

METEORYT

Biuletyn dla miłośników meteorytów
wydawany przez
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
i Sekcję Meteorów i Meteorytów
Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii

Planetki oglądane przez sondę Galileo



Ida i Gaspra

Na podstawie artykułu Clarka R. Chapmana *The Galileo encounters with Gaspra and Ida* opracował Andrzej S. Piłski

Sonda kosmiczna Galileo, wysłana do Jowisza, po raz pierwszy przekazała nam obrazy powierzchni planetek ukazujące wyraźnie ich kształt, struktury geologiczne, barwy i inne cechy: 29 października 1991 r. minęła ona planetkę 951 Gaspra, a 28 sierpnia 1993 r. planetkę 243 Ida, jedną z większych wśród członków rodziny Koronis. Wskutek awarii anteny, tylko część danych, zwłaszcza dotyczących spotkania z Ida, została już przesłana na Ziemię i mogła być uwzględniona w artykule.

951 Gaspra jest bardzo nieregularną bryłą o wymiarach 18,2 x 10,5 x 8,9 km. Na zdjęciu zrobionym podczas największego zbliżenia widoczna jest jej ścianka zwrócona ku sondzie i krawędzie pozostałych ścianek. Jedna ze ścianek ma wymiary 5 x 7 km i jest płaska z dokładnością do 200 m. Przegląd zdjęć zrobionych z różnych stron pokazuje, że Gaspra składa się jakby z dwóch brył: mniejszej i większej, przylepionych do siebie. Pasuje to do koncepcji, że planетки mogą być skalnym rumowiskiem złożonym z wielu brył, przy czym większość masy skupiona jest w największej z nich. Zgadza się to również z twierdzeniem, że Gaspra jest fragmentem jądra całkowicie rozbitej pierwotnej planетки, a każda jej płaska powierzchnia stanowi miejsce odłupania zewnętrznego fragmentu.

Najbardziej zauważalną cechą Gaspry jest jej gładka powierzchnia upstrzona niedużą liczbą małych, świeżych kraterów. Widoczne są także bruzdy. Niektórzy naukowcy twierdzą, że występuje ciągłość składników struktury wskazująca, że Gaspra jest monolitem. Autor jest jednak zdania, że te elementy struktury są widoczne z dostateczną dokładnością tylko po jednej stronie, obserwowanej podczas maksymalnego zbliżenia, co nie jest wcale sprzeczne z oczekiwaniem, że rumowisko skalne będzie zdominowane przez jedną dużą bryłę i tylko kilka większych brył dodatkowych.

Obrazy Gaspry otrzymane przez różne filtry w świetle widzialnym i w bliskiej podczerwieni pokazują, że fragmenty powierzchni tej planетки różnią się nieco budową. W niektórych miejscach, zwłaszcza na krawędziach (albedo jest nieco większe, a dominujące pasmo absorbcyjne oliwinu silniejsze. Ścianki Gaspry są nieco bardziej czerwone i mają niższy kontrast widmowy i być może są nieco bardziej bogate w metal. Porównanie wartości stosunku oliwinu do piroksenu z wartościami dla chondrytów zwyczajnych pokazało, że są one wyższe niż u najbogatszych w oliwin chondrytów LL, co podtrzymuje koncepcję, że Gaspra jest ciałem, które przeszło etap dyferencjacji.

Jest możliwe, że większe uderzenia w Gasprę i w ciało, z którego ona powstała, wytworzyły słabo skonsolidowany megaregolit. Jego istnienie tłumaczyłoby mniej ostry obraz większych kraterów i w ogóle złagodzony kontrast na powierzchni Gaspry oraz występowanie bruzd. Megaregolit mógł powstać razem z płaskimi ściankami, gdy Gaspra została utworzona w wyniku katastrofalnego rozłupania pierwotnej planетки w strefie rodziny Flory w pasie planetek. Mógł on być później wstrząsany i rozrzucony w wyniku kolejnych uderzeń. Wiek Gaspry, czyli czas, od którego powierzchnia ścianek tej planетки była wystawiona na bombardowanie, ocenia się na 200 - 500 mln lat.

243 Ida ma również bardzo nieregularny kształt. Pod pewnymi względami jest podobna do Gaspry, pod innymi bardzo odmienna. Okazała się nieco większa niż oczekiwano. Nie jest podwójną, kontaktową planetką, jak niektórzy sugerowali, ale czy jest monolitem, czy rumowiskiem skalnym, trudno stwierdzić, zanim nie dotrą jej zdjęcia z innych stron.

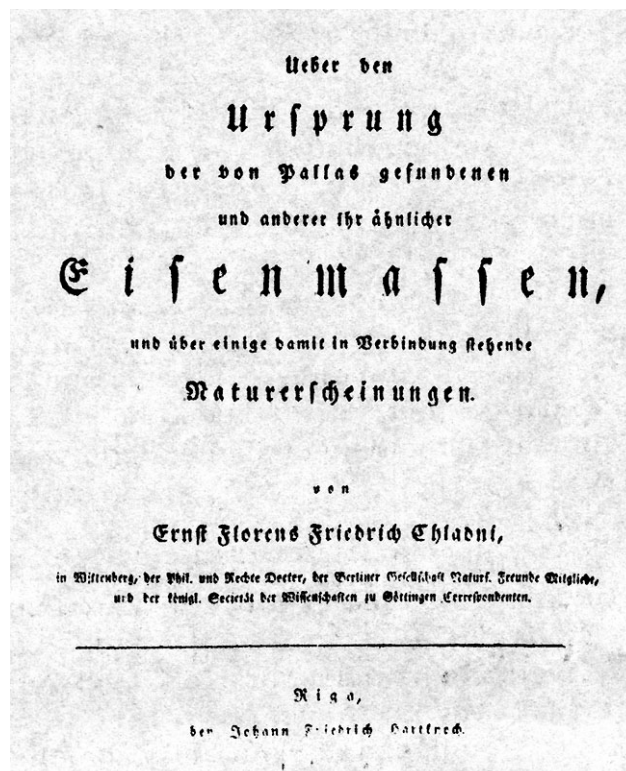
Odmienne niż Gaspra, Ida jest jednym z najbardziej zrytych kraterami ciała Układu Słonecznego i wiele wskazuje, że posiada grubą warstwę regolitu. Na jej powierzchni występują głązy, są ślady staczania się po zboczach i zmiany albedo w małej skali. Jest też trochę bardzo dużych kraterów, które mogą być źródłem regolitu.

Wstępne dane wskazują, że powierzchnia Idy jest znacznie bardziej jednorodna pod względem barwy (widma odbiciowego) niż powierzchnia Gaspry. Jest to niezbyt zgodne z danymi z obserwacji naziemnych. Jeśli dalsze dane potwierdzą ten wynik, to albo Ida jest jednorodna pod względem składu (być może jest ciałem chondrytowym), albo została „pomalowana na szaro” przez materię wyrzuconą w wyniku ostatniego, dużego zderzenia.

Ernst F. F. Chladni (1756-1827) i początek meteorytyki

Ursula B. Marvin

Dwieście lat temu, w kwietniu 1794 r., Chladni opublikował swą, liczącą 66 stron książkę:



Dziś niektórzy uważają, że zapoczątkował on tym powstanie meteorytyki jako nauki. Obecna rocznica wydaje się właściwym momentem do zbadania, jak współcześni Chladniemu odebrali jego książkę. Czy uznali ją za otwierającą nową dziedzinę nauki? Czy meteorytyka pojawiłaby się na przełomie XVIII i XIX wieku bez książki Chladniego? Dowody wskazują, że sama książka miałaby niewielki wpływ, gdyby w ciągu następnych 10 lat nie nastąpiło kilka spadków meteorytów przy świadkach i nie przeprowadzono kilku epokowych analiz chemicznych. Przypuszczalnie Chladni ledwie uniknął losu tych naukowców, którzy formułują prawidłowe hipotezy przedwcześnie, w momencie, gdy naukowa społeczność nie może przyjąć ich nowatorskich koncepcji w ramach akceptowanych kanonów wiedzy.

Chladni był pierwszą osobą poważnie traktującą doniesienia o kulach ognistych i masach kamieni i żelaza spadających z nieba. Znalazł on opisy tak zgodne ze sobą mimo różnic czasu i miejsca, że doszedł do wniosku, że spadające ciała są rzeczywistymi zjawiskami przyrody. Po odrzuceniu innych możliwości pochodzenia Chladni proponował, że te ciała są małymi fragmentami materii planetarnej z Kosmosu, które powodują zjawiska meteorów

i bolidów, gdy zanurzają się w ziemskiej atmosferze. Ta koncepcja była przeciwna dwóm ugruntowanym przekonaniom z czasów Chładniego: 1) fragmenty kamieni i metalu nie spadają z nieba (a jeśli nawet, to powstają w ziemskiej atmosferze), 2) żadne małe ciała nie istnieją w Kosmosie poza Księżycem.

Arystotelesowskie twierdzenie, że tylko eter istnieje między dużymi ciałami we Wszechświecie, zostało potwierdzone przez Newtona w 1685 r. Chładni twierdził, że istnienie małych ciał w Kosmosie jest równie prawdopodobne, jak ich brak, i że obserwacje powinny rozstrzygać, które twierdzenie jest słuszne. Jednak pod względem retoryki i reputacji Chładni nie mógł równać się z Newtonem.

Między rokiem 1794 a 1803 zaobserwowano spadek ośmiu meteorytów, pojedynczo lub w postaci deszczów, i zebrano okazy wszystkich z nich. Do lipca 1803 r. autentyczność spadających kamieni była już powszechnie akceptowana, nie z powodu książki Chładniego, ale z powodu dobrze udokumentowanych obserwacji. W latach 1802 i 1803 zostały opublikowane analizy kamieni i "rodzimego żelaza", najpierw przez E.C. Howarda w Anglii, a potem przez chemików w Paryżu i Berlinie. Howard donosił o znaczącej zawartości niklu w metalu wszystkich meteorytów kamiennych i żelaznych, jakie badał. To odkrycie łączyło meteoryty kamienne z żelaznymi i pokazywało, że różnią się one od zwykłych skał ziemskich. W obliczu niepodważalnych danych potwierdzających istnienie meteorytów naukowcy wybierali jeden z dwóch sposobów ich powstania: tworzenie się w atmosferze, lub wyrzucanie przez wulkany na Księżycu. Prawie nikt nie akceptował hipotezy Chładniego o ich międzyplanetarnym pochodzeniu nawet, gdy odkrycie planetek w roku 1801 i 1802 pokazało, że małe ciała w Kosmosie istnieją. Dopiero około roku 1840 większa liczba naukowców zaczęła akceptować międzyplanetarne pochodzenie meteorytów nie tyle z powodu dzieł Chładniego ile z powodu braku sensownej alternatywy.

W wyniku obserwowanych spadków i pracy chemików jakie miały miejsce w trzech krajach, meteorytyka najwyraźniej zaczęłaby istnieć jako nowa gałąź nauki nawet, gdyby Chładni nie napisał swej książki. Niemniej jako wydarzenie wywołujące radykalną zmianę poglądów, historyczne i teoretyczne podejście Chładniego do meteorytów musiało zdobywać rosnące uznanie jemu współczesnych. Dziś możemy tylko podziwiać klarowność i wnikliwość jego wywodów.

----- *** -----

Od redaktora:

Uznałem za stosowne uczcić 200-lecie meteorytyki przypomnieniem pierwszych obrazów powierzchni ciał macierzystych przeważającej większości meteorytów i pierwszej książki, w której meteoryty potraktowano poważnie. Autora pojęcia „meteorytyka” postaram się przedstawić nieco później.

Przepraszam za opóźnienie tego numeru. Sytuacja, że liczba rzeczy do zrobienia znacznie przekracza ilość czasu, jaką można na to poświęcić, jest znana większości czytelników, więc liczę na zrozumienie.

SPORU O TEKTYTY CIĄG DALSZY

Na podstawie Meteoritics Vol. 29 pp 739 - 744 opracował
Andrzej S. Pilski

W pierwszym, tegorocznym numerze Meteoritics ukazał się artykuł prof. Johna A. O'Keefe "Origin of Tektites", który zachęcił mnie do przedstawienia problemu tektytów w marcowym numerze "Meteorytu". Prof. O'Keefe od lat uparcie lansuje koncepcję księżycowego pochodzenia tektytów, w czym wspiera go niewielka grupa zwolenników. Większość naukowców akceptuje koncepcję ziemskiego pochodzenia tektytów. Nic więc dziwnego, że wspomniany artykuł spotkał się z ostrą repliką. W ostatnim numerze "Meteoritics" opublikowano zarówno zarzuty przeciwników teorii księżycowego pochodzenia tektytów jak i odpowiedź prof. O'Keefe. Pozwalam sobie przedstawić obszernie fragmenty zestawiając razem zarzuty i odpowiedzi. Przeciwników reprezentują prof. Stuart Ross Taylor i Christian Koeberl.

Taylor i Koeberl: O'Keefe wspomina o odkryciu "tektytów" w osadach na granicy kredy i trzeciorzędu (K-T). Niestety używa on niewłaściwie terminu "tektyty" w kontekście szklawa znalezionej na granicy K-T, którego pochodzenie uderzeniowe zostało udowodnione, ale które wykazuje pewne różnice w porównaniu z normalnymi tektytami. Badania w minionym stuleciu określiły zestaw kryteriów pozwalających określić, co jest tektytem.

O'Keefe: Były początkowo pewne wątpliwości, czy szklawa z Haiti są tektytami, ponieważ stosunek żelaza trójwartościowego do dwuwartościowego był 0,6 zamiast 0,1 typowego dla tektytów. Ostatnio wykazano, że jeśli szklawa te zostaną bardzo dokładnie oczyszczone, stosunek ten zmniejszy się do wartości typowej dla tektytów. Jest to bardzo istotne, ponieważ, jeśli haitańskie szklawa są tektytami, ten fakt wiąże tektyty z granicą K-T i jest kluczem do masowej zagłady (np. dinozaurów).

Taylor i Koeberl twierdzą, że od 1982 r. wszystkie geochemiczne i izotopowe badania tektytów potwierdzały wniosek Taylora. Przeoczyli jednak szereg prac Rosyjskiej Akademii Nauk i istotną pracę Ganapathy i Larimera pokazującą, że kuleczki żelaza z niklem nie są meteorytowe; nie mogą więc potwierdzać teorii uderzenia meteorytu jako źródła tektytów.

Taylor i Koeberl: O'Keefe twierdził, że cząsteczki mogą być wyrzucane z Księżyca z prędkościami przekraczającymi prędkość ucieczki, ponieważ "kawałki skorupy księżycowej zostały znalezione na Antarktydzie i w Australii". Istnieje zgodność wśród naukowców, że te meteoryty księżycowe zostały wyrzucone z powierzchni Księżyca podczas uderzeń wielkich meteorytów. Wulkanizm księżycowy nie był do tego potrzebny. Znajdowanie na Ziemi fragmentów wyrzucanych z Księżyca, które mają skład podobny do składu skorupy księżycowej, ale zupełnie odmienny od składu tektytów, nie stanowi w żadnym wypadku dowodu słuszności sugestii O'Keefe, że księżycowe „wulkany” były w stanie wyrzucić skały na Ziemię.

O'Keefe: W tej części stwierdzam, że zwróciłem uwagę na znajdowanie na Ziemi, kawałków skorupy księżycowej. Taylor słusznie zauważa, że to nie dowodzi, że księżycowe wulkany mogą nadać taką prędkość: źródłem mógł być księżycowy krater uderzeniowy. Zgadzam się. Nie powiedziałem, że źródłem musiał być wulkan.

Taylor i Koeberl: O'Keefe przypomina zgodność naukowców co do faktu, że tektyty nie mogą pochodzić spoza układu Ziemia-Księżyc. Jednak jego dyskusja ważności izotopów ^{26}Al i ^{10}Be ma poważne wady, ponieważ nie wspomina o innych implikacjach badań tych izotopów. Oba mogą być wytwarzane przez działanie promieni kosmicznych w przestrzeni lub w ziemskiej atmosferze. Tektyty mają wysoką zawartość ^{10}Be , ale nie można wykluczyć możliwości, że ten izotop berylu jest pochodzenia pozaziemskiego jedynie na podstawie badań tego izotopu. Kluczem jest stosunek $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$. Stosunek wynikający z produkcji atmosferycznej jest około 1000

razy mniejszy niż wynikający z bezpośredniego napromieniowania ciała w Kosmosie. Stosunek ten mierzony dla tektytów, jest bardzo niski i nie tylko wyklucza, że tektyty pochodzą z daleka, ale wymaga, aby były wytwarzane z osadów w zewnętrznych warstwach skorupy ziemskiej. Żadna skała we wnętrzu Księżyca, na jego powierzchni lub w Kosmosie, nie może mieć stosunku $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ o wielkości obserwowanej w tektytach.

O'Keefe: Taylor utrzymuje, że tektyty nie mogą pochodzić spoza układu Ziemia-Księżyc, i że ten wniosek nie jest kwestionowany przez nikogo. W rzeczywistości zaprzecza mu praca Izokha (1993).

W 1987 r. był tylko jeden pomiar stosunku $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ w tektycie (plus cztery wyznaczenia górnej granicy). Nie wystarczy to do sformułowania wiarygodnego poglądu o pochodzeniu tektytów.

Taylor i Koeberl: O'Keefe twierdzi, że tektyty powstają z księżycowej magmy o składzie granitu. Występują istotne różnice składu nawet między ziemskimi granitami a tektytami, które zostały wskazane 30 lat temu. Jedną z głównych różnic występuje w zawartości magnezu, która jest prawie o rząd wielkości wyższa w tektytach niż w ziemskich granitach. Skały granitowe w ziemskim sensie, w postaci dużych intruzji, nie są znane na Księżycu. Największy "granit księżycowy" ma 1,8 grama. Te małe fragmenty, które lepiej byłoby nazywać "felzyty", istotnie mają zawartość krzemionki podobną jak tektyty, ale znów zawierają prawie o rząd wielkości mniej magnezu. Tak więc procesy magmowe na Księżycu mają równie nikłe sukcesy w produkowaniu materii o składzie tektytów, jak podobne procesy na Ziemi. Do wytworzenia materii macierzystej australitów potrzebne są ziemskie procesy osadowe, a nie magmowe. Ponadto porównanie względnie płytkich źródeł wulkanizmu na Ziemi z hipotetycznymi źródłami księżycowymi na głębokości ponad 700 km jest nieuzasadnione. Takie źródła produkowałyby raczej szkliwa pikrytowe a nie granity.

O'Keefe stwierdza, że "część powierzchni Księżyca pokryta skałami o odpowiednim składzie by tworzyć tektyty, jest z pewnością nieduża" i wykorzystuje obecność 20 ppm toru w rejonie krateru Arystarch do poparcia tego stwierdzenia. Ale wysoka obfitość toru na powierzchni Księżyca wskazuje jedynie wysoką zawartość składnika KREEP, którego skład chemiczny znacznie różni się i od granitów i od tektytów.

O'Keefe krytykuje zdanie Taylora, że tektyty mają skład niepodobny do żadnej skały księżycowej. Jednak nie ma pojedynczej skały z Księżyca, która by miała skład i wiek podobny do jakiegokolwiek tektytu. Nie jest to dziwne, ponieważ tektyty mają skład chemiczny i izotopowy nie do odróżnienia od skał zewnętrznych warstw skorupy ziemskiej. O'Keefe używa koncentracji dwóch lub trzech pierwiastków w szkliwach impaktytowych jako argumentu na rzecz ich księżycowego pochodzenia. Porównując dwie zupełnie różne skały zawsze można znaleźć kilka pierwiastków, które przypadkowo występują w jednakowej obfitości.

O'Keefe: W tej części autor twierdzi, i ja się z tym zgadzam, że termin "felzyt" byłby bardziej odpowiedni niż „granit”, ponieważ ten ostatni wywołuje zbyt wiele skojarzeń.

Istotnym punktem w całej reszcie chemicznych porównań jest porównanie z bogatymi w potas i ubogimi w magnez księżycowymi szkliwami krzemianowymi. Jak wskazuje Taylor w swej książce, nie znaleziono takiego składu wśród przedstawianego zazwyczaj składu tektytów. Powód tego stał się ostatnio widoczny. Bardzo mała liczba cząsteczek szkliwa została znaleziona w wyniku wierceń w dnie oceanów. Okazały się one niezwykle podatne na korozję lub krystalizację. Znaczenie tektytów bogatych w potas i ubogich w magnez dla tej dyskusji wynika z faktu, że są one wymieniane przez Taylora, jako występujące wyłącznie na Księżycu i nie znajdowane wśród tektytów.

Skoro już zostały one znalezione jako szkliwa, jest rozsądnym sądzić, że były one obfite wśród mikrotektytów zaraz po spadku. Ich obecna rzadkość jest spowodowana ich rozpuszczalnością i podatnością na krystalizację.

Glass stwierdził, że obfitość cząstek szkliwa zawierającego dużo potasu i mało magnezu jest taka, jaką sugeruje istnienie kwaśnych wulkanów księżycowych.

w pobliżu kraterów Arystarch i Archimedes, Metzger i jego grupa znaleźli obszary, w których tor jest obecny na poziomie 20 ppm, co sugeruje skały felzytowe. Obszary te są małe w porównaniu z całym obszarem Księżyca, ale wciąż mają powierzchnię kilku kilometrów kwadratowych.

Taylor i Koeberl: O'Keefe prawidłowo stwierdza, że tektyty mają składy izotopowe Rb-Sr i Sm-Nd, które są prawie identyczne ze składem skorupy ziemskiej i zupełnie niepodobne do składu jakiegokolwiek skały księżycowej. Jednak utrzymuje on, że rozwiązanie tej oczywistej niezgodności można znaleźć w modelu termicznej historii Księżyca (Toksöz i Johnson 1977). W pracy tej jednak nie ma dyskusji stosunków Rb-Sr i Sm-Nd na Księżycu lub porównania z ziemską skorupą. Jest oczywiste z systematyki izotopowej, że księżycowa skorupa skaleniowa utworzyła się 4440 milionów lat temu, i że obszary źródłowe bazaltów mórz zestaliły się 4400 milionów lat temu. Częstkowe topienie tych obszarów w bardzo małej skali (bazalty mórz stanowią około 0,1% objętości Księżyca) na głębokości kilkuset kilometrów wewnątrz Księżyca dało w rezultacie późniejsze erupcje powierzchniowe bazaltów mórz w okresie między 4200 i 3000 milionów lat temu. Jest więc mało dowodów na rodzaj rozległego topienia wnętrza Księżyca, który rozważali wcześniej Toksöz i Johnson. Natura głębszego (>1000 km) wnętrza Księżyca jest niepewna i musi poczekać na dalsze badania. Pozostaje goły fakt, że charakterystyki izotopowe, tektytów są zgodne z charakterystykami skał skorupy ziemskiej.

O'Keefe próbuje wykorzystać fakt, że i tektyty i bazalty mórz księżycowych są ubogie w Europ, twierdząc, że dowodzi to wspólnego pochodzenia. To zubożenie powstało w różny sposób, a reszta pierwiastków ziem rzadkich nie wykazuje podobieństwa, co wykazano dawno temu. Fakty, że bazalty mórz pochodzą z obszarów znacznie ponad postulowanymi przez niego rejonami źródłowymi tektytów, czy, że są o rząd wielkości starsze, nie są dyskusyjne.

Wątpliwe, czy centrum Księżyca może zawierać zarówno obfitość wodoru jak i, jako materiał źródłowy dla australitów, materię nieodróżnialną izotopowo i chemicznie od jurajskich osadów na Ziemi. Wątpliwe także czy hipotetyczny wulkan księżycowy mógłby wyrzucić masy tektytów na orbitę okołoziemską bez pozostawienia śladów albo otworu albo szkliva tektytów leżącego wokół na powierzchni. Te szkliva pochodzenia wulkanicznego, które znaleziono na powierzchni (np zielone szkło z Apollo 15), które mogą pochodzić z głębokiego wnętrza Księżyca, bardzo różnią się od tektytów zarówno składem chemicznym, jak i wiekiem. Cechą charakterystyczną Księżyca jest jego zubożenie w pierwiastki lotne. Nie stwierdzono śladów wody w próbkach księżycowych nawet na poziomie ppm. "Rdza" w słynnej "rdzawej skale" z Apollo 16 jest spowodowana oddziaływaniem ziemskiej atmosfery. Tektyty zawierają około 80 ppm wody; są więc o kilka rzędów wielkości wilgotniejsze niż próbki księżycowe. Nie jest to dyskutowane przez O'Keefe.

O'Keefe: Skrajna suchość Księżyca jest prawdziwa dla niektórych części. Jednak "rdzawa skała" z Apollo 16 została zabarwiona przez wodę. Taylor jest zdania, że woda jest ziemską, ale Friedman uważa, że księżycową.

Taylor i Koeberl: O'Keefe sugeruje, że bogate w nikiel kuleczki żelaza w niektórych tektytach mogły powstać w księżycowej skale macierzystej. Nie dostarcza jednak żadnego dowodu na poparcie tego twierdzenia. Obserwacja, że kuleczki nie są pochodzenia meteorytowego nie oznacza, że są one księżycowe. Nie są znane żadne księżycowe szkliva wulkaniczne z inkluzjami Ni-Fe. Istotnie Ganapathy i Larimer stwierdzili, że "układ pierwiastków śladowych (kuleczek) jest wyraźnie ziemski, z czego wynika, że kuleczki są rezultatem miejscowej redukcji skały macierzystej i nie są pochodzenia meteorytowego". O'Keefe także silnie krytykuje pracę Koeberla i Shirey, którzy używają systematyki izotopów Re-Os do zidentyfikowania obecności małych składników meteorytowych w tektytach z Wybrzeża Kości Słoniowej. Lekceważy on dowody mieszania skał z miejsca spadku z meteorytami na podstawie tego, że

w laboratoryjnych eksperymentach godziny lub dni są wymagane na wchłonięcie ziaren kwarcu o milimetrycznych rozmiarach. Istnieje obszerna literatura dokumentująca istnienie szkliva impaktytowego o różnej wielkości, zawierającego częściowo lub całkowicie wchłonięte inkluzje mineralne, z licznych kraterów uderzeniowych na Ziemi, oraz szkliva utworzonego podczas eksperymentalnych zderzeń w laboratorium. O'Keefe uważa, że każdy krater ze szklivem impaktytowym został zrobiony przez szklane bomby z Księżyca. Jednak jest dobrze udokumentowane, że suche szkliva tworzą się w bardzo krótkim okresie czasu z ziemskich skał powierzchniowych podczas eksplozji bomb atomowych.

O'Keefe: Ganapathy i Larimer stwierdzili, że kuleczki Ni-Fe pochodzą ze skały macierzystej, ale skała macierzysta może być księżycowa. W próbce księżycowej 14425 widać, że kuleczki Ni-Fe powstały z macierzystego szkliva.

R. Brett wskazał, że gdy te kuleczki są znajdowane w ziemskich szklivach impaktytowych, często tracą one żelazo do skały macierzystej i są otoczone przez halo tlenku żelaza trójwartościowego, ale w tektytach tego się nie obserwuje. Tlenek żelaza jest rozpuszczalny w macierzystym szkliwie, ale żelazo metaliczne nie jest. Tak więc sugeruje to, że kuleczki nie pochodzą z ziemskiej skały macierzystej.

Taylor i Koeberl: Duża część pracy O'Keefe jest poświęcona trudnościom wytworzenia jednorodnego, suchego szkła o jakości tektytu. Porównuje on szkła wytworzone przy długim czasie ogrzewania w laboratorium lub fabryce, z materia podlegającą ciśnieniom i temperaturom większym o wiele rzędów wielkości i znacznie odległą od stanu równowagi termodynamicznej. Tektyty powstały z przegrzanego stopu skał, który podlegał temperaturom ponad 10000 stopni Celsjusza. Bardziej właściwe byłoby porównanie ich ze szklivami uzyskanymi podczas eksperymentów zderzeniowych. Są one znacznie bardziej podobne do tektytów i szkliv impaktytowych. Podczas zderzeń, w których skały są ogrzewane przez falę uderzeniową w ciągu ułamków sekundy, problemem jest nie unoszenie się bąbelków, lecz dyfuzja atomów (nie cząsteczek) w przegrzanych stopach. Nowoczesne obliczenia pokazują, że w takich warunkach nie ma problemu z usunięciem składników lotnych z tektytów w bardzo krótkim czasie. Choć O'Keefe stwierdza, że "odkrycie metody produkcji szkła o jakości tektytów w ciągu kilku sekund z taniego i obfitego surowca byłoby warte miliony", sugerujemy, że skutki dla środowiska wynikające z symulacji potężnego zderzenia z prędkością naddźwiękową mogłyby zmniejszyć komercyjną atrakcyjność takiego przedsięwzięcia.

Szkliva powstające podczas eksplozji bomb atomowych były badane przez Glassa, który stwierdza, że "krople szkła wytwarzane przez eksplozje bomb atomowych mają kształty, petrografie, stosunki żelaza trójwartościowego do dwuwartościowego i zawartość wody podobne do tektytów i mikrotektytów. Pokazuje to, że szkliva podobne do tektytów mogą być wytwarzane podczas gwałtownych zdarzeń, i podtrzymuje hipotezę powstawania tektytów podczas zderzeń wielkich meteoroidów z Ziemią." Podobieństwo między szklivem wytwarzanym w eksperymentach zderzeniowych, szklivem powstającym przy eksplozjach bomb atomowych i tektytami jest wystarczające aby odrzucić wszystkie obiekcje podnoszone przez O'Keefe, dotyczące problemu wytwarzania suchego szkliva z materii powierzchni Ziemi w bardzo krótkiej skali czasowej.

O'Keefe: Taylor utrzymuje, że szkło tektytów może być utworzone podczas formowania się krateru uderzeniowego na Ziemi. Twierdzi, że warunki temperatury, ciśnienia, gęstości i magnetyzmu są wystarczające do tego.

Jeśli chodzi o temperaturę, jest on zainteresowany jej bardzo wysokimi wartościami. Trudność usunięcia lotnych składników ze stopu nie występuje w wysokich temperaturach; w tym czasie składniki lotne mieszają się swobodnie z nielotnymi tlenkami. Tak więc ogrzanie powyżej temperatury krzepnięcia nic nie daje, jeśli chodzi o usunięcie lotnych składników. To w temperaturze bliskiej 1000 K lotne składniki oddzielają się.

Jednak lotne składniki tworzą bąble, a ucieczka bąbli jest określana wzorem Stokesa, z którego wynika bardzo wolna prędkość

wznoszenia się bąbli nawet w polu grawitacyjnym podobnym do ziemskiego. Jeśli tektyt porusza się po balistycznym torze jak się oczekuje, to efektywne pole grawitacyjne w otoczeniu tektytu jest równe zero i obliczone tempo wznoszenia się bąbla jest także zero.

Taylor stwierdza, że tworzenie się szkła tektytów odbywa się poza stanem równowagi termodynamicznej w fabryce i w stanie równowagi termodynamicznej w przyrodzie. Jednak szkło samo nie jest materia w stanie równowagi.

Sugeruje on dalej, że oddzielanie się lotnych składników zachodzi raczej przez dyfuzję, niż przez unoszenie się bąbli. Jednak dyfuzja została wyliczona i stwierdzono, że liczbowo jest nieodpowiednia.

Taylor i Koeberl: Na podstawie wcześniejszych obliczeń O'Keefe odrzuca możliwość, że tektyty weszły w atmosferę mając wysoką temperaturę i dlatego dostarcza wyjaśnienie dla tworów ablacyjnych. Jednak kontynuując te badania Melnik dochodzi do wniosku, że nowe dane wskazują na oddziaływanie materii tektytów z atmosferą podczas wyrzucenia i "niewątpliwie wymagają ziemskiego pochodzenia australitów".

O'Keefe: Argument Melnika zależy od udowodnienia, że tektyty weszły w atmosferę mając temperaturę rzędu 1600 K. Chapman i Larson bardzo dokładnie zbadali tę możliwość i odrzucili ją. Ponieważ prawidłowe rozumienie tego zagadnienia jest niezbędne dla bezpieczeństwa astronautów, jest pewne, że Chapman i Larson wazyli swe słowa.

Taylor i Koeberl: Biorąc pod uwagę delikatne kształty niektórych tektytów O'Keefe akceptuje twierdzenie, że nie mogły one tworzyć się podczas gwałtownych zderzeń z powodu ich delikatności. Z drugiej strony, według O'Keefe przetrwały one gwałtowną erupcję wulkaniczną na Księżycu, po której nastąpił okres stygnięcia na powierzchni Księżyca, a następnie inna eksplozja księżycowa, która wyrzuciła je ku Ziemi i wreszcie przejście przez ziemską atmosferę. Z pewnością coś tak delikatnego, że "oddech ludzki", jak mówi O'Keefe, mogłoby to zniszczyć, nie przetrwałoby takiego traktowania.

O'Keefe: Taylor i Koeberl mają niewątpliwie rację mówiąc, że ciekłe tektyty byłyby zniszczone zarówno przez uderzenie, jak i wyrzucenie przez wulkan. Tak więc jest konieczne przypuszczenie, że tektyty ostygły do punktu krzepnięcia zanim zostały wyrzucone. Z tego wynikałyby przynajmniej dwa gwałtowne zdarzenia, między którymi tektyty powstawałyby przez zgrzewanie i wylew. Oczywiście wymagałoby to wulkanu.

Taylor i Koeberl: O'Keefe utrzymuje, że tektyty typu Muong Nong mogą utworzyć się tylko jako zgrzewane tufy z gorącego popiołu. Przeciwnieństwo tego stwierdzenia stanowią szczegółowe badania Kleina, który stwierdza: "...obecne wyniki wskazują, że materia Muong Nong mogła tworzyć się jako szkło o wymiarach znacznie większych, niż normalne próbki i że tworzenie się tufu lub gromadzenie się mniejszych cząstek materii nie jest wymagane, aby wytworzyć ciała o obserwowanych rozmiarach.

O'Keefe: Taylor i Koeberl błędnie zrozumieli Kleina, który badał konkretną hipotezę, mianowicie, że duże tektyty typu Muong Nong nie mogłyby stygnąć jako odrębne kawały, ponieważ nastąpiłaby ich krystalizacja. Okazało się, że krystalizacja tego szkła jest tak powolna, że ciepło ucieka i szkło może się tworzyć. Tak więc hipoteza uderzenia w Ziemię przechodzi ten test. Nie znaczy to, że hipoteza zderzenia z Ziemią jest słuszna, lecz tylko, że przechodzi ten test.

Taylor i Koeberl: Dyskutując księżycowe źródło tektytów Muong Nong O'Keefe przeoczył odkrycie przez Glassa coesyту i różnych minerałów poudarzeniowych nie tylko w tektytach typu Muong Nong, ale także związanych z warstwami zawierającymi mikrotektyty. Ponadto uderzeniowy cyrkon mający ślady oddziaływania skrajnie wysokich temperatur, został ostatnio odkryty w tektytach Muong

Nong. Te znaleziska dostarczają dowodu zjawiska uderzeniowego, podczas gdy nie jest jasne, jak coesyt i minerały uderzeniowe (z nieokreślonego źródła) mogły zostać włączone do tektytów podczas erupcji wulkanu księżycowego.

O'Keefe: Równie dobrze można sądzić, że niektóre tektyty były fragmentami dużych ciał, i że weszły one w atmosferę w tym samym czasie, co małe tektyty. Twory uderzeniowe mogły powstać, gdy duże fragmenty uderzyły w Ziemię.

Ziarna coesyty mogły znajdować się w gazach uciekających z wulkanu księżycowego. Przy wymaganej prędkości 2,4 km/s (prędkość ucieczki z Księżyca) ziarna kwarcu zostałyby przeobrażone uderzeniowo uderzając w ściany komina wulkanu, przez który byłyby wyrzucane.

Taylor i Koeberl: Pomimo faktu, że nie ma żadnych dowodów, że wybuchowy, kwaśny wulkanizm istnieje (lub kiedykolwiek istniał) na Księżycu, O'Keefe zakłada, że wybuchowy wulkanizm na Księżycu będzie znacznie bardziej potężny niż wybuchowy wulkanizm na Ziemi. Odwołuje się także do zjawisk sporadycznych na Księżycu, aby poprzeć swe twierdzenie o możliwości wulkanizmu księżycowego w ostatnich czasach. Chociaż o zjawiskach sporadycznych przy kraterze Arystarch donosili ziemscy obserwatorzy w czasie misji Apollo 12, astronauta z orbitera niczego nie widział. Przy takim subiektywnym zjawisku warto zacytować opinię Wilhelmsa: „Cokolwiek realnego czy psychologicznego wywołuje zjawiska sporadyczne, to nie jest to wulkanizm”. O'Keefe wykorzystuje zaobserwowaną, ale nie potwierdzoną, obecność radonu „z czego wynika wulkanizm”, do podparcia swego twierdzenia. Jednak z tych pomiarów, jeśli są prawidłowe, wynika tylko dobrze znana obecność radioaktywnych pierwiastków macierzystych: uranu i toru w skorupie księżycowej. Nie ma żadnego związku radonu z aktywnością wulkaniczną.

Pokazano dawno temu, że tektyty zawierają gazy w proporcjach atmosferycznych. „Charakterystyczna wartość stosunku $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ w powietrzu jest decydującym kryterium, że te gazy są pochodzenia ziemskiego (Zähringer i Gentner). Późniejsze prace potwierdziły, że obfitości izotopów gazów szlachetnych w pęcherzykach w tektytach (i innych szklach impaktytowych) są identyczne z wartościami dla ziemskiej atmosfery, oraz, że ten wniosek dotyczy także gazów szlachetnych rozpuszczonych w szkło. Jest nieprawdopodobnym, że pęcherzyki powstałe na Księżycu będą zawierały gazy o składzie izotopowym identycznym z tym w ziemskiej atmosferze.

Hipotezy powinny być poddawane testom i z pewnością przeprowadzono wystarczające testy ziemskiego pochodzenia tektytów. Postulowanie, że źródłem tektytów jest wewnątrz Księżyca, umieszcza zagadnienie w obszarze hipotez nie dających się testować. O'Keefe nie dostarczył żadnego dowodu pozwalającego odrzucić lub unieważnić którykolwiek z licznych geochemicznych argumentów, które dostarczają wielu niezależnych dowodów ziemskiego pochodzenia tektytów; postanowił on ignorować większość z nich.

Od redaktora: Na te ostatnie zarzuty O'Keefe nie udzielił odpowiedzi. Nie czuję się kompetentny, aby wtrącać się w spór utytułowanych naukowców. Skoro jednak ziemskie pochodzenie tektytów zostało udowodnione, jak twierdzą zwolennicy tej koncepcji, to chciałbym, aby mi ktoś wyjaśnił, jak to się odbyło. Jeśli ktoś wie, gdzie został opublikowany kompleksowy opis przebiegu zjawiska uderzenia wielkiego meteorytu w Ziemię, stopienia i wyrzucenia skał i uformowania się tektytów, będę wdzięczny za wiadomość.

W 57 dorocznej Konferencji Meteoritical Society, która odbyła się od 25 do 29 lipca w Pradze uczestniczyła dr Jadwiga Biała - dyrektor Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego. Po jej relacji przedstawione są streszczenia niektórych referatów wygłoszonych na Konferencji (za "Meteoritics" Vol. 29 Nr 4).

Pięćdziesiąte siódme doroczne zgromadzenie **Meteoritical Society**

Jadwiga Biała

W dniach 24-29 lipca 1994 r. odbyło się kolejne 57 doroczne zgromadzenie członków Meteoritical Society. Po raz pierwszy spotkanie odbywało się w kraju dawnego bloku wschodniego. Dla wielu uczonych było to na tyle istotne, że od stwierdzenia tego faktu rozpoczynali swe wystąpienia.

Obrady odbywały się w salach Pałacu Kultury - nowoczesnego gmachu z wieloma salami koncertowymi i konferencyjnymi oraz zapleczem gastronomicznym. Wielkość tego gmachu oraz ilość sal umożliwiają odbycie jednocześnie kilku zjazdów liczących ponad 100 uczestników. Pałac Kultury znajduje się w pobliżu Wyszehradu, tak więc w czasie przerw w obradach można było spacerować wśród najstarszych zabytków Pragi.

Kilka dni przed rozpoczęciem zgromadzenia minęło 25 lat od lądowania ludzi na Księżycu i pierwsza sesja 25.07. Poświęcona była właśnie tej rocznicy. Uczeni, którzy badali pierwsze okazy skał księżycowych, dzielili się swymi wspomnieniami z tamtych dni. Opowiadali o przygotowaniach do badań, o pierwszych konferencjach prasowych na temat wyników, o tym, jak niezwykłym przeżyciem była dla nich ta praca z księżycową materią. Jednym z uczonych wspominających swe przygody z badaniem gruntu księżycowego był S. Ross Taylor z Canberry w Australii. Był on w latach 1987-1988 wiceprezydentem, a w latach 1989-1990 prezydentem Meteoritical Society. Jest też w kolegium redakcyjnym "Meteoritics".

Ci, którzy czytali bardzo ciekawy rocznicowy artykuł "Naukowa spuścizna programu Apollo" w "Świecie Nauki" Nr 9/1994, powinni zauważyć, że jest on autorstwa Jeffreya Taylora - profesora z Uniwersytetu w Honolulu na Hawajach.

Oprócz rocznicowych wspomnień, na pierwszej sesji wygłoszono jeszcze trzy referaty: E. Zinner - "Spektrometria masowa w astronomii. Międzygwiazdne ziarna w meteorytach", A.G.W. Cameron - "Astrofizyczne procesy wpływające na formowanie składników meteorytów, czyli pierwsze 10 milionów lat mgławicy słonecznej" oraz D.J. Roddy - "Kraterzy uderzeniowe i wybuchowe: perspektywy badań". Pierwszą sesję prowadzili: prezydent Meteoritical Society Heinrich Wanke oraz wiceprezydent Harry Y. McSween Jr.

Następne sesje odbywały się równolegle w dwóch salach i uczestnicy z konieczności musieli wybierać tematykę. Po południu 25.07. do wyboru była sesja poświęcona ziarnom pyłu międzygwiazdowego lub ziemskim kraterom uderzeniowym i tekstom. Ci, którzy, jak ja, wybrali drugą możliwość, mogli usłyszeć o ciekawej hipotezie postawionej przez Izokha. Uwa-

za on, że australity, indochinity i zhamanshinity są pozostałością po komecie, która uderzyła w Ziemię. Niewątpliwą inspiracją do postawienia tej hipotezy było bombardowanie Jowisza przez fragmenty komety Shoemaker-Levy 9 w dniach 16-22 lipca br.

Pierwszego dnia wywieszono również około 40 plakatów. Można je było oglądać przez cały czas trwania konferencji. Poświęcone były zwykle badaniom konkretnych meteorytów lub kraterów. Obok Czesi sprzedawali książki o tematyce mineralogicznej i geologicznej oraz jedyną książkę ściśle związaną z tematyką konferencji - "Moldavites. The Czech Tektites" Vladimira Bouška.

Następnego dnia przed południem można było wybrać albo meteoryty SNC albo chondryty. Sesję o meteorytach marsjańskich prowadziły dwie panie: G. Dreibus i M. Grady. Na 15 referatów tej sesji aż 13 poświęconych było różnym badaniom jednego meteorytu ALH 84001 (Allan Hills 84001).

M.M. Lindstrom rozważał problem, co wiedzielibyśmy o Księżycu i Marsie bez programu Apollo, tylko na podstawie badania meteorytów z Księżycza i Marsa i obserwacji przez sondy kosmiczne (zob. streszczenie).

J.S. Delaney omówił trzy modele kompozycji Marsa:

- 1/ 86.5% H-chondryty + 13.5% CM-chondryty,
- 2/ 70% CI-chondryty + 30% H-chondryty,
- 3/ 90% CI-chondryty + 10% H-chondryty,

Gęstości Marsa wg przedstawionych modeli wynosiłyby odpowiednio - 3.77 g/cm^3 dla składu: chondryty oliwinowo-bronzytowe + chondryty węgliste CM (takie jak Murchison) i 3.84 g/cm^3 dla składu: chondryty oliwinowo-bronzytowe + chondryty węgliste CI (takie jak Ivuna). Średnia gęstość Marsa szacowana jest na 3.75 g/cm^3 , co preferuje model pierwszy.

Po południu były sesje poświęcone pyłowi kosmicznemu oraz ciałom planetarnym, głównie Księżycowi, ale też Wenus i lodowym księżycom Saturna.

We środę 27 lipca do południa była druga sesja poświęcona chondrytom i równolegle sesja poświęcona gazom szlachetnym. Ciekawy referat na temat meteorytu Peekskill wygłosił Th. Graff (zob. streszczenie). Przedstawił on pracę zespołu liczącego aż 19 osób. Meteoryt ten spadł 9.10.1992 i uderzył w samochód należący do Michell Knapp. Waga meteorytu wynosiła 12.4 kg. Graff wraz z zespołem dokonali oszacowania masy i rozmiarów meteoroidu Peekskill, nim wpadł on w atmosferę Ziemi. Z oszacowań wynika, że rozmiary bryły były w granicach 40-80 cm, zaś jej masa w granicach 1000-8000 kg. Następnego dnia Cepplecha z mniej licznym zespołem (5 osób) podali informacje na temat orbity i trajektorii w ziemskiej atmosferze meteoroidu Peekskill na podstawie obserwacji video (zob. streszczenie). Meteoroid był obserwowany z pięciu

miejsc. Do opracowania wzięto obserwacje z czterech miejsc, bo obserwacje z piątego miejsca były niepewne. Wyliczona masa meteoroidu wynosi 13.000 kg, rozmiary 1.7 x 1.7 x 1 m, prędkość na orbicie 14.72 ± 0.05 km/s, zaś prędkość spadku na Ziemię 80 m/s. Warto w tym miejscu wspomnieć, że Peekskill jest piątym meteoroidem, dla którego obliczono orbitę. Cztery wcześniejsze to: Sikhote-Alin (spadł 12.02.1947 w Rosji), Pribram (spadł 7.04.1959 w Czechach), Lost City (spadł 3.01.1970 w USA) i Innisfree (spadł 5.02.1977 w Kanadzie).

We czwartek 28 lipca sesje przedpołudniowe poświęcone były achondrytom oraz chondrom i wietrzeniu. Sesję poświęconą chondrom prowadzili John A. Wood oraz Derek W.G. Sears. John A. Wood wygłosił referat "Chondry i formowanie chondrytów. Ważniejsze nierozwiązane kwestie sporne" (zob. streszczenie). Wood wymienił kilkanaście takich problemów, uświadamiając słuchaczom, że meteorytyka nie rozwiązała jeszcze wielu bardzo istotnych zagadnień.

Sesje popołudniowe poświęcone były achondrytom oraz asteroidom i kometom. C.R. Chapman prezentował planetoidę 243 Ida i jej księżyc (zob. streszczenie). Przedstawił też zdjęcia bombardowania Jowisza przez kometa Shoemaker-Levy 9. Były to zdjęcia z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a oraz z teleskopów na powierzchni Ziemi. Chapman miał niezbyt przyjemną przygodę, ponieważ na lotnisku ukradziono mu teczkę. W prasie ukazał się artykuł na ten temat z prośbą do złodzieja o zwrot materiałów naukowych, które były w teczce.

W piątek 29 lipca były tylko sesje przedpołudniowe. Jedna poświęcona meteorytom żelaznym i żelazno-kamiennym i druga poświęcona wczesnym etapom powstania Układu Słonecznego.

W sesji poświęconej meteorytom wystąpił dr Bruno Lang z Warszawy z referatem "Magnetyczne własności metalu w mezosyderycie łowicz".

Czesi przedstawili badania meteorytów żelaznych Vicenice i Chlumec. Meteoryt Vicenice znaleziono w październiku 1911 r. Okaz o wymiarach 180 x 90 x 65 mm ważył 4650 g. Meteoryt Chlumec, znaleziony w miejscowości Chlumec nad Cediną w 1993 r., waży 3004 g.

W czasie trwającego 5 dni zgromadzenia wygłoszono około 200 referatów i zaprezentowano około 40 plakatów. Ogromna większość prac poświęcona była bardzo specjalistycznym wyznaczeniom składu meteorytów, badaniom mineralogicznym i petrograficznym. Praktycznie były one przeznaczone dla specjalistów z danej dziedziny i raczej dla mineralogów i petrografów niż dla astronomów.

Z okazji przyjazdu do Pragi tak wielu sławnych badaczy meteorytów, w Muzeum Narodowym otwarto nową wystawę meteorytów, która jest na tyle interesująca, że warto jej poświęcić osobny artykuł.

STRESZCZENIA

Planетка 243 Ida i jej księżyc. C.R. Chapman i inni.

28 sierpnia 1993 r. sonda Galileo przeleciała obok planетки 243 Ida rejestrując obrazy jej powierzchni i inne dane. Obraz tej planетки, przekazany we wrześniu (okładka) ukazuje ciało o bardzo nieregularnym kształcie (ok. 56 km długości), silnie zryte kraterami, z wieloma interesującymi tworami geologicznymi. W okresie od lutego do czerwca 1994 r. pozostałe dane były stopniowo przekazywane na Ziemię. Nie wszystkie one zostały zanalizowane lub opublikowane przed konferencją Meteoritical Society, ale kilka nowych rezultatów ogłoszono.

Został odkryty księżyc, krążący wokół Idy. Ma średnicę około 1,5 km, jego albedo i widmo odbiciowe niezbyt różni się od Idy, obiega Idę ruchem prostym z okresem około 20 godzin, przy założeniu kołowej orbity (znajdował się około 80 km od środka Idy podczas obserwacji). Innych księżyców o podobnych rozmiarach w pobliżu Idy nie znaleziono.

Nowe obrazy strony przeciwnej do pokazanej na wrześniowym zdjęciu, ukazują nieregularny kształt przypominający kość, z wyraźnym wklęsnięciem, które wydaje się dzielić Idę na dwa odrębne składniki. Wygląd jest zupełnie odmienny od ukazanego na wrześniowym obrazie. Liczna populacja kraterów Idy ukazuje dużą różnorodność ich budowy, zgodnie z przypuszczeniem, że powierzchnia była bombardowana gęstym strumieniem małych pocisków.

Przypuszcza się, że księżyc Idy powstał podczas tego samego katastrofalnego zderzenia, w wyniku którego powstała sama Ida i cała rodzina planetek Koronis. W czasie takich zderzeń fragmenty mogą być wyrzucone w jednym kierunku z podobnymi prędkościami i wtedy mogą zacząć okrązać się wzajemnie. Być może jednak księżyc ten jest blokiem skalnym wyrzuconym podczas zderzenia kraterotwórczego. Taki księżyc powinien być rumowiskiem skalnym, mniejszym znacznie od ciała pierwotnego, i powinien znajdować się na prostej orbicie w odległości kilku promieni od ciała głównego. W każdym przypadku mniejsze bloki, widoczne w niektórych częściach Idy, są najprawdopodobniej wyrzucone z kraterów niezależnie od tego czy były kiedykolwiek chwilowymi księżycami.

Pochodzenie małych planetek przelatujących tu obok Ziemi.

W.F. Bottke i inni

Poszukiwanie przez 90-cm teleskop, w ramach programu "Spacewatch", planetek zbliżających się do Ziemi, ujawniło więcej ciał o średnicach mniejszych niż 50 m, niż spodziewano się na podstawie rozkładu większych ciał ($D > 100$ m.). Rabinowitz stwierdził, że wiele z tych ciał ma peryhelium i aphelium bliskie 1 j.a., mimośród nie większy niż 0,35, nachylenie orbity między 0 stopni a 30 stopni i nietypowe cechy widma. Przy założeniu, że ciała te stanowią stałą nadwyżkę małych ciał w okolicy orbity Ziemi, ewentualnymi ich źródłami są zderzenia z jedną (lub więcej) planet ziemskich, fragmenty po zderzeniach w pasie planetek lub zderzeniowy rozpad jednej z większych planetek przecinających orbitę Ziemi.

Aby wyznaczyć najbardziej aktywny obszar dostarczający fragmenty planetek w pobliżu Ziemi prześledzono, jak zachowują się ciała z każdego możliwego źródła.

Stwierdzono, że obiekty z głównego pasa planetek z obszarów rezonansu z Jowiszem, gdy przechodzą na orbity przecinające ziemską, nie stają się obiektami przelatującymi stale blisko Ziemi. Z kolei obiekty krążące już po orbitach przecinających ziemską rzadko się rozpadają i mają inne widma odbiciowe.

Najbardziej prawdopodobne wydaje się, że nadwyżkę małych ciał tworzą bryły wyrzucone w wyniku zderzeń fragmentów planetek z Ziemią. Księżycem lub Wenus, które mogą krążyć po obserwowanych orbitach przez około 10 mln. lat po wyrzuceniu. Bryły wyrzucone z Marsa raczej nie będą trafiały na orbity na jakich obserwuje się planetki zagrażające Ziemi.

Odnalezienie warstwowych tektytów w północno-wschodniej Tajlandii: dowód istnienia rozległej, stopionej warstwy.

J.T. Wasson i inni.

POSZUKIWANIA terenowe i wypytywanie rolników w Tajlandii doprowadziły do odnalezienia warstwowych tektytów typu Muong

Nong na obszarze rozciągającym się od granicy Laosu na zachód, do linii łączącej Ban Phô Klang pad rzeką Mekong na północnym wschodzie, przez Det Udom, do Nam Yun na południu. Poza dwoma wyjątkami w miejscach przy zachodnim krańcu tego obszaru, wszystkie odnalezione fragmenty są warstwowane. W większości przypadków duże, warstwowane tektyty zostały znalezione przez rolników na polach ryżowych, które do niedawna były porośnięte lasem. Rolnicy pokazali miejsca znalezienia. Tam, gdzie warstwa laterytu wychodziła na powierzchnię, znaleziono wiele mniejszych, warstwowanych tektytów.

Warstwowanie tych tektytów powstało prawdopodobnie wskutek spływania po pochyłości. Struktury bardzo przypominają warstwowanie znalezione w wylewach obsydianu, a 20-stopniowe nachylenie pozostałości magnetycznej względem warstw pokazuje, że masy szkła znajdowały się na powierzchni Ziemi, gdzie stygły przekraczając punkt Curie. Nasze obserwacje wskazują, że obszar geograficzny o minimalnych wymiarach 40 x 130 km był pokryty warstwą stopu krzemianowego. Wydaje się to wymagać, że obszar był ogrzewany w sposób ciągły przez promieniowanie towarzyszące akrecji pozaziemskiej materii, aż stop opadł na powierzchnię; aby osiągnąć obserwowaną ilość stopu, jest wymagana temperatura promieniowania około 2200 K. Silne świecenie nieba było częściowo spowodowane przez bolidy ponad kraterami uderzeniowymi, ale także przez zjawiska atmosferyczne podobne do tego nad Podkamienną Tunguską, wywołane przez wpadające pociski, które uwalniały całą swą energię w atmosferze nie tworząc kraterów.

Badacze sugerują, że badany teren był pokryty warstwą stopu. Zgrubna ocena wskazuje, że średnia grubość warstwy była ok. 4 mm, odpowiadając gęstości powierzchniowej 10 kg/m². Równie zgrubna ocena gęstości tektytów, które przetrwały wietrzenie i wciąż znajdują się na pierwotnym terenie, jest ok. 30 g/m².

Duże, warstwowane tektyty są znajdowane od Hainan w Chinach, do centralnej Kambodży. Warstwa stopu musiała więc pokrywać większość tego obszaru o długości 1200 km. Ekologiczne konsekwencje tego są ogromne. Całe życie w obrębie kilku centymetrów powierzchni musiało zostać zniszczone.

Mikrotektyty w kraterze Zhamanshin. E.P. Izokh

Zhamanshin jest jedyną strukturą uderzeniową na świecie, gdzie mikrotektyty są znajdowane razem ze szkliwem impaktytowym, warstwowanymi tektytami typu Muong Nong (MN) i tektytami o kształtach rozbryzgowych (splash-form) - irgizytami.

Mikrotektyty są ściśle związane z tektytami - irgizytami tj. małymi (1 - 3 cm) kroplami szkła, które powszechnie mają liczne mniejsze (0,1 - 0,5 mm) kulki szkła przyklejone do powierzchni. Po oddzieleniu te kulki nie są odróżnialne od typowych mikrotektytów z dna mórz. W stosunku do zhamanshinów typu MN irgizyty są bogatsze w MgO; jednak oba rodzaje należą do pokrewnych rodzin tektytów. Wśród skał podłoża krateru Zhamanshin nie znaleziono odpowiedników irgizytów i towarzyszących, im mikrotektytów pod względem składu chemicznego. Na istnienie mieszaniny skał podłoża i materii meteorytu kamiennego, która wyparowała i skondensowała razem, nie ma żadnych dowodów i ten pomysł wydaje się założeniem ad hoc. Godny uwagi jest całkowity brak kuleczek zasadowego szkliwa powstałych ze stopu poudarzeniowego. Dlatego pochodzenie uderzeniowe mikrotektytów należy wykluczyć.

Problem związku między mikrotektytami a tektytami dotąd nie ma zadowalającego rozwiązania. Brak mikrotektytów na lądzie na obszarze występowania tektytów Australii i Azji nie może być wyjaśniony tradycyjnie jako wynik korozji gruntowej jak pokazuje przykład Zhamanshin. Z drugiej strony tektyty podobne do irgizytów także nie występują na tamtych terenach z wyjątkiem szkła Darwina. Paradoks wiekowy zmusza do założenia szczególnych pozaziemskich warunków tworzenia się irgizytów - mikrotektytów, jak wyjątkowo gwałtowne erupcje wulkaniczne z rozrzućaniem, rozpylaniem i zlepianiem drobnych kropelek stopu. Jeśli tak, to przesłany rozkład mikrotektytów, podobnie jak wszystkie inne typy morfologiczne tektytów, zależy od struktury i składu bryły uderzającej w Ziemię, jej fragmentacji i trajektorii względem powierzchni Ziemi. Jeśli przyjąć pozaziemskie pochodzenie tektytów

i mikrotektytów, to występuje niezgodność ze stratygrafią i wiekiem mikrotektytów z dna mórz i w korelacji między mikrotektytami z dna mórz a tektytami lądowymi. Mają one różne orientacje terenów występowania i różne stratygrafie (wiek geologiczny), muszą więc należeć do różnych spadków tektytów. Problem wymaga dalszych badań.

Zhamanshinity - tektyty typu Kuong Nong. E.P. Izokh

Współistnienie trzech typów stopionego szkliwa (zasadowe impaktyty, tektyty - irgizyty związane z mikrotektytami i warstwowe typu Muong Nong, tektyty - zhamanshinity) jest unikalną cechą krateru Zhamanshin. Krater ten stanowi najlepsze miejsce do rozwiązywania starej zagadki tektytów.

Zhamanshinity MN można zebrać w wyraźnie zróżnicowane szeregi, najdłuższe zanotowane szeregi tektytów. Kwaśna (70 - 85% SiO₂) część, składająca się z czarnego szkła, jest nieodróżnialna od tektytów MN z Wietnamu i Tajlandii. Środkowa część szeregu (63 - 70% SiO₂) składa się z żółtego szkła i pumeksu przepieczonych z czarnym kwaśnym szkłem. Bliskie odpowiedniki tych czarno-żółtych, warstwowanych tektytów MN są znajdowane w Wietnamie i Tajlandii. Część z małą zawartością krzemionki (50 - 60% SiO₂) składa się z ciemnego pumeksu zwykle bogatego w Al₂O₃. Wszystkie trzy członki szeregu tektytów MN można obserwować w dużych blokach o wadze ponad 50 kg, fragmentach jakichś większych ciał, jak wylewy lawy, nieznanymi w kraterze.

Argumentami na rzecz pozaziemskiego pochodzenia szeregu tektytów Zhamanshin są: (1) paradoks wiekowy (wiek szkła z K-Ar, śladów rozpadu i termoluminescencji waha się od 0,7 mln. lat do 1,2 mln. lat i do 5,2 mln. lat, podczas gdy krater został utworzony tylko około 10000 lat temu, co wynika z danych geologicznych i paleomagnetycznych, z datowania impaktytów i przetopionych tektytów MN; (2) brak odpowiedników pod względem składu chemicznego wśród skał podłoża, zwłaszcza dla zasadowej i środkowej części szeregu i (3) znaleziska zhamanshinitów typu MN częściowo przetopionych podczas ostatniego stadium uderzenia.

Dowodem wulkanicznego pochodzenia jest (1) dobrze uporządkowana tendencja dyferencyjacyjna typowa dla szeregu skał magmowych ale nie dla stopów zderzeniowych; (2) twory długotrwałego, wielofazowego formowania się warstwowanych tektytów MN tj. nakładanie się, przecinanie, intruzje, wewnętrzne niezgodności, jak te opisane przez Futrell; (3) wyraźne podszeregi rodzin tektytów (Hf, HFe, LCa, itd.) jako możliwy produkt różnych wulkanicznych faz lub impulsów; i (4) nagromadzenie szkliwa o różnym wieku radiogenowym w jednym miejscu, niemożliwe przy procesach zderzeniowych, ale powszechne w długotrwałej aktywności wulkanicznej. Zhamanshinity typu MN są błędnie traktowane jako impaktyty przez zwolenników teorii ziemskiego, zderzeniowego pochodzenia tektytów i dlatego zamazujących rzeczywisty stan rzeczy. Bardziej możliwa do przyjęcia wydaje się być teoria, że te szkła spadły z nieba", czyli były częścią bryły uderzającej w Ziemię.

Tworzenie się chondr i chondrytów:

główne, nierozwiązane problemy. J.A. Wood.

Istnieje zgoda, choć nie powszechna, tylko co do kilku aspektów tworzenia się chondr: zostały one utworzone jako rozproszone kropelki magmy w mgławicy, i ostygły w skali czasowej rzędu jednej godziny; niektóre, jeśli nie wszystkie, zawierają wcześniejsze generacje ziaren minerałów. Poza tym, wiele parametrów i procesów, które oddziaływały na ich tworzenie się, jest dyskutowanych. Problemy są następujące:

1. Czy chondry utworzyły się przez stopienie zimnych, utworzonych wcześniej kul pyłu, czy też przez akumulację gorących kropelek i pyłu?
2. Dlaczego każdy typ chondrytów ma tak wyraźnie określony (choć nie identyczny) rozkład rozmiarów chondr?
3. Czy proces tworzenia się chondr był tak rozprzestrzeniony, jak wskazuje obfitość tych obiektów, czy też tylko się tak wydaje, ponieważ procesy tworzenia się chondr i ich łączenia się były związane ze sobą?
4. Jaki jest związek między CAI (inkluzyje wapniowo glinowe) różnych typów a chondrami?
5. Czym były szeroko rozprzestrzenione, impulsowe zjawiska

ogrzewające, które tworzyły chondry (i CAI)?

6. Jaka była podstawowa temperatura mgławicy, powyżej której chwilowe skoki temperatury tworzyły chondry (i CAI)?

7. W jakim przedziale czasu tworzyły się chondry (i CAI), które zostały w końcu zebrane w pewną, daną, małą objętość materii chondrytowej?

8. Jeśli chondry były tworzone przez stosunkowo małe zdarzenia lokalne, i jeśli parametry każdego zdarzenia oddziaływały na charakter tworzonej populacji chondr, to jak wyjaśnić dużą ilość stosunkowo jednorodnej materii chondrytowej w np. ciele macierzystym chondrytów typu L?

9. Czy była nieskończona liczba typów chondrytów, z których obecnie mamy próbki tylko kilku, czy tylko ograniczona liczba (dość dobrze reprezentowana przez meteoryty w naszych kolekcjach)?

10. Czy ubóstwo lotnych pierwiastków, widoczne w chondrytach, zostało spowodowane przez procesy termiczne, które tworzyły chondry, czy też występowało już w materii, z której tworzyły się chondry?

11. Co stało się z atomami lotnych pierwiastków, które nie wzięły udziału w tworzeniu się chondrytów?

12. Dlaczego występują systematyczne różnice chemiczne między typami chondrytów; czy ten sam mechanizm, który usunął pierwiastki śladowe, jest odpowiedzialny za różnice głównych pierwiastków?

Obserwacje video bolidu meteorytu Peekskill: trajektoria atmosferyczna i orbita. Z. Ceplecha i inni

9 października 1992 r. bolid jaśniejszy niż Księżyc w pełni pojawił się nad Virginia Zachodnią, przelatując jakieś 700 km w kierunku północno-wschodnim i zakończył się spadkiem co najmniej jednego meteorytu. 12,4 kg chondryt zwyczajny H6 został znaleziony w Peekskill, w stanie Nowy Jork. Przypadkowo zdarzenie zostało zarejestrowane przez kilka kamer video.

Peekskill jest dopiero czwartym meteorytem, dla którego istnieją dokładne dane o orbicie i atmosferycznej trajektorii meteoroidu. W rezultacie jest mało ograniczeń na umiejscowienie meteorytów w Układzie Słonecznym przed spadkiem na Ziemię.

Wstępne wyliczenia pokazały, że bolid Peekskill poruszał się po orbicie nie stykającej się z powierzchnią Ziemi. Ciało o masie początkowej rzędu 10 ton i prędkości 14,7 km/s poruszało się po orbicie o wielkiej półosi $a = 1,5$ j.a., z aphelium nieco powyżej 2 j.a., o nachyleniu 5 stopni i okresie obiegu 1,8 roku. Gdyby Ziemia nie miała atmosfery, meteoroid ten przeleciałby nad jej powierzchnią na wysokości 22 km, ale atmosfera zahamowała jego lot, spowodowała rozpad i odparowanie znacznej części. Na wysokości 30 km prędkość meteoroidu spadła poniżej 3 km/s i przestał on świecić. Przeleciał jeszcze 50 km uderzając w końcu w samochód w Peekskill z prędkością pionową około 80 m/s.

Po raz pierwszy przelot jasnego bolidu został zarejestrowany kamerami video. Podczas drugiej połowy lotu bolid rozpadł się na kilkadziesiąt fragmentów. Na zdjęciach o wysokiej rozdzielczości widać przynajmniej 70 fragmentów oddalonych od siebie nawet o 20 kilometrów. Praca nad dokładną analizą zarejestrowanego przelotu jest kontynuowana.

Wielkość i historia meteoroidu Peekskill. Th. Graf i inni

Badania historii ekspozycji meteoroidu na promieniowanie kosmiczne oparto na pomiarach izotopów promieniotwórczych, gazów szlachetnych i śladów działania promieni kosmicznych. Wszystkich pomiarów dokonano na próbkach z tego samego, 12,4 kg okazu.

Wiek ekspozycji, wyznaczony z różnych pomiarów, zgadza się dobrze i wynosi 27 milionów lat. Tyle czasu wędrował meteoroid od momentu odłupania od macierzystej planetki do spotkania z Ziemią. Dolna granica rozmiarów meteoroidu wynosi około 1 metra średnicy. Górna granica wynosi około 2 metrów średnicy. Gdyby rzeczywiste rozmiary meteoroidu były bliskie niej, należałoby nieco skorygować wyliczenia wieku ekspozycji, który byłby nieco dłuższy. Nie można więc wykluczyć, że meteoryt Peekskill pochodzi bezpośrednio z rozpadu macierzystej planetki chondrytów typu H, który nastąpił ok. 33 mln. lat temu, co wynika z analizy rozkładu czasów ekspozycji dla chondrytów typu H.

Co stracilibyśmy badając Księżyc i Marsa, gdybyśmy bazowali tylko na pochodzących z nich meteorytach, obserwacji z daleka i automatycznych ładownikach? M.M. Lindström.

Nasze poznawanie Księżyca i planet rozpoczęło się teleskopowym badaniem ich powierzchni i kontynuowanym przez sondy na orbitach i automatyczne ładowniki. Kulminacją było badanie przez człowieka i przywiezienie próbek. Dla Księżyca i Marsa mamy także przypadkowe próbki dostarczone w wyniku uderzeń w ich powierzchnię: księżycowe i marsjańskie meteoryty. Ile wiedzielibyśmy o powierzchni Księżyca, gdyby statki Apollo i Luna nie przywiozły próbek skał? Co z tego wynika dla Marsa? Jak wiele możemy dowiedzieć się o Marsie mając tylko marsjańskie meteoryty i dane z Mariner'a i Vikinga?

Czy meteoryty księżycowe, które są przypadkowymi próbkami z 5-9 różnych miejsc, mogłyby nam powiedzieć równie wiele o ewolucji Księżyca, jak próbki dostarczone przez statki Apollo? Podstawowym wnioskiem z programu Apollo jest, że głównymi procesami na powierzchni Księżyca są zderzenia i wulkanizm. Wiele próbek z Apolla jest brekcjami utworzonymi przez uderzenia. Siedem z dziewięciu meteorytów księżycowych to brekcje. Próbki z Apolla pokazały, że wyżyny są anortozytowe, a morza są bazaltowe. Cztery z księżycowych meteorytów są anortozytowe, a cztery bazaltowe. Z mapą geochemiczną i wyobraźnią moglibyśmy wpaść na model oceanu magmy w ewolucji Księżyca. Jednak istnieje różnorodność wśród próbek Apolla, której brak w zestawie meteorytów księżycowych. Najbardziej widoczne brakujące typy skał, to magnezowe skały plutoniczne, skały KREEP i tytanobazalty z mórż. Moglibyśmy być w stanie wykryć te skały wykonując mapy geochemiczne lub mineralogiczne, ale moglibyśmy ich nie rozpoznać nie znając próbek z Apolla. Na przykład przypisalibyśmy prawdopodobnie wysoką zawartość K, U, Th na Morzu Deszczów granitom, a nie KREEP. W rezultacie złożoność księżycowej petrogenety i kompletność modelu ewolucji skorupy Księżyca byłyby zredukowane.

Księżyc jest podstawą planetologii i bazą dla interpretacji innych planet. Mars jest podobny do Księżyca pod tym względem, że zderzenia i wulkanizm są dominującymi procesami, ale powierzchnia Marsa była także pod działaniem wody i wiatru i dlatego ma bardziej złożoną geologię powierzchni. Meteoryty marsjańskie wszystkie są młodymi, bazaltowymi lub ultrazasadowymi skałami magmowymi z młodej, północnej części wulkanicznej. Mówią nam stosunkowo niewiele o typach skał na Marsie. Przyszłe wykonanie geochemicznych i mineralogicznych map powierzchni Marsa powinno powiedzieć nam czy dominującymi typami skał na starych wyżynach południowej półkuli są bazalty, anortozyty, granity, czy jeszcze coś innego, ale nie pozwala poznać nam szczegółów mineralogii czy geochemii. Bez większej liczby marsjańskich meteorytów lub przywiezionych próbek nie poznamy różnorodności skał marsjańskich i będziemy mieć ograniczoną możliwość modelowania geologicznej ewolucji Marsa. Może on wydawać się nam po prostu „wilgotnym” Księżycem, a nie skomplikowaną planetą, jaką spodziewamy się, że jest.

----- *** -----

OGŁOSZENIA

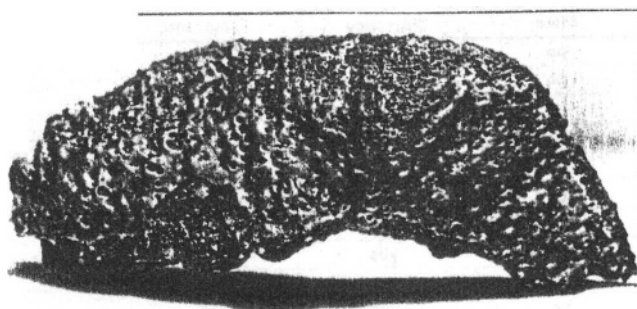
Oczekujących na zapowiadaną książkę "Bolidy i meteoryty" chciałbym poinformować, że w lipcu został wykonany w drukarni skład książki i od tego czasu leży ona sobie w drukarni. Według ostatnich doniesień drukarnia miała przystąpić do druku w październiku. Sam czekam z niecierpliwością.

Autor

Rozprowadzanie meteorytów żelaznych jest nadal wstrzymane, ponieważ nie udało się zadowalająco rozwiązać problemu ich rdzewienia. Po rozwiązaniu tej kwestii do dyspozycji kolekcjonerów będą fragmenty meteorytów: Gibeon, Canyon Diabło i Toluca.

Ceny chondrytu Mbale (deszcz meteorytów z 1992 r.) spadły do przyzwoitego poziomu, w związku z czym będą podjęte starania o jego zakup dla kolekcjonerów. W następnym "Meteorycie" zostanie on bliżej przedstawiony.

Nowy kawałek Księtyca



Trzynasty znany meteoryt księżycowy został odkryty w grudniu 1993 r. przez zespół z Antarktycznych Poszukiwań Meteorytów (ANSMET). Został znaleziony przy wierzchołku lodowca Beardmore, około 750 km na południe od McMurdo Station. Wszystkie meteoryty księżycowe, z wyjątkiem jednego z Calalog Creek w Australii, zostały znalezione na Antarktydzie.

Meteoryt ma wymiary tylko 5 x 2 x 2 cm, waży 21,4 grama i jest fragmentem większego ciała. "Poznaliśmy, co to jest, dzięki teksturze jego wnętrza, przypominającej sól z pieprzem, i piankowej, zielonej skorupie obtopieniowej" powiedział jeden z członków zespołu.

Nowy meteoryt księżycowy, będący brekcją anortozytową, jest jednym z 858 meteorytów zebranych na Antarktydzie w ostatnim roku przez ANSMET. Jest on podobny pod wieloma względami do dwóch okazów znalezionych w 1989 r. na wzgórzach MacAlpine oddalonych o 80 km. Jeśli będą pasowały do siebie, może to oznaczać, że na Antarktydę spadł kiedyś deszcz skał księżycowych.

Meteoryt znaleziony przez krowy

14 czerwca 1994 r., wieczorem spadł meteoryt Sorel w prowincji Quebec, w Kanadzie. Pierwszy okaz, o wadze 2287 gramów, znalazł farmer na łące po zauważeniu, że wszystkie krowy tłoczą się wokół dziury w ziemi. Okaz został udostępniony przez Złazkę Instytutowi Geologicznemu do zbadania. Wstępne dane wskazują, że jest to chondryt zwyczajny.

Brachinit w Olsztyńskim Planetarium

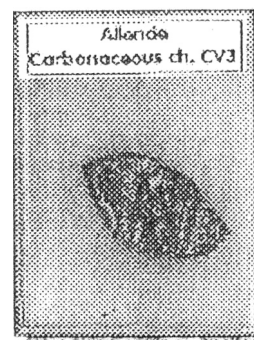
Po raz pierwszy w Polsce można obejrzeć okruchy brachinitu. Niestety są to tylko małe fragmenty umieszczone w kapsułce i oglądane przez lupkę. Pochodzą one z meteorytu Reid 013 znalezionego w 1991 r. w Australii na równinie Nullarbor. Cały meteoryt ważył 330 g.

Brachinity są achondrytami składającymi się w przeważającej części z oliwinu. Mimo achondrytowej tekstury ich skład chemiczny niewiele odbiega od składu chemicznego chondrytów. Przypuszczalnie powstały one w wyniku częściowego stopienia planетки o składzie chondrytowym i zastygnięcia bez dyferencjacji magmy.

„Micromounts” ze Szwajcarii



Swiss Meteorite Laboratory przedstawiło bardzo bogatą ofertę meteorytów w postaci tzw. "micromounts". Są to kilkugramowe okazy umieszczone w pudełeczkach z etykietką i opisem na odwrotnej stronie. Obok pokazano przykłady pudełeczek naturalnej wielkości. Pełna oferta na ostatniej stronie. Klub Kolekcjonerów Meteorytów może pośredniczyć w ich sprowadzeniu. Jeśli zbierze się więcej chętnych, zakup będzie tańszy. Cena za pudełeczko z meteoritem jest podana we frankach szwajcarskich.



Available Meteorite Micromounts

24. Aug. 94

Meteorite-Name	Class	Slice	Partslice	Fragment	Individual	Price in SFr	Remarks
"Flaedit"	Impact glass	no	yes	yes	no	18.-	Nördlinger Ries
Açfer011	H5	no	yes	no	no	28	
Agén	H5, xenolithic	no	no	yes	no	36.-	Antique label
Allende	CV3	no	yes	no	no	25-45	partly crusted
Bison	LL6, brecciated	no	yes	no	no	35-60	multicol. breccia areas
Boolka	H5	no	yes	no	no	20	
Camel Donga	AEUC	no	yes	no	no	25-45	crusted
Canyon Diablo	Graphite nodule	no	yes	no	no	30.-	graphite with iron veins
Carnegie	L8	no	yes	no	no	20-30	
Cook001	H5	no	yes	no	no	25	
Cranbourne	Iron, IA	no	yes	no	no	40-55.-	partly large inclusions
Dalgaranga	MES	no	no	no	yes	30-40	
Darwin Glass	Impact glass	no	no	yes	no	30	Mount Darwin, Tasmania
Disko Iron	terrestr. mineral	no	yes	no	no	20	in basaltic rock, Greenland
Esquel	PAL	no	yes	no	no	80	
Gao (Upper Volta)	H indet. fall	no	yes	no	no	25-35	with crust
Gibeon	Iron, IVA	no	yes	no	no	30-60	partly crusted
Guadalupe y Calvo	Hexahedrite IIAB	no	yes	no	no	30-40	highest known Ir-content
Haxtun	H/L4 intermediate	no	yes	no	no	42.-	first intermed. chondr.
Henbury	IIIA	no	no	no	yes	20-40	irregular twisted individuals
Hidden Valley	IIIB	no	yes	no	no	35	new iron meteorite
Holbrook	L8	no	yes	no	no	25-35	with crust
Hughes 005	AHOW	no	yes	no	no	100	brecciated, some w. crust
Imilac	Pallasite PAL	no	no	yes	no	20-30	individuals, no crust
Irgizite	Impact glass	no	no	yes	no	38-75	Zamanshin crater, Kas'stan
Jilin	H5	no	yes	yes	no	20-40	no crust
Johnstown	ADIO	no	yes	yes	no	150-200.-	Ca-poor achondrite
Juanita de Angeles	H5	no	yes	yes	no	20-40	partly crusted, new
Lake Torrens	L8	no	yes	no	no	25-35	
Lancon	H6, veined	no	no	yes	no	40.-	Antique label

Swiss Meteorite Lab., P.O. Box 126, CH- 8750 Glarus - phone +41 (0)77 57 26 01 - fax +41 (0)58 61 86 38

Meteorite-Name	Class	Slice	Partslice	Fragment	Individual	Price in SFr	Remarks
Lowicz	Mesosiderite MES	no	yes	no	no	100	
Mbale	L5/6	no	yes	no	no	20-35	some with crust
McKinney	L4	no	yes	yes	no	20-40	black
Miles	Iron-ANOM. rel. IIE	no	yes	no	no	180	brandnew!
Milbillillie	AEUC	no	yes	no	no	20-45	crusted
Moldavite Chlum	Tektite	no	no	no	yes	<100	perfectly preserved ind.
Molong	PAI	no	yes	yes	no	50.-	rarely offered
Mount Egerton	AUB ANOM	no	yes	yes	no	40-60	
Murchison	CM2	no	yes	no	no	<90	amino acids!
Native Iron	terrestr. mineral	no	yes	no	no	20-30	In dolerite Jakutz/Russia
Nuevo Mercurio	H5	no	yes	yes	yes	30-50	crusted
Oakley(stone)	H6	no	yes	no	no	28-42	no crust
Odessa	Iron, IA	no	no	no	yes	32.-	Polished individuals
Orgueil	C1	no	no	yes	no	120-150.-	Antique label
Ozona	H6	yes	yes	yes	no	25-40.-	
Pampa (b)	L5	no	yes	no	no	25	
Reggane003	H4	no	yes	no	no	20-30	
Salaices	H4	yes	yes	no	no	25-35.-	
San Carlos	H4	no	yes	no	no	20-40	partly crusted, rare
Saratov	L4	no	no	yes	no	20-40	very friable, large chondrule
Sinawan001	L8	no	yes	yes	no	25-45	creamy matrix
Suevit Ries	Impactite	no	yes	yes	no	15.-	Nördlinger Ries
Suevit Tunguska	Impactite	no	yes	yes	no	100.-	extremely rare
Tenham	L6, veined	no	yes	no	no	28.-	black shock veins
Tunguska-Bark	Research material	no	no	yes	no	30.-	Univ. of Bologna
Tuxtuac	LL5	no	yes	no	no	25	
Twannberg	IRANOM	no	no	yes	no	40.-	rusty shale
Vaca Muerta	MES	no	yes	no	no	20-45	
Zagami	SNC	no	yes	no	no	150-200	pres. mars rock
Zagora	IAB silicated	no	yes	no	no	50	nice silicate inclusions
Sikhote-Alin	IIB	no	no	no	yes	100.- - 200.-	fully crusted, blue crust

Swiss Meteorite Lab., P.O. Box 126, CH- 8750 Glarus - phone +41 (0)77 57 26 01 - fax +41 (0)58 61 86 38