśmy ogromny park kaktusów na granicy meksykańskiej, a potem i sam Meksyk (tequila smakuje jak polski bimber tyle że ma zielony kolor).

Wracając do wystawy meteorytów stwierdzić należy, że zabrakło w tym roku ciekawych oktaedrytów oraz heksaedrytów. Nie znaleźliśmy także ani jednego kawałka argentyńskiego meteorytu Laguna Manantiales, a z węglistych chondrytów oprócz meksykańskiego Allende i australijskiego meteorytu Murchison, spotkaliśmy tylko jedną jedyną płytkę meteorytu Axtell z Teksasu.

Warto wspomnieć, że w tym roku przypada 30-lecie spadku meteorytów Allende i Murchison i z tej okazji ukazał się plakat z opisem i zdjęciami paru okazów na tle starego szkicu kopernikowskiego układu słonecznego. Plakat ten został też wykorzystany jako strona tytułowa lutowego numeru kwartalnika „Meteorite!" z Nowej Zelandii (i naszego „Meteorytu" – przyp. red.).

Szybko przeminęły 2 tygodnie naszego pobytu w Arizonie i coraz częściej nasze myśli kierowały się do mającej się odbyć giełdy minerałów w Warszawie i czekającego nas spotkania z wieloma miłośnikami tego „zbieractwa".

Z serdecznymi pozdrowieniami dla Czytelników „Meteorytu"

Ela i Grzegorz Pacerowie
Spitalstr.10
D-79539 Lörrach, Niemcy
tel. 0-049762149345, 0-0497621165305
fax 0-0497621165338, 0-049762149345
e-mail: pacermet@aol.com

Spytaj geologa

odpowiada Bernhard Spörli
Wydział Geologii, University of Auckland

Publikacja z kwartalnika Meteorite! Vol. 5 No. 1.
Copyright © 1999 Pallasite Press

1. ***Co to są szliry (w odniesieniu do tektytów)?***

Określenie „szliry" (od niemieckiego „Schlieren") pochodzi od wytwórców szkła, gdzie oznaczało podłużną skazę w szkle. Szlirami nazywa się także ciemniej lub jaśniej zabarwione warstwy w skałach głębinowych takich jak granity. Używanie tego określenia w odniesieniu do tektytów jest bardziej zgodne z pierwotnym znaczeniem. Szliry (lub pręgi) najlepiej są widoczne w australitach o guzikowatych kształtach i w wełtawitach. Są to cienkie warstwy szkła różniące się barwą, twardością i składem od bardziej jednorodnego otoczenia. W australitach często tworzą one złożone, poskręcane wzory związane z dawnym płynięciem szkła. Ich związek z zewnętrzną powierzchnią tektytu wykorzystano do oceny, czy występowała ablacja podczas przelotu tektytu przez atmosferę. Szliry często są ucięte na tylnej powierzchni tektytu, co wskazuje na występowanie ablacji. W przeciwieństwie do tego topnienie często powoduje spływanie cieczy na przedniej powierzchni, tak że szliry biegną wzdłuż tej powierzchni i zawijają się na kołnierzach jako spirale.

2. ***Jakie są przedziały wieku dla różnych metod datowania izotopowego?***

Są cztery grupy metod datowania opartych na izotopach promieniotwórczych: 1. Pomiar stosunku pozostałego pierwotnego izotopu do nowo wytworzonego izotopu w procesie naturalnego rozpadu promieniotwórczego długo żyjących izotopów; 2. Datowanie przy pomocy kosmogenicznych radionuklidów; 3. Datowanie z wykorzystaniem braku równowagi szeregów uranu; 4. Wykorzystanie do datowania uszkodzeń wywołanych przez promieniowanie. Meteody te dostarczają przynajmniej 60 różnych sposobów wyznaczenia wieku bezwzględnego. W dalszej części wymienię tylko kilka najważniejszych metod należących głównie do grupy 1. Metoda potas/argon ($^{40}K/^{40}Ar$) jest jedną z dwóch najczęściej używanych procedur datowania i jest dobra, gdy mamy dostateczną ilość materii o wieku ponad 3 miliony lat, chociaż udoskonalone procedury pozwalają na uzyskanie wiarygodnych wyników poniżej tej granicy. Metoda argon/argon ($^{39}Ar/^{40}Ar$) jest późniejszą modyfikacją, którą można stosować do wydarzeń od 4,5 miliarda do kilkudziesięciu tysięcy lat wstecz.

Metoda rubid/stront ($^{87}Rb/^{87}Sr$) jest drugą główną metodą i działa w przypadku skał starszych niż 10 milionów lat. Ponadto stosunki izotopu strontu dostarczają ważnych wskazówek dotyczących historii formowania skorupy. Jeśli chcemy określić wiek skał, które w wiekszości są zasadowe i starsze niż około 50 milionów lat, to najbardziej odpowiednia jest metoda samar/neodym ($^{147}Sm/^{143}Nd$). Metody uran/tor/ołów także obejmują ogromny zakres dat od około 1 miliona lat do początków istnienia Układu Słonecznego. Z drugiej strony metoda ołów/ołów ($^{207}Pb/^{206}Pb$) może być stosowana tylko do skał starszych niż około 500 milionów lat.

Do materii bardzo młodej w sensie geologicznym możemy zastosować datowanie przy pomocy promieniotwórczego izotopu węgla (wykorzystując kosmogeniczny radionuklid ^{14}C), jeśli zawiera ona dostatecznie dużo węgla. Ta metoda obejmuje przedział od 300 do 50 000 lat wstecz i może być rozszerzona do 70000 lat przez wzbogacenie izotopu.

Metoda śladów rozszczepiania jest najlepszym przykładem datowania z wykorzystaniem uszkodzeń w wyniku promieniowania (zależnie od rodzaju materii) i można ją stosować dla przedziału wieku od 20 lat do około 3 miliardów. Do meteorytów ma zastosowanie większość metod wykorzystujących długo żyjące izotopy oraz niektóre inne metody. W tym przypadku interesuje nas kilka rodzajów wieku, jak okres od formowania się, wiek zestalenia się, wiek utrzymywania gazu, wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne i wiek ziemski.

Monachium 1998

Mój pies husky nie usiedziałby tu spokojnie. Jak tylko zobaczy rozległą przestrzeń, musi pędzić" powiedział niemiecki wystawca Uwe Eger patrząc na otoczenie. Rozległy teren dawnego lotniska wydawał mu się „księżycowym krajobrazem" — w sam raz odpowiednim dla DAG 400. Usytuowane na peryferiach Monachium zupełnie nowe centrum targowe oczekiwało na tradycyjną Monachijską Wystawę Minerałów i Wyrobów Jubilerskich. Dotarcie tam wymagało jazdy pociągiem i autobusem; wielu dealerów obawiało się spadku liczby zwiedzających, inni mieli nadzieję, że przynajmniej stali bywalcy nie zrażą się niewygodami.

Nawet jednak starzy wyjadacze mieli trudności ze znalezieniem znajomych wystawców. Trzy przestronne hale mieściły 800 stoisk pełnych minerałów i skamieniałości. Aby szybko zlokalizować ze 30 rozproszonych stoisk z meteorytami, trzeba było wcześniej przestudiować katalog. Opłacało się jednak. Nie widziałem nigdy wcześniej na wystawie takiej różnorodności meteorytów. Wciąż na czele były Gao, Esquel i trójca: Gibeon, Sikhote-Alin, Canyon Diablo, ale towarzyszyły im przynajmniej ze dwie setki innych „gwiazd".

Najpierw przyciągnął moją uwagę stop pouderzeniowy ze spadku Gao. „Tylko jeden procent masy Gao wygląda tak, jak to" podkreślał Eger, podczas gdy zwiedzający zatrzymywali się by podziwiać noże i nawet skrzynię składającą się z 200 części wykonanych z Gibeona. Magic Mountain Eislera także oferowało noże i zegarki z Gibeona, ale bardziej byłem zainteresowany rzadko pojawiającymi się okazami Marjalahti, Boolka i Hessle. Były naprawdę cudownie wytrawione płytki różnych meteorytów żelaznych, jak Henbury z dziwnymi, szokowymi figurami Widmanstättena i 50-kilowy okaz Tambo Quemado fascynujący niezwykle dziwacznymi figurami.

Prosto z Sahary przybyła grupa o nazwie „Kristall-Atlas". Ci Marokańczycy mieli duże fragmenty jeszcze nie sklasyfikowanego chondrytu zwyczajnego. Direct Line Resources miało wiele Gibeonów ozdobionych wrostkami grafitu o wielkości mojego kciuka.

Więcej wspaniałych skarbów z pustyni przywieźli Labenne'owie: „Z każdej ekspedycji przywozimy 300–400 kilogramów, ale tym razem mieliśmy szczęście znaleźć dwa ureility". Francuzi nie pozostawili też kilku chondrytów enstatytowych czy mezosyderytów. Nazwy takie jak Kyushu, Kesen, Ibbenbüren, Charsonville, Dhurmsala, Toubil, Cape York, Parnallee, Stannern czy Alfianello przyciągnęły mnie do stoiska Langheinricha. Allan nie miał ochoty dzielić się tą historyczną kolekcją. Heliodor z Pragi miał pallasyt Brahin z odciętą piętką, by uwidocznić wnętrze z oliwinami. „Wygląda jak kula do kręgli, ale dwa razy cięższy", żartował jakiś klient, gdy oglądałem rzadkie DAGi jak ureilit DAG 340 czy CO3 DAG 332.

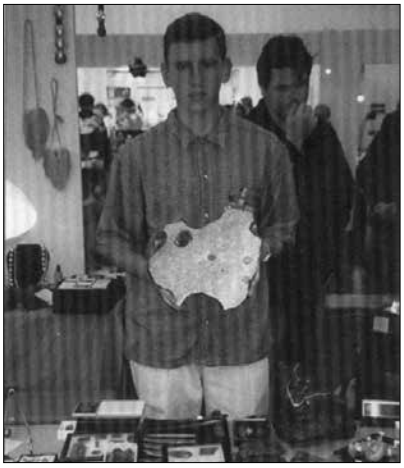
Tylko na stoisku Gregora Pacera można było podziwiać przynajmniej 50 różnych okazów, jak duża płyta Laguna Manantiales (która teraz jest ozdobą zbioru Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie — przyp. red.) w otoczeniu uroczych Sikhote-Alinów. Kupiłem jeden i dodałem do niego pięknie obrobioną płytkę Gao. Niestety howardyt Old Homestead znalazł właściciela zanim trafiłem do stoiska Abraxas Meteorites Christiana Stehlina. Pocieszyłem się diogenitem Johnstown i zwróciłem uwagę, jak pieczołowicie ten Szwajcar wciąż wypisuje ręcznie wszystkie etykietki swych pięknych okazów.

Austriak Erich Haiderer oferował rzadko widywane okazy jak nakhlit Governador Valadares, chondryty typu CK, aubryty czy mezosyderyt Mount Padbury. Przywiózł także Portales Valley i słynne rosyjskie meteoryty, jak 120 Sikhote-Alinów najwyższej jakości, Chinga i Saratov. Spotkałem tu Guy Heinena z Luksemburga oferującego swą świeżo wydaną książkę „Tektites — Witnesses of Cosmic Catastrophes". Ponieważ przeczytałem już niemieckie wydanie, nie zdziwiło mnie, że większość czasu Heinen spędził na podpisywaniu egzemplarzy.

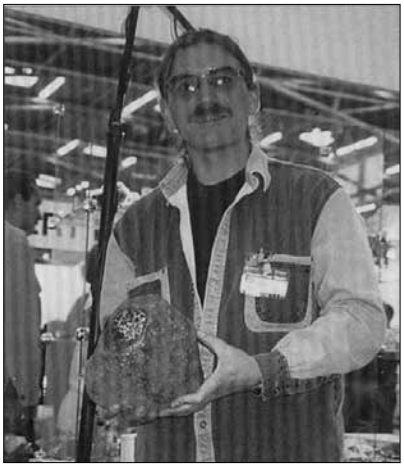
Jeśli chodzi o tektyty, u Top Geo można było kupić czarne indochinity po 40–70 dolarów za kilogram. Ausrox mieli piękne australity włącznie z hantlami z kołnierzem. Czech Zdenek Prokopec rozrzucił na stoisku setki zielonych moldawitów i wyciągnął jeden polerowany z szokującym 4 mm bąblem w środku. Stoisko Alaina Cariona łatwo rozpoznałem po kolorowych impaktytach z krateru Rochechouart. Francuz sprzedawał szkło libijskie i z krateru Aouelloul, irgizyty, mikrotektyty z granicy K/T, a także duże płyty meteorytu żelaznego Mont Dieu i chondrytu H4 Abu Moharek, znalezionego przez jego syna w 1997 roku.

Oprócz peryferyjnej lokalizacji monachijskiej wystawie zaszkodziły także nowe targi w Gifhorn odbywające się tydzień później. Kilku dealerów i wielu kolekcjonerów zrezygnowało z Monachium dla bardziej specjalistycznej imprezy w północnych Niemczech. Może będzie więcej na następnej wystawie, która odbędzie się 30 i 31 października 1999 roku. Mam nadzieję, że największa europejska wystawa minerałów nie utraci swej meteorytowej magii.

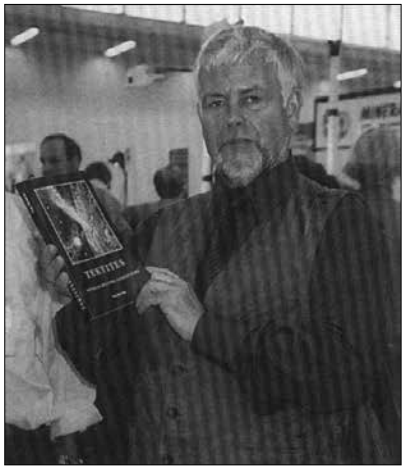
Christian Pinter
Wiedeń, Austria



Stoisko Magic Mountain Meteorites przyciągało uwagę figurami Widmanstättena.



W Monachium można było zobaczyć wnętrze pallasytu Brahin na straganie Heliodora.



Guy Heinen z Luksemburga prezentuje angielskie wydanie swej chwalonej książki o tektytach.