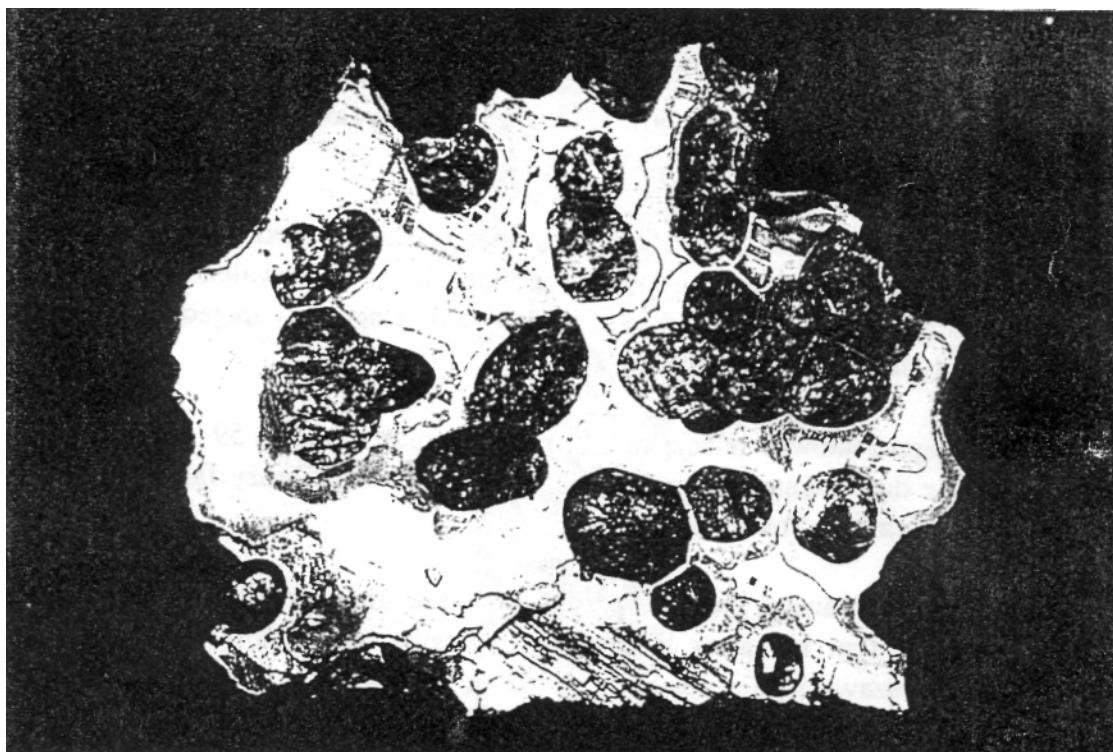


METEORYT

Biuletyn dla miłośników meteorytów
wydawany przez
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku
Pallasite Press



PAVLODAR

Ten pallasyt znaleziono w 1885 r. w pobliżu rosyjskiej wioski Jamyszewa. Ocenia się, że ważył on 4,5 kg. Trafił do kolekcji hrabiego Juliana Siemaszko, który wymienił wiele jego fragmentów na inne meteoryty. 29,8 g okaz na zdjęciu pochodzi z kolekcji Jurgena Naubera i obecnie znajduje się w zbiorach Museum d'histoire naturelle de Neuchatel. Ważący 17 g. jedyny w Polsce fragment tego pallasytu będzie można zobaczyć w drugiej połowie listopada na wystawie w Muzeum Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Reprodukcja z kwartalnika *Meteorite!* za zgodą wydawcy. Copyright © 1996 Pallasite Press

Od redaktora:

Tematem numeru są oczywiście domniemane ślady życia w marsjańskim meteorycie ALH84001. Gdy usłyszałem komunikat w telewizyjnych „Wiadomościach”, pełen błędów i przeinaczeń, jak większość zapewne podejrzewałem, że jest to temat na sezon ogórkowy zamiast potwora z Loch Ness. Jednak informacje oczyszczone z dziennikarskich przekłamań okazały się całkiem interesujące. Być może interpretacja mikroskopijnych śladów w meteorycie ALH84001 okaże się zbyt optymistyczna, ale z pewnością słuszna jest uwaga prof. McSweena, Jr., że meteoryt ten pokazał, jak ważne dla nauki może być poszukiwanie nowych okazów meteorytów. Zapraszam do lektury komentarza prof. McSweena, Jr. z ostatniego numeru „Meteoritics & Planetary Science”.

Miło mi także zaprosić do lektury polskiego wydania książki prof. McSweena, Jr., „Od gwiazdnego pyłu do planet”, które niedawno pojawiło się w księgarniach. Jak napisał autor w przedmowie do polskiego wydania „Będzie ona także, mam nadzieję, podręcznikiem, który pomoże czytelnikowi rozumieć i podziwiać inne odkrycia dokonane od jej pierwszego wydania trzy lata temu i te, które zostaną dokonane w przyszłości” (W książce brzmi to trochę inaczej, ale to już „zasługa” redaktora językowego). Jakże prorocze okazały się te słowa w kontekście marsjańskiego meteorytu. Trzy rozdziały tej książki: siódmy, dziesiąty i piętnasty pozwalają wyrobić sobie własne zdanie na temat możliwości znalezienia życia w meteorytach z Marsa. Podchwycił to zresztą wydawca dodając książce stosowną opaskę. Książka jest jeszcze w księgarniach.

Ubocznym skutkiem tych rewelacji jest zniknięcie marsjańskich meteorytów z rynku. Widać jedynie amatorów oferujących coraz bardziej niewyobrażalne sumy za kawałek meteorytu z Marsa, natomiast nikt nie chce sprzedawać. Wygląda na to, że dwa małe fragmenty meteorytu Zagami na długo pozostaną jedynymi „Marsjanami” w polskich zbiorach.

Miło mi również zaprezentować relację dr Mariana Stępniewskiego z 59 dorocznej konferencji Meteoritical Society, gdzie duże zainteresowanie wzbudziła Baszkówka. Cieszy fakt, że Polska zaczyna być widoczna w tym znakomitym Towarzystwie.

Chciałbym także zwrócić uwagę na dwie przygotowywane imprezy meteorytowe, o których informacje można znaleźć w tym numerze: listopadową wystawę meteorytów w Muzeum Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego i marcowe spotkanie miłośników meteorytów w Olsztyńskim Planetarium. Z pewnością będą one okazją do interesujących spotkań i dyskusji.

Kolekcjonerów zainteresuje zapewne fakt, że ożywił się rynek meteorytowy. Na wrześniowej giełdzie minerałów w Warszawie można było spotkać Rosjan oferujących Sikhote-Alin. Była też dość bogata oferta tektytów po umiarkowanych cenach. Dzięki temu Klub Kolekcjonerów Meteorytów OPiOA może wreszcie coś zaoferować.

Andrzej S. Pilski

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

Biuletyn „Meteoryt” wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 1996 roku tylko 9 zł, czyli aż 90000 starych złotych. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej sumy na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr: **630063-3724-3210-00-01 w BOŚ O/Olsztyn**, zaznaczając cel wpłaty. Wcześniejsze numery powielane są na zamówienie za opłatą równą wysokości aktualnej prenumeraty. Adres redakcji: Andrzej S. Pilski, skr. poczt. 6, 14-530 Frombork, tel. 0-55-43-73-92.

Dowody istnienia życia w przeszłości znalezione w marsjańskim meteorycie (! czy ?)

Harry Y. McSween Jr.

(Artykuł wstępny do „Meteoritics and Planetary Science” za zgodą autora)

Wciąż mam przed oczami niedowierzanie malujące się na twarzach słuchaczy, gdy ponad dziesięć lat temu po raz pierwszy spróbowałem przedstawić geologiczne i geofizyczne wnioski na temat Marsa wynikające z badań meteorytów SNC (McSween, 1985). Mówienie o geologii Marsa na podstawie meteorytów wydawało się wtedy zuchwałością; kto mógł przypuszczać, że meteoryty mogłyby powiedzieć nam coś o biologii czerwonej planety? Fascynujące obserwacje meteorytu ALH84001 (zaliczonego do marsjańskich meteorytów dwa lata temu – Mittlefehldt, 1994) opublikowane ostatnio przez McKay i innych (1996) i ich zinterpretowanie jako ewentualnych struktur i materii pochodzenia biologicznego ożywiły meteorytykę i program badań Marsa. Na prośbę redakcji przedstawiam krótko mój pogląd na temat tych ekscytujących wyników badań.

Krytyczne spojrzenie na dowody

Jako dowody istnienia aktywności biologicznej przedstawia się znaczną ilość materii organicznej (pierścieniowe węglowodory aromatyczne – w skrócie PAH) oraz uzyskane przez mikroskop elektronowy obrazy o wysokiej rozdzielczości kryształów tlenku i siarczku żelaza o wielkości milionowej części milimetra i tworów uważanych za mikroskamieniałości.

Jak stwierdzili autorzy, PAH mogą tworzyć się w bardzo różnych procesach i w bardzo różnych warunkach, a PAH, które nie są pochodzenia biologicznego, są powszechnie spotykanym składnikiem chondrytów węglistych, języczek pyłu międzyplanetarnego jak też częstym zanieczyszczeniem ziemskiego pochodzenia. Ziemskie PAH pochodzące z dawnych poprzedników biologicznych są z reguły bardzo złożonymi mieszaninami cząstek, natomiast zestaw PAH w ALH84001 jest dość prosty.

Jeśli PAH w ALH84001 pochodzi z organizmów, które uległy rozkładowi, to wynikałoby z tego, że skała doznała pewnych reakcji, które ograniczyły złożoność PAH. Byłoby to kłopotliwe, ponieważ diagenetyzacja w ziemskich skałach prekambryjskich zwykle niszczy mikroskamieniałości. Niemniej może to być pierwsze udokumentowane doniesienie o marsjańskiej materii organicznej, która wydawała się nieobecna w marsjańskiej glebie, a określenie budowy jej cząsteczek jest tryumfem analitycznej dociekliwości.

Rozsiane ziarna magnetytu nanometrowej wielkości, zaobserwowane w węglanowych globulach w tym meteorycie, są podobne do ziaren wytwarzanych przez bakterie, a pirotyn i być może greigit mogły powstać w wyniku redukcji siarki przez mikroorganizmy. Jednoczesne występowanie tych utlenionych i zredukowanych faz można wyjaśnić innymi, nieorganicznymi procesami, ale wiadomo, że aktywność biologiczna może działać w warunkach nierównowagi. Szczególnie interesująca jest obserwacja McKay i in. (1996), że te ziarna występują w połączeniu z węglanem, który jest częściowo rozłożony. Ta różnica stabilności może być kluczem do zrozumienia, jak te małe ziarna powstały. Wcześniejsza publikacja niektórych z tych autorów (Thomas i in. 1996) wskazuje, że nanometrowy magnetyt nie występował w niektórych globulach węglanowych badanych przez nich, i że ten magnetyt znaleziono także w ortopiroksenie, co może sugerować abiogenne pochodzenie.

Minerały i materia organiczna pochodzenia biologicznego w ziemskich skałach mają z reguły anomalny skład stabilnych izotopów. Takie znaczniki biologiczne w meteorycie ALH84001 mogłyby pomóc w stwierdzeniu, czy ta materia była wytworzona przez organizmy.



Pułapki na mikroby: Przypuszcza się, że te kulki węglanów zawierają schwytane i skamieniałe mikroorganizmy.

Izotopy węgla i tlenu w węglanach wyraźnie odzwierciedlają cyrkulację poprzez marsjańską atmosferę i możliwe zanieczyszczenia ziemskie (Romanek i in. 1995, Jull i in. 1995), ale nie ma rozpoznawalnych znaków biologicznych. Podobnie izotopy siarki w pirycie, który występuje w pęknięciach towarzysząc węglanom w meteorycie ALH84001, nie wykazują frakcjonowania wskazującego na aktywność biologiczną (Shearer i in. 1996). Poszukiwanie innych ewentualnych znaczników biologicznych powinno być priorytetem w badaniach tego meteorytu.

Jajowate i wydłużone kształty (które dla mnie bardziej przypominają małe ziarna ryżu) opisane w ALH84001 są morfologicznie podobne do niektórych skamieniałych ziemskich nanobakterii lub bakterii włóknistych. Są one jednak chyba ze sto razy mniejsze niż najmniejsze znane ziemskie mikroskamieniałości. Aby uznać te obiekty za mikroskamieniałości będzie chyba potrzebne stwierdzenie struktury komórkowej lub zaobserwowanie aktywności biologicznej (np. podziału). Proces fossilizacji (jeśli istotnie miał miejsce) mógł zniszczyć błony komórkowe, a w każdym razie małe rozmiary tych istot sprawiają, że trudno będzie uzyskać obraz ich przekroju. Wszystkie formy zaobserwowane dotąd występują w węglanach, chociaż krzemionka występuje czasem na styku kilku rozet węglanowych w ALH84001 (Harvey and McSween 1996). W starych skałach ziemskich mikroskamieniałości są często lepiej zachowane w krzemionce (w rogowcu) niż w innych fazach.

Pojemniki na mikroskamieniałości

Wszystkie wymieniane dowody pradawnego życia znajdują się w małych globulach

węglanowych w strefach spękań w ALH84001. Zrozumienie, jak te globule powstały, jest więc niezwykle istotne. Skład izotopowy węgla, tlenu i siarki (Romanek i in. 1994; Shearer i in. 1996) sugeruje, że te węglany wytrąciły się w niskiej temperaturze (0° do 80°C) z wodnych roztworów. Natomiast wysoka zawartość magnezu w węglanach oraz wyraźny brak towarzyszących uwodnionych minerałów sugerują formowanie się w wysokich temperaturach (>650°C) w wyniku reakcji skały z cieczą bogatą w CO₂ (Mittlefehldt, 1994; Harvey and McSween. 1996). Praca McKay i in. (1996) dopuszcza trzecią możliwość: że węglany powstały w wyniku działania organizmów. Na Ziemi współczesne cyjanobakterie mogą sprzyjać osadzaniu się węglanów łącznie z magnezytem w niskich temperaturach (np. Thompson and Ferris, 1990). chociaż silnie zasadowe warunki, gdzie to występuje są dość ekstremalne, a kalcyt i gips występują znacznie obficie niż magnezyt. Niemniej możliwość biogenego osadzania stanowi ciekawe alternatywne wyjaśnienie pochodzenia tych węglanów.

Inną ważną kwestią związaną z węglanami jest moment ich utworzenia się. Oczywiście wiek domniemanych mikroskamieniałości nie może przewyższać wieku skały, w której one występują. Wstępna analiza Ar uwolnionego z ziarna węglanu w ALH84001 dała wiek 3,6 mld lat (Knott i in. 1995); jednak odgazowanie na tym poziomie temperatury mogło być zdominowane przez maskelynit, który zawierał większość macierzystego ⁴⁰K. Na berlińskim spotkaniu Meteoritical Society Wadhwa i Lugmair (1996) przedstawili preferowany wiek węglanu uzyskany metodą Rb-Sr: 1,39 ± 0,10 mld lat. Wiek ten wyliczono przy założeniu, że cały Sr w węglanach pochodzi z maskelynit; jeśli inne fazy w skale także są źródłem Sr, węglany byłyby nieco starsze. Młody wiek węglanów w ALH84001 może stanowić trudność dla sugestii dawnych marsjańskich żyłatek, ponieważ dowody występowania wody na powierzchni Marsa (sieci dolin rzecznych i oznaki wyższego tempa erozji) ograniczone są do starych południowych wyżyn uważanych za starsze niż ok. 3,5 mld lat.

O prawdopodobieństwie

Mikroskamieniałości bardzo trudno znaleźć w starych skałach ziemskich, ponieważ wymagają one optymalnych i dość nietypowych warunków, aby osadziły się i zachowały. Żaden paleontolog nie szukałby skamieniałości w skałach magmowych i ostrożnie sformułowana strategia exobiologiczna dla badań Marsa koncentruje się na osadach tworzonych w środowisku wodnym, np w ciepłych źródłach. Prawdopodobieństwo, że skała magmowa licząca sobie 4,5 mld lat, wybrana przypadkowo i wyrzucona z potężną siłą z powierzchni Marsa, mogłaby zawierać zachowane mikroskamieniałości, wydaje się bardzo niewielkie. Gdyby nawet podczas zderzeń w ciągu długiej historii tej skały wytworzyły się spękania, którymi mogłaby przepływać ciecz, odkrycie marsjańskich mikroskamieniałości, jeśli zostanie potwierdzone, oznaczałoby, że te organizmy były bardzo rozpowszechnione.

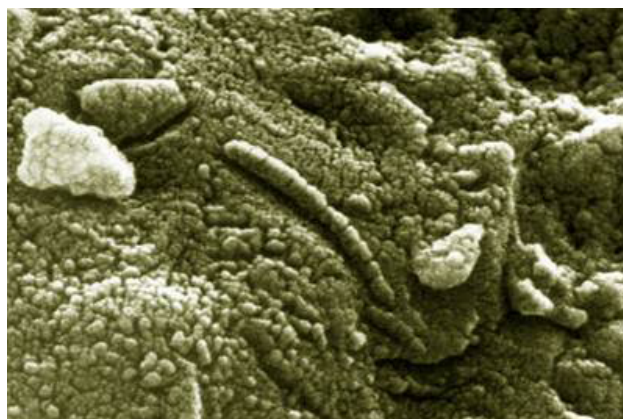
Publikacja McKay i in. (1996) skupiła uwagę społeczności na ekscytującej możliwości, że na Marsie istniało mikrobiologiczne życie. Podobnie jak wielu naukowców pozostaje pełnym nadziei sceptykiem. Jak zauważono na konferencji prasowej, na której ogłoszono te wyniki, niezwykle twierdzenia wymagają niezwykle dowodów. Warto może podkreślić, że żadne zaskakujące odkrycie naukowe nie zostało nigdy zaakceptowane na podstawie jednej tylko publikacji i wiele pozostało jeszcze do zbadania, zanim przyjmimy (lub nie) hipotezę dawnego życia na Marsie. Praca ta ukazuje także jak cenne jest pozyskiwanie nowych okazów meteorytów na Antarktydzie czy gdziekolwiek, ponieważ takie próbki z pewnością zawierają więcej niespodzianek.

Harry Y. McSween, Jr.
Department of Geological Sciences
University of Tennessee
Knoxville, TN 37996-1410

Literatura

Harvey R.P. and McSween H.Y.Jr. (1996) *A possible high-temperature origin for the carbonates in the martian meteorite ALH84001*. *Nature* **382**, 49-51.

Jull A.J.T., Eastoe C.J., Xue S. and Herzog G.F. (1995) *Isotopic composition of carbonates in the SNC meteorites*



Te rurkowate struktury są tak małe, że ledwie mogą pomieścić materiał genetyczny.

Allan Hills 84001 and Nakhla. *Meteor. Planet. Sci.* **30**, 311-318.

Knott S.F. Ash R.D. and Turner G. (1995) *⁴⁰Ar-³⁹Ar dating of ALH84001: Evidence for the early bombardment of Mars (abs.)*. *Lunar Planet. Sci.* **XXVI**, 765-766.

McKay D.S., Gibson E.K.Jr., Thornas-Keppta K.L., Vali H., Romanek C.S., Clemett S.J., Chillier X.D.R., Maechling C.R., and Zare R.N. (1996) *Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH84001*. *Science* **273**, —

McSween H.Y. Jr., (1985) *What we know about Mars (but otherwise wouldn't) if it is the shergottite parent body (abs.)*. *Lunar Planet. Sci.* **XVI**, 546-547. Mittlefehldt D.W. (1994) ALH84001, a cumulate orthopyroxenite member of the martian meteorite elan. *Meteoritics* **29**, 214-221.

NASA SP-530 (1995) *An Exobiological Strategy for Mars Exploration*. 56 pp.

Romanek C.S., Grady M.M., Wright I.P., Mittlefehldt D.W., Socki R.A., Pillinger C.T. and Gibson E.K.Jr. (1995) *Hydrothermal activity on Mars: the record from ALH84001*. *Nature* **372**, 655-656.

Shearer C.K., Layne G.D., Papike JJ. and Spilde M.N. (1996) *Sulfur isotopic systematics in alteration assemblages in martian meteorite Allan Hills 84001*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, in press.

Thomas K.L., Romanek C., McKay D.S., Keller L.P. and Gibson E.K. (1996) *Microanalysis of unique fine-grained minerals in the martian meteorite ALH84001 (abs.)*. *Lunar Planet. Sci.* **XXVII**, 1327-1328.

Thompson J.B. and Penis F.G. (1990) *Cyanobacterial precipitation of gypsum, calcite, and magnesite from natural alkaline lake water*. *Geology* **18**, 995-998.

Treiman A.H. (1995) *A petrographic history of martian meteorite ALH84001: Two shocks and an ancient age*. *Meteoritics* **30** 294-302.

Wadhwa M. and Lugmair G.W. (1996) *The formation age of carbonates in ALH84001 (abs.)*. *Meteor. Planet. Sci.* **31** suppl., A145.



Światowe spotkanie badaczy i kolekcjonerów materii kosmicznej

Marian Stępniewski

Coroczne spotkanie Towarzystwa Meteoritowego tym razem odbyło się w Berlinie, w dniach 22-26 lipca br. Towarzystwo to (The Meteoritical Society) skupia całą światową czołówkę wybitnych badaczy materii pozaziemskej, specjalistów różnych dziedzin meteorytyki, współtwórców programów badań kosmicznych na równi z kolekcjonerami: profesjonalistami i amatorami.

Konferencja w Berlinie zgromadziła prawie 350 osób z 25 krajów świata. Najliczniej byli reprezentowani Amerykanie i oczywiście gospodarze. Z Polski przyjechały do Berlina 2 osoby: Bruno Lang z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego prezentując poster „Magnetic Hysteresis Parameters for Y791717 and Y82050 Carbonaceous Chondrites” (Autorzy: E. Król, B. Lang) i Marian Stępniewski z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie z posterem „Preliminary Study of the L Chondrite Baszkówka (Poland)” (Autorzy: M. Stępniewski,

K. Radlicz, J. Siemiątkowski, J. Borucki). Ponadto w Konferencji uczestniczył polski geolog M. Żbik, ale reprezentujący Australię, współautor posteru „Comparison Between Elemental Ratios in Fusion Crusts and Minerals of Lunar and Martian Meteorites” (Autorzy: M. Żbik, V.A. Gostin).

Ceremonia powitania uczestników odbyła się w niedzielę, 21 lipca, późnym popołudniem, w pięknej scenerii Muzeum Przyrodniczego (Museum für Naturkunde) przy Invalidenstraße 43, pod monumentalnym dinozaurem, obok wspaniałego zbioru meteorytów i okolicznościowej wystawy poświęconej Ernstowi Florensowi Friedrichowi Chladniemu (1756-1827), który uznawany jest za twórcę meteorytyki jako nauki.

Uroczystość otwarcia Konferencji w poniedziałek 22 lipca 1996 r. miała miejsce na Uniwersytecie Humboldta przy alei Unter den Linden, w olbrzymiej auli Audimax, podczas sesji plenarnej, której przewodniczył D. Stöffler, aktualny dyrektor Museum für Naturkunde. Konferencję otworzył Prezes the Meteoritical Society, H.Y. McSween, Jr. z University of Tennessee, a ze strony Gospodarzy przywitał uczestników prorektor Uniwersytetu D. Krauss, który przypominał, że z uczelnią tą związani byli tak sławni uczeni jak Max von Laue i Albert Einstein. Następnie zostały ogłoszone dwa znakomite, o głębokiej treści referaty inauguracyjne obrady Konferencji.

W pierwszym referacie „The Role of Meteoritics in Space Flight Missions and Vice Versa” (Presidential Address) Harry Y. McSween, Jr. wykazał, jak ważną rolę w planowaniu wszelkich wypraw kosmicznych odgrywają badania materiałów spoza Ziemi i odwrotnie, jak wyprawy kosmiczne pomagają rozwiązywać zawile problemy meteorytyki. Pytania, na które misje kosmiczne powinny dać odpowiedź w ciągu najbliższych 10 lat, to m. in. czy meteoryty SNC pochodzą rzeczywiście z Marsa oraz czy na Księżycu jest woda (lód).

W drugim referacie (Invited Paper) pt. „Ernst F.F. Chladni (1756-1827) and the Founding of Meteoritics” Ursula B. Marvin z Harvard-Smith-



Uczestnicy Konferencji w Berlinie: Bruno Lang (po prawej) z Uniwersytetu Warszawskiego i Marek Żbik z Ian Wark Research Institute w Australii, na tle posteru o chondrycie z Baszkówki. Fot. autor.

sonian Center for Astrophysics (Cambridge, USA) przybliżyła uczestnikom Konferencji postać tego badacza, podając nadzwyczaj skrupulatnie zebrane informacje o nim, poczynając od najwcześniejszych faktów z jego trudnego życia, a kończąc na opisanu i nazwaniu jego i m i e n i e m w 1994 r. nowego minerału (chladnit $\text{Na}_2\text{-CaMg}_7(\text{P}_4\text{O}_{13})_6$). Należy pogratulować organizatorom Konferencji taktu i wyczucia przy doborze tematyki sesji plenarnej, która połączyła historię, początki meteorytyki i najbardziej aktualną współczesność.

W czasie następnych sesji roboczych, w ciągu 5 dni obrad wygłoszono następnie ponad 180 komunikatów, a na 2 pokazach posterowych (22 i 23 lipca) zademonstrowano ponad 100 plakatów o bardzo zróżnicowanej tematyce. O różnorodności zagadnień poruszanych na Konferencji świadczą hasła tematyczne poszczególnych sesji:



Frank Wlotzka z Max-Planck-Institut für Chemie w Moguncji, współautor książki o meteorytach, redaktor The Meteoritical Bulletin rejestrującego nowe spadki i znaleziska meteorytów. Fot. autor.

- Meteoryty. Debata ogólna.
- Chondryty.
- Achondryty.
- Impakty planetoid.
- Materia organiczna w meteorytach i pył kosmiczny.
- Inkluzje Ca, AL
- Meteoryty SNC.
- Akrecja ciał planetarnych.

Obrady toczyły się równolegle w dwóch olbrzymich salach (Audimax i sali kinowej) mogących łatwo pomieścić po kilkuset uczestników.

Sesje posterowe miały miejsce w hallu obok sali Audimax oraz sali recepcyjnej. Hali i wewnętrzny dziedziniec uniwersytecki były miejscem wielu gorących dyskusji, wymiany poglądów i uwag uczestników, sprawiających wrażenie bardzo zżytej i zaprzyjaźnionej grupy ludzi związanych wspólnymi sprawami.

Polscy uczestnicy Konferencji przedstawili postery, które wzbudziły duże zainteresowanie. Nawiązane kontakty podczas licznych dyskusji zarówno na temat prezentowanych materiałów jak i innych problemów meteorytyki z pewnością zaowocują współpracą w przyszłości. Za sprawą meteorytu Baszkówka powstały dla polskich specjalistów warunki do szerszego i owocniejszego niż dotychczas włączenia się w działalność the Meteoritical Society.

Oficjalnym językiem Konferencji, w którym przygotowane zostały wszystkie materiały, był angielski. Materiały konferencyjne opublikowano w specjalnym, dodatkowym wydaniu czasopisma Meteoritics and Planetary Science vol. 31 Supplement, July 1996.



John A. Wood (z lewej) z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge (USA), podczas jednej z kuliarynych dyskusji. Fot. autor.

Osobiste wspomnienia o Fredericku C. Leonardzie

O. Richard Norton

Artykuł z kwartalnika *Meteorite!* Vol. 2 No. 3 Copyright © 1996 Pallasite Press

Każdy kto interesuje się meteorytami, czy to kolekcjoner czy badacz, zna nazwisko Frederick Charles Leonard (1896-1960). Leonard był astrofizykiem z wykształcenia, a doktorat z astronomii uzyskał w 1921 r. na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley. Jako obiecujący młody astrofizyk nie zdradzał jakiegokolwiek zainteresowania meteorytami. Jednak meteorytyka całkowicie pochłonęła go w przyszłości. Dziesięć lat po przyjęciu stanowiska wykładowcy na wydziale matematyki UCLA zorganizował na tym uniwersytecie wydział astronomii. Wyjątkowe zdolności organizacyjne Leonarda ujawniły się dwa lata później przy zakładaniu The Society for Research on Meteorites bo taką nazwę nosiło początkowe the Meteoritical Society. W 1933 r. został jego pierwszym prezesem a obowiązki redaktora czasopisma Towarzystwa pełnił przez następne 25 lat. Jako były student Fredericka C. Leonarda chciałbym podzielić się kilkoma wspomnieniami o tym niezwykłym człowieku.

Ogromnie się ucieszyłem gdy po przeczytaniu mojej ostatnio wydanej książki „Rocks from Space”, dr Alan Rubin zaprosił mnie do UCLA do obejrzenia zbioru meteorytów Leonarda. Ostatni raz widziałem jego kolekcję 35 lat temu, gdy byłem studentem meteorytyki pod baczny okiem dr Fredericka C. Leonarda. W swej książce zawarłem liczne osobiste wzmianki o Leonardzie co nie uszło uwadze dr Rubina czy dr Johna Wassona. Ci dwaj meteorytycy „następnej generacji” oczekiwali na mnie w hallu na trzecim piętrze gmachu geofizyki. Po serdecznym przywitaniu niemal natychmiast zaczęliśmy rozmawiać o Leonardzie. Szczególnie Wasson był ciekaw moich związków z Leonardem. Nigdy nie poznał go osobiście. Przyznał się, że niewiele o nim wiedział mimo że kolekcja Leonarda znajdowała się na tym samym piętrze. Każdy w the Meteoritical Society z pewnością zna Leonarda jako założyciela towarzystwa. Medal Leonarda

nadawany przez Towarzystwo wybitnym badaczom meteorytów nieustannie przypomina jego osobę. Znakomita praca o historii the Meteoritical Society dr Ursuli Marvin opublikowana w *Meteoritics* (1993) często wspominała Leonarda w pierwszych dniach Towarzystwa. Jednak, jak zauważył Wasson, ludzka część Leonarda gdzieś zniknęła. Kim by i Frederick C. Leonard jako człowiek? Jako ten, kto znał Leonarda osobiście, był jego studentem, a potem asystentem, podróżował z nim, uczył muzyki jego synów, znałem Leonarda poza jego rolą profesora astronomii. Czułem potrzebę, niemal obowiązek, spisać moje wrażenia o Fredericku Leonardzie. Taki artykuł byłby z konieczności osobisty z natury i ukazałby osobowość dość odmienną od stereotypu jaki wielu sobie wyobrażało. Nasza ciekawość rośnie, gdy czytamy bibliografie postaci historycznych. Wiemy co robili oni publicznie i zawodowo, ale jak wyglądali jako ludzie prywatnie, często nam umyka. Wasson słyszał od wielu, że Leonard był niezapomnianym profesorem, ale nie mógł znaleźć niczego w literaturze naukowej ani w rocznikach UCLA, co mogłoby upoważniać go do zajmowania najwyższej pozycji w meteorytyce.

Spędziłem wspaniałe popołudnie oglądając kolekcję. Gdy Rubin wyciągał meteoryt za meteorytem, czułem się jak dziecko w sklepie z cukierkami smakując kształt, wygląd i unikalną wewnętrzną strukturę każdego z nich. Złamałem już zasadę obowiązującą w kolekcji za czasów Leonarda: patrz, ale nie dotykaj. Dla Leonarda zbiór meteorytów był czymś świętym. Teraz jednak kolekcja Leonarda była nią tylko z nazwy. To nie była jego kolekcja, gdyż rozrosła się znacznie od jego czasów. Po kilku wyczerpujących godzinach pożegnałem to magiczne miejsce z postanowieniem zapisania osobowości założyciela the Meteoritical Society tak dokładnie, jak tylko moja pamięć pozwoli.

H.H. Nininger wspaniale uchwycił istotę osobowości Leonarda w swej autobiografii „Find a Falling Star”, podczas odnalezienia meteorytu Goose Lake:

„W tym momencie Leonard zgubił większość swego akademickiego dostojęstwa. Gdy ujrzelśmy ten ogromny meteoryt żelazny, ten niski i gruby profesor podbiegł, położył pieszczotliwie ręce na wielkim meteorycie, pochylił się i ucałował go. Potem wznosił ręce do nieba i odwrócił się do nas. „To największy dzień w historii meteorytowej astronomii!”

Po raz pierwszy spotkałem Leonarda jako student jesienią 1957 roku. Miał on wtedy 61 lat. Stał za pulpitem ubrany w szary garnitur z eleganckim krawatem. Ten strój był jedną z jego charakterystycznych cech. Był niski, większość jego studentów górowała nad nim, korpulentny o pęczkowanej twarzy. Przypominał mi „grubego, małego profesora” prosto z jakiegoś fikcyjnego porośniętego bluszczem uniwersytetu ukrytego w jakimś podobnym do Heidelbergu mitycznym mieście. (Nazywałem go moim heidelberskim profesorem, w tajemnicy oczywiście). Roztaczał aurę dostojęstwa i autorytetu. Wymagania jakie stawiał studentom pasowały do obrazu dziewiętnastowiecznego europejskiego profesora. Zwracanie uwagi na szczegóły i fetyszyzowanie dokładności szczególnie w słowie pisanym było inną jego cechą szczególną. Dotyczyło to zwłaszcza definiowania terminów naukowych w meteorytyce. Wciąż pamiętam jego definicję meteorytu, którą musieliśmy znać na pamięć i odtwarzać bezbłędnie na egzaminie:

„Meteoryt jest ciałem o masie mniejszej od masy planety, które znajduje się w Kosmosie albo przybywa stamtąd, spada lub spadło na Ziemię lub jakieś inne ciało niebieskie i wciąż zachowuje swój zasadniczo kosmiczny charakter”.

Za jedno pomyłone słowo można było zrobić minus pięć punktów! Ci, którzy chcą zobaczyć fetyszyzowanie przez Leonarda słowa pisanego w meteorytyce, powinni jedynie przeczytać artykuł wstępny w Contributions of the Society for Research on Meteorites wydanych w styczniu 1938 roku. Ta cecha, chociaż przysparzała wiele pracy studentom, była także dość sympatyczna. Był on tak „staromodny”, że był nieustannym źródłem rozrywki dla jego

studentów, którzy często naśladowali go dla żartu.

W 1959 roku jako jego asystent napisałem mój pierwszy artykuł zatytułowany „Krater meteorytowy Barringera”, który zamierzałem opublikować w „Griffith Observer”, popularnym miesięczniku wydawanym przez Obserwatorium Griffitha. Leonard zaproponował, że przeczyta to, co ja uważałem za ostateczną wersję. Niestety on tak nie uważał. Poddał pracę drobiazgowej analizie. Mój starannie przygotowany tekst trafił pod nóż mistrza redaktora. W rezultacie powstał artykuł tak daleki od oryginału, że Leonard z błyskiem rozbawienia w oku stwierdził, że jest współautorem i bezczelnie podpisał artykuł ponad moim nazwiskiem.

Leonardowi nie wiodło się na Wydziale Matematyki UCLA. Matematyka zdecydowanie nie była jego pierwszą miłością. Już na początku swej kariery odkrył swe zamiłowanie do meteorytów i otwarcie demonstrował to swym kolegom. Ci nie odnosili się tak entuzjastycznie do tego ezoterycznego przedmiotu i komentowali jego entuzjazm następująco:

„...prywatnie można mieć kochankę, Frederick, ale publicznie lepiej pokazywać się z żoną.”

W owym czasie mało kto w UCLA, jeśli w ogóle był ktoś taki, podzielał zainteresowanie Leonarda meteorytami. Trudno się dziwić, że pragnął on mieć własny wydział astronomii, gdzie jak sądził, swoboda zajmowania się swą pasją nie byłaby ograniczana. Pod tym względem nie zyskał nigdy uznania. Utworzył Wydział Astronomii w 1932 roku, ale pozostał izolowany i samotny w meteorytyce, jak skalista wyspa w morzu astrofizyków. Nie był rozumiany i doceniany przez swych kolegów podczas całej swej kariery akademickiej.

Być może ta izolacja sprawiła, że Leonard szczególnie dużo uwagi poświęcał tym nielicznym studentom, którzy wykazywali uzdolnienia i zamiłowanie do meteorytów. Było nas trzech na Wydziale Astronomii, którym wolno było zbliżyć się do niego, aby siadywać u stóp mistrza czyli rozmawiać. Byłem jednym z tych trzech szczęśliwców. Pozostali to Ronald N. Hartman i Ronald A. Oriti. Do dziś wszyscy zachowali-

śmy zamięłowanie do meteorytów zainspirowane przez FCL.

Leonard sprawował pieczę nad nami każdego dnia. Przechodziłem obok jego pokoju zdając na ćwiczenia, gdy z pewną powagą w głosie polecił: „Dick! Wejdź do gabinetu i zamknij drzwi za sobą!” Wszedłem niechętnie oczekując Bóg wie czego, ale jego zachowanie natychmiast się zmieniło. Z tym zawsze obecnym błyskiem w oku spytał: „Jak tam dziś twój rzekomy umysł, Dick?” Zabawne, że nigdy nie mogłem się zorientować, co miał na myśli mówiąc „rzekomy”. Był dla mnie w owym czasie jak ojciec. Chciał wiedzieć, który z nas umówił się z panią Godecker i koniecznie musiał być zorientowany w ostatnich wydarzeniach w naszym życiu towarzyskim.

Leonard był bardzo wrażliwą osobą. Zawsze wydawał się być świadomy kłopotów swych trzech „cennych” studentów. Jak większość studentów musiałem zarabiać na swe studia i miałem cztery⁷ różne miejsca zarabkowania. Jednym z nich było uczenie gry na pianinie. Wśród moich sześciu uczniów byli chłopcy Leonarda: Roderick i Frederick. Dawałem lekcje w ich domu co tydzień i Leonard zwykle przybywał do domu w czasie trwania lekcji. Po lekcji często zapraszał mnie, abym pozostał na obiedzie (wiedział, że w tym czasie nie jadałem regularnie). Była to jedna z tych okazji, gdy Leonard wprowadzał mnie w cudowny świat wytrawnej sherry, przyjmowanej jak lekarstwo tuż przed obiadem. Wciąż zachowuję dziś ten rytuał.

Podczas jednego z tych proszonych obiadów Rhoda Leonard opowiedziała historię, która wkrótce znalazła się na czele rosnącej listy moich wspomnień o Leonardzie. Leonard uzyskał doktorat w 1921 roku i w tymże roku uzyskał stanowisko wykładowcy astronomii i matematyki na Wydziale Matematyki w UCLA. (Nie było w tym czasie wydziału astronomii). Leonard był bardo dumny ze swego doktoratu, co okazywał przy każdej sposobności. Zamówił kauczkową pieczętą z nazwiskiem i tytułem „Frederick C. Leonard, Ph. D.” Chyba każdy kawałek papieru, który znalazł się na jego biurku, był traktowany tą pieczęcią zamiast podpisu. Studenci szybko zauważyli ów przedmiot dumy FCL. Kauczkowa pieczęć zajmowała poczesne miejsce

w szufladzie jego biurka i często widziano, jak wyciągał ją, aby pieczętować prace studentów, które wymagały jego podpisu. Pewnego wieczoru jacyś nieznani studenci(?) weszli do nie zamkniętego gabinetu, znaleźli pieczęć i ostrym nożem zręcznie usunęli „Ph. D.” Następnego ranka gdy Leonard wszedł do gabinetu i zabrał się do pracy, sięgnął po swą pieczęć i odkrył ten haniebny postęp. Z poczerwieniałą twarzą i w wielkim podnieceniu okrążył szybko biurko i wyszedł do foyer gdzie sekretarz wydziału i kilku jego kolegów słyszeli jak krzyczał:

„Ktoś dostał się do mojej szuflady ostatniej nocy, gdy spałem i odciał mój Ph. D.!”

Sprawcy nigdy nie znaleziono. Ostatecznie została zrobiona nowa pieczęć, którą umieszczono w nowej, zamykanej szufladzie biurka. Tylko jego najbliżsi współpracownicy, to znaczy jego asystenci mieli przywilej używania tej pieczęci drugiej generacji, ale z zastrzeżeniem, że będzie ona odłożona z powrotem na właściwe miejsce.

Leonard jako wykładowca astronomii był zjawiskiem, które niełatwo zapomnieć. Oceniał bardzo surowo. „A” wymagało, aby wszystkie prace otrzymały przynajmniej 95%. Był skrupulatny aż do pedanterii. Jego asystenci byli ćwiczeni w sztuce oceniania prac w stylu Leonarda. Wszystkie „t” musiały być przekreślone, wszystkie „i” musiały mieć kropki. Doskonała praca musiała być doskonała pod każdym względem. Dobry angielski i gramatyka miały tę samą wagę co nauka. Ciekawe, że chociaż Leonard miał wykształcenie matematyczne, osobiście matematyki nie lubił. Starał się unikać obliczeń matematycznych z wyjątkiem najbardziej niezbędnych i często wygłaszał niepocholebne uwagi po adresem równań z trudnym do obliczenia wykładnikiem, jak Plancka równanie ciała doskonale czarnego. (Ciekawe, co by powiedział Leonard o nowoczesnych kalkulatorach naukowych). Był on astronomem tylko formalnie. Początkowo wykładał obie części kursu podstaw astronomii i był jedynym, który wykładał astronomię sferyczną. Wykładał też astronomię gwiazdową, ale został zwolniony z tego obowiązku, gdy do pracy przyszedł w 1957 roku młody George Abell pełen entuzjazmu.

Leonard stracił kontakt z szybko rozwijającą się dziedziną astrofizyki. Pozostał klasycznym

astronomem z lat trzydziestych. Miał skłonność do zachowywania sztywnych poglądów, na co cierpi wielu z nas, gdy się starzejemy. Nie mógł uwierzyć w pogłoski, że wkrótce na orbitę zostanie wystrzelony sztuczny satelita Ziemi. Po udanym starcie sputnika (mogliśmy widzieć go wyraźnie o zmierzchu przelatującego nad kopułami uniwersyteckiego obserwatorium) nadal

Leonard nie wyobrażał sobie przyszłości. Nie mógł nigdy zaakceptować myśli, że istoty ludzkie znajdą się na orbicie. Zmarł prawie rok przed lotem Jurija Gagarina. Nie mógł wiedzieć, że program kosmiczny pomoże awansować meteorytykę do roli prawdziwej nauki.

Ciąg dalszy nastąpi...

Nowiny

Wystawa

Muzeum Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego oraz Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne organizują wystawę meteorytów w Warszawie, w siedzibie Muzeum, ul. Żwirki i Wigury 93. Organizatorzy bazują na własnych zbiorach, ale mają nadzieję namówić do współpracy inne zbiory, także prywatne. Właściciele ciekawszych kolekcji, którzy zechcieliby włączyć się do wystawy bez namawiania, bardzo proszę o wiadomość.

Wystawa planowana jest od połowy listopada do połowy grudnia br. Dokładny termin otwarcia nie został jeszcze ustalony, ale nastąpi to między 15 a 18 listopada. Przewidywane jest wydanie katalogu wystawy. Główne atrakcje, to jeden z pierwszych znalezionych okazów meteorytu Łowicz, ważący blisko 4 kg., odnaleziony po wojnie w gruzach Obserwatorium Astronomicznego, oraz mały, ale unikalny okaz pallasytu Pavlodar z dawnej kolekcji Siemaszki, czy oryginalny fragment Baszkówki wraz z gipsową kopią i fragment shergottytu z Marsa. Oczywiście to nie wszystko.

Konferencja

Pod pretekstem uczczenia 50 rocznicy spadku deszczu meteorytów żelaznych Sikhote-Alin Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne zamierza zorganizować sesję poświęconą meteorytom żelaznym i ich roli w poznawaniu historii Układu Słonecznego. Wstępny termin proponowany jest na 27 i 28 lutego, a tematyka mogłaby dotyczyć w pierwszym rzędzie meteorytów Sikhote-Alin i Morasko, nie zapominając jednak o innych. Kwestia terminu, charakteru i tematyki sesji pozostaje otwarta i Planetarium chętnie przyjmie wszelkie rady i propozycje, a zwłaszcza zgłoszenia udziału i propozycje referatów.

Meteoryty dla kolekcjonerów

Klub Kolekcjonerów Meteorytów oferuje następujące meteoryty do sprzedaży:

Santiago Papasquero – ataksyt anomalny – kilkugramowe płytki w cenie 10 zł/gram.

Vaca Muerta – mezosyderyt – kilkunastogramowa piętka w cenie około 150 zł.

Belle Plaine – chondryt L6 ciemny, podobny do Marlow) – kilkugramowe płytki w cenie 9 zł/gram.

Etter – chondryt L5 (też podobny do Marlow) – kilkugramowe płytki w cenie 6 zł/gram

Indochinit – tektyt – kilkugramowe okazy w cenie 3 zł/gram.

Zamówienia prosimy kierować pod adresem: Andrzej S. Pilski, skr. poczt. 6, 14-530 Frombork, tel. 0-55-43-73-92. Obowiązuje zasada: kto pierwszy ten lepszy. Terminy realizacji mogą być odległe, za co z góry przepraszamy.

Kraterory uderzeniowe na Ziemi

Eugene P. Gurow

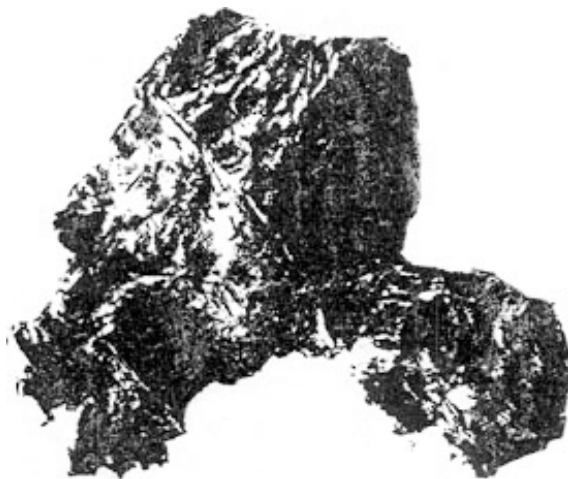
Artykuł z kwartalnika *Meteorite!* Vol. 2 No. 3 Copyright © 1996 Pallasite Press

Powierzchnia Ziemi jest nieustannie narażona na uderzenia meteorytów. Małe meteority są hamowane w atmosferze podczas gdy większe uderzają w powierzchnię z kosmiczną prędkością. Te uderzenia meteorytów powodują momentalne uwolnienie ich energii i utworzenie kraterów meteorytowych.

Okolo 150 kraterów uderzeniowych zostało utworzonych na powierzchni Ziemi. 3 do 4 kraterów odkrywa się co roku na wszystkich kontynentach i na dnie mórz. Kraterory uderzeniowe ulegają szybkiej erozji i najlepiej zachowały się na najstarszych i najbardziej stabilnych częściach płyt kontynentalnych. Dwadzieścia pięć struktur uderzeniowych znaleziono na tarczy kanadyjskiej, 19 kraterów jest rozsianych na terenie Australii, a 7 kraterów znajduje się na tarczy ukraińskiej, na terytorium okolo 250 000 km². Spory zapas nieznanych kraterów może być w Ameryce Południowej, Azji i Afryce, które nie zostały jeszcze wystarczająco dokładnie przeszukane.

Badanie Księżyca, Marsa i niektórych innych ciał Układu Słonecznego dostarcza dowodów intensywnego bombardowania ich powierzchni przez meteority w początkowym okresie ich istnienia. Ślady najdawniejszego bombardowania Ziemi nie są znane. Najstarsze ziemskie kraterory uderzeniowe to dwie gigantyczne astroblemy: krater Vredefort w Afryce Południowej, mający okolo 2 miliardy lat i 140 km średnicy, i astroblema Sudbury w Kanadzie mająca 1,85 miliarda lat.

Najmłodsze kraterory uderzeniowe powstały w czwartorzędzie. Słynny krater Baringera w Arizonie (USA) o średnicy 1200 m i głębokości ok. 180 m. powstał jakieś 50000 lat temu. Ostatnie zderzenie tworzące krater nastąpiło 11 maja 1990 r. w pobliżu miasta Sterlitamak u podnóża Uralu. Meteoryt żelazny spadł na pole uprawne i wytworzył krater o średnicy 9 m i głębokości 4 m. Rosyjscy naukowcy zbadali krater kilka dni po zderzeniu i znaleźli w nim fragmenty meteorytu żelaznego.



Fot. 1. Odlamek z krateru Sterlitamak z kolekcji Waltera Zeit-schela.

Ziemskie kraterory mają różną średnicę od okolo dziesięciu metrów do 100-200 kilometrów. Struktura i morfologia kraterów uderzeniowych zależy od wielkości krateru. Najmniejsze kraterory do 3-5 km średnicy to proste struktury w kształcie misek, podobne do kraterów po bombach czy wybuchach jądrowych. Takie proste kraterory występują w Europie, Azji, Ameryce i Afryce. Przykładami takich kraterów są australijskie kraterory Wolf Creek, Dalgara czy grupa kraterów Henbury. Badaliśmy grupę pięciu kraterów zwanych Macha w tajdze zachodniej Jakucji. Dwa największe kraterory tej grupy, o średnicy 300 i 180 metrów, tworzą podwójny krater, który wypełnia jezioro (Fot. 2).

Struktury uderzeniowe o średnicach od 3-5 km do okolo 20 km mają złożoną budowę. Taki krater wygląda jak kołowa depresja z górką w centralnej części dna krateru. Jest to najbardziej rozpowszechniony typ ziemskich kraterów uderzeniowych. Wysokość centralnego wzniesienia jest równa okolo połowy głębokości krateru. Niekiedy krater jest wypełniony skałami stopionymi w wyniku uderzenia, brekcjami i zmetamorfizowanymi skałami podłoża krateru. W kraterze Boltysh na Ukrainie pierścieniowa niekiedy jest wypełniona warstwą skał stopionych wskutek uderzenia, o średnicy 11 km i grubości do 240 m. Ta warstwa



Fot. 2. Grupa kraterów Macha w Jakucji. Podwójny krater znajduje zdjęcia.

powstała w wyniku zakrzepnięcia jeziora stopu krzemianowego o wysokiej temperaturze otaczającego górkę centralną bezpośrednio po powstaniu krateru.

Wiele złożonych kraterów znajduje się w Ameryce, Europie, Azji i na innych kontynentach. Na zdjęciach zrobionych z Kosmosu pajęczy krater w Australii przypomina wyglądem pajaka. Sprawia to system grzbietów wzniesień biegnących od środka, od góry centralnej. Jednak góra centralna bywa niewidoczna w wielu kraterach wypełnionych osadami. Krater El'gygytyn na Czukotce, o średnicy 18 km, jest zajęty przez jezioro, a jego góra centralna jest ukryta pod wodą i osadami jeziornymi. Szkliste bomby uderzeniowe (fot. 3) o kształtach kropli czy ciastek, pokrywają obrzeże krateru.

Ziemskie kratery z górką centralną przechodzą w pierścieniowe i wielopierścieniowe struktury uderzeniowe, gdy ich średnice wzrastają do kilku-



Fot. 3. Szklane bomby z krateru El'gygytyn. Są to kawałki skał stopionych w wyniku uderzenia, wyrzucone z krateru i zakrzepłe w atmosferze.

dziesięciu kilometrów. Krater West Clearwater w Kanadzie jest klasycznym przykładem pierścieniowej struktury uderzeniowej. Obrączkowe wydźwignięcie skał podłoża tworzy pierścień wysp w jeziorze wypełniającym krater. Pierścieniowe i wielopierścieniowe struktury uderzeniowe są rozpowszechnione na wielu ciałach Układu Słonecznego. Bardzo ciekawe są zdjęcia z Kosmosu basenu Maré Orientale o średnicy

950 km na odwrotnej stronie Księżyca. Głównym utworem morfologicznym tej struktury uderzeniowej są trzy łańcuchy koncentrycznych obrączkowych wzgórz.

Utworzenie wielkiego krateru jest katastrofalnym procesem, którego skala zależy od energii meteorytu i średnicy krateru. Oceny dokonane przez kilku naukowców wskazują, że utworzenie krateru o średnicy 150-200 km i więcej, powoduje globalne zmiany klimatyczne na Ziemi, co prowadzi do katastrofy ekologicznej. Jedno z takich katastrofalnych zdarzeń miało miejsce 65 milionów lat temu na końcu okresu kredy. Utworzenie krateru uderzeniowego Chicxulub około 200 km średnicy na półwyspie Jukatan w Meksyku było jednym z najbardziej dramatycznych wydarzeń na Ziemi. Materia wyrzucona z tego krateru składała się z pyłu skalnego, krzemianów, siarki i pary wodnej. Jednym ze skutków tego zdarzenia było zniknięcie dinozaurów. Ślady tej katastrofy są obecne w cienkiej warstwie osadów, które opadły na powierzchnię z bolidu. Ta warstwa osadów na granicy Kredy i Trzeciorzędu została wykryta i zbadała w Północnej i Centralnej Ameryce, Azji, Europie, a nawet Nowej Zelandii.

Badania kraterów pozwalają najlepiej zrozumieć historię Ziemi i rozwój jej biosfery. Poznawanie ziemskich kraterów pomaga w badaniach bombardowania przez meteoryty planet i księżyców jako jednego z istotnych procesów w Układzie Słonecznym.

*Instytut Nauk Geologicznych
Ukraińska Akademia Nauk
Kijów, Ukraina*

Spytaj Geologa

odpowiada **Bernhard Spörli**

Publikacja z kwartalnika *Meteorite!* Vol. 2 No. 3.

Copyright © 1996 Pallasite Press.

1. Jak działa mikrosonda elektronowa?

Mikrosonda elektronowa wytwarza bardzo cienką wiązkę elektronów ogniskowaną na powierzchni mniej-szej niż 1 mikrometr (milionowa część metra) kwadratowy. Wiązka może być skierowana na stałą materię i ta emituje promienie rentgenowskie, których widmo można wykorzystać do określenia z jakich pierwiastków ta materia się składa.

Przyrząd składa się z działka elektronowego z ogrzewanym włóknem tungstenowym, które wytwarza analizującą wiązkę, oraz ogniskującej tablicy składającej się z kondensora i soczewek magnetycznych, która także kieruje wiązkę na badany okaz. Wytwarzane promienie rentgenowskie są rejestrowane w szeregu spektrometrów. Wszystko to znajduje się w hermetycznej obudowie, co pozwala na wytworzenie wysokiego stopnia próżni dla wiązki elektronowej i aby promienie rentgenowskie mogły dotrzeć do detektorów bez rozpraszania. W skład przyrządu wchodzi także mikroskop optyczny, głównie po to, aby ułatwić skierowanie wiązki na interesujący obiekt.

Badane okazy umieszczane są w przyrządzie przez specjalny otwór. Wiązka elektronów padająca na okaz powoduje także odbijanie elektronów, które mogą być wykorzystane do uzyskania obrazu badanego okazu i są wykrywane w specjalnych scyntylatorach.

Skaningowy mikroskop elektronowy działa w podobny sposób. Różnica polega na tym, że wiązka elektronów jest przesuwana po okazy w systematyczny sposób. Sygnały uzyskiwane z detektorów są następnie łączone w telewizyjny obraz okazu. Pozwala to na wykonywanie map rozmieszczenia i koncentracji różnych pierwiastków w badanym okazy.

Okaz do badania musi być specjalnie przygotowany. Najpierw jest umieszczany w żywicy epoksydowej. Następnie szlifuje się i poleruje niezwykle gładką, płaską powierzchnię. Na koniec, jeśli badana jest materia nieprzewodząca, pokrywa się okaz w komorze próżniowej bardzo cienką warstwą węgla.

Mikrosonda może być użyta albo do analizy jakościowej, gdzie tylko identyfikuje się pierwiastki (na podstawie widm rentgenowskich) lub do analizy ilościowej, gdzie wyznacza się także koncentracje pierwiastków (wykorzystując natężenia linii w widmach).

2. Co to jest schreibersyt?

Schreibersyt jest kruchym, cynowo-białym minerałem, który jest prawie zawsze obecny, w niewielkich ilościach, w meteorytach żelaznych, ale można go także napotkać w meteorytach żelazno-kamiennych i w niektó-

rych chondrytach. Jest to stop żelaza, niklu i kobaltu z fosforem i dlatego jest zaliczany do fosforków. W meteorytach żelaznych występuje w postaci sporych kulek (oraz obwódek na troilicie lub jako małe płytki – rhabdyt). Jego wzór chemiczny jest $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{P}$.

3. Co sprawia, że większość tektytów jest czarna?

Na to proste pytanie nie tak łatwo odpowiedzieć. W literaturze znalazłem bardzo niewiele na temat przyczyn barw tektytów. Może niektórzy z czytelników będą mieli więcej informacji na ten temat. Oczywiście nie wszystkie tektyty są czarne; niektóre mają odcień zielonkawy lub niebieskawy. Rzeczywiście czarne tektyty przeświecają ciemnobrązowe, gdy odciąć cienką płytkę.

Tektyty to jedna z postaci naturalnego szkliwa, to znaczy są zamrożoną cieczą krzemianową. Od innych szkliv różni je to, że zawierają niezwykle mało wody, prawdopodobnie dlatego, że są związane z topnieniem podczas zderzeń. Możemy więc spróbować odpowiedzieć na pytanie opisując, co powoduje barwy innych rodzajów szkła.

Barwy szkła mogą być spowodowane przez 1) pochłanianie wybranych częstotliwości światła przez substancje rozpuszczone w szkłe; 2) mikroskopijne cząsteczki w szkłe; 3) większe cząstki, które mogą albo nadawać własne barwy, albo powodować barwne refleksy. Z punktu widzenia wytwórcy szkła przypadek 1) jest najbardziej efektywnym sposobem barwienia. Robi się to wykorzystując tlenki najczęściej tytanu, wanadu, chromu, manganu, żelaza, kobaltu, niklu i miedzi. Czarne szkła wytwarza się dodając tlenki manganu i chromu. Ciekawe, czy można by także uzyskać czarne szkło dodając po trochu wszystkie możliwe barwniki. Takie zanieczyszczenie może być bardziej prawdopodobne w naturalnym szklwie.



To receive the world's only quarterly magazine devoted entirely to *METEORITES*, send

US\$20 + US\$4 postage to...

Pallasite Press,

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

Phone: +64-9-486-2428

Fax: +64-9-489-6750

Visa, Mastercard & AMEX accepted

<http://www.meteor.co.nz>

Streszczenia wybranych prac prezentowanych na berlińskiej konferencji the Meteoritical Society

Widmowa identyfikacja planetoidy 6 Hebe jako znajdującego się w głównym pasie ciała macierzystego chondrytów typu H.

M. J. Gaffey

Chondryty zwyczajne stanowią około trzech czwartych wszystkich spadających meteorytów, przynajmniej w ciągu ostatnich kilkuset tysięcy lat. Na podstawie analizy widm odbiciowych i innych obserwacji z Ziemi znaleziono dla większości typów meteorytów możliwe pod względem mineralogicznym ciała macierzyste. Jednak wśród około 2000 zbadanych planetoid z głównego pasa tylko jeden obiekt (3628 Bozemcova) mógł być źródłem chondrytów zwyczajnych. Paradoksalna różnica między obfitością chondrytów zwyczajnych, i rzadkością odpowiadających im planetoid jest przedmiotem sporów wśród badaczy planetoid i meteorytów.

O ile większość planetoid typu S można z pewnością wykluczyć jako ciała macierzyste na podstawie kryteriów mineralogicznych, to podtyp S(IV) ma skład krzemianów pasujący do chondrytów zwyczajnych. Niestety nawet w widmach tych planetoid efekty wywołane obecnością krzemianów i nachylenie czerwonej części widma są słabsze niż w widmach chondrytów zwyczajnych. Należąca do podtypu S (IV) planetoida 6 Hebe znajduje się w wewnętrznej części pasa planetoid blisko stref chaotycznych związanych z rezonansem 3:1 i rezonansem wiekowym ν_6 . Wyrzucone z umiarkowaną prędkością stosunkowo duże ilości fragmentów Hebe mogą trafić łatwo do tych stref i zostać szybko przemieszczone na orbity przecinające ziemską, co sugeruje, że Hebe jest znaczącym źródłem meteorytów, które mogą należeć do jednej z grup chondrytów zwyczajnych.

Połączono obserwacje z czerwca 1979 r. i lutego 1989 r. uzyskując serię widm dla różnych faz rotacji planetoidy. Na widmach tych widać systematyczne zmiany z rotacją. Mineralogiczne własności wywnioskowane z tych widm pasują do własności chondrytów typu H i są odmienne od własności chondrytów typu L i LL oraz innych

meteorytów. Mineralogia powierzchni Hebe zmienia się od typu H4 do H6.

Wciąż jednak Hebe ma typowe widmo S ze stromym nachyleniem w czerwonej części i słabszymi pasmami absorbcyjnymi krzemianów. Wysokie albedo Hebe, porównywalne z uzyskiwanym od chondrytów H6, wskazuje, że wietrzenie kosmiczne zaobserwowane przez sondę Galileo na Idzie i Daktylu oraz na Gasprze nie dotyczy widma typu S Hebe. Widmo to jest wytwarzane wskutek znacznej obfitości metalicznego żelaza nikłonośnego (40% powierzchni) rozłożonego na warstwie typu H. Przez analogię do niemagnetycznych meteorytów żelaznych typu IIE, które łączy się z ciałem macierzystym chondrytów H, ten metal podzielony jest na stosunkowo cienkie ale rozległe warstwy związane z dużymi uderzeniami w dość bogatą w metal tarczę typu H. Kolejne mniejsze zderzenia selektywnie usuwały leżące wyżej mniej odporne fragmenty krzemianowe wskutek czego powstał regolit zawierający liczne duże fragmenty czystego metalu. Wydaje się więc, że Hebe może być ciałem macierzystym zarówno chondrytów typu H jak i niemagnetycznych meteorytów żelaznych typu IIE. Łącznie z tym odkryciem znamy więc prawdopodobnie ciała macierzyste ponad jednej trzeciej spadających na Ziemię meteorytów: bazaltowe achondryty – 6,2% – Westa, enstatytowe achondryty – 1,1% – 3103 Eger i rodzina Hungarii i teraz chondryty typu H – 32,1% i meteoryty żelazne IIE – 0,1%.

Meteority marsjańskie: próba klasyfikacji oparta na składzie chemicznym, litologii i wieku. K. Yanai.

Dwanaście okazów zaliczamy do marsjańskich meteorytów, które są jednym z najbardziej niezwykłych rodzajów materii meteorytowej niedawno odłupanej od powierzchni Marsa. Zostały one sklasyfikowane jako achondryty SNC to znaczy shergottyty, nakhlity i chassignity. Do shergottytów należą: Shergotty, Zagami, ALH 77005, EETA 79001, ALH 84001, LEW 88516,

Y 793605 i QUE 94201. Nakhla, Lafayette i Governador Valadares zostały zaliczone do nakhlitów. Chassigny to jedyny okaz zaliczany do chassignitów. Jedenaście marsjańskich meteorytów (z wyjątkiem ALH 84001) jest bardzo młodych, liczących od 1,3 – 1,4 mld lat do 100 – 600 mln lat. Natomiast większość znanych meteorytów ma 4,0 – 4,6 mld lat, czyli tyle ile Układ Słoneczny. 12 marsjańskich meteorytów waży w sumie ponad 78 kg, więcej niż 15 meteorytów księżycowych ważących łącznie prawie 2 kg.

Wymienione meteoryty marsjańskie zostały tymczasowo podzielone, ze względu na ich skład chemiczny, litologię, wiek i skład mineralny, na następujące cztery grupy różnych rodzajów skał: dunit, marsjański płaszcz, gabro i ortopiroksenit. Chassigny jest skałą ultrazasadową typu dunitu składającą się głównie z oliwinu magnezowego. ALH 77005 i Y 793605 są typu marsjańskiego płaszcza, ponieważ ich skład jest bardzo podobny do składu płaszcza Marsa. Składają się głównie z oliwinu i piroksenu oraz plagioklazu. Do tego typu można zaliczyć też LEW 88516. Inne meteoryty SNC (z wyjątkiem ALH 84001) należą do typu gabro o składzie zasadowym i składają się z piroksenu i plagioklazu. QUE 94201 może też być tego typu. Meteoryt ALH 84001 należący do typu ortopiroksenitu, jest zupełnie odmienny od poprzednich, ponieważ jest znacznie starszy i zbudowany z monomineralnego ortopiroksenu magnezowego.

Utworzenie się skał typu dunitu, marsjańskiego płaszcza i gabro, mających bliskie powiązania genetyczne ze sobą, powinno nastąpić w trakcie pewnego rodzaju aktywności magmowej. Należy więc rozważyć pewne procesy ich wytworzenia w marsjańskim płaszczu. Skały typu dunitu powinny być pozostałością z częściowego topnienia lub kumulatami w pierwotnej magmie o składzie marsjańskiego płaszcza. ALH 77005 i Y 793605 oraz LEW 88516 mogły wykryształizować bezpośrednio z pierwotnej magmy jako piroksenity oliwinowe i ich skład wydaje się odpowiadać składowi pierwotnej magmy. Skały typu gabro powstały przypuszczalnie z magmy frakcjonowanej, ponieważ ten typ skał jest bogaty w Fe, Al i Si i składa się głównie z pośredniego plagioklazu (An_{50}) i piroksenów żelazowych z dodatkiem lub bez żela-

zowego oliwinu. ALH 84001 może pochodzić z magmowej skorupy wytworzonej przez najstarszy magmatyzm w początkach istnienia Marsa. Jest on bardzo podobny do typowych diogenitów, które składają się prawie wyłącznie z ortopiroksenu magnezowego i prawdopodobnie pochodzą z pierwotnej skorupy ich ciał macierzystych.

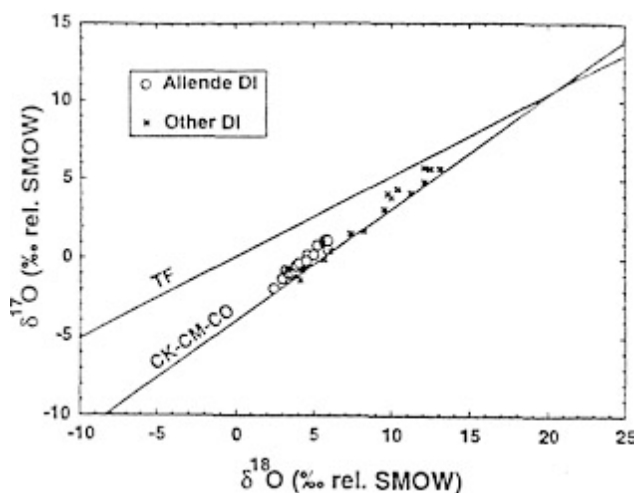
Epizodyczna akrecja mgławicy słonecznej – meteorytyczne sugestie. B.-G. Choi i J. T. Wasson

Naukowcy zgadzają się obecnie, że gwiazdy typu FU Orionis to gwiazdy T Tauri, w których występują nagle zjawiska akrecyjne powodujące wzrost jasności o dwa i więcej rzędów wielkości. Jeśli w czasie stadium T Tauri mgławica słoneczna wchłonęła partię masy z różnych źródeł, w których dominowała materia z różnych typów gwiazd, to materia na początku akrecji mogła być zupełnie inna niż na końcu akrecji. Ten obraz pozwala na utworzenie się różnych rodzajów materii w tej samej odległości od Słońca przy założeniu, że wcześniej utworzona materia została przechowana w ciałach dostatecznie dużych (≥ 1 km), aby uniknąć wchłonięcia przez Słońce. Kluczowa informacja jest dostarczana przez skład izotopowy tlenu i jego interpretację jeśli chodzi o wymianę między przedslonecznymi ciałami stałymi a mgławicowym gazem zawierającym około 85% mgławicowego tlenu.

Można rozróżnić dwie główne grupy chondrytów: 1) chondryty zwyczajne i rumurutyty mające dodatnie $\Delta^{17}O$ ($= \delta^{17}O - 0,52 \times \delta^{18}O$) i 2) chondryty węgliste inne niż CI mające ujemne $\Delta^{17}O$. Te grupy różnią się pod względem stosunków pierwiastków wysokotemperaturowych/Mg, lotnych/Mg, chondr/ciasta skalnego oraz FeO/(Fe-O+MgO). Sugerujemy, że to zróżnicowanie chemiczne i izotopów tlenu wskazuje na dwa główne epizody akrecyjne pod koniec istnienia mgławicy. Chociaż skład chemiczny chondrytów CI jest w przybliżeniu słoneczny, nie możemy być pewni, że mają one także słoneczny skład izotopów tlenu. Jednak dane uzyskane przez Claytona i współpracowników dają szereg wskazówek co do średniego składu izotopowego tlenu w Układzie Słonecznym: 1) zwyczajna średnia składu izotopów tlenu w meteorytach jest podobna do

przypuszczalnego składu płaszczka Ziemi; 2) meteoryty zdyferencjowane, które prawdopodobnie powstały w ciałach bliskich Słońcu (i dlatego doświadczyły bardziej intensywnej wymiany izotopów z gazem mgławicy) mają skład izotopów tlenu bliski linii TF; 3) skład izotopów tlenu chondrytów enstatytowych (zredukowanych obiektów, które mogły tworzyć się blisko Słońca) mieści się na linii TF; 4) skład izotopów tlenu drobnoziarnistego ciasta skalnego, (które wymieniało tlen z gazem mgławicy) w chondrytach węglistych przypada bliżej linii TF niż skład dla całości chondrytów, chondr czy CAL oraz 5) minerały utworzone w wyniku przeobrażenia ciała macierzystego działaniem wody (np. uwodnione krzemiany i magnetyt) mają skład izotopowy bliski linii TF, z czego wynika, że większość mgławicowej H₂O (przypuszczalnego utleniacza) także była bliska linii TF. Z tych wskazówek wynika, że średni skład izotopów tlenu przypada na lub w pobliżu Unii TF. Zakładamy więc, że im większa absolutna wartość $\Delta^{17}\text{O}$, tym mniejszy stopień wymiany izotopów tlenu z gazem mgławicy, a więc tym większa odległość od Słońca.

do uformowania się w różnych odległościach od Słońca podczas dwóch odrębnych epizodów końcowej fazy akrecji; epizod A obejmował poprzedników stałych (i gazowych) mających ujemne $\Delta^{17}\text{O}$; epizod B obejmował poprzedników mających dodatnie $\Delta^{17}\text{O}$. Stałe składniki były mniej rozproszone niż gaz, co pozwoliło lokalnym obszarom na zachowanie zapisu tych zdarzeń w ich izotopach tlenu. Ten model proponuje rozwiązanie istniejącego od dawna problemu, jak materia tak odmienna jak chondryty zwyczajne i węgliste mogła uformować się w stosunkowo wąskim obszarze pasa planetoid.



Rys. 2

jakościowo zgodna z hipotezą, że bogate w żelazo oliwiny z DI powstały w wyniku odwodnienia krzemianów uwodnionych.

Wytworzenie wzbogaconych w cięższe izotopy uwodnionych krzemianów jako głównego składnika chondrytów CI i CM jest wynikiem przeobrażenia pod działaniem wody krzemianów bezwodnych, takich jak te, które wciąż stanowią połowę objętości typowych chondrytów CM takich jak Murchison. Zbiornik wody musiał być zubożony w ^{16}O w stosunku do bezwodnych krzemianów, aby przyczynić się do zubożenia w ^{16}O krzemianów uwodnionych. Skład izotopowy powstałych krzemianów uwodnionych zależy od temperatury uwodnienia i od względnych rozmiarów zbiorników skały i wody (stosunek w/r). Dla Murchison oceniono warunki na $T = 0^\circ - 20^\circ \text{C}$; $w/r = 1$ (objętościowo). Gdyby przeobrażenie Murchison działaniem wody było całkowite, to końcowy skład izotopowy meteorytu znajdowałby się niżej na linii mieszania CM. Przypuszczalnym przykładem tego jest EET 83334, chondryt CM, który został całkowicie przeobrażony w krzemiany uwodnione.

Niektóre chondryty CI lub CM podlegały metamorfizmowi cieplnemu, którego wynikiem było odwodnienie krzemianów i wytworzenie bogatego w żelazo oliwiny i piroksenu. Ponieważ ten proces następował przy braku jakiegokolwiek większego zewnętrznego zbiornika tlenu, powstały skład izotopowy niewiele różni się pierwotnego składu krzemianów uwodnionych. Najbardziej oczywisty przykład tego procesu widać w meteorytach B 7904, Y 82162, i Y 86720, które mają

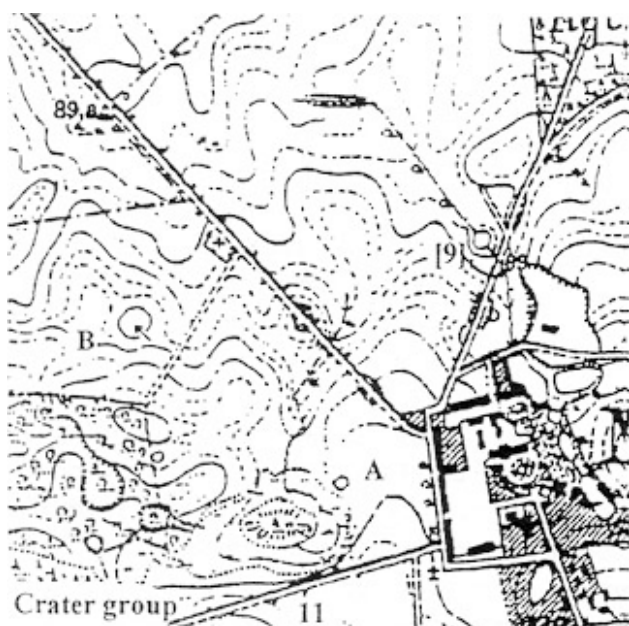
skład izotopowy podobny do CI, ale wykazują oznaki przekształcenia krzemianów uwodnionych w oliwin. Chondryt CM Y 793321 także wykazuje to przekształcenie, ale zachowuje skład izotopowy typowego CM.

Ciemne inkluzje z chondrytów CV (Allende, Efremovka, Leoville i Vigarano), CM (Ban-ten, Murchison, B 7904), CK (PAT 91546) i CR (El Djouf 001) także układają się wzdłuż ciągu CO-CK-CM dla całej masy meteorytu, sugerując oddziaływanie krzemianów z tym samym, zubożonym w ^{16}O zbiornikiem, który spowodował uwodnienie chondrytów CM. Istnieją pewne oznaki korelacji między zachowaniem chondrytów DI a ich składem izotopów tlenu. Kojima i Tomeoka sugerują, że DI w Allende i Vigarano powstały w wyniku termicznego odwodnienia uwodnionych krzemianów. Skład izotopowy tlenu jest zgodny z tą koncepcją i wskazuje na niższy stosunek w/r podczas przeobrażenia pod działaniem wody, niż w przypadku większości chondrytów CM.

Uwagi na temat pola kraterów Morasko i niektórych jego zniszczonych utworów morfologicznych. W. Czegka.

W 1914 r. u podnóża Wzgórza Morasko (Grunheide) w pobliżu wsi Morasko (Nordheim), 8 km na północ od centrum Poznania, został wykopany pierwszy 77,5 kg okaz meteorytu Morasko. Dotychczas w okolicy Wzgórza Morasko wykopano ponad 500 kg materii meteorytowej. Od 1956 r. niektóre okrągłe struktury w zalesionych częściach wzgórza zaczęto uważać za kraterorytowe. Badania terenowe ujawniły osiem struktur chronionych w obrębie rezerwatu Morasko jako kraterorytowe. Kolejny kołowy utwór (Nr 9 na rys. 1) w pobliżu wsi jest prawdopodobnie pochodzenia polodowcowego (ale w 1995 r. znaleziono przy nim meteoryty – przyp. red.). Z morfologii pozostałych kraterów wywnioskowano, że meteoryt leciał z północy na południe. Classen donosił ponadto o okrągłej depresji w pobliżu grupy kraterów poza rezerwatem,

która była widoczna jeszcze pod koniec lat 60-tych, ale została zaorana ciężkimi pługami na początku lat 70-tych. W wyniku politycznego klimatu owych czasów nigdy nie wykonano topograficznych map tej struktury.



Fragment mapy topograficznej z 1888 r. z niektórymi nieistniejącymi już utworami grupy kraterów Morasko.

	Ni	Ga	Ge	Ir	
Meteorite	(mg/g)	(Hg/g)	(Hg/g)	(μ g/g)	Reference
Morasko	65,6	98,9	496	1	[8]
Morasko	65,6	98,9	496	1	[6]
Seclasgen	64,7	96,8	493	1,1	[6]
Burglavi	67,1	95,8	519	1,1	[6]

Tab. 1. Zawartość pierwiastków śladowych w meteorytach Morasko, Seelasgen i Burglavi.

W 1980 r. badania geochemiczne umożliwiły stwierdzenie zgodności meteorytów Seelasgen (Przełazy – przyp. red.), Morasko i Burglavi (znaleziony w 1941 r. w Jakucji – przyp. red.) (tab. 1). Seelasgen znaleziono około 100 km na południowy zachód od kraterów Morasko na terenie ówczesnej wschodniej Brandenburgii. Wraz z zaginionym meteorytem żelaznym z Obornik, 20 km na północ od Morasko (znaleziony w 1912 r., zaginiony w czasie wojny) istnieją trzy możliwości: 1) Są dwa niezależne spadki (Morasko i Seelasgen); 2) Istnieje jeden obszar spadku meteorytów Morasko-Seelasgen (kierunek NNE do S S W); 3) Seelasgen jest przetransportowanym przez ludzi okazem Morasko.

W tym kontekście dokładne odtworzenie trajektorii meteorytu Morasko staje się istotne. Odnaleziona ostatnio mapa z 1888 roku ukazuje kilka struktur (być może meteorytowych), które już nie istnieją. W kierunkach NNE i ENE od istniejącej grupy kraterów Classen opisał kołowe

depresje jako widoczne (utwory A, B i 11 na rysunku).

Rozmieszczenie pary wodnej i lodu w mgławicy słonecznej. K. E. Cyr, W. D. Sears, J. I. Lunine.

Ewolucja i przestrzenne rozmieszczenie wodnego lodu i pary w mgławicy słonecznej, zwłaszcza podczas formowania się ciał Układu Słonecznego jest słabo opisana w literaturze. Jednak z opublikowanych badań znaczenia wody wynika, że może ona odgrywać złożoną i ważną rolę w ewolucji mgławicy. Zbadaliśmy więc transport pary wodnej i jej kondensatów w mgławicy, aby rozważyć, co można z tego wnioskować o rozmieszczeniu wody w ciałach Układu Słonecznego.

Wcześniejsze rozważanie przez Sears'a modeli tworzenia się mgławicowego lodu ujawniło potencjalnie znaczący, a niedoceniany efekt: aerodynamiczny opór gazu powodujący wędrowanie cząstek lodu radialnie do wewnątrz frontu kondensacji. Dalsze nasze badania objęły śledzenie ewolucji orbit cząstek wodnego lodu różnej wielkości, aby stwierdzić czy i gdzie ten lód sublimował i w jakiej skali czasu. Z rezultatów wynika szereg interesujących wniosków, z których pierwszy mówi, że tempo wędrówki do wewnątrz jest dostatecznie duże, aby należało go brać pod uwagę jako mechanizm zaopatrujący w parę wodną wewnętrzną część Układu Słonecznego. Ponadto cząstki lodu mogły być obecne, nietknięte, w wewnętrznej części Układu Słonecznego w czasie formowania się jego ciał.

Używając prostego analitycznego modelu dyfuzji, śledzącego dyfuzję pary wodnej po sublimacji, znaleźliśmy dowody na istnienie zwiększonej ilości wody w obszarze 1-2 j.a. Połączyliśmy procesy dyfuzji i wędrówki cząstek w numerycznym modelu dyfuzji, który uwzględniał efekty unoszenia przez dodanie członów źródłowych odpowiedniej wielkości. Wprowadzenie wyrazów źródłowych odpowiada za zmienny czas przed sublimacją i pozycję radialną podczas sublimacji, która pojawia się praktycznie natychmiastowo, różnej wielkości cząstek lodu, a całkowita ilość lodu dostępna w dowolnym momencie czasu jest równa ilości traconej pary. Wyniki pokazują zwiększoną ilość pary

wodnej od około 0,03 j.a. do 1,6 j.a. ze stopniowym spadkiem koncentracji pary wodnej od 1,6 do 3 j.a., przy której to odległości koncentracja pary wodnej przypomina przypadek zwykłej dyfuzji bez źródła. Obecność takiej zwiększonej koncentracji wody zakłóci lokalną chemię mgławicy i oczywiście może być interesująca dla zrozumienia stanu uwodnienia planetoid i być może dostarczenia wody na Ziemię.

Wstępne badanie chondrytu L, Baszkówka (polska). M. Stępniewski, K. Radlicz, J. Siemiątkowski, J. Borucki.

Spadek meteorytu Baszkówka zaobserwowano w pobliżu małej wioski Baszkówka, około 23 km na południowy zachód od centrum Warszawy, 25 sierpnia 1994 r. Meteoryt przekazany do Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie mniej więcej rok później, został sklasyfikowany jako chondryt zwyczajny ważący ok 15,5 kg, przypominający wyglądem skorupę żółwia rzeźbioną głębokimi, rozłożonymi promienistymi regmagliptami. Skorupa obtopieniowa pokrywa 93% jego powierzchni. Jest ona szaroczysta i gładka na powierzchni czołowej i matowo czarna na tylnej powierzchni. Szaro-oliwkowa skała jest widoczna w małych odsłonięciach, gdzie skorupa odłupała się. Wnętrze meteorytu jest niejednorodne, kruche i porowate. Efekt porowatości widać w małej gęstości meteorytu – $2,9 \text{ g/cm}^3$. Chondry są wyraźnie widoczne. Ich średnice zmieniają się od kilku dziesiątych milimetra do około 3 mm. Występują także ziarna srebrzystego żelaza nikłonośnego i wyraźne jasno-żółte ziarna troilitu. Stwierdzono, że głównym składnikiem krzemianowym chondr i ciasta skalnego są oliwiny ($\text{Fa}_{24,2}$) i pirokseny ($\text{Fs}_{20,8}$). Poza Ni-Fe i troilitem znaleziono trochę rzadkich ziaren chromitu i bardzo rzadkich ziaren miedzi rodzimej. Chondry o różnej strukturze wewnętrznej i składzie chemicznym stanowią ok. 30% objętości skały. Najczęściej występują chondry o teksturze porfirowej i pasowej, a rzadziej o teksturze włóknistej, ekscentryczno-promienistej. Wstępna klasyfikacja meteorytu zalicza go do typu L5. Typ L chondrytu został też potwierdzony przez wartości temperatury przeobrażeń magnetycznych i nasycenia magnetycznego. Widma Mossbauera wskazują na obecność 5% żelaza trójwartościowego,

gdzie 35% Fe jest włączone w struktury oliwiny, 10% w pirokseny, 24 % występuje w postaci kamacytu, a 26% w troilicie. Pomiar promieniowania gamma zostały wykonane dopiero 1,5 roku po spadku meteorytu i nie stwierdzono żadnych izotopów promieniotwórczych pochodzenia kosmicznego. Dalsze badania meteorytu Baszkówka są w toku.

Spektroskopia planetoid przelatujących blisko Ziemi: Nowe wyniki. T. H. Burbine, R. P. Binzel, S. J. Bus, J. M. Sunshine.

Jako część programu badania małych planetoid głównego pasa obserwowano spektroskopowo. w zakresie fal widzialnych $0,4\text{--}0,92 \mu\text{m}$, ok. 50 planetoid zbliżających się do Ziemi (NEA). Czterdzieści z tych obiektów obserwowano po raz pierwszy. Pomiar te z górą podwoiły całkowitą liczbę NEA, dla których opublikowano widma odbiciowe. Porównanie ich widm z widmami planetoid głównego pasa i widmami meteorytów ukazuje kilka interesujących tendencji. Siedem NEA ma widma bardzo podobne do chondrytów zwyczajnych i planetoidy 1862 Apollo (wcześniej rozpoznanego odpowiednika chondrytów zwyczajnych). Dwadzieścia dziewięć innych NEA ma widma o własnościach mieszczących się między typowymi widmami planetoid S, a widmami chondrytów zwyczajnych.

W porównaniu z planetoidami głównego pasa NEA okazują się „bliższe” spektralnie chondrytom zwyczajnym w zakresie fal widzialnych. Możliwe powody tej różnicy między mniejszymi (poniżej 10 km) NBA, a większymi (ponad 10 km) obiektami głównego pasa mogą wynikać z różnic w wielkości cząstek, składu chemicznego, czy wietrzenia kosmicznego. Ciągłość widm NEA pomiędzy typami S a chondrytami zwyczajnymi jest pośrednim dowodem na istnienie powiązań między tymi obiektami. Jednak dalsze analizy mineralogiczne NEA wymagają danych z zakresu bliskiej podczerwieni.

Dane przedstawione w tej pracy uzyskano w Michigan-Dartmouth Observatory. Praca była wspierana przez granty z NASA i the Planetary Society.