BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 4 (36) Grudzień 2000

W numerze:

- Powstanie życia na Ziemi
- Przeklasyfikowane Morasko
- Libijskie meteoryty
- Historia meteorytu Los Angeles

Targi Meteorytowe – Gifhorn 2000

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

Redaguje *Andrzej S. Pilski*

Skład: *Jacek Drążkowski*
Druk: *Jan*, Lidzbark Warm.

Adres redakcji:
skr. poczt. 6
14-530 Frombork
tel. 0-55-243-7392
0-604-178-072
e-mail: aspmet@wp.pl

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2001 roku 20 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr:

15401072-3724-36001-00-01

w BOŚ SA O/Olsztyn,
zaznaczając cel wpłaty.

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

Subscribe to *Meteorite!*

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

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

www.meteor.co.nz

***Od redaktora**:*

Z przyjemnością informuję, że znany z dwóch Pikników Meteorytowych i relacji z rozmaitych targów minerałów Grzegorz Pacer zgłosił gotowość częściowego sponsorowania „Meteorytu", co umożliwi wprowadzenie na stałe kolorowej okładki. Aby jednak nie przerzucać wszystkiego na barki Grzegorza, prenumerata w roku 2001 wyniesie 20 zł. Prosimy dokonywać wpłat w marcu na konto podane obok. Tradycyjnie marcowy numer zostanie wysłany do wszystkich, którzy prenumerowali „Meteoryt" w 2000 roku. Brak kolejnego numeru będzie oznaczał, że Olsztyńskie Planetarium uważa, iż prenumerata nie została opłacona.

Ukazał się wreszcie oczekiwany „Catalogue of Meteorites", który opracowała dr Monica Grady z Natural History Museum w Londynie. Zawiera informacje o wszystkich meteorytach sklasyfikowanych do końca roku 1999. Kosztuje niestety około 600 zł wraz z dołączonym dyskiem, ale kolekcjonerzy już odkryli, że dysk można bez problemu skopiować[*]. Aby móc z niego korzystać, trzeba jednak dysponować porządnym komputerem[**], który kosztuje nieco więcej.

Na Targi Meteorytowe do Gifhorn wybrała się już większa grupa polskich kolekcjonerów, a wśród nich wreszcie tacy, którym chce się coś pisać. Dzięki temu mamy relację Kazimierza Mazurka w tym numerze oraz relację na stronach internetowych Marcina Cimały (www.meteoryt.net). Jak widać z relacji warto pomyśleć o wycieczce na Targi w przyszłym roku.

Ostatni w tym tysiącleciu numer „Meteorite!" jest pełen interesujących artykułów i mimo powiększenia „Meteorytu" były poważne trudności z wyborem. Znającym język angielski nadal radzę zaprenumerować ten nowozelandzki kwartalnik. Tylko $27.

Wraz z Jackiem Drążkowskim życzymy Czytelnikom wszystkiego najlepszego w pierwszym roku nowego tysiąclecia (w następnych też). Szczególnie serdeczne życzenia mamy dla tych, którzy w różnych formach (tłumaczenia, artykuły, zdjęcia) pomagali w tworzeniu „Meteorytu" nie mając z tego innych korzyści poza satysfakcją. Mamy nadzieję, że w nowym tysiącleciu będzie ich jeszcze więcej.

Andrzej S. Pilski

---

[*] *Licencja zezwala na używanie kopii programu przez indywidualnych użytkowników w celach badawczych lub szkoleniowych.*

[**] *System Windows 95 lub wyżej, 32 MB RAM, karta grafiki Super VGA lub lepsza, przynajmniej 60 MB wolnego miejsca na dysku.*

Nasz Sponsor:

Grzegorz Pacer przy swoim stoisku na targach w Gifhorn (fot. M. Cimała)

Zdjęcia z tej imprezy prezentujemy na okładce oraz wewnątrz zeszytu wraz z relacją (fot. K. Mazurek i M. Cimała)

Wczesne zderzenia z planetoidami a powstanie życia na Ziemi

Pochodzące z wczesnego archaiku stromatolity z Pilbary opowiadają niezwykłą historię o przetrwaniu życia wśród wybuchów wulkanów i uderzeń meteorytów

Andrew Glikson
tłum. Magdalena Pilska-Piotrowska

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 4. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Wstęp

Zjawisko życia jest czymś, co trudno zdefiniować — przejście od nieożywionej materii i aminokwasów na jednym końcu do kwasów nukleinowych i białek na drugim końcu, stanowi przeskok kwantowy, którego istota i rządzące nim prawa są wciąż niezbyt zrozumiałe. Zdaniem Paula Daviesa (1998), nieodłączną cechą życia jest wzrost skomplikowania systemów informacyjnych pracujący przeciw entropii. Życie przekracza granice przestrzeni, skali i czasu — żyjące nanobakterie są odnajdywane w źródłach wulkanicznych i na głębokości kilku kilometrów pod powierzchnią Ziemi. W początkach ziemskiej historii mikroorganizmy musiały przetrwać wśród wzmożonej aktywności wulkanicznej, nagłych osunięć skorupy i potężnych zderzeń z planetoidami. Epizodyczny charakter tych wydarzeń pozwalał na występowanie okresów, podczas których chemotropiczne bakterie (te bakterie, które uzyskują swoją energię przez ułatwianie reakcji chemicznych) żyjące w głębokich uskokach i szczelinach, ewoluowały do postaci bliskich powierzchni fotosyntetyzujących bakteryjnych kolonii. Jest prawdopodobne, że życie pojawiło się na Ziemi, jak tylko uformowały się skały, atmosfera i hydrosfera — kilkaset milionów lat wcześniej niż występujący 3,95 – 3,80 mld lat temu ostatni okres ciężkiego bombardowania, w wyniku którego powstały morza księżycowe. Fotosyntetyzujące bakterie, które pokrywały osady płytkich wód i tworzyły uwarstwione złoża (stromatolity) są odnajdowane w liczącej 3,46 mld lat warstwie w regionie Pilbara, w Zachodniej Australii. Osiągnęły one równowagę pomiędzy ekspozycją na promieniowanie słoneczne, a ochroną przed ultrafioletem i wiatrem słonecznym przebywając pod pozbawionym warstwy ozonowej niebem. Stromatolity przetrwały intensywne bombardowanie meteorytowe w systemie Ziemia-Księżyc ok. 3,2 mld lat temu, o którym świadczą osady wyrzuconej przez zderzenia materii w Górach Barberton w Transvaalu — opowiadając o nadzwyczajnej zdolności przetrwania.

Perspektywa historyczna

Nieodłącznym elementem teorii ewolucji Karola Darwina (1809– –1882) jest dociekanie, gdzie i kiedy wyłoniły się najwcześniejsze formy życia. Pytanie to do dziś pozostaje bez odpowiedzi. Pojawienie się koncepcji uniformitaryzmu Jamesa Huttona (1726 – 1797) i Charlesa Lyella (1797 – 1875), która widzi w teraźniejszości klucz do przeszłości, wywołało rozłam pomiędzy szkołą myślenia ówczesnych „Plutonistów" i „Neptunistów". Pierwsi postulowali magmowy początek i postępujące metamorficzne zacieranie geologicznego zapisu, podczas gdy drudzy kładli nacisk na ciągłą sedymentację w morzach i dowody dostarczane przez skamieniałości.

Koncepcja uniformitaryzmu powstała na tle biblijnych wydarzeń takich jak potop Noego, odzwierciedlających katastroficzną szkołę myślenia Cuviera (1769 – 1832). Obecnie zasadę uniformitaryzmu Lyella podważają astronomiczne, księżycowe i ziemskie dowody na częste zderzenia z bliskimi Ziemi planetoidami (NEA ang. near-Earth asteroids) i kometami, które miały wpływ na możliwość przetrwania pierwszych środowisk.

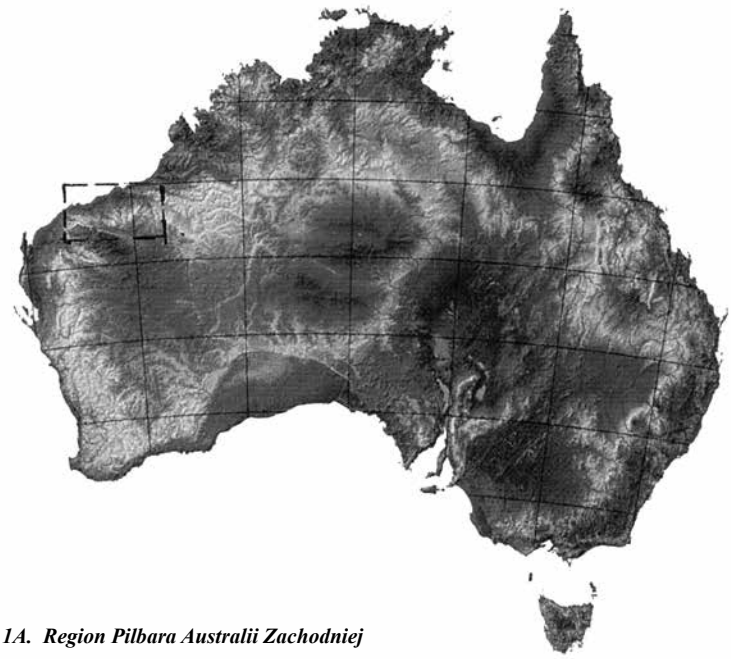
Rozpoczęcie izotopowego określania wieku skał doprowadziło do zaskakujących obserwacji, że miejscami niektóre z najstarszych fragmentów kontynentalnej skorupy ziemskiej uniknęły w znacznym stopniu metamorfizmu i deformacji, dzięki czemu zachowały się szczegółowe zapisy dawnych procesów powierzchniowych włącznie z pierwotnymi formami życia. Poszukiwania najstarszych skamieniałości, które zapoczątkowali William Dawson (1820 – 899), Charles Walcott (1850 – 1927), Charles Seward (1863 – 1941), Stanley Tyler (1906 – 1963), Elso Barghoorn (1915 – 1984), Preston Cloud (1912 – – 1991), Wasyl Timofiejew (1916 – –1982), Aleksander Oparin (1894 – –1980) i Martin Glaessner (1906 – –1989), zostały ostatnio opisane przez Schopfa (1999) i Waltera (1999). Najważniejsze odkrycie miało miejsce kiedy Tyler i Cloud odkryli Cryptozoon — stromatolity zawierające mikroskamieniałości — w mającym $2{,}0\times10^9$ lat czercie Gunflint na wyspie Jeziora Górnego.

Fizyczne granice życia

Przejście od nieożywionej materii do form żywych jest tradycyjnie trudne do zdefiniowania — kryształy mnożą się, płomienie utleniają, wydzielają dwutlenek węgla, rosną, tańczą i umierają, lecz unikalna dla żyjących systemów jest zdolność do mutacji i ewoluowania drogą doboru naturalnego. Dzisiejsze i starożytne bakterie opowiadają historię o nadzwyczajnej wytrzymałości w ekstremalnych warunkach fizycznych, włącznie z temperaturą do 150°C — granica rozpadu DNA — takich jak wokół gorących źródeł i podmorskich, bogatych w siarkę fumaroli nazywanych „czarnymi palaczami". Mikroorganizmy mogą istnieć pod

ciśnieniem większym niż 1000 atmosfer, jak w szparach piaskowców nawierconych na głębokości 4 km (Uwins i in., 2000), i w zamarzniętych jeziorach tysiące metrów poniżej lodów Antarktydy. Ostatnio nanometrowej wielkości tubularne żyjące komórki, „nanoby" opisano w osadach prekambryjskich (Glikson i Taylor, 2000) i w skałach osadowych z głębokich odwiertów. Mikronowej lub submikronowej wielkości tubule znalezione wewnątrz minerałów bogatych w żelazo i magnez (Bischoff i Coenraada, 1994) świadczą o powiązaniach pomiędzy żywymi bakteriami i strukturami kryształu.

Przed wytworzeniem się warstwy ozonowej z uzyskanego z fotosyntezy tlenu, zabójczy ultrafiolet i promieniowanie kosmiczne razem uniemożliwiały wyjście życia na powierzchnię lądu. O ubogiej w tlen atmosferze w erze archaicznej (3,8 – – 2,6 mld lat temu) świadczą, na przykład, granulki pirytu i ziarna uraninitu w liczących $2{,}8\times10^9$ lat zlepieńcach w Witwatersrandzie (Transwaal) i w Pilbarze, ponieważ te minerały nie przetrwałyby utleniania w dzisiejszych wodach. Ryzyko napromieniowania i powtarzające się erupcje wulkaniczne i bombardowania meteorytowe (Chyba, 1993) sugerują, że pojawienie się fotosyntetyzujących bakterii było prawdopodobnie poprzedzone przez bakterie chemotropiczne, czerpiące energię z redukowania wulkanicznego CO_2 do CH_4 i SO_3 do H_2S, jak dzisiejsze bakterie żyjące w pobliżu podmorskich gorących źródeł. Takie biologicznie wywołane frakcjonowanie, gdzie lżejsze izotopy łatwiej trafiały do wydzielanych gazów, jest odzwierciedlone poprzez niskie wartości $^{13/12}C$ i $^{34/32}S$. Bliższe powierzchni, fotosyntetyzujące bakterie musiały utrzymać równowagę pomiędzy ich zapotrzebowaniem na energię słoneczną i ochroną przez warstwę wody przed śmiertelnym ultrafioletem i promieniowaniem kosmicznym. Składająca się z wielu kopuł struktura kolonii stromatolitowych pozwalała na maksymalną ochronę większości komórek bakteryjnych w zalewach między przypływami. Jaka jest geologiczna natura terenów, gdzie istniały takie środowiska, w których przetrwało pierwotne życie?



Rys. 1A. Region Pilbara Australii Zachodniej

Wczesne środowiska ziemskie kratonu Pilbara w Zachodniej Australii

W regionie Pilbara w Zachodniej Australii (Rys. 1A, 1B i 2), jak również w częściach wschodniego Transwaalu i Zimbabwe, wulkaniczne i osadowe skały starsze niż 3,4 mld lat zawierają bogactwo dobrze zachowanych głównych elementów struktury i składu chemicznego, co pozwala uzyskać dokładne informacje o ówczesnych środowiskach podmorskich i w mniejszym stopniu powierzchniowych. Od wczesnych lat siedemdziesiątych pionierskie prace opisujące kraton Pilbara prowadził Arthur Hickman i jego koledzy z Geological Survey of Western Australia (Hickman, 1983) oraz liczni naukowcy i studenci z Uniwersytetu Zachodniej Australii i uniwersytetów USA.

Pod i nad osadami zawierającymi kolonie stromatolitów znajdują się grube warstwy podwodnych, zasadowych law wulkanicznych. Wśród nich są bogate w magnez ultrazasadowe wulkaniczne lawy — tak zwane „komatiity", ponieważ pierwsze znaleziono nad rzeką Komati, w Górach Barberton, w Transwaalu — z blaszkową strukturą krystaliczną i globularną do tubularnej strukturą „poduszek lawy" uformowanych poprzez nagłe stygnięcie (rys. 3). Podstawowe wulkaniczne minerały i struktury geochemiczne pozwalają wejrzeć w skład chemiczny ówczesnego płaszcza i historię frakcjonowania magm. Naprzemiennie z potokami lawy występują bogate w krzemionkę osady piroklastyczne, które miejscami tworzyły podmorską topografię lub wyspy. Nieobecność strumieni lawy pochodzących z lądów sugeruje, że wypływy lawy były podmorskie, pomimo szybkiej kumulacji tysięcy metrów lawy. Dno morza musiało znacznie się obniżyć, aby przyjąć tę ogromną grubość lawy.

Okresy spokoju między wulkanicznymi erupcjami są reprezentowane przez koloidalne krzemionkowe osady czertu i naprzemienne warstwy krzemionki i trójwartościowego żelaza nazywane wstęgowymi formacjami żelazistymi. Występują cienkie warstwy węglanu i barytu (siarczan baru), pokazując wzrost blaszkowych kryształów typowy dla osadów w parujących słonych wodach (Rys. 4). Zniszczenia osadowych środowisk przez wydźwignięcie i denudację uwidaczniają się przez erozyjne powierzchnie. W niektórych przypadkach wynikiem pionowych ruchów było pojawienie się na powierzchni granitoidów, miejscami zachowanych jako zasypane wyspy lub małe kontynentalne rdzenie — pokazane na mapie w obszarze Strelley, w centralnej Pilbarze (Buick i in., 1995).

Ułożone na przemian z czertem Pilbary, oraz warstwami węglanu i barytu, są faliste i kopulaste struktury, zwykle skrzemieniałe, warstwowe osady węglanów, jako rezultat aktywności niezliczonych prokariotycznych (bez jądrowych) filamentarnych niebieskozielonych mikrobów (rys. 5).

Chociaż dziesiątkowane od ok. 600 milionów lat temu przez ocierające się morskie stworzenia, kopulasto ukształtowane eukariotyczne (jednokomórkowe, jądrzaste) kolonie stromatolitów zasiedlają ujścia (Shark Bay, Hamelin Pool) i laguny wzdłuż wybrzeża Zachodniej Australii. Organizmy eukariotyczne mogły pojawić się dopiero ok. 2,0 mld lat temu, czego pierwszym przejawem były morskie glony (Grypania) na wyspie Gunflint na Jeziorze Górnym, chociaż skamieniałości biologii molekularnej sugerują ich pojawienie się ok 2,7 mld lat temu (R. Summons, 2000). Po odkryciu liczących 3,46 mld lat stromatolitów w Pilbarze przez Johna Dunlopa i Rogera Buicka (Walter i in.,1980; Buick i in., 1981) i przez Dona Lowe (Lowe, 1980), nadal trwały wątpliwości co do ich biologicznego pochodzenia. Lowe (1994) zinterpretował te struktury jako deformacje uwarstwionych osadów. W tym stadium, jedyna pewna identyfikacja archaicznego życia oparta była na mikroskamieniałościach, takich jak liczące 3,46 mld lat bakterie filamentacyjne w czertach położonych na przemian z bogatymi w Mg „komatiitowymi" skałami wulkanicznymi na terenie Marble Bar w Pilbarze (Schopf,1993) i jajowatych formach w Górach Barberton (Muir, 1978).

Minęło około dwudziestu lat zanim wychodnie stożkowo ukształtowanych węglanowych stromatolitów, odnalezione przez Aleca Trendalla, Arthura Hickmana i Kath Grey, wszyscy z Geological Survey of Western Australia, dostarczyły dalszych dowodów biologicznego pochodzenia (Hoffman i in. 1999). Morfologiczna analiza pozostawiała niewiele wątpliwości co do biologicznego pochodzenia — stromatolity wykazywały znaczne podobieństwo do żyjących stromatolitów i do skamieniałych proterozoicznych *Jacutophyton* i *Thayssagetes*. Poszczególne stożkowe struktury wyraźnie powstały podczas sedymentacji, z powodu rozgałęzionych form, ciągłości struktur wzrostu ku górze, rozmaitości rozmiarów i występowania sąsiadujących osadów szczątkowych.

Biologiczne znaczenie wstęgowych formacji żelazistych pozostaje zagadką. Obecność tego typu osadów głównie w systemach geologicznych starszych niż ok. 1,6 mld lat, w prawie tym samym czasie, w którym pojawiły się utlenione „czerwone" piaskowce, wskazuje na powiązanie z rosnącym poziomem tlenu atmosferycznego. Nie wykluczone, że utleniające żelazo bakterie wykorzystywały nieliczny wolny tlen występujący wcześniej do utleniania żelaza dwuwartościowego do trójwartościowego żelaza wstęgowych skał żelazistych. Możliwość ta może być potwierdzona tylko wtedy, gdy uda się odkryć mikroskamieniałości we wstęgowych formacjach żelazistych. Pojawienie się ekosystemów bakteryjnych w płytkich wodach prawdopodobnie nastąpiło po występowaniu lepiej chronionych bakterii chemotropicznych, takich jak te, które prawdopodobnie były związane z siarczkami Cu-Zn w Źródłach Siarkowych, centralnej Pilbary (Vearncombe i in., 1996). W tych środowiskach, przeobrażenia bogatych w baryt ($BaSO_4$) ewaporatów i bogatych w siarczki pokładów sugerują wahania między utleniającymi a redukującymi (mało tlenu) warunkami.

Rys. 1B. Mozaika zdjęć regionu Pilbara z Landsata ukazująca owalne granitoidowe kopuły, pasy wulkaniczno-osadowych zieleńców jako liniowe pasma między kopułami, północną część Hamersley Range (południowo-zachodnia część mozaiki) i południowo-zachodnią część Canning Basin (północno-wschodnia część mozaiki). Skala: ze wschodu na zachód ok. 400 km. Western Australia Department of Land Administration.

Czynnik zderzeń z ciałami pozaziemskimi

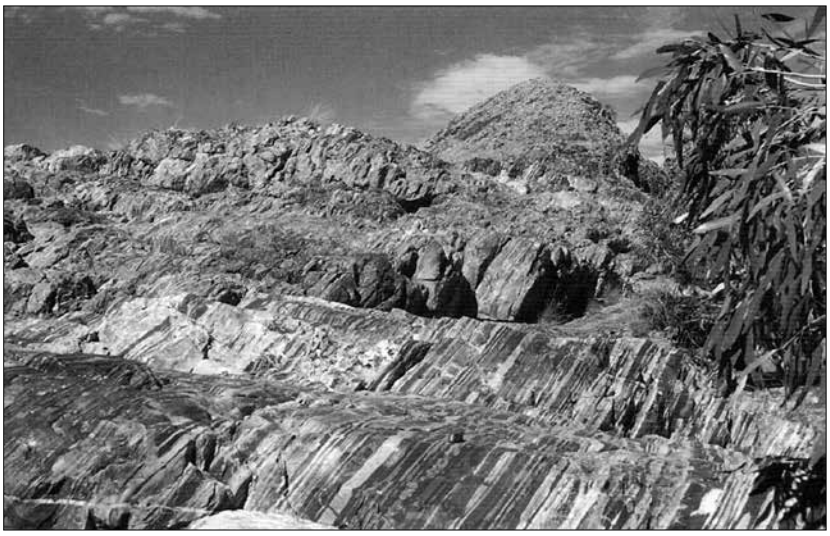
Osady materii wyrzuconej z odległych miejsc uderzeń meteorytów wyróżniają się warstwami przeobrażonych kuleczek szkliwa kondensujących z wytworzonych przez zderzenie par krzemionki, pierwotnie odkrytymi na granicy kredy i trzeciorzędu w Apeninach (Alvarez,1980). Podobne osady materii pouderzeniowej są obserwowane w liczących 3,46 mld lat osadach w Pilbara i w Górach Barberton w Transwaalu (Lowe i Byerly, 1986), w mających 3,24 mld lat osadach w Barberton (Lowe i in., 1989), i w liczących 2,63, 2,56 i 2,49 mld lat osadach w Hamersley Basin w Zachodniej Australii (Simonson, 1972; Simonson i Hassler, 1997).

Minimalne oceny częstotliwości zderzeń z planetoidami i kometami w erze Archaiku wskazują na powstanie więcej niż 150 kraterów uderzeniowych większych niż 100 km, w tym około 20 kraterów większych niż 300 km średnicy (Glikson, 1996, 1999). Część z nich obserwuje się w postaci osadów wyrzuconej z kraterów materii w Południowej Afryce (Lowe i in., 1989). Te wydarzenia mogły zniszczyć życie na rozległych terenach, poprzez falę termiczną, zapylenie odcinające dostęp światła słonecznego i kwaśne deszcze. Pozostałe komórki bakterii musiały znaleźć nowe siedliska w odpowiednich płytkich morzach, zalewach lub jeziorach. Jeśli weźmiemy pod uwagę łączne działanie czynników wulkanicznych i uderzeniowych, być może nie jest zaskoczeniem, że stromatolity są rzadko znajdowane w wielokilometrowej grubości pokładach Archaiku.

Bakterie mogły przetrwać wcześniejszy okres tak zwanego ostatniego ciężkiego bombardowania (Late Heavy Bombardment — LHB), między 3,95 – 3,80 mld lat temu, którego efektem były rozległe morza księży-

cowe (Ryder, 1991, 1997), możliwe że jako chemotropiczne bakterie wewnątrz uskoków i szczelin w stałych blokach skorupy. Kratery księżycowe sugerują, że seria zderzeń mająca miejsce 3,95 – 3,80 mld lat temu była raczej zdarzeniem epizodycznym, a nie końcówką akrecji planet. Na to, że skrystalizowana skorupa występowała na Ziemi przed LHB, co najmniej 4,27 mld lat temu, wskazują cyrkony o tym wieku znajdowane w kwarcytach w terenie Mount Narrier — Jack Hills, regionu Gascoyne, Zachodniej Australii (Compston i Pidgeon, 1986; McCulloch, 1996), oraz liczące 3,97 mld lat i starsze ksenokryształy cyrkonu w gnejsach Acasta, prowincji Slave i Nappier Complex, Enderby Land, Antarctica. Wyklucza to istnienie całkowicie stopionej skorupy przed 3,8 mld lat temu, ponieważ skutkiem tego byłoby wyzerowanie wieku starszych cyrkonów wyznaczanego metodą U-Pb zwłaszcza podczas katastrofalnych zderzeń 3,95 – 3,80 mld lat temu. Życie mogło więc występować na Ziemi kilkaset milionów lat przed pasami zieleńców Isua na Greenlandii — najstarszej pozostałości dobrze zachowanych skał osadowych — które zawierają wstęgowe formacje żelaziste i lekkie izotopy węgla (niskie wartości $^{13/12}C$) co wskazuje na biologiczną aktywność.

Ziemskie życie mogło rozwijać się od momentu, gdy powstały lite skały skorupy, atmosfera i hydrosfera na Ziemi ok. 4,4 – 4,5 mld lat temu. Ten wniosek kontrastuje z poglądami, że życie rozwinęło się niemal natychmiast



Rys. 2. Krajobraz Pilbary przedstawiający różnorodne pasiaste czerty nad rzeką Coongan koło Marble Bar.

po LHB (po 3,8 mld lat), jak wyraził to na przykład Wade (2000): „wydaje się, że życie wystrzeliło niemal natychmiast po ostatnim z gigantycznych zderzeń z planetoidami, które z reguły wyjaławiały młodą planetę".

Ślady zderzeń w archaiku po LHB wskazują na ich raczej epizodyczny niż ciągły charakter, na co wskazuje także rozkład wieku księżycowych kulek impaktowych datowanych metodą analizy laserowej Ar–Ar (Culler i in., 2000). Okres najintensywniejszego bombardowania meteorytowego na Ziemi wyznaczono na 3,24 – 3,18 mld lat temu, dzięki licznym kulkom impaktowym (Rys. 6) u podnóża Fig Tree Group w górach Barberton w Transwaalu, pierwotnie odkrytym przez Lowe'a i in. (1989) i obecnie potwierdzono przez anomalie Ir, Ni-chromity i izotopy $^{53/52}Cr$. Znaczenie tych zderzeń zostało potwierdzone przez Cullera i in. przez niemal równoczesny główny „pik" księżycowych kulek występujący około 3,18 mld lat temu. Występowanie kulek wskazuje na istnienie na Ziemi licznych basenów typu mórz księżycowych o średnicach kilkuset km około 3,24 – 3,227 mld lat temu (Byerly i Lowe, 1994; Shukloyukov i in., 1998). Jak wskazuje istnienie stromatolitów i przed 3,2 mld lat i po 3,2 mld lat, bliskie powierzchni mikroorganizmy przeżyły te katastrofalne zderzenia.

Rys. 3. Poduszkowa (oziębiona) lawa bazaltowa nad rzeką Coongan koło Marble Bar. Każda kula lawy stygła osobno, czego skutkiem jest jej wewnętrzne frakcjonowanie i pasowość. Scyzoryk ma 9 cm długości.

Ziemskie a pozaziemskie pochodzenie życia

Nie ma żadnych powodów dlaczego archaiczne mikroby miałyby nie być pierwotnymi ziemianami. W latach pięćdziesiątych Fred Hoyle i jego student Chandra Wickramasinghe powoływali się na widmowe dowody występowania cząsteczek aminokwasów w międzygwiezdnym pyle i warkoczach komet jako oznakę międzygalaktycznego biologicznego obsiewania czyli „panspermii". Niedawno Paul Davies, fizyk–filozof, rozważał potencjalną rolę międzyplanetarnego transportu bakteryjnych przetrwalników przez meteoryty (1998, *The Fifth Miracle*, Penguin Press). Prawdziwość submikronowej wielkości mikrobopodobnych form występujących w pochodzącym z Marsa meteorycie antarktycznym ALH84001 została zakwestionowana między innymi z powodu wysokiej temperatury powstania węglanów, z których utworzone są domniemane skamieniałości. Burzliwa dyskusja na

ten temat trwa i biologiczne pochodzenie nie zostało dotąd wykluczone ostatecznie.

Hipoteza panspermii zmaga się z poważnymi zarzutami. Ponieważ najstarsze ślady życia występują w skałach liczących 3,8 mld lat, import bakterii na Ziemię musiał mieć miejsce w czasie tak zwanego ostatniego ciężkiego bombardowania (3,95 – 3,80 mld lat temu), reprezentowanego przez baseny mórz księżycowych, kiedy to życie w całym Układzie Słonecznym narażone byłoby na niewyobrażalne niebezpieczeństwo. Nigdy nie wyjaśniono, jak kwasy nukleinowe lub białka mogły uniknąć długotrwałego napromieniowania kosmicznego bez zgubnych skutków. Nie znane są bakterie starsze niż mający 2,0 mld lat czert Gunflint, Minesota, posiadające ścianę komórkową lub tworzące formy przetrwalne (spory), i dlatego nie mogłyby przetrwać transportu w kosmosie. Wirusy, które mogą występować w formie zamrożonych kryształów, zawierają DNA lub RNA ale nie zawierają obu kwasów, i dlatego nie są zdolne do reprodukcji w inny sposób niż jako pasożyty w organizmie żyjącego gospodarza. Pomimo intensywnych badań nie znaleziono w meteorytach istotnych dla życia cząsteczek — białek, DNA, RNA, ATP i ADP (adenozyno trójfosforan i adenozyno dwufosforan), których izotopy węgla są cięższe niż w organicznych pozostałościach życia reprezentowanych przez kerogen. Aminokwasy występujące w chondrytach węglistych — kwas izomasłowy i racemiczna izowalina — posiadają inną symetrię w porównaniu z ziemskimi aminokwasami i wierzy się że zostały zmodyfikowane szokowo podczas zderzeń w kosmosie. Takie aminokwasy są niezwykle rzadkie na Ziemi, i są głównie znajdowane w połączeniu z pozostałościami pouderzeniowymi, mianowicie na granicy K-T. To jest kluczowa obserwacja sprzeciwiająca się modelowi panspermii.

Rys. 4. W osadach powstałych w wyniku parowania widoczne są blaszkowe kryształy barytu (siarczan baru). Formacja Panoramy, obszar Strelley, kraton Pilbara.

Narodziny inteligencji

Stożkowo ukształtowane i rozgałęzione kolumny glonów wykazują nadzwyczajną regularność. Nikt dotąd nie rozumie jak miliardy pojedynczych komórek porozumiewały się bez centralnego układu nerwowego, skąd każda bakteria wiedziała jaką zająć pozycję w stosunku do sąsiada aby zagwarantować perfekcyjnie uformowany geometryczny wzór, a może tylko poddawały się one biernie władzy środowiska? 3,46 mld lat temu inteligencja stanowiąca podstawę życia była już widoczna. W pewnym sensie nie ma znaczenia gdzie życie powstało, ponieważ gdzie by to nie było, pozostaje zagadką, jak kombinacje atomów — węgla, tlenu, wodoru, azotu i siarki ewoluowały do mózgu, technologicznych cywilizacji i samoświadomości?

Taylor (1999) wierzy, że technologiczne cywilizacje mogą być unikalne we Wszechświecie, co jest sprzeczne z ocenami uzyskanymi z tak zwanego Równania Drakea:

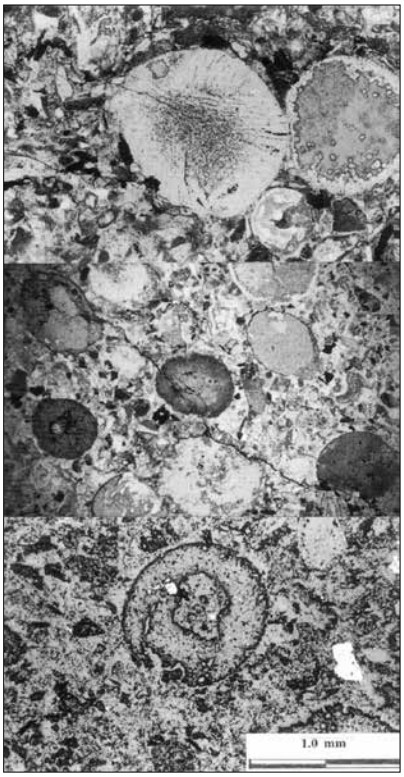
$$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

(N — prawdopodobna liczba inteligentnych cywilizacji w galaktyce Drogi Mlecznej w zasięgu komunikacji radiowej; R_* — tempo formowania gwiazd; f_p — procent gwiazd z systemami planetarnymi; n_e — procent planet z warunkami przyjaznymi życiu; f_l — procent planet na których życie się rozwinęło; f_i — procent planet z inteligentnymi stworzeniami; f_c — procent planet na których rozwinęły się inteligentne cywilizacje; L — długowieczność technologicznych cywilizacji). Na tej podstawie oceniono, że obecnie istnieje od 10 000 do jednego miliarda planet z technologicznymi cywilizacjami, zależnie między innymi od czynnika L i tym samym od stopnia optymizmu (Szkłowski i Sagan, 1977). Dla mnie każdy ograniczony pogląd oparty na ziemskich doświadczeniach jest przekleństwem, klasyczną sytuacją „robaka w jabłku" — robak wierzy, że jest jedynym robakiem w jedynym jabłku w całym wszechświecie. Szansa, że aminokwasy przypadkowo złożą się w cząsteczkę białka — podstawową

Rys. 5. Stromatolity liczącej 3,46 mld lat Formacji Panoramy, obszaru Strelley, kratonu Pilbara w Australii Zachodniej. Widok spodniej strony kopulastych i stożkowych stromatolitów.

cząsteczkę życia — jest jak 1 do 10^{130} (Davies, 1998) — to większa liczba niż ilość planet we Wszechświecie — 10^{20}.

Poglądy przyjęte przez Paula Daviesa (*The Fifth Miracle*) sugerują, że podstawowe czynniki właściwe powstaniu kodu genetycznego i zjawiska życia wywodzą się z jeszcze dotąd mało zrozumiałych reguł matematycznych i biologicznych praw rządzących informacją i złożonością podobnych do programów komputerowych. Wobec szans przeciw przypadkowemu uformowaniu się złożonych cząsteczek białkowych rzędu10^{130}, koncepcja panspermii i koncepcja narodzin życia jako dzieła czystego przypadku unikają podstawowych pytań w sprawie praw stanowiących podstawy życia. Życie musi być wpisane w prawa natury i pojawiać się, gdy tylko pozwalają warunki i dostateczna ilość czasu. Inteligencja jest subiektywnym osądem, odzwierciedlającym właściwą gatunkowi arogancję — jest tak samo wiele inteligencji w tańcu pszczół jak w balecie Jezioro Łabędzie. Być może nie jest nam dane poznanie odpowiedzi na najgłębsze pytania.



Rys. 6. Mikrofotografia impaktowych kuleczek kondensacyjnych — Barberton. Górna i środkowa część są przedstawione przy równoległych polaroidach. Kulki składają się głównie z chlorytu, epidotu, skalenia, węglanu i siarczków. Dolne zdjęcie jest w świetle odbitym. Środkowa kulka zawiera bogate w nikiel chromity (białe ziarna) świadczące, że są to kulki, które skondensowały po zderzeniu. Skala 1 mm.

Literatura:

Alvarez W,. 1986. Toward a theory of impact crises. *Eos*, 67, 649-658.

Bischoff G.C.O., Coenraads R.R., 1994. Fossil and recent traces of biodegradation on heavy minerals. *N. Jb. Geol. Paleont. Mb.*, H4, 246-256.

Buick R., Dunlop J.S.R., Groves D.I., 1981. Stromatolite recognition in ancient rocks: an appraisal of irregularly laminated structures in an Early Achaean chert-barite unit from North Pole, Western Australia. *Alcheringa*, 5, 161-181.

Buick R., Thornett J.R., McNaughton N.J., Smith J.B., Barley M.E., Savage M., 1995. Record of emergent continental crust ~3,5 mld lat temu in the Pilbara craton of Australia. *Nature*, 375, 574-577.

Byerly G.R., Lowe D.R., 1994. Spinels from Archaean impact spherules. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 3469-3486.

Compston W., Pidgeon R.T., 1986. Jack Hills, evidence of more very old detrital zircons in Western Australia. *Nature*, 321, 766-769.

Chyba C.F., 1993. The violent environment of the origin of life: progress and uncertainties. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57, 3351-3358.

Culler T.S., Becker T.A., Muller R.A., Renne P.R., 2000. Lunar impact history from $^{39}Ar/^{40}Ar$ dating of glass spherules. *Science* 287, 1785-1789.

Davies P., 1998. *The Fifth Miracle*. Penguin Books.

Glikson A.Y., 1996. Mega-impacts and mantle melting episodes: tests of possible correlations. *AGSO J. Aust. Geol. Geophys.,* 16, 587-608.

Glikson A.Y., 1999. Oceanic mega-impacts and crustal evolution. *Geology*, 27, 387--341.

Glikson A.Y., Taylor D., 2000. Nature of organic matter in the early Proterozoic, earliest life forms and metal associations. In: *Organic Matter and Mineralisation*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 66-101.

Hickman A.H., 1983. Geology of the Pilbara Block and its Environs. *Geological Survey of Western Australia Bulletin*, 127.

Hoffmann H.J., Grey K., Hickman A.H., Thorpe R.I., 1999. Origin of 3.45 Ga coniform stromatolites in Warrawoona Group, Western Australia. *Geol. Soc. Am. Bull.* 111, 1256-1262.

Lowe D.R., 1980. Stromatolites 3400 Myr-old from the Archaean of Western Australia. *Nature*, 284, 441-443.

Lowe D.R., 1994. Abiologic origin of described stromatolites older than 3.2 Ga. *Geology*, 22, 387-390.

Lowe D.R., Byerly G.R., 1986. Early Archaean silicate spherules of possible impact origin., South Africa and Western Australia. *Geology*, 14, 83-86.

Lowe D.R., Byerly G.R., Asaro F., Kyte F.J., 1989. Geological and geochemical record of 3400 million year old terrestrial meteorite impacts. *Science*, 245, 959-962.

McCulloch M.T., 1996. Isotopic constraints on the age and early differentiation of the Earth. *J. Royal Soc. W. Aust.*, 79, 131-139.

Muir M.D., 1978. Occurence and potential uses of Archaean microfossils and organic matter. In: J.E. Glover and D.I. Groves (eds.), *Univ. W. Aust. Exten. Serv*., 2, 11-21.

Ryder G., 1991. Accretion and bombardment in the Earth-Moon system: The Lunar Record. *Lunar Planetary Institute Contribution* 746, 42-43.

Ryder G., 1997. Coincidence in the time of the Imbrium Basin impact and Apollo 15 Kreep volcanic series: impact induced melting? *Lunar Planetary Institute Contribution* 790, 61-62.

Schopf J.W., 1993. Microfossils of the early Archaean Apex chert: new evidence of the antiquity of life. *Science*, 260, 640-646.

Schopf J.W., 1999. *Cradle of Life*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 367 p.

Shklovskii L.S, Sagan C., 1977. Intelligent Life in the Universe. Picador, 509 pp.

Shukloyukov et al. Proceeding Conference on Impacts and the Early Earth, Cambridge, U.K., December 1998.

Simonson B.M., 1992. Geological evidence for an early Precambrian microtektite strewn field in the Hammersley Basin of Western Australia. *Geol. So. Am. Bull.*, 104, 829-839.

Simonson B.M., Hassler S.W., 1997. Revised correlations in the early Precambrian Hammersley Basin based on a horizon of resedimented impact spherules. *Aust. J. Earth Sci.*, 44, 37-48.

Taylor S.R., 1999. *Destiny or Chance: Our Solar System and its Place in the Cosmos.* Cambridge University Press.

Vearncombe E.S., Barley M.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Mickucki E.J., Vearncombe J.R., 1995. 3.26 Ga black smoker-type mineralisation in the Strelley belt, Pilbara Craton, Western Australia. *J. Geol. Soc. London*, 152, 587-590.

Wade N., 2000. Genetic analysis yields intimations of an primordial commune. *New York Times*, 13.6.2000.

Walter M.R., Buick R., Dunlop J.S.R., 1980. Stromatolites 3400-3500 Myr old from the North Pole area, Western Australia. *Nature*, 248, 443-445.

Walter M.R., 1999. *The Search for Life on Mars*, Allen and Unwin, Sydney, 170 p.

Uwins P.J.R., Taylor A.P., Webb R.I., 2000. Nannobacteria, fiction or fact? Nature of organic matter in the early Proterozoic, earliest life forms and metal associations. In: *Organic Matter and Mineralisation*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 421-444.

Research School of Earth Science, Institute of Advanced Studies, Australian National University, Canberra, A.C.T. 0200

Morasko IIICD (!?)

Andrzej S. Pilski

Kilka lat temu na giełdach minerałów zaczęto oferować fragmenty Moraska z certyfikatem podpisanym przez dr hab. Andrzeja Muszyńskiego z UAM w Poznaniu stwierdzającym, że jest to meteoryt żelazny IIICD. Sprzedający podniósł z tego tytułu cenę, jako że meteoryty typu IIICD są rzadziej spotykane. Wydało mi się to dziwne, gdyż strukturalnie Morasko jest bardzo podobny do meteorytów IAB, np do Canyon Diablo, a nie do IIICD, z których większość jest oktaedrytami średnioziarnistymi (Nantan) i drobnoziarnistymi. Napisałem do dr Muszyńskiego, ale do dziś nie doczekałem się odpowiedzi.

Przeglądając najnowsze wydanie „Catalogue of Meteorites" przygotowane przez dr Grady z Natural History Museum ze zdumieniem stwierdziłem, że zarówno Morasko jak i Przełazy zostały jednak przeklasyfikowane do typu IIICD. Autorka powołuje się na publikację z 1995 roku, której współautorem jest John T. Wasson, twórca chemicznej klasyfikacji meteorytów żelaznych. Sięgnąłem do tej publikacji chcąc poznać powody zmiany klasyfikacji. W streszczeniu na samym początku znów ze zdumieniem przeczytałem:

„Przeanalizowaliśmy metodą podwójnej aktywacji neutronowej 125 meteorytów żelaznych z grup IAB i IIICD. Z danych wynika, że nie ma żadnej przerwy między tymi grupami i proponujemy, aby traktować je jako jedną grupę póki nie pojawią się dane wskazujące na potrzebę jej podziału. Tam gdzie nie powoduje to niejednoznaczności będziemy używać dla połączonych grup oznaczenia IAB."

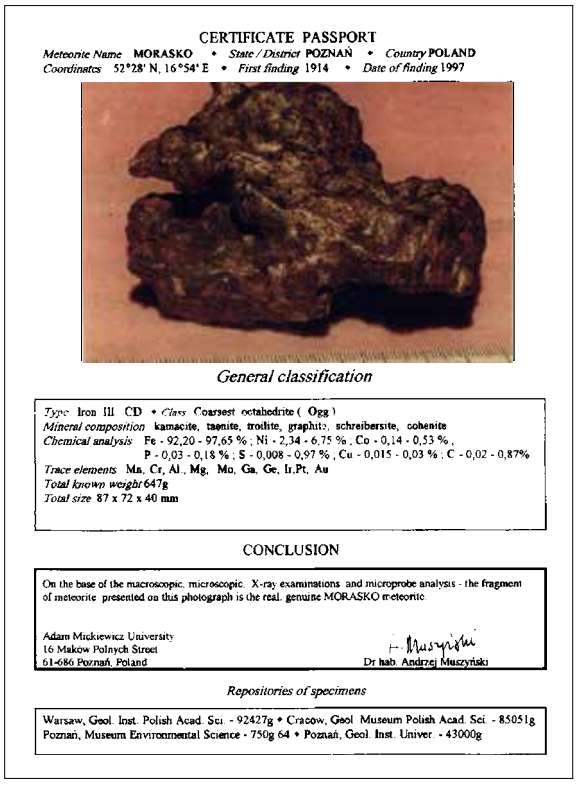
Płytka oktaedrytu Morasko z kolekcji Marcina Cimały. W środku inkluzja troilitu z obwódkami schreibersytu i cohenitu. Najdłuższy bok ma 7 cm.

Moim zdaniem wynika z tego, że nie ma żadnego uzasadnienia, by zmieniać klasyfikację Moraska z IAB na IIICD. Utwierdzam się w tym przekonaniu czytając dalej: „...granica między IAB i IIICD jest arbitralna i jest prawdopodobne, że te meteoryty żelazne należy zaliczyć do tej samej grupy. Z tego powodu w Tabeli 1. przedstawiono meteoryty w porządku alfabetycznym niezależnie od przypisania do konkretnej grupy. Aktualne przypisanie do grupy jest pokazane, ale osoba korzystająca z tej tabeli powinna pamiętać, że ma to arbitralny charakter." Najwyraźniej dr Grady tej uwagi nie dostrzegła.

Niemniej, ponieważ jakiś porządek musi być, a „Catalogue of Meteorites" jest podstawowym opracowaniem obejmującym wszystkie meteoryty zbadane i sklasyfikowane do końca 1999 roku, przez jakiś czas trzeba będzie dla Moraska i Przełazów podawać typ IIICD.

Do podziału na grupy IAB i IIICD autorzy wykorzystali diagram przedstawiający nie jak dotąd zależność zawartości galu, germanu czy irydu od niklu, ale zależność średniej geometrycznej zawartości tych pierwiastków, przy czym irydowi w tej średniej (znów ad hoc) przyznali dwukrotnie większą wagę. Jak sami zauważają, przy zawartości niklu mniejszej niż 7,3% nie widać żadnego wyraźnego podziału na IAB i IIICD. Narysowali więc kreskę tak aby „powodowało to jak najmniejsze zmiany w klasyfikacji". Meteoryty pod kreską zostały zaliczone do typu IIICD.

Przeklasyfikowanie Moraska i Przełazów spowodowane zostało arbitralnym przyznaniem większego znaczenia zawartości irydu, którego te meteoryty zawierają mało. W pierwotnej klasyfikacji do typu IIICD zaliczano istotnie meteoryty o bardzo małej zawartości irydu, ale o stosunkowo dużej zawartości niklu. Nawet w drugim wydaniu książki McSweena „Meteorites and Their Parent Planets" (z 1999 roku czyli 4 lata po omawianym artykule) obszar meteorytów IIICD nie schodzi poniżej zawartości 7% niklu. Tak więc zamieszanie zostało spowodowane rozciągnięciem obszaru IIICD na meteoryty o małej zawartości niklu, gdzie nie ma spo-



CERTIFICATE PASSPORT

Meteorite Name **MORASKO** • *State / District* **POZNAŃ** • *Country* **POLAND**
Coordinates 52°28' N, 16°54' E • *First finding* 1914 • *Date of finding* 1997

General classification

Type Iron III CD • *Class* Coarsest octahedrite (Ogg)
Mineral composition kamacite, taenite, troilite, graphite, schreibersite, cohenite
Chemical analysis Fe - 92,20 - 97,65 % ; Ni - 2,34 - 6,75 % ; Co - 0,14 - 0,53 % ; P - 0,03 - 0,18 % ; S - 0,008 - 0,97 % ; Cu - 0,015 - 0,03 % ; C - 0,02 - 0,87%
Trace elements Mn, Cr, Al , Mg, Mo, Ga, Ge, Ir,Pt, Au
Total known weight 647g
Total size 87 x 72 x 40 mm

CONCLUSION

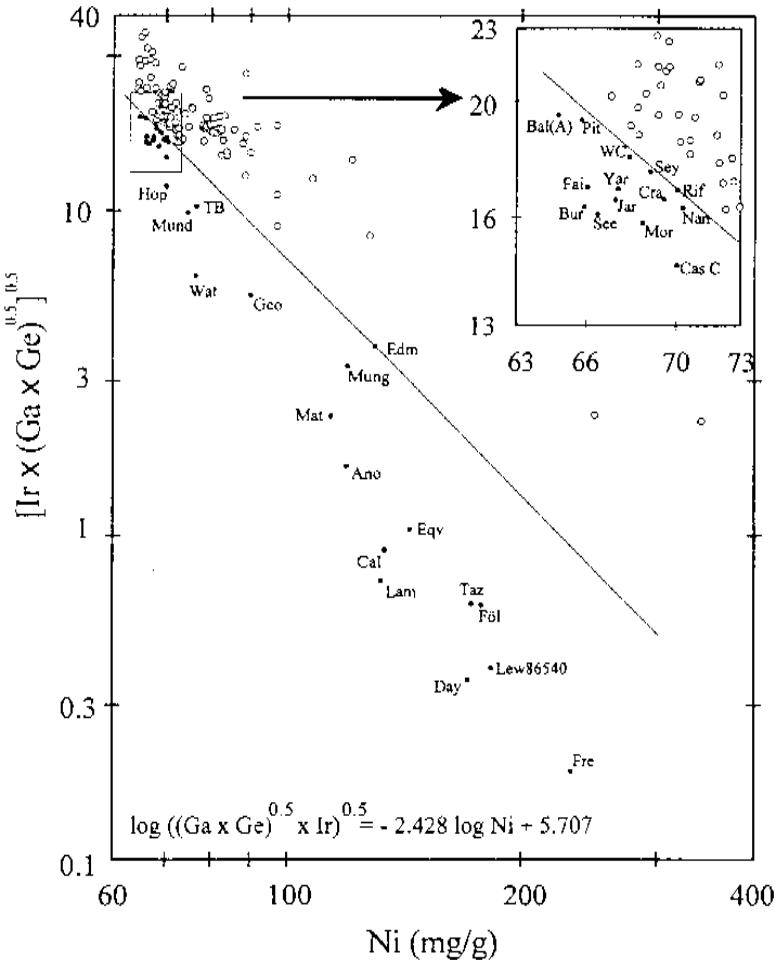
On the base of the macroscopic, microscopic, X-ray examinations and microprobe analysis - the fragment of meteorite presented on this photograph is the real, genuine MORASKO meteorite

Adam Mickiewicz University
16 Makow Polnych Street
61-686 Poznań, Poland

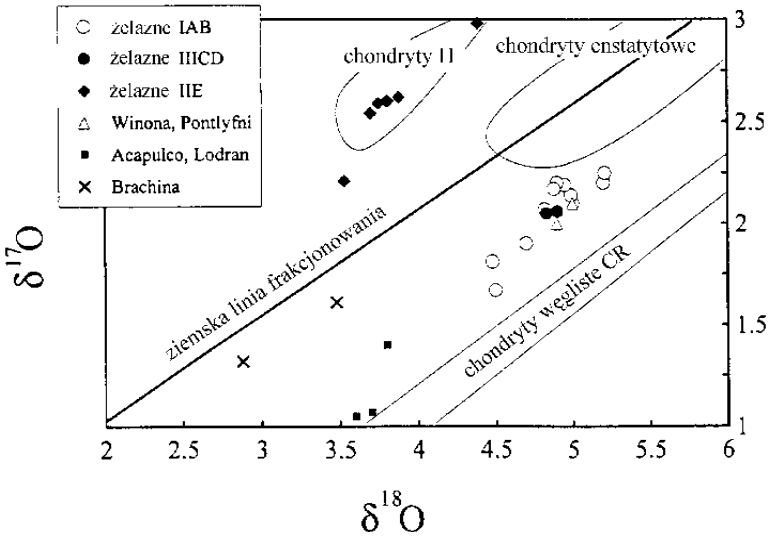
Dr hab. Andrzej Muszyński

Repositories of specimens

Warsaw, Geol. Inst. Polish Acad. Sci. - 92427g • Cracow, Geol. Museum Polish Acad. Sci. - 85051g
Poznań, Museum Environmental Science - 750g 64 • Poznań, Geol. Inst. Univer. - 43000g



Aby podzielić IAB–IIICD na części IAB i IIICD sporządzono wykres logarytmu średniej geometrycznej, zawartości Ga, Ge i Ir w stosunku do logarytmu zawartości Ni. Jak widać w powiększeniu nie ma żadnej przerwy nmiędzy tymi dwiema grupami dla zawartości Ni < 73 mg/g. Mor = Morasko, See = Seelasgen czyli Przełazy, Nan = Nantan. Reprodukcja z Choi B. -G. i in. (1995)



Izotopy tlenu w inkluzjach krzemianowych meteorytów żelaznych IAB–IIICD tworzą zwartą gromadę przy $\delta^{18}O = 0,5$ %, $\delta^{17}O = 0,045$ %. Chondryty Winona i Pontlyfni znajdują się w tej samej gromadzie, a pole chondrytów CR przechodzi tuż pod tą gromadą. Dane pochodzą z: Clayton & Mayeda (1978); Clayton i in. (1983); Clayton i in. (1984); Mayeda & Clayton (1980) i Weisberg i in. (1993). Reprodukcja z Choi B.-G. i in. (1995).

sobu, aby je odróżnić od meteorytów IAB. Można odnieść wrażenie, że prof. Wasson gmatwa własny system klasyfikacji, który dotąd był dość przejrzysty.

Pozostaje także pytanie, na ile zmierzona zawartość niklu i irydu jest reprezentatywna dla całego meteorytu. We wspomnianej książce McSweena można przeczytać, że w różnych fragmentach meteorytu Cape York stwierdzano różne zawartości niklu i irydu, chociaż mieszczące się w obszarze IIIAB. Przełazy, to jeden okaz, ale Morasko, to już kilkadziesiąt okazów, z których część jest podobna strukturalnie do Przełazów, ale inne fragmenty do złudzenia przypominają Canyon Diablo. W katalogach można znaleźć trzy różne zawartości niklu w Morasku: 6,85%, 6,65% i 6,56%. Rozbieżności te nie mają wpływu na klasyfikację w omawianym artykule, ale jeśli by się okazało, że także zawartość irydu jest różna, to może znalazłoby się także Morasko IAB.

Wprowadzenie zamieszania w klasyfikacji nie powinno jednak przesłonić znacznie ciekawszych wniosków ze wspomnianego artykułu. Autorzy stwierdzają, że wyniki ich analiz wspierają model powstania meteorytów żelaznych typu IAB i IIICD w wyniku stopienia chondrytowego megaregolitu podczas zderzenia planetoid. Dochodzą do wniosku, że wyjściowa materia była bardzo porowata i drobnoziarnista, przez co była podatna na topnienie przy zderzeniu. Topnieniu sprzyjała także znaczna zawartość FeS. Proporcje izotopów tlenu w krzemianowych inkluzjach meteorytów IAB lokują je poniżej ziemskiej linii frakcjonowania, w obszarze zajmowanym przez chondryty węgliste typu CR i inne meteoryty powiązane z chondrytami węglistymi. Sugeruje to, że chondrytowy poprzednik Moraska i Przełazów był chondrytem węglistym z dużą zawartością metalu i siarczku żelaza.

Literatura:

Choi B.-G., Ouyang X., Wasson J.T. (1995), Classification and origin of IAB and IIICD iron meteorites, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 59, No. 3, pp. 593–612 i podana tam literatura.

McSween Jr. H. Y. (1999), Meteorites and Their Parent Planets, Cambridge University Press.

III Targi Meteorytowe w Gifhorn 13–15 października 2000 r.

Kazimierz Mazurek

W sobotni poranek 14.10. dotarliśmy w składzie: Marcin Cimała, Zbigniew Tymiński, Ala i Adam Mazurek oraz ja, do miejsca targów w Gifhorn. Wschodzące słońce i poranne mgły nad przyzamkowym jeziorem pozwoliły odpocząć naszym oczom od autostradowej monotonii. W niewielkiej odległości stały wiatraki — „ holendry" i koźlaki. W głębi piętrzyła się, o dziwo, drewniana cerkiew, a z lewej rozpościerał się widok na szeroki kanał z młynem wodnym. Nie ruszając się z parkingu pod zamkiem oglądaliśmy największe obiekty miejscowego muzeum młynarstwa, a późniejszy spacer był dobrą okazją do złapania oddechu i zrelaksowania po podróży.

Na godzinę przed oficjalnym otwarciem imprezy, w towarzystwie przybyłych poprzedniego dnia kolekcjonerów Krzysztofa i Michała Gregorczyków, weszliśmy do Sali Rycerskiej zamku w Gifhorn. Nie było jeszcze wszystkich wystawców, były jednak już ich skarby.

Tuż przy wejściu rozłożył się Peter Kummel z licznymi małymi okazami wielu meteorytów, w tym np. Kunja-Urgench z Turkiestanu, czy amfoterytu LL6 Karatu z Tanzanii. W eleganckich jubilerskich pudełkach wystawione były najcenniejsze okazy, w tym m.in. kilka płytek niemieckiego oktaedrytu Obernkirchen, znalezionego w 1863 r., czy DAG 476 z Marsa. Tu też nastąpiło spotkanie z, podstawowym dla każdej kolekcji, zestawem meteorytycznego żelaza w postaci ładnych, całych okazów Campo del Cielo, Gibeona, Henbury, Sikhote-Alina, Mundrabilli. Były one obecne także na następnych stoiskach. To była oferta i dla poszukujących ciekawostek i dla tych, którzy chcieliby za stosunkowo niewielkie pieniądze uzupełnić zbiory.

Vis a vis rezydował Grzegorz Pacer, znany dobrze polskim meteoryciarzom. Dużo Sikhote-Alinów, kilkadziesiąt amerykańskich chondrytów i przepiękna, jedna z dwóch, które zauważyłem na sali, płyta Portales Valey z rozlanym żelazem. Polerowana, o wielkości ok. 12 × 10 cm , kosztowała 11000 DM, przy cenie 70 DM/g. Obok w gablocie leżał prawdziwy rarytas — 2,5 gramowy okaz Acapulco za ok. 3000 DM. Kilkucentymetrową płytkę ataksytu Hoba, którą już kiedyś widziałem, można było nabyć za 600 DM tyle tylko, że mimo swego znaczenia jest ona wizualnie zupełnie nieatrakcyjna. Grzegorz zaprezentował bogate stoisko, także z irgizytami, australitami, indochinitami, szkliwem aouelloul, szkłem libijskim.

W pobliżu Dieter Heinlein, kolekcjoner i sprzedawca z Augsburga, prezentował bardzo ciekawe, ale także niewielkie okazy m.in. Bilangi — diogenitu z Burkina Faso w cenie 50$/g za to ze skorupą, chondrytu węglistego CK4 Karoonda z Australii i tego, co zwróciło moją uwagę najbardziej — niewielką, błyszczącą srebrzyście 9,7 gramową kostkę heksaedrytu Braunau za 700 $. Cena studziła potencjalnych kupców wyraźnie, dzięki czemu ten rzadki okaz pod koniec dnia nadal cieszył oko zwiedzających. Wypatrzyłem też u niego taką ciekawostkę jak 12 g oktaedrytu IVB z Chile o nazwie Iquique. Fragment znalezionego w 1871 r. meteorytu kosztował 120$.

Pod oknem kolejne stoisko przyciągające wzrok. Gospodarzami jest para Francuzów — Carine i Bruno Fectay. Panowie zapewne mieli duże wątpliwości — poświęcić uwagę bardzo ładnej gospodyni stoiska czy arcyciekawym okazom meteorytów. A stoisko było cool. Na czele polerowana płyta Portales Valey o wadze 108 g. Cena 2000 $. W żelazie tkwiły geometryczne formy krzemianowe, o wym. ok. 1 – 1,5 cm — trapezy, romboidy, czworokąty, wyglądało to zupełnie odmiennie niż płyta Pacera. No i cena była dużo niższa, wręcz atrakcyjna, bo 20$/g. No ale całość kosztowała sporą sumę, więc nie tylko my obeszliśmy się smakiem. Na stole poniżej duże, ok. 1kg okazy Ghubary i Zegdou. W gablocie duży okaz eukrytu polimiktycznego Smara znalezionego w kwietniu tego roku, a obok jego niewielkie płytki w cenie ok.40$/g. Rarytasem był rumurit R4 Ouzina, o ceglastej barwie, bardzo drobnoziarnisty z malutkimi niebieskimi ziarnami — ale czego? i wspaniałą skorupą obtopieniową. Okazy od 0,1 g do większych. Cena 400$/g Udało mi się, negocjując cenę za piękny fragment płytki ze skorupą o wadze 2 g, zejść z ceną do poziomu 600$ za okaz. Tylko i niestety, więc pozostał on u Francuzów.

Lwia część polskiej grupy przed zamkiem w Gifhorn. Z prawej okna sali rycerskiej, w której odbywały się targi. Pozostałe dwie osoby widać na okładce, na pierwszym planie, przy stoisku Mike Farmera.

Wydaje się jednak, że była to za ten okaz cena atrakcyjna, bowiem całkowita waga tego niesłychanie rzadkiego meteorytu wynosi zaledwie 630 g.

Bruno z przyjemnością pokazywał piękny, cały okaz orientowanego ureilitu o wadze ok. 270 g. Obok leżało 5 mikroskopijnych okruchów Orgueila. Na stole wielki ok.25 kg Gibeon. W gablotach widoczne były diogenity, howardyt z Omanu; wiele z tych skarbów miało nazwy tymczasowe, które Bruno odczytywał z długiej, drobno zadrukowanej listy. Wśród nich jeszcze nie nazwany, tylko do obejrzenia, okaz typu Renazzo. Orientowane i rzadkiej klasy meteoryty, z leżącym za szkłem 21 gramowym okazem Murchisona, wyróżniały więc ich stoisko.

No a za nimi Serguei Vassiliev — jak można się domyślić — z Pragi. Tu można było wreszcie zobaczyć wielkie, muzealnej klasy płyty. Wracałem do jego stołu wielokrotnie, by oglądać po raz kolejny takie okazy, jak polerowana, o wymiarach ok. 20 × 18 cm płyta meteorytu żelaznego Tishomingo (opis — Meteoryt nr 3/2000). To był jedyny okaz na wystawie. Zupełnie niezwykły, potwierdzający nie tylko moją opinię, że niebo zaskoczy nas jeszcze wielokrotnie, zsyłając na Ziemię taką materię, która kolejny raz wymknie się z precyzyjnie ułożonych przez badaczy tabel, nie chcąc zmieścić się w określonych ramach jednego ze znanych typów meteorytów. Obok wielka płyta Estherville o wym. ok. 35 × 40 cm. W niewielkiej gablotce pallasyty — te znane, ale zawsze piękne — Imilac, Esquel, Brahin, Brenham ale i bardzo rzadko widywany Albin o wadze „na oko" 60 – 70 g i cenie precyzyjnej 2000$. Kolejne wielkie płyty pallasytu Glorieta Mountain o wymiarach 40 × 25 cm z gęsto, ale tylko w górnej części okazu upakowanymi oliwinami, w szerokim na 4 cm skupieniu. Kto posiada okaz tego pallasytu, bez oliwinów, będzie teraz wiedział, że jest to typowe dla tego meteorytu. Największą płytą był okaz oktaedrytu IC Arispe z pustyni Sonora o wymiarach ok. 50 × 35 cm. Za nią leżał cały, blisko 3 kg okaz ataksytu Chinga z Tatarstanu. W tzw. kuluarach mówiono, iż Serguei w ostatnim czasie sprzedał blisko 200 kg tego meteorytu. Nie można napisać o wszystkich okazach leżących na stołach tego czy innego stoiska z oczywistych względów. Ale muszę jeszcze odnotować płytkę polerowaną chondrytu węglistego C03 Kainsaz o wymiarach ok. 14 × 10 cm i cenie także 2000$. Trzeba przyznać, iż Serguei był mało podatny na próby obniżania cen. Walka o to, przy ich wysokości, miała zasadniczo czysto sportowy charakter. Nie powinno się jednak zaniedbywać treningu w żadnej dyscyplinie.

Thomas Kurtz i znaleziony wiosną br. 48-kilogramowy okaz meteorytu Morasko.

Nim doszliśmy do niewielkiego stoiska Thomasa Kurtza z Hanoveru, niejako po drodze obejrzeliśmy piękny, z licznymi regmagliptami lub gniazdami po grafitowych inkluzjach, okaz Gibeona o wadze 20 kg. Cena 9000 DM. Kilka mniejszych Gibeonów, sporo zestawów płytek meteorytów żelaznych dla kolekcjonerów, w tym mikroskopijne próbki meteorytów niemieckich, Cape York z Grenlandii, ale też Steinbach — syderofir o zupełnie przyzwoitej wadze ok. 6 g.

Stolik Thomasa Kurtza przyciągał wzrok wielkim okazem polskiego Moraska o wadze 48 kg, który Niemcy znaleźli już po tegorocznych żniwach. Obok w gablocie super cienkie płytki meteorytów marsjańskich DAG 476 o grubości ok.0,3 mm a może mniejszej. Na niewielkiej podstawce leżało ok. 10 sztuk Zakłodzia. Dość przypadkowo pocięte kostki nie wyglądały może super atrakcyjnie, lecz Zakłodzie w krótkim czasie zyskało sobie markę jako jedna z tych niespodzianek, o których wspomniałem wcześniej. Miało to więc odbicie w cenie, bowiem te małe okazy o wadze ok. 2 g kosztowały po 300DM/g. To była na pewno jedna z atrakcji targów. Na stojącej pod oknem planszy gospodarz targów Rainer Bartoschewitz umieścił duże zdjęcie pełnego przekroju Zakłodzia — wyjątkowo pięknego i rzadkiego meteorytu.

Spotkanie z Thomasem należało do najsympatyczniejszych. Z pochodzenia Polak, pracujący w Obserwatorium Ludowym w Hannowerze, przygotował

Catrine Bidaut i Bruno Fectay oferują m. in. znaleziony przez nich na Saharze chondryt H3 Zegdou. Kto nie był, może kupić fragmenty w firmie ASPMET.

w części konferencyjnej imprezy referat o planetoidzie Eros.

Obok jego stolika rozłożyli się dwaj Arabowie z diogenitem Tatahouine. Jeden z okazów ważył 40 g. Drugi niespełna 30 g. Reszta w normie 0,5 – 2 g. Te dwa były unikatowe. Cena największego okazu — 60 $/g. Znakomity, muzealny okaz. Odchodząc usłyszałem „forty dollars per gram". Na środku sali, w sąsiedztwie Mike Farmera, wystawił swoje atrakcje Peter Pittmann.

Duże okazy meteorytu Ghubara, liczne, wielokilogramowe okazy Dhofar 005 — chondrytu L6. Cena tego ostatniego wahała się od 0,40 do 0,70 DM/g, przy czym właściciele byli otwarci na negocjacje. Warto było spróbować, gdyż sukces był realny i kolekcję można było powiększyć o naprawdę duży okaz. Można było zobaczyć tu większe płytki rosyjskiego chondrytu H4 Polujamki, obecnego też na innych stołach, ale w małych formatach. Najciekawsze jednak skarby Peter miał pod szkłem. Z bardzo dobrej rodziny Dhofar prezentował meteoryty z Księżyca o nr 025 i 026, z Marsa z nr 019, howardyt Dhofar 018, eukryt z nr 007, chondryt węglisty CK3 o nr 015. Aż się wierzyć nie chce, iż ten pustynny rejon w Omanie przyciągnął z nieba tak atrakcyjne towarzystwo. Księżycowy Dhofar 025 kosztował na wyjściu 11000 DM za gram. Widać więc, że cena Księżyca spada, gdyż nie tak dawno cena za księżycowego DAG-a zaczynała się od 30000 $/g. Tak więc za kilkaset marek można było zakupić niewielki fragment Księżyca, jednak tak mały, że postanowiłem jeszcze trochę poczekać. Marsjańskie okazy były jednak ładnie cięte i w dobrych cenach.

Tym razem targi w Gifhorn odwiedził tylko jeden „wielki" Amerykanin. Mike Farmer z Tucson reprezentował liczne grono dealerów z USA, tu niestety nieobecnych. Było co oglądać i w czym wybierać. Dodatkowo Mike chętnie, choć nie w każdym przypadku, dopuszczał wymianę na okazy polskich meteorytów. Niewątpliwie najpiękniejsza była duża, prawie 300 gramowa płyta Esquela za ok.7000 $. Gabloty zdobiły ładne Imilaki. Lecz godne najwyższej uwagi były piękne płytki pallasytu Marjalahti z pogranicza fińsko-rosyjskiego, z obserwowanego spadku 1.06.1902 r. Ich waga wahała się od 12–34 g. Piątym okazem była kilkudziesięciogramowa piętka. Cena 50 $/g i żadnych wymian. Tylko kasa. Bardzo ładne płytki o niewielkiej grubości, ale znacznej powierzchni amfoterytu LL6 Saint-Severin pochodzącego ze zbiorów paryskiego Muzeum Historii Naturalnej, bardzo ciekawe okazy (pełne przekroje) chondrytu zwyczajnego L4 Kendleton także ze spadku obserwowanego w dniu 2.05.1939 r. Amfoterytów było tu wyjątkowo dużo, wśród nich przybyły na Ziemię, w Zimbabwe, 7 marca 1934 r. okaz LL6 Mangwendi — po raz pierwszy udostępniony kolekcjonerom (jego masa główna spoczywa w British Museum) Oczywiście były w gablotach inne meteoryty, o których już wcześniej wspomniałem. Ale tu warto wspomnieć o takich rarytasach jak chondryt węglisty CK5 — drugi na świecie po antarktycznym, o przydługiej nazwie North West Africa 060 z Maroka, czy też zamknięte w szklanej fiolce okruchy niemieckiego diogenitu, który spadł 17.06.1870 r. w Ibbenburen. Z rosyjskich zauważyłem chondryt Ochansk oraz prawdziwą perełkę — brachinit Divnoe. Z eukrytów obecne były Ibitira z Brazylii, Cachari z Argentyny, wspaniały, duży z błyszczącą skorupą Camel Donga z Australii. Także rzadko pojawiające się w ofertach kanadyjskie chondryty Bruderheim, Abee, Shelburne. Pod koniec dnia pojawił się tu też piękny okaz eukrytu czeskiego Stannern o wadze ok.40 g z błyszczącą skorupką i niewielkim odsłonięciem wnętrza, który wcześniej leżał w gablotce Thomasa Kurtza. Kilkudziesięciogramowe całe okazy Allende, jego szlifowane płytki, ciekawy anomalny oktaedryt IIE Miles, okazy z Indonezji i wiele, wiele innych stanowiły o bogactwie i atrakcyjności tego stoiska.

Autor z córką przy stoisku Mike Farmera.

Mike sprzedawał także zdjęcia z pobytu w rejonie Bilanga w Burkina Faso, skąd przywiózł wraz z Robertem Haagiem liczne okazy tego diogenitu oraz po 10 DM zdjęcia spadku meteorytu Tagish Lake w Kanadzie, być może najstarszej materii jaka kiedykolwiek spadła na ziemię. Mike jest wielce sympatycznym, otwartym i uśmiechniętym meteoritemanem, tym więc chętniej każdy z naszej polskiej, kilkuosobowej grupki zaopatrzył się u niego w okazy.

Kilkanaście stoisk targowych uzupełniały trzy w górnej salce. W jednym z nich wśród tektytów i impaktytów brakowało chyba tylko ivorytów, a szkła libijskie należały do największych, jakie do tej pory widziałem. Obok sporo żelaza Canyon Diablo i Sikhote Alin. Po przeciwnej stronie sali wielkie okazy stożków uderzeniowych z krateru Nordlingen-Ries. Także widoczne bryły wapienne ze sprasowanymi w wyniku impaktu skamieniałościami.

Każda relacja, z dowolnej imprezy jest subiektywna. Moje oczy widziały w Gifhorn więcej niż można tu opowiedzieć. Zwróciłem uwagę na tę materię, która wydawała mi się najatrakcyjniejsza. Na koniec wspomnę więc tylko jeszcze o umieszczonym na jednym ze stoisk okazie meteorytu Białystok o wadze ok.2,5 g. Ten super atrakcyjny achondryt howardyt, przedmiot pożądania wielu kolekcjonerów powinien zniknąć w chwilę po otwarciu targów. Nie stało się tak chyba dlatego, iż miał zbyt ładne chondry. Wniosek z tego taki, iż nawet na renomowanej giełdzie warto uważnie przyglądać się okazom.

Opowieść o LA

Robert S. Verish

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 3 & 4. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Planeta Mars była ostatnio tematem wielu publikacji. Kilka z nich dotyczyło świeżo rozpoznanego bazaltowego shergottytu zapisanego w katalogach jako meteoryt Los Angeles. Znaleziono go w prywatnym zbiorze kamieni podobnie jak nakhlit, który został odnaleziony w kolekcji Uniwersytetu Purdue w Lafayette w stanie Indiana. W przeciwieństwie do meteorytu Lafayette właściciel posiadłości, który odnalazł meteoryt Los Angeles w swym zbiorze kamieni, potwierdził, że istotnie znalazł te kamienie, prawdopodobnie jakieś 20 lat temu, ale nie wiadomo dokładnie, gdzie. Chociaż ten zbieracz kamieni nie może sobie dokładnie przypomnieć, kiedy znalazł te okazy po raz pierwszy, to z pewnością te kamienie z Marsa spadły gdzieś w południowej Kalifornii. Mogę to stwierdzić, ponieważ tym zbieraczem kamieni jestem właśnie ja.

Dwadzieścia lat temu przeprowadziłem się ze wschodnich stanów do Kalifornii. Wkrótce potem zacząłem realizować moje hobby czyli wędrowanie po pustyniach południowej Kalifornii. Będąc od zawsze zbieraczem kamieni w młodości mieszkałem w Pittsburgu, w Pennsylvanii i miałem do dyspozycji tylko skały osadowe (ewentualnie czasem kawałki żużlu). Tęskniłem więc do bogactwa świeżych wychodni skał na pustyniach południowego zachodu USA. Podczas pierwszych wycieczek z reguły spotykałem skały, których nie znałem i zwykle wrzucałem nieznane kamienie do worka, aby je zidentyfikować „później". Szybko się jednak uczyłem i gdy w 1983 r. uzyskałem stopień bakałarza geologii, miałem już opinię znawcy kamieni.

To co ściągnęło mnie do Kalifornii na początku 1979 r. to była oferta pracy w Laboratorium Napędów Odrzutowych w Pasadenie. Wkrótce potem udało mi się namówić żonę do rzucenia pracy w szkółce roślin i zatrudnienia się również w JPL. Obecnie pomaga ona JPL przenosić się do Microsoft Windows 2000. W minionych latach współpracowała ona z programistą i twórcą stron internetowych nazwiskiem Ron Baalke. To właśnie od Rona dowiedziałem się o kamieniach, które nie pochodzą z tej Ziemi. Ron miał spory zbiór na którym mogłem się uczyć, ale widać było, że najbardziej ceni swe marsjańskie meteoryty.

Wszystko było teraz na swoim miejscu. Nadszedł dla mnie czas na ponowne odnalezienie kamienia z Marsa, który miał się stać meteorytem Los Angeles. Znów w pewnym stopniu pomogła w tym moja żona.

Ponowne odkrycie tego meteorytu nastąpiło w ostatni weekend października 1999 r. O tej porze roku w Los Angeles zdecydowanie się ochłodziło. Wykorzystywałem wyjątkowo gorące lato jako wymówkę, by nie wyjść na podwórze i nie wyczyścić mych zbiorów kamieni ze starych szczurzych gniazd. Wiedząc to moja żona Beth stwierdziła, że „wreszcie jest odpowiedni dzień na uporządkowanie twojej sterty kamieni". Wkrótce znalazłem się przy skrzyniach z agatami i jaspisami, których nie oglądałem od dwudziestu lat. W jednej skrzyni z jasnymi agatami jaspisowymi wyróżniała się para ciemnych, lśniących kamieni. Pamiętam, jak pomyślałem sobie „Co one tu robią?" Następną myślą było, dlaczego w ogóle się nad tym zastanawiam. Podniosłem pierwszy, większy z kamieni (LA 001). Znów zadałem sobie pytanie, po kiego licha trzymam wulkaniczny kamień z pustynną polewą? Zanim przyszła mi do głowy odpowiedź, podniosłem mniejszy czarny kamień (LA 002). W tym momencie zauważyłem, że wygląda na obtopiony i natychmiast przemknęło mi przez myśl, po co mi ten kawałek żużlu. Potem zauważyłem, że tylko jedna strona kamienia była stopiona, a druga nie. Powiedziałem do siebie „Czy może to być bomba wulkaniczna?" W końcu „kości zostały rzucone", chwyciłem oba kamienie i pognałem do domu, by przyjrzeć się im dokładniej, gdyż zacząłem podejrzewać, że są to meteoryty.

W drzwiach przywitała mnie Beth "Po co taszczysz te kamienie do domu?" Odpowiedziałem „Wiesz, że mam zasadę, że jeśli nie mogę przypomnieć sobie, gdzie znalazłem jakiś kamień, to wyjmuję go ze zbioru i wyrzucam. Chciałbym właśnie zrobić DWA WYJĄTKI od tej reguły." To co nastąpiło potem, gdy oglądałem kamienie przez lupę, to był szereg emocjonalnych uniesień i depresji. Gdy tylko jedna obserwacja wprowadzała mnie w zachwyt, następna obracała wszystkie moje oczekiwania w ruinę. Po jednej obserwacji utwierdzałem się w przekonaniu, że widzę skorupę obtopieniową, a kolejna obserwacja udowadniała mi, że nie mam pojęcia, jaki to rodzaj skały. Z jednej obserwacji wynikało, że widzę grubokrystaliczną skałę magmową, a po chwili zauważałem, że wiele ziaren nie jest kryształami lecz szkliwem. Wiedziałem, że patrzę na bardzo niezwykły kamień, ale mimo wieloletniego doświadczenia wciąż nie mogłem jego zidentyfikować. Powinienem być uradowany, a byłem mocno skonsternowany. Może jeśli odetnę kawałek...

Mając jako jedyne usprawiedliwienie „Nie wiedziałem, że ten kamień jest z Marsa" muszę teraz przyznać się, że to, co jest chyba jednym z najładniejszych meteorytów kamiennych całego XX wieku, umieściłem w wysłużonej pile z sześciocalową tarczą diamentową i PRZECIĄŁEM. Spojrzałem na przeciętą powierzchnię i stwierdziłem, że cięcie mi się udało. Chociaż powierzchnia przekroju podobała mi się, to wnętrze meteorytu było jeszcze bardziej osobliwe. Patrzyłem osłupiały przez lupę na 5-milimetrowe listewki plagioklazu i 8-milimetrowe igły piroksenu, z których część była zakrzywiona.

Najlepszy pomysł, jaki mi przyszedł do głowy, to że jest to meteoryt, ale ziemskiego pochodzenia. Nie będąc w stanie zidentyfikować okazu zapakowałem tajemniczy kamień i zabrałem go na Uniwersytet Kalifornijski w Los Angeles (UCLA) aby zbadał go Alan Rubin.

Czytelnik powinien wiedzieć, że miałem już wcześniejsze kontakty

z Alanem. Od czasu do czasu przynosiłem mu okazy do identyfikacji. Przyznawałem, że niektóre z tych okazów są prawdopodobnie ziemskie, ale pytałem, skąd mógłbym wiedzieć, czy nie są to ziemskie achondryty. Dzięki temu, że Alan jest zawodowym dydaktykiem, robił płytkę cienką i w mojej obecności badał mój okaz, pokazywał mi jego petrologię i wyjaśniał, dlaczego jest to ziemska skała.

Tak więc, gdy pokazałem Alanowi próbkę (bez skorupy obtopieniowej) mojego tajemniczego kamienia i spytał mnie, co ja o tym myślę, i powiedziałem mu, że prawdopodobnie jest to ziemski kamień, to zrozumiałe, że Alan mógł pomyśleć, że nie jest to meteoryt. Wobec tego jest także zrozumiałe, że Alan nie uznał za konieczne oglądać moją próbkę przed przekazaniem jej do zrobienia szlifu petrograficznego. W owym czasie nie byłem jednak świadom tego. Po kilku tygodniach, gdy płytka cienka była gotowa, Alan zaprosił mnie do UCLA na wspólne badanie próbki. Wiele osób dziwiło się, dlaczego tak dużo czasu minęło od odnalezienia kamienia do jego zidentyfikowania i tu po raz pierwszy to wyjaśniam. W istocie myślałem nawet, że ta zwłoka wskazuje, że moje znalezisko nie jest niczym szczególnym. Nie było, póki nie zasiedliśmy przed mikroskopem i Alan nie stwierdził „Nie powinieneś mieć zbyt wielkich nadziei". Przyszło mi do głowy, że jeszcze nie oglądał próbki. Wbrew jego ostrzeżeniu moje nadzieje zaczęły rosnąć do rozmiarów astronomicznych. W następnej chwili jednak zacząłem się obawiać, że jeśli naprawdę jest to meteoryt, to okaże się, że wprowadziłem go w błąd. Obserwowałem Alana, jak umieszczał płytkę w mikroskopie i wyobrażałem sobie, że myśli o czymś zupełnie innym. Przypuszczałem, że myślami jest przy publikacji, do której pisania powróci, gdy tylko skończy mi wyjaśniać dlaczego jest to ziemska skała…

Mogło minąć tylko 10 sekund, ale miałem wrażenie, że o wiele więcej. Alan wciąż milczał. Podniósł głowę i spojrzał na płytkę, którą umieścił pod mikroskopem, jakby chciał się upewnić, że wziął właściwą. Minęło następne 10 sekund i wciąż panowała cisza. W końcu nie odrywając wzroku od okularu Alan zawołał, jakby ktoś jeszcze był w pokoju „Paul, chodź tu! Musisz to zobaczyć!", ale byliśmy tylko my dwaj. Przypomniało mi to pierwsze słowa, jakie miał powiedzieć przez telefon Graham Bell „Watson, chodź tu! Jesteś potrzebny!" Niemniej z głębi korytarza dobiegła stłumiona odpowiedź „Zaraz przyjdę".

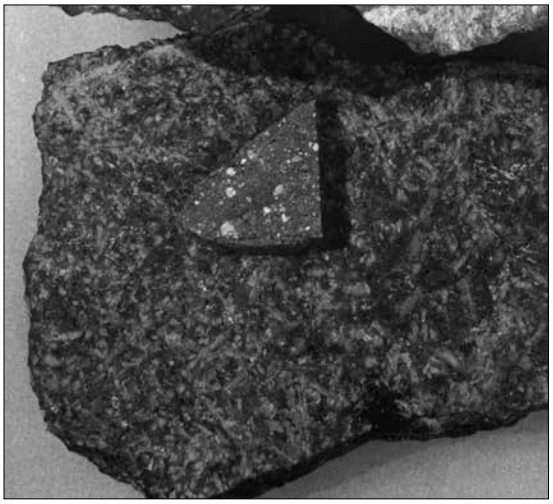
Wkrótce pojawił się „Paul". Alan wstał z krzesła i przedstawił mnie Paulowi Warrenowi. Paul zasiadł do mikroskopu i znów czekałem i nadsłuchiwałem. Alan i Paul wymieniali terminy petrologiczne i zwróciłem uwagę na słowo „maskelynit". Muszę się przyznać, że wówczas niewiele wiedziałem o „maskelynicie", ale pamiętałem, że słyszałem gdzieś, że jest to minerał występujący w przeobrażonych szokowo skałach z Księżyca i w marsjańskich meteorytach. W końcu Paul Warren powiedział coś, czego nigdy nie zapomnę „Tak, to niewątpliwie jest maskelynit".

Dokładnie w tym momencie uświadomiłem sobie, że nie jest to zwyczajny meteoryt. Trudno mi było opanować podniecenie, gdy Alan i Paul spokojnie i bardzo profesjonalnie kontynuowali badania. Zupełnie nie zwracali uwagi, jak siedziałem w kącie wznosząc w górę pięść, jakbym był olimpijczykiem, który właśnie zdobył złoty medal. Badali płytkę cienką próbując znaleźć petrologiczne dowody na pochodzenie marsjańskie lub księżycowe.

Dziś mam wrażenie, że resztę owego popołudnia spędziłem w czymś w rodzaju „stanu szoku". Szereg zdarzeń, które wkrótce nastąpiły, wciąż wydaje mi się nieprawdopodobny. Alan i Paul wydawali mi się niezwykle spokojni i opanowani, gdy ściskali mi rękę gratulując znaleziska, jakby robili to codziennie. Wciąż byli spokojni i opanowani, gdy wyjaśniałem, dlaczego nie wiem, gdzie znalazłem meteoryt. W pewnym momencie zadałem dziwaczne pytanie „Czy mam pokazać kamień, z którego odciąłem próbkę?" Pozostali spokojni i opanowani nawet mimo tego pytania i po rozpakowaniu LA 002. Jedyną reakcją była prośba, czy mogą odciąć jeszcze 20 gramów do dalszych badań. Pamiętam jak wciąż w stanie szoku wymamrotałem „Czy to znaczy, że nadal mogę zabrać to ze sobą do domu?" Nastąpił wybuch śmiechu, a potem dobitne zapewnienie, że mam zatrzymać znalezisko, ale przyjęte jest, że pewien procent lub 20 gramów przeznacza się do celów badawczych.

Chociaż mogłem być w stanie szoku, wciąż nie pasowało mi to do tego, co pamiętałem z historii meteorytu Old Woman. Niemniej pod koniec wizyty zauważyłem, że istotnie zabieram mój kamień ze sobą do domu. Wydawało się to dziwne. W następnej sekundzie nastąpiło coś jeszcze dziwniejszego. Usłyszałem jak mówię „Chwileczkę, tego meteorytu jest więcej." Wszyscy z powrotem usiedli. Spokój i opanowanie znów zostały wystawione na próbę. Alan i Paul spytali jednocześnie „Ile jeszcze?" Wciąż zdumiony swą szczerością wyjawiłem „Jest ponad funt!" Rubin zaciekawiony spojrzał na Warrena i powiedział „Jest jeszcze ponad funt!" Odwrócił się do mnie i spytał „Sądzisz Bob, że moglibyśmy dostać go od Ciebie?" Wzruszyłem ramionami i nic nie powiedziałem. Po kilku dniach wróciłem pokazać LA 001.

Od tego momentu historia LA jest dobrze udokumentowana i nie ma potrzeby jej powtarzać. Jednak w tym samym czasie, gdy stwierdzono, że meteoryt Los Angeles pochodzi z Marsa, na tej planecie coś się wydarzyło. Firma, dla której pracuję, utraciła Mars Polar Lander, co oznacza duże opóźnienie w realizacji planów NASA przywiezienia próbki skały z Marsa. Ironia tego zbiegu okoliczności jest uderzająca.



Księżyc na Marsie: płytka achondrytu księżycowego Calcalong Creek na płycie achondrytu marsjańskiego Los Angeles 001.

Ekspedycja meteorytowa na libijską Saharę

Richard Pélisson

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 4. Copyright © 2000 Pallasite Press)

W XIX wieku, gdy badacze po raz pierwszy zaczęli przemierzać Saharę, żadnej podróży nie uważano za bardziej ryzykowną. Dziś GPS i dokładność map satelitarnych umożliwia zapuszczenie się poza utarte szlaki, w samo serce największej pustyni na powierzchni Ziemi. Sahara obejmuje 9 000 000 km^2 rozciągając się 4800 km ze wschodu na zachód i 1900 km z północy na południe przez północną Afrykę. W dzień zanotowano temperatury przekraczające 57° C w cieniu. Powierzchnia pustyni zmienia się od piaszczystych wydm (erg) pokrywających ok. 15% do kamiennych płaskowyżów (hammada) i żwirowych powierzchni pokrywających około 70% i kilku głęboko porozcinanych górskich masywów.

Od wielu lat pustynia szczególnie pociąga mojego brata i mnie. Mauretania, Algieria, masyw Hoggar, to wszystko miejsca naszych wypraw budzące wspomnienia. Dziś prom wiezie nas do Libii, kraju, gdzie trzy lata temu mały meteoryt znaleziony na piaszczystej wydmie obudził w nas ciekawość, która wkrótce miała stać się namiętną obsesją.

Przeprawa przez morze pozwala nieco odetchnąć. Ostatnie dni przed odpłynięciem są zawsze bardzo ważne. Jest mnóstwo do zrobienia, aby przygotować do ekspedycji nasze dwa 4WD: kontrola techniczna, wyposażenie, zaopatrzenie w żywność, rozmaite drobiazgi, które stają się niezwykle ważne, gdy na pustyni pojawi się jakiś problem. Musimy zrobić co tylko można, aby uniknąć przykrych niespodzianek; chcemy być całkowicie samowystarczalni i wyposażeni tak, by poradzić sobie z każdym problemem. Jednocześnie wiemy jednak, że wcześniej czy później dopadnie nas coś nieprzewidywalnego — w końcu ryzyko i przygoda są częścią podróżowania.

Hammada al Hamra

Nalut, ufortyfikowana wioska nad urwiskiem, Derdj… Droga na południe często kurczy się do długiej, prostej linii między stacjami benzynowymi. Horyzont przed nami jest ciemnoszary. Stopniowo Słońce znika, a temperatura po kilku zaledwie kilometrach wzrasta o dziesięć stopni. To Ghibli, gorący, niezwykle suchy wiatr wypełniony piaskiem, który będzie nam towarzyszył do wieczora. Jest to nasz pierwszy dzień na pustyni i już pył jest wszędzie, w bagażach, rzeczach i nawet filtrach powietrza silników.

Ghadames, najbardziej na południe wysunięta osada z czasów rzymskich, jest przepięknym miasteczkiem w oazie słynnym z wyjątkowej, pustynnej architektury. Jest także ostatnią okazją na uzupełnienie zapasu paliwa przed osiągnięciem pierwszego celu naszej podróży, Hammada al Hamra (czerwony płaskowyż), rozciągającego się 300 km z zachodu na wschód. Teren ten był przeszukiwany regularnie od 1986 roku i z odkrytymi ponad 450 meteorytami pozostaje po Dar al Gani jednym z najlepszych miejsc na Saharze obok Açfer w Algerii.

Sahara jest ogromnym wapiennym obszarem, miejscem starych morskich osadów przypominających oceany, które pokrywały ją kilkadziesiąt milionów lat temu w okresie kredy. Głównie jest to kamienisty krajobraz z nielicznymi tylko trawiastymi fragmentami, które zachowały się w zagłębieniach i wyschniętych korytach rzek zwanych oued lub wadi. Południowa część kończy się urwiskiem górującym nad wydmami, które rozciągają się jak okiem sięgnąć. Jest to Awbary erg, ogromne morze falujących piasków, które wydaje się nie mieć końca. Zmieniające się nieustannie barwy przy zachodzie Słońca dają magiczny efekt; ten pustynny krajobraz budzi nie tylko fascynację ale i grozę.

Zegarki w tym miejscu są zbędne. Biwak rozświetla się, gdy tylko pierwsze promienie Słońca dotkną wydm. Mamy wtedy kilka minut na rozkoszowanie się świeżością poranka, gdy Słońce jest jeszcze przyjazne, wiatru nie ma, a temperatura jest idealna.

Teren wydaje się dziś bardziej sprzyjający z bardzo skąpą roślinnością i nielicznymi głazami. Wędruję po łagodnym zboczu wzgórza, gdy dostrzegam ciemny punkt 50 metrów z lewej. Zmierzając do niego myślę o kilku możliwościach: cień, kawałek ciemnego wapienia albo bryłka limonitu, może nawet puszka spatynowana przez pustynię. Jednak im bliżej jestem, tym wyraźniej widzę: to meteoryt leżący tam na ziemi, jakby chciał, bym go znalazł.

Pierwszą myślą jest zrobienie zdjęć, określenie współrzędnych i wpisanie ich do notatnika. Dopiero potem pozwalam sobie podnieść pierwsze znalezisko tej ekspedycji. Ma około 400 g, dość gładką powierzchnię, okrągły kształt i jest słabo magnetyczny, ale nie ma żadnych wątpliwości co do jego pochodzenia. W niektórych miejscach jego skorupa jest ciemniejsza, a w jednym miejscu brakuje kawałka. Wystarcza kilka minut, by znaleźć drugi fragment jakieś sto metrów dalej. Pasuje idealnie.

Za kilka miesięcy, po analizie i klasyfikacji w specjalistycznym laboratorium, Meteoritical Society nada temu meteorytowi oficjalną nazwę. Będzie ona nazwą obszaru, gdzie został znaleziony: Hammada

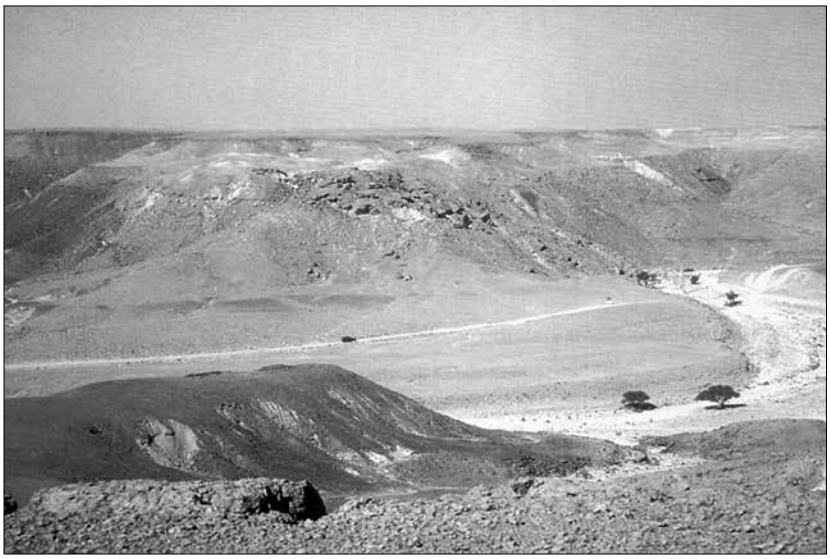
al Hamra, skracaną często do HaH, po której następuje numer 001 dla pierwszego sklasyfikowanego, 002 dla drugiego itd.

W terenie pociętym łagodnymi dolinami zasięg mojego radiotelefonu nie jest wystarczający, aby przekazać dobrą wiadomość bratu, który prowadzi poszukiwania kilka kilometrów dalej na południe. Zwykle rozdzielamy się na poszukiwania, ale spotykamy się raz lub dwa razy dziennie w miejscu i czasie ustalanym każdego ranka. Gdy tam docieram, nie ma nikogo. Ani śladu brata, horyzont jest pusty. Wyobraźnia zaczyna pracować, ale w końcu ukazuje się jego 4WD pędzący ku mnie z maksymalną prędkością w towarzystwie chmury pyłu.

Meteoryt na środku drogi

Dziś jest pamiętny dzień. Może znalazłem pierwszy meteoryt naszej ekspedycji, ale z dziesięć fragmentów, które Roland pracowicie składa, waży przynajmniej 30 kg. Jest to chondryt znaleziony dokładnie na środku drogi prowadzącej na południe. Brat wciąż nie może się uspokoić i opowiada, jak był zaskoczony, gdy znalazł się twarzą w twarz z tym nieprawdopodobnym znaleziskiem. Gdy po raz pierwszy zobaczył duży, czarny kamień przed 4WD, pomyślał, że to bazalt. Jak mogłoby to być coś innego, skoro droga była już wyjeżdżona przez innych poszukiwaczy? Stwierdził, że nie ma powodu zwalniać, by się przyjrzeć i zaczął tracić zainteresowanie. Jednak w ostatnim momencie zauważył nienormalne spękanie, co sprawiło, że postanowił zrobić rutynową inspekcję, jak robimy dziesiątki razy dziennie, gdy tylko zobaczymy kamień, który wygląda obiecująco. Tym razem nie było skorupy, ale kamień słabo przyciągał magnes. Zwątpienie zastąpiła niepewność. Oderwał fragment, co pozwoliło mu zeszlifować nieco wewnętrzną powierzchnię i zobaczyć plamkę metalu. Teraz zaczęło się kopanie na serio — ze szkodą dla drogi.

Teraz złożony w całość meteoryt miał ładny, zaokrąglony kształt. Część, która była w ziemi, zachowała skorupę obtopieniową. Postanowiliśmy oprócz numeru terenowego nadać mu nazwę „Willy" — uratowany przed tragicznym końcem jest dziś cały i zdrowy.



Hammada al Hamra. Zauważmy drzewa w dolinie.

Zdarza się, że cywilizacja daje o sobie znać w zupełnie nieodpowiednim momencie. Jadę na wschód drogą tak kamienistą, że z trudem posuwam się naprzód. Muszę koncentrować uwagę na kamieniach tuż przed kołami 4WD, aby uniknąć dużych ostrych bloków, które mogą uszkodzić opony lub podwozie. Teren staje się coraz gorszy. Zawsze mogę zawrócić, ale wciąż wydaje mi się, że zaraz będzie lepsza droga, a może nawet duży meteoryt kryjący się w środku tego pola kamieni. Duża ciemna wstęga na poziomie gruntu zasłania horyzont — jest to rura. Może dokładniej rurociąg — Libia jest producentem ropy naftowej. Nikomu nie przyszło do głowy, że tu na pustyni znajdzie się ktoś, kto chciałby przejechać na drugą stronę rurociągu i rura leży na wierzchu.

Przyzwyczailiśmy się jeździć na przełaj bez ograniczeń. Mapa informuje nas o istotnych zmianach wysokości terenu i większych trudnościach, a resztę improwizujemy. Sytuacja w jakiej się teraz znalazłem, jest dość zabawna. Przejechanie przez rurę jest niemożliwe, bo ma ona blisko metr średnicy i jeden koniec jest w Trypolisie a drugi na polu naftowym wadi Irawan. Postanawiam jechać wzdłuż niej na północ, tak że mam Słońce za plecami i lepsze oświetlenie do kontynuowania poszukiwań. Wybawienie nadchodzi w końcu w postaci ziemnego nasypu, który pojawia się jak miraż na horyzoncie i pozwala pokonać przeszkodę. Ostatni akrobatyczny wyczyn i nadchodzi pora na spotkanie w umówionym miejscu zaznaczonym na GPS. Te przyrządy nawigacyjne

Złożony w całość Willy na pierwszym planie.

stały się prawdziwymi komputerami pokładowymi mówiącymi w jakim kierunku jechać i oceniającymi czas potrzebny na dotarcie do określonego miejsca, zapamiętującymi marszrutę i podającymi moment zachodu Słońca. Dobra rada: zawsze rysuj trasę na starej, poczciwej mapie.

Zanim trafiłem z powrotem na biwak, cienie stały się nieproporcjonalnie długie, a Słońce znalazło się na horyzoncie. Najważniejsze elementy campingu są już na miejscu: deska służąca za stół, dwa zapasowe koła w roli krzeseł i co najważniejsze, skrząca się woda mineralna, nasz drink przed posiłkiem. Butelka jest owinięta wilgotną ścierką; parowanie obniża temperaturę wody dostarczając w ciągu pół godziny chłodnego, odświeżającego napoju. Gdy o tej porze roku wystarczą trzy litry wody dziennie na osobę, to latem dzienne zapotrzebowanie bez trudu przekracza pięć litrów.

Krajobraz wschodniej części jest bardziej górzysty; pojawiają się skamieniałości i ostańce. Teraz jednak przychodzi pora by udać się do drugiego celu naszej podróży: płaskowyżu Dar al Gani.

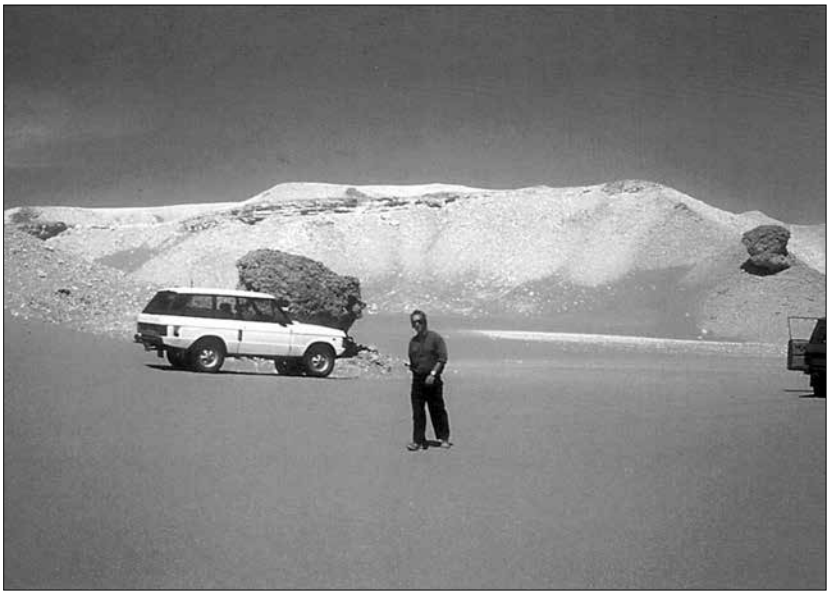
Tydzień czasu zajęło nam przebycie 1500 km na Hammada al Hamra i zebranie 20 meteorytów pochodzących z co najmniej sześciu różnych spadków, w tym jednego HED i chondrytu typu 3. Wszystko wskazuje, że można spodziewać się znacznie więcej znalezisk. Obecnie w całej zachodniej części przypada jeden meteoryt na 200 km^2. Jednak najbardziej obiecujący obszar poszukiwań, który jest bardzo czysty i podlegający erozji, znajduje się na południowy wschód i znajduje się tam jeden meteoryt na 20 km^2. Tam, na płaskowyżu obejmującym 60000 km^2 i przeszukiwanym od prawie 15 lat, najlepiej obserwuje się teren gołym okiem. Mimo to, znalezienie nietypowego lub bardzo czarnego kamienia wśród tysięcy szarych, beżowych i brązowych nie jest łatwe.

Dar al Gani

Mające 80 x 50 km Dar al Gani jest najważniejszym terenem poszukiwań na Saharze, na którym znaleziono blisko tysiąc meteorytów, kamieni z Księżyca i Marsa, różnych achondrytów itd. Pochodzą one z co najmniej 150 spadków. Gdy przybywa się na Dar al Gani z zachodu, pierwszą rzeczą zwracającą uwagę jest biel, jakbyśmy patrzyli na szczyty gór pokryte śniegiem. Najpierw pojawia się szereg tarasów, po czym otwiera się gładki, falisty obszar bieli pozbawiony kamieni i roślin. Meteoryty spadają tu od tysięcy lat i nie trzeba mówić, że obszary takie jak ten są interesujące dla naukowców. W przeciwieństwie do Antarktydy, gdzie wędrówka lodów przemieszcza i koncentruje meteoryty, a wiatr rozrzuca fragmenty, tutaj pozostają one w tym samym miejscu przez kolejne tysiąclecia. Często porównuję Dar al Gani z płytą fotograficzną rejestrującą wszystkie spadki w znacznym przedziale czasu co najmniej 20 000 lat. Teren jest łagodny i sprzyjający przechowywaniu, tak że dostępne są obecnie dane liczące tysiące lat. W ciągu jednego roku Dar al Gani dostarczył 210 kg meteorytów wobec 74 kg z Antarktydy, przy równie dużej rozmaitości znalezisk (Meteoritical Bulletin, No. 84, 2000). Ponadto ocenia się, że jeden spadek przypada na 25 km^2, fragmentacja w atmosferze jest w stanie wytworzyć kilka okazów meteorytów z tego samego spadku i elipsę rozrzutu przecinającą płaskowyż. Tylko jedna pełna analiza każdego znaleziska może zaowocować dopasowaniem go do innego i często stwierdza się, że meteoryty oddalone o 30 km pochodzą z jednego spadku.

Z drugiej strony dwa okazy oddalone o kilka metrów mogą pochodzić z różnych spadków po wylądowaniu w tym samym miejscu, ale w różnym czasie. Od 1995 roku grupy zbierają meteoryty notując jak najwięcej informacji o terenie. Dane te, w szczególności dokładne współrzędne znalezisk, pozwolą dostarczyć przyszłym pokoleniom kompletną mapę rozmieszczenia meteorytów i w ten sposób poszerzyć naszą wiedzę o częstotliwości spadków i innych statystykach. Wobec plądrowania odbywającego się w innych krajach północnej Afryki jest to przykład dla wszystkich.

Może się wydawać, że przeszukiwanie takiego równego, pozbawionego przeszkód terenu jest łatwe. Zapominamy jednak, że pustynia zawsze ma w zanadrzu niespodzianki... na przykład burzę. Wichura, błyskawice, ulewny deszcz... W ciągu kilku minut krajobraz całkowicie się zmienia. Wokół nas tworzą się kałuże wielkości niedużych jezior. Zwykle twardy grunt chłonie wodę i tworzy pułapki, gdzie 4WD przylepia się jak do kleju. Trzeba naprawdę uważnie lawirować między tymi sebkhas'ami (jeziorami słonej wody). Jak okiem sięgnąć jest płasko, a trzecia część ziemi szybko pokrywa się wodą uniemożliwiając przejazd. Przyglądam się mapie analizując poziomice i szukając wyżej położonych obszarów. Gdy mam czas, wprowadzam współrzędne do GPS i znajduję właściwy kierunek. Ziemia istotnie staje się coraz mniej zalana, kałuże trafiają się rzadziej. Pięć kilometrów dalej na wschód Roland bezskutecznie zbiera wodę. Przynajmniej deszcz odświeżył



Łagodne piękno krajobrazu Dar al Gani. Na pierwszym planie mój brat Roland.

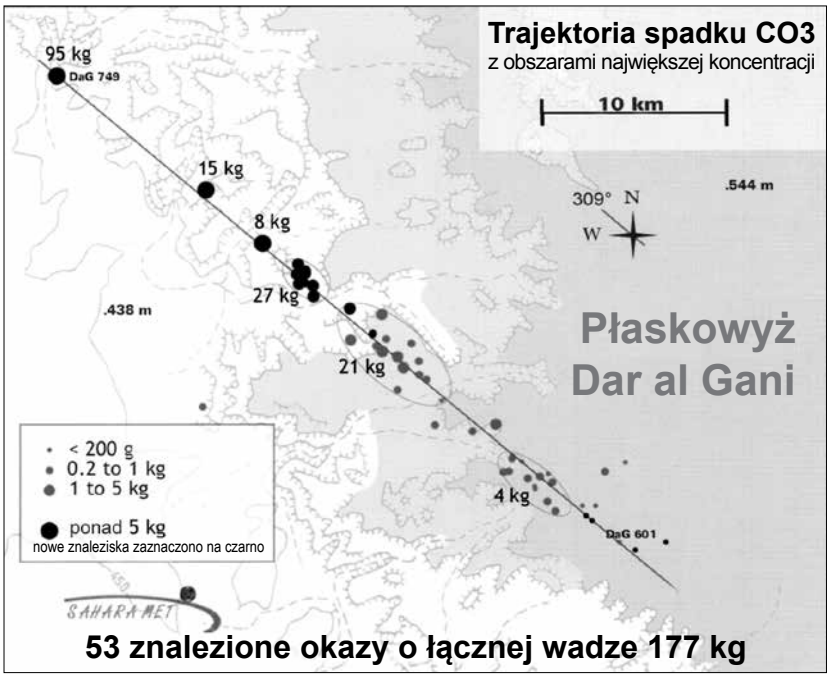
powietrze. Dziś w nocy będziemy obozować na brzegu jeziora!

Trajektoria CO3

Następnego ranka jesteśmy zmuszeni do zmiany planów. Deszcz poprzedniego dnia całkowicie zmienił grunt całej wschodniej części, na całej trasie do wulkanicznego, bazaltowego masywu djebel Haruj. Pozostajemy na zachodniej części płaskowyżu, którą ominął deszcz, ale nie ominęli poszukiwacze skarbów. O ich pobycie świadczą ślady opon, niektóre świeże, może sprzed miesiąca, inne starsze sprzed roku i więcej. Każdy kawałek ziemi musiał być przeszukany przynajmniej ze trzy razy. W tych okolicznościach trudno mieć nadzieję na meteoryt większy od orzecha. Wielu poszukiwaczy przyciągnęło na ten teren odkrycie cztery lata temu chondrytu węglistego (DaG 005), po którym odnaleziono 34 dalsze okazy CO3 w promieniu zaledwie kilku kilometrów. Mimo to postanawiamy zaryzykować. Mamy dostęp do informacji o pozycjach wszystkich chondrytów węglistych znalezionych i przebadanych od 1995 roku. Z tych danych wynika przybliżona elipsa rozrzutu z większością małych okazów w południowo-wschodniej części owalu, a okazów ważących ponad kilogram w północno-zachodniej części. Pamiętamy także o 130 g okazie, który znalazłem zeszłego roku. Interesujące jest miejsce, gdzie znalazłem tego DaG 601: ponad 2 km na południowy wschód od elipsy rozrzutu.

Przyjmujemy na początek dwie hipotezy: po pierwsze, że główna masa spadku była znacznie większa niż 28 kg, które już zebrano. Tylko historia meteorytów takich jak Allende czy Millbillillie pokazuje, że jest wiele deszczów meteorytów, które są bardziej masywne niż początkowo przewidywano. Po drugie, że oś uzyskana przez połączenie środków obszarów znalezienia okazów na północnym zachodzie i DaG 601 na południowym wschodzie może pokazać nam trajektorię.

W strefie przeszukanej przez grupy przed nami ziemia jest tak czysta i jasna, że bardzo czarny meteoryt węglisty, nawet mały, byłby widoczny z odległości 100 m. Ten rodzaj jasnego, pozbawionego kamieni gruntu



jest marzeniem każdego poszukiwacza — pod warunkiem, że trafi on tam jako pierwszy. W południe wyruszamy na północny zachód. Nasz cel jest prosty: znaleźć coś, co potwierdzi naszą hipotezę. Po kilku minutach osiągamy koniec strefy, gdzie w poprzednich latach znajdowano meteoryty. Płaskowyż się kończy, małe urwisko oznaczające jego brzeg góruje nad falistym krajobrazem ze starym łożyskiem ouedu, aluwialnymi osadami i fech fech, bardzo drobnym pyłem wytworzonym przez erozję gliniasto-wapiennego terenu: prawdziwą pułapką dla 4WD. Jeśli meteoryt spadł tu, to dziś jest przysypany aluwiami i nikt go nie znajdzie.

Nawet jeśli nasza teoria jest dobra i potwierdzona przez fakt, że kilka okazów znaleziono niedaleko skraju płaskowyżu, potrzebujemy faktów. Wygląda na to, ze znalezienie czegokolwiek poza płaskowyżem będzie niemożliwe. Mimo to żaden z nas nie ma ochoty porzucić nadziei na dodanie CO3 do listy sukcesów. Mój brat nie chce, ponieważ omal nie rozjechał meteorytu na drodze na Hammada al Hamra i zaczyna myśleć, że wszystko jest możliwe, a ja również nie mam ochoty rezygnować, ponieważ zacząłem właśnie przeszukiwać pieszo mały kamienisty teren pełen skrzemieniałego drewna. Wydaje się, że jestem tu pierwszym poszukiwaczem, bo wypatrzyłem ładny okaz 500 g. Odnalezienie 500 g. chondrytu węglistego nie zdarza się codziennie i jest to chwila radości. Świętuję to znalezisko pozwalając sobie na przerwę na sok owocowy. Odkrycie to zachęca Rolanda, który przeszukuje niedaleko oued i postanawia spróbować dotrzeć do gara, małego pagórka o płaskim szczycie oddalonego o 2 kilometry. Powodzenia! Obserwuję przez chwilę jego manewry przez lornetkę, po czym postanawiam pójść jego śladem.

Najbliższa oaza jest w odległości 100 km lotem kruka i istotnie para kruków krąży nad głowami w towarzystwie kilku małych, czarnobiałych „białorzytek" (rodzaj ptaka z widocznym białym kuprem) poszukując śladów istot ludzkich. Badając nowy obszar, na którym nie widać śladu, że kiedykolwiek stanęła na nim ludzka stopa należy zawsze postępować ostrożnie. Każdy z naszych pojazdów dźwiga ponad 600 kg wody, benzyny i innych materiałów niezbędnych, by być samowystarczalnym na pustyni. Opadające kamieniste zbocza i jazda po miękkim gruncie wymagają sporo doświadczenia i zręczności, jeśli nie chcemy zakończyć dnia z przegrzanym silnikiem lub szuflą w ręku. Przede mną 4WD Rolanda wytwarza ogromną chmurę pyłu kilkumetrowej wysokości. Zły znak! Będę musiał go wyciągać. Istotnie woła mnie przez radio, ale nie prosi o pomoc. Gdy stwierdził, że istotnie wpadł w fech fech, przyspieszył bardziej i zdołał osiągnąć mały taras, co pomogło mu się wydostać. Chce mi powiedzieć,

że ma przed sobą chondryt węglisty ważący 4 kg.

Jest tam, na pagórku: duży czarny kamień leżący na białym żwirze. Po chwili uświadamiam sobie ważność tego odkrycia. Nie tylko nasza hipoteza okazała się słuszna, ale znów jesteśmy na dogodnym gruncie. Przed nami widzimy więcej podobnych małych pagórków i tarasów wapienia. Zanim nadchodzi wieczór i musimy przerwać poszukiwania, znajdujemy 15 kg CO3 oraz kilogramowy chondryt wyraźnie pochodzący z odrębnego spadku.

Zmieniające się barwy pustyni są intensywniejsze w ostatnich promieniach Słońca. W oddali płaskowyż Dar al Gani jest skąpany we wspaniałym brunatno-złocistym świetle. Jest to marzenie fotografa, gdyż wieczorne cienie łączą się z konturami krajobrazu, a gasnące swiatło maluje pustynię pastelowymi barwami.

Patrząc na południowy wschód wyobrażamy sobie meteor lecący prosto na nas: światło, pękanie, eksplozje, świst ponad nami i spadanie brył wokół nas. To nie tylko fantazja: to zdarzyło się naprawdę, właśnie w tym krajobrazie jakieś 4000 lat temu. Dzisiejsze okazy pozwalają przypuszczać, że trajektoria meteoru biegła 309° na północ. Wszystkie okazy znalezione w tym obszarze ważą ponad 2500 g. Niektóre rozpadły się przy uderzeniu w ziemię, ale wszystkie pochodzą z pierwszego pękania w atmosferze. Najciekawszy jest wydłużony okaz w kształcie rakiety, który przy spadku rozleciał się na trzy części. Pierwotny blok musiał

Piękny okaz CO3, 8300 g.

być bardzo duży, aby wytworzyć fragmenty o takich kształtach jak te. Gdzie on jest?

Od wielu dni spędzamy czas przygotowując i gotując nasz wieczorny posiłek, ale dziś przepełnia nas zrozumiałe podniecenie. Gdy w końcu sadowimy się w śpiworach pełni nadziei na następny dzień, gwiazdy świecą jasno. Postanowiliśmy, że jeden z nas pojedzie na północny zachód co najmniej 5 lub 6 km by szukać brakującej masy, a drugi poszerzy poszukiwania wokół obozowiska.

Krajobraz pustyni może zmienić się radykalnie na niewielkiej odległości i ta część Dar al Gani jest znakomitym przykładem. Podczas wędrówki wzdłuż osi trajektorii krajobraz zmienia się z każdym kilometrem. Najpierw pojawiają się tumuli: małe kopce lub pagórki, niektóre z dużymi głazami na czubku. Szukanie za tymi kopcami wymaga jazdy zygzakiem przez prawdziwy labirynt. Potem drogę zagradzają duże kaniony. Wiatr nawiał piaszczyste zaspy, które pokryły zbocza pozwalając 4WD zsunąć się gładko na dno wąwozu. Wydostanie się na drugą stronę jest jednak znacznie trudniejsze. Musimy szukać miejsca, gdzie można się wspiąć na pokryte piargiem urwiska, zwykle stromego zbocza wymagającego całej mocy ośmiocylindrowego silnika. Gdy zdołamy wygramolić się na niewielki płaskowyż, okazuje się on pokryty płytkami wapienia, które rozlatują się pod kołami wytwarzając suche trzaski wywołujące niepokój. Ostre krawędzie pocięły kawałki gumy i myślimy jedynie o agonii naszych biednych opon. Poszukiwania w takiej okolicy, z dala od wszelkiej cywilizacji wymaga wytrwałości oraz znakomitego samochodu.

Zebrane w całość fragmenty 15 kg CO3.

Zaglądamy we wszystkie kąty i szczeliny pustyni i nasza wytrwałość zostaje nagrodzona. Dziś zebraliśmy ponad 36 kg, z których najładniejsze były bardzo atrakcyjny całkowity okaz 8300 g i okaz 15500 g, który zdołaliśmy poskładać do pierwotnej postaci z fragmentów rozrzuconych na kilku metrach kwadratowych. Te 15 kg znajdujące się na trajektorii, którą sami obliczyliśmy (zob. mapę) najpewniej stanowi główną masę spadku a także kulminację naszych poszukiwań. Pora pozwolić odpocząć silnikom i po raz pierwszy zrobić podsumowanie: wysiłek ostatnich

dwóch dni został nagrodzony ponad wszelkie oczekiwania.

„W przyrodzie... nie ma nic niemożliwego, trzeba być przygotowanym na wszystko i zakładać, że wszystko, co może być prawdą, jest prawdą." (G. Buffon, przyrodnik francuski, 1788).

Podobna myśl pojawiła się w naszych głowach rankiem trzeciego dnia: może elipsa rozrzutu jest dłuższa, niż sądzimy. Jesteśmy już 30 km od DaG 601, ale meteor o nachylonej trajektorii mógł bez trudu gubić fragmenty na większej długości. Myśl o rozpoczęciu poszukiwań meteorytu ważącego kilkadziesiąt kilogramów jest tak podniecająca, że postanawiamy trzymać się kursu 309°. Nasz entuzjazm rośnie, ponieważ teren poszukiwań nigdy nie był dotąd przeszukiwany. Naprawdę trzeba dobrego powodu, by chcieć zapuścić się w ten męczący, niegościnny, księżycowy krajobraz.

Przed nami jest jeszcze jedno urwisko, które musimy pokonać zanim dotrzemy do podnóża płaskowyżu; szybki zjazd po piaszczystej pochyłości i jesteśmy na dole. Od tego ranka jedziemy nie tracąc się z oczu, po równoległych trasach. Odległość jest wyświetlana na GPS: najpierw 35 km, potem 40 km. Nasza motywacja słabnie z upływem czasu; nie znaleźliśmy niczego i co gorsza teren staje się mniej sprzyjający. Piasek jest tu wszędzie i pokrywa wszystko. Szanse odkrycia maleją, ale pustynia wokół jest tak wspaniała, a przyjemność jazdy przez piach tak duża, że jedziemy jak automaty. Formacja z lewej strony jest pokryta białą skorupą: być może osady dawnego jeziora. Ponieważ są nieco wyżej, piasku tam nie ma. Słońce jest w zenicie i pozwalam myślom błądzić... Sahara zawsze będzie krainą przygody i odkryć; światem fascynujących minerałów, pełnym kontrastów, przypominającym na każdym kroku, że woda i życie są najważniejszymi, bezcennymi skarbami.

Odkrycie

„Obawiam się, że mamy problem, to czego obawialiśmy się najbardziej, stało się prawdą!" woła Roland przez radio. Jadę w jego kierunku wiedząc mniej więcej, czego się spodziewać. Mimo to jednak jestem mocno zdziwiony. Oto na ziemi leży 95 kg meteoryt rozbity na tysiące kawałków. Jest to szokujący widok: sterta czarna jak atrament na tle bieli.

Pokruszone resztki naszego 95 kg znaleziska (DaG 749)

Stoimy tam, osłupiali, próbując to pojąć. Mamy świadomość, że jest to wyjątkowy moment naszego życia, że dokonaliśmy ważnego odkrycia. Ten typ meteorytu, zawierający węgiel, należy do najbardziej pierwotnej materii w Układzie Słonecznym. Co było nie do pomyślenia trzy dni temu, mamy teraz przed oczami. Grunt jest pokryty tysiącami fragmentów, z których część została odrzucona dość daleko. Uderzenie musiało być dość gwałtowne by roztrzaskać meteoryt taki jak ten. Ostrożnie zaczynamy drobiazgową i żmudną operację zbierania rejestrując jak najwięcej informacji. Czubek meteorytu wbił się 20 cm w grunt. Jest to bardzo spękany blok około 22 kg; jego przednia część zamieniła się w pył. Ziemia wokół jest usiana fragmentami najrozmaitszej wielkości. Największy waży 25 kg; na jego zakopanej stronie, która była chroniona przed wiatrem i piaskiem, widać wyraźnie skorupę obtopieniową. Powierzchniowe fragmenty były jednak wystawione na pustynne wiatry przez setki czy tysiące lat i mają wygląd oszlifowany i zaokrąglone kształty.

Po kilku godzinach pracy pełzając wokół jak mrówki pod palącym Słońcem oczyściliśmy ziemię ze wszelkich śladów czerni pozostawiając pustynię o nieskazitelnej bieli.

Zanim opuściliśmy Dar al Gani mieliśmy spotkanie na 26° 58,00' N, 16° 14,30' E z przyjacielem, którego spotkaliśmy dwa lata temu. Jeśli kiedykolwiek trafi się okazja wpaść do niego, przynieście mu kilka sucharów lub nasion. Mieszka on na skraju płaskowyżu i jest przyjaznym skoczkiem pustynnym. Ten mały gryzoń przyjdzie z rewizytą, gdy zapadnie noc. Tu na pustyni cóż może być bardziej naturalnego niż podzielić się żywnością? Jego policzki są wypchane; pójdzie teraz nakarmić swą niewielką rodzinę.

Deszcz, który spadł kilka dni temu na wschodzie płaskowyżu, spowodował kiełkowanie wielu ziaren. Pod Słońcem ostatnie kałuże wody odbijają błękit nieba, a wokół kiełkujące trawy dodają nutkę zieleni. Nigdy nie widzieliśmy takiego Dar al Gani. Z suchej, niegościnnej pustyni zrodziło się miejsce, które niemal można nazwać przyjemnym.

Epilog

Do wszystkich meteorytów znalezionych podczas naszej ekspedycji zrobiliśmy bardzo szczegółową dokumentację ze zdjęciami głównej masy, wynikami analiz i zdjęciami przekrojów ukazującymi wewnętrzną strukturę. Wszystkie te informacje zebrane są na CD-ROM.

Główną masę 95 kg CO3, która wciąż jest największym meteorytem, jaki kiedykolwiek znaleziono w Libii, zbadał profesor P. Sipiera z Fundacji Badań Planet. Odtąd nosi ona oficjalnie nazwę Dar al Gani 749. Główny fragment 25 kg został przekazany rządowi libijskiemu i będzie wystawiony w muzeum w Trypolisie.

Meteoryty żelazne na pustyni: Bardziej nieuchwytne niż woda?

Martin Horejsi & Marlin Cilz

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 4. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Ostatnio, gdy rosną sterty chondrytów węglistych znalezionych na Saharze, niemal nikogo już nie zaskakuje znalezienie kolejnego rzadkiego meteorytu na afrykańskich pustyniach. Znaleziono tysiące chondrytów, a wśród nich sporo LL3, kilka meteorytów SNC i księżycowych oraz wszystkie rodzaje achondrytów włącznie z takimi rarytasami jak angryt, a ostatnio prawdopodobnie lodranit. Żyjemy w czasach niespotykanej dostępności rzadkich typów meteorytów. Wyjątek stanowi tylko jedna cała grupa: meteoryty żelazne.

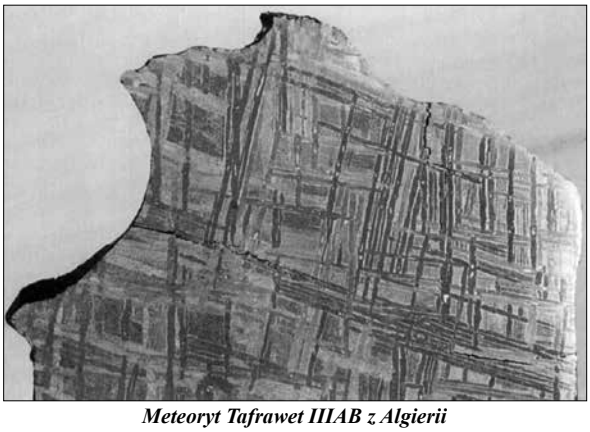
W drugim wydaniu „Meteorites and Their Parent Planets" (1999) McSween twierdzi, że około pięciu procent wszystkich spadków meteorytów stanowią meteoryty żelazne. Ponadto stwierdza: „Stosunek meteorytów żelaznych do kamiennych wśród znalezisk jest znacznie większy niż wśród obserwowanych spadków". Pojawia się więc ogromny problem, gdzie się podziały meteoryty żelazne z pustyń? Może lepiej jeszcze postawić pytanie: gdzie w ogóle są wszystkie meteoryty żelazne?

Prawdą jest, że liczba obserwowanych spadków meteorytów żelaznych stanowi około 5% wszystkich spadków, ale nie wydaje się, aby te spadki były równomiernie rozłożone. Przynajmniej według innych obserwacji.

W ciągu ostatnich 200 lat Francja, kraj o najbogatszej historii meteorytycznej, została szczęśliwie obdarzona około 60 obserwowanymi spadkami meteorytów. Opierając się na opublikowanych procentach spadków należałoby oczekiwać, że trzy z tych 60 spadków będą meteorytami żelaznymi. W rzeczywistości nie spadł ani jeden. Lista spadków zawiera natomiast cztery chondryty węgliste, trzy achondryty HED, jeden aubryt, jeden chondryt enstatytowy, a nawet jeden meteoryt SNC! Z drugiej strony procenty spadków, jakie McSween podaje dla achondrytów, chondrytów i meteorytów żelazno-kamiennych, pasują do spadków obserwowanych we Francji niemal idealnie.

Meteoryty żelazne znajdowano na afrykańskich pustyniach, ale rzadko. Nawet znany francuski zespół łowców meteorytów, rodzina Labenne, znalazł dotąd na Saharze jeden meteoryt żelazny. Niektórzy przypuszczają, że pustynne meteoryty żelazne dawno już wyzbierały plemiona nomadów, by przerobić je na narzędzia i broń. Inni sugerują, że wędrujące piaski nie odsłaniają meteorytów żelaznych ze względu na ich większą gęstość w porównaniu z kamiennymi. Jeszcze inni twierdzą, że meteoryty żelazne rzadko wychodzą na widok publiczny pozostając niezbadanymi w prywatnych zbiorach.

Co jednak z Antarktydą? Znów znaleziono tam tysiące meteorytów, ale bardzo mało wśród nich jest żelaznych. Nie ma tam piasku, by je ukryć, wędrownych plemion, które by je przerobiły, ani prywatnych kolekcjonerów, którzy by je schowali. Spośród 16000 meteorytów znalezionych na Antarktydzie tylko około 77 to meteoryty żelazne. Skromne 0,5%, o cały rząd wielkości mniej niż należałoby się spodziewać.



Meteoryt Tafrawet IIIAB z Algierii

Inną ciekawą obserwacją dotyczącą pustynnych meteorytów żelaznych jest wielkość znajdowanych meteorytów. W regionie Dar al Gani na Saharze znaleziono cztery meteoryty żelazne. Największy z nich waży niewiele ponad 5 kilogramów, a drugi z kolei jest o połowę lżejszy. Nie pasuje to do komentarza McSweena: „Meteoryty mają najróżniejsze rozmiary, ale jest wyraźna tendencja, że meteoryty żelazne są większe od kamiennych." W tym samym regionie pustyni znaleziono dwa meteoryty księżycowe i cztery meteoryty SNC. Nawet jeśli SNC pochodzą z jednego spadku (księżycowe na pewno spadły osobno), to brak meteorytów żelaznych robi wrażenie. Z kolei jeśli SNC istotnie pochodzą z jednego spadku, to ich łączna masa przewyższa masę największego tamtejszego meteorytu żelaznego o ponad kilogram.

Ostatnio trafił do USA jeden saharyjski meteoryt żelazny ważący około 32 kg. Jest to oktaedryt średnioziarnisty IIIAB nazwany Tafrawet. Chociaż dostępność meteorytu żelaznego z Sahary budzi pewne emocje, to nadzieje na meteoryty żelazne równie rzadkie jak ich kamienne odpowiedniki, są przedwczesne. Typ IIIAB jest najczęściej spotykany wśród meteorytów żelaznych. Ponadto cięcie Tafrawet na płytki przebiegało bez niespodzianek, a w płytkach zaobserwowano bardzo mało inkluzji. Jedynym plusem jest to, że Tafrawet ma bardzo wyraźne figury i łatwo go wytrawić.

Jak dotąd wydaje się, że Sahara zatrzymuje większość meteorytów żelaznych dla siebie. Nie zniechęca to jednak nikogo do poszukiwań.

Autorzy dziękują Berndowi Pauliemu za męstwo w walce z bazami danych i szybkie odpowiedzi na skomplikowane pytania.

Konferencja The Meteoritical Society

Jeffrey N. Grossman

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 4. Copyright © 2000 Pallasite Press)

LXIII doroczna konferencja the Meteoritical Society odbyła się w ostatnim tygodniu sierpnia br. w Chicago, które było miejscem I konferencji w 1933 r. Niemal pod każdym względem okazała się wielkim sukcesem. Wobec 398 uczestników reprezentujących 19 krajów i 324 przyjętych abstraktów niewiele brakowało do północnoamerykańskiego rekordu 405 uczestników ustanowionego na Hawajach trzy lata temu. Niezapomniane okazały się wydarzenia towarzyskie, jak uroczyste powitanie w Field Museum, gdzie większość uczestników ujrzała po raz pierwszy słynnego tyranozaura „Sue", obiad i ogromna sesja plakatowa na chicagowskim uniwersytecie, szereg udanych wycieczek w środowe popołudnie, bankiet i widowisko astronomiczne w Adler Planetarium oraz przyjęcie na cześć Marty Princa, kustosza meteorytów w American Museum of Natural History w Nowym Jorku odchodzącego właśnie na emeryturę.

Konferencję rozpoczął szereg wystąpień plenarnych. Odznaczony medalem Leonarda Gunter Lugmair podsumował obecną wiedzę o skali czasu w początkach istnienia Układu Słonecznego uświadamiając zebranym zdumiewający fakt, że geochronolodzy obecnie spierają się o czwartą znaczącą cyfrę w określaniu wieku. Temat ten powracał wielokrotnie podczas sesji naukowych w następnych dniach. Mówimy obecnie o powstaniu inkluzji wapniowo-glinowych (CAI) 4571 mln lat temu, po czym pojawiły się chondry 4569 mln lat temu, achondryty HED powstały w wyniku dyferencjacji 4565 mln lat temu, a angryty wykrystalizowały 4558 mln lat temu. Lugmair opowiedział się także za koncepcją, że chondry powstały z kropel rozpryśniętych po zderzeniach stopionych zarodków planetarnych, chociaż większość badaczy chondr odnosi się sceptycznie do tej hipotezy. Później Ralph Baldwin, zdobywca medalu Barringera, przedstawił fascynujący przegląd trudności, z jakimi zyskują akceptację nowe koncepcje (w jego przypadku uderzeniowego pochodzenia kraterów księżycowych) nawet w obliczu przytłaczających dowodów. Wszyscy naukowcy mogą się wiele nauczyć z jego doświadczeń.

Po sesji plenarnej ogłoszono kilka interesujących informacji dotyczących spraw Towarzystwa. Larry Nittler otrzyma nagrodę Niera, Sasha Basilewsky medal Barringera a Harry McSween medal Leonarda. Wkrótce będzie ustanowiona nowa nagroda US$1000 dla najlepszej pracy studenckiej. I na koniec czasopismo „Meteoritics and Planetary Science" w 2001 roku będzie miesięcznikiem.

Program naukowy był różnorodny i pełen zaciekłych dyskusji odzwierciedlając fakt, że dziś badania meteorytów cieszą się dobrym zdrowiem. Nie podejmę próby podsumowania wszystkich tematów poruszanych podczas dwóch równoległych sesji specjalistycznych, ale było kilka wspólnych wątków przewijających się przez te sesje, dotyczących głównych obszarów moich zainteresowań. Interesujące jest obserwowanie, jak meteorytycy wciąż próbują zrozumieć podstawowe obserwacje zrobione ponad 20 lat temu przez Boba Claytona i jego współpracowników dotyczące izotopów tlenu. Temat ten był widoczny podczas sesji poświęconych anomaliom izotopowym, ogniotrwałym inkluzjom, chondrom oraz chondrytom węglistym i enstatytowym. W istocie nie rozumiemy dobrze, jakie procesy spowodowały, że meteoryty i ich składniki mają taki skład izotopów tlenu jaki mają. Można obecnie zastosować metody mikroanalityczne pozwalające mierzyć skład wszystkich trzech izotopów tlenu w plamce o średnicy zaledwie kilku mikrometrów w przeciwieństwie do zgrubnej metody użytej przez Claytona. Badania jedno po drugim potwierdzały stare dane, ale ukazywały nowe, subtelne szczegóły. Izotopy tlenu są skorelowane ze składem chemicznym minerałów i efektami przeobrażeń pokazując, że w meteorytach jest zapisany jakiś rodzaj przemian w środowisku. Ile jednak z tego spowodowane zostało mieszaniem w niejednorodnej mgławicy, a ile reprezentuje zmiany z upływem czasu, wciąż pozostaje niejasne.

Podobne problemy dotyczą interpretacji danych izotopowych magnezu. Wiele grup badawczych kontynuuje zmagania z problemem chronologii CAI i chondr. Nowe prace poszukujące dowodów aktywnego

Setki osób zgromadziły się, by pożegnać odchodzącego na emeryturę dr Martina Prinza (z prawej), kustosza w American Museum of Natural History, którego widzimy tu w towarzystwie Tima Swindle z Uniwersytetu Arizońskiego. Fot. Marvin Killgore.

Organizator konferencji, dr Meenakshi Wadhwa otrzymuje za swe wysiłki czekoladowy medal, który zaraz zjadła. Fot. Marvin Killgore.

^{26}Al w tych obiektach potwierdzają to, co było wiadomo od kilku lat: CAI są o kilka milionów lat starsze niż chondry. Fakt ten trudno wyjaśnić, ponieważ nie ma oczywistego sposobu przechowania CAI tak długo w mgławicy, by uchronić je przed spadnięciem na Słońce. Czy to oznacza, że ^{26}Al był niejednorodnie rozmieszczony w mgławicy pod względem czasowym i przestrzennym, czy też że różne rodzaje chondr i CAI tworzyły się w różnych miejscach i później się wymieszały, czy też że chondry nie są obiektami mgławicy tak jak CAI, pozostaje przedmiotem zażartych dyskusji.

Jedną z najbardziej pasjonujących była sesja z wystąpieniami członków zespołu naukowego misji NEAR. Wygląda na to, że planetoida 433 Eros jest pierwotnym ciałem chondrytowym. Wobec podawanej jednorodnej gęstości 2,67 i wstępnych analiz widmowych wskazujących, że skład głównych pierwiastków jest podobny do składu chondrytów LL (z wyjątkiem siarki, której jest za mało), jest coraz bardziej prawdopodobne, że Eros jest przedstawicielem długo poszukiwanej klasy planetoid składających się z materii chondrytów zwyczajnych. Zespół NEAR poinformował, że próba kontrolowanego opadania na planetoidę może być podjęta w lutym 2001 roku z możliwością uzyskania obrazów powierzchni o centymetrowej rozdzielczości.

Streszczenia

(Meteoritics & Planetary Science, Vol. 35, No. 5, Supplement, 2000)

WSTĘPNE BADANIA NOWEGO METEORYTU ENSTATYTOWEGO Z ZAKŁODZIA (POŁUDNIOWO-WSCHODNIA POLSKA).

M. Stępniewski, J. Borucki, T. Durakiewicz, L. Giro, Z. D. Sharp.

Wstęp: Ważący 8,7 kg meteoryt kamienny został znaleziony we wrześniu 1998 r. przy lessowej drodze gruntowej na rolniczych terenach południowo-wschodniej Polski, około 40 km na zachód od Zamościa. Znalazca (Pan S. Jachymek z Guciowa) podawał różne nazwy znaleziska: „Ukraina", „Sokal" i w końcu „Zakłodzie" od nazwy najbliższej wioski. Kamień o nieregularnym kształcie pokrywa rdzawa, ciemno pomarańczowo brązowa skorupa o zmiennej grubości. Znalazca odciął z brzegu fragment ok. 1 kg na próbki do badania. R. Bartoschewitz zgłosił ten meteoryt do „Meteoritical Bulletin" (No. 84, M&PS, Vol. 35, No.5, A219). Sklasyfikował on Zakłodzie jako „unikalny pierwotny achondryt enstatytowy".

Wyniki i dyskusja: Przekrój meteorytu uwidacznia z grubsza koncentryczną strukturę skały poplamioną, upstrzoną i wypełnioną ciemnymi ziarnami metalu i siarczku. Obserwacje mikroskopowe ukazują skałę składającą się głównie z euhedralnych i subhedralnych kryształów enstatytu. Analizy mikroskopowe i mikrosondowe ujawniają obecność krótkich (0,1 – 0,5 mm) słupków enstatytu ($En_{97,7-99,1}$, $Fs_{0,1-1,6}$, $Wo_{0,7-0,9}$) z zakończeniami w kształcie ostrosłupa. Tylko nieliczne wydłużone ziarna mają kształt cygara. Kryształy enstatytu są polisyntetycznie zbliźniaczone równolegle do płaszczyzny (100) i wypełnione licznymi wrostkami wydłużonymi i ułożonymi wzdłuż osi z macierzystego kryształu. Większość kryształów ma zaokrąglone brzegi prawdopodobnie w wyniku tarcia między ziarnami osiadającymi w stopie magmowym. Odstępy między ziarnami enstatytu wypełniają duże, nieregularne, przezroczyste, częściowo zbliźniaczone ziarna plagioklazu (andezyn: Ab_{59-61}, An_{48-41}, $Or_{0-0,1}$). Zaobserwowano także małe ilości albitu zawierającego trochę składnika potasowego (Ab_{86-88}, An_{2-5}, Or_{9-12}) i krzemionki (prawdopodobnie trydymit) o zawartości Al 0,5 – 0,9 wt%. Ziarna enstatytu są osadzone w plagioklazowym cieście skalnym tworząc coś w rodzaju tektury poikilitowej. Charakter występowania ziaren kamacytu (zawierającego ponad 1% Si wagowo) i troilitu (z ok. 2,5% Cr wagowo) nie jest całkiem jasny ponieważ w niektórych miejscach tworzą one poikilitowe spoiwo podobnie jak plagioklaz, a w innych są zamknięte w plagioklazowym cieście podobnie jak ziarna enstatytu. W środku kamienia jest stosunkowo małe, nieregularne, jasnoszare jądro, gdzie ziemskie wietrzenie ogranicza się do cienkich warstw tlenków Fe^{2+}/Ni, siarczków i fosforków (schreibersytu) pokrywających nieprzezroczyste ziarna. Jądro to jest jednak otoczone przez gruby płaszcz znacznie bardziej utlenionej i zwietrzałej skały. W wewnętrznej, jaśniejszej części płaszcza warstwy przeobrażeń na nieprzezroczystych składnikach są większe i zawierają trochę Fe^{3+} w składzie magnetytu. Niemal wszystkie luki między ziarnami są wypełnione przez jasno-brązowo-żółte błonki siarczanu żelaza (prawdopodobnie melanteryt lub jarosyt). W zewnętrznej (ciemniejszej) strefie płaszcza efekty silnego utlenienia Fe do Fe^{3+} w postaci pojawienia się znacznych ilości hematytu całkowicie zastępują inne minerały żelaza w zewnętrznej skorupie, która może być pozostałością zwietrzałej skorupy ablacyjnej meteorytu. Kamień jest pokryty pomarańczowo-brązową warstwą o składzie całkowicie odmiennym od wnętrza meteorytu, a dość podobnym do składu lessowej skały: bardzo drobne (0,01–0,05 mm) ziarna kwarcu (bez Al) o ostrych krawędziach, skaleni potasowych i ciężkich minerałów często znajdowanych w lessach (granat, turmalin, cyrkon, rutyl i monacyt). Znaleziono trochę kryształów kalcytu i gipsu, ale większość pierwotnych minerałów lessu została zastąpiona przez hematyt i limonit w wyniku cementowania przez Fe z meteorytu. Stosunki $d^{18}O$ = 5,35, 4,86 i $d^{17}O$ = 2,90, 2,56 zgadzają się z ziemską linią frakcjonowania wskazując na powiązanie z achondrytami lub chondrytami enstatytowymi. Obliczenia wykonane na bazie analizy składu chemicznego całości dają ok. 6,5% wagowo troilitu i ok. 20% wagowo kamacytu; parametry $Fe/Si_{(a/a)}$ = 0,59 i $Fe_{met}/Fe_{całk.}$ = 0,81 są bardzo bliskie stosunków dla grupy chondrytów enstatytowych EL.

Wnioski: Zgodnie z obecnymi wynikami Zakłodzie może być starym meteorytem kamiennym przeobrażonym przez procesy wietrzenia (W1/W2) i zachowanym w czwartorzędowych osadach lessu. Skład chemiczny minerałów jest dość typowy dla chondrytów enstatytowych i występowanie pewnych owalnych układów wydłużonych ziaren enstatytu można uważać za pozostałości silnie przeobrażonych chondr. Tak więc meteoryt może być chondrytem enstatytowym EL7. Z drugiej jednak

strony obserwowane struktury można również interpretować jako kumulat i w tym przypadku meteoryt należałoby sklasyfikować jako achondryt o wyjątkowo wysokiej zawartości metalicznego Fe.

Podziękowania: Praca ta uzyskała wsparcie Polskiego Komitetu Badań Naukowych, grant 6 PO4D 061 18. Jeden z autorów (T. D.) był wspierany przez Fundację Nauki Polskiej w Warszawie.

POCHODZENIE „WZBOGACONYCH" W PLAGIOKLAZ, MAGMOWYCH METEORYTÓW ENSTATYTOWYCH

T. H. Burbine, T. J. McCoy, T. L. Dickinson

Wstęp: W ostatnich kilku latach odkryto kilka magmowych meteorytów enstatytowych „wzbogaconych" w plagioklaz w porównaniu z typowymi aubrytami. Do meteorytów zawierających 10–15% objętościowo plagioklazu należą QUE 94204/97289/97348 (należące do jednego spadku) oraz Zakłodzie. Tylko QUE 94204 był badany szczegółowo i klasyfikowany alternatywnie jako chondryt E7, stop uderzeniowy EH, stopiona skała z wnętrza ciała podobnego do EH i nowy typ chondrytu enstatytowego.

Ta rozmaitość petrologicznych interpretacji prowadzi do szerszego zagadnienia, jak odróżnić stop uderzeniowy z ciała macierzystego chondrytów enstatytowych od miejscowego stopu z ciała macierzystego aubrytów. Aby na nie odpowiedzieć, badamy różne „wzbogacone" w plagioklaz magmowe meteoryty enstatytowe, w tym QUE 94204/97289/97348, Zakłodzie, Happy Canyon, Ilafegh 009 i aubrytowe okruchy uważane przez Fogela za bazaltowe.

Stopienie uderzeniowe czy wewnątrz planetoidy: Pewne utwory umożliwiają identyfikację stopów uderzeniowych w chondrytach enstatytowych. Należą do nich występowanie minerałów w kształcie listewek, polisyntetycznie zbliźniaczony enstatyt i skaleń o budowie pasowej, skład chemiczny krzemianów i całego meteorytu podobny do składu chondrytów enstatytowych oraz obecność chondr i/albo okruchów. Te utwory wskazują na szybkie ogrzanie i ostudzenie materii chondrytowej. Młody wiek ^{39}Ar – ^{40}Ar także wskazuje na pochodzenie ze stopu uderzeniowego.

W przypadku miejscowego stopu z ciała typu aubrytowego należałoby oczekiwać, że jego skład chemiczny będzie zupełnie inny niż chondrytów enstatytowych w wyniku topnienia i krystalizacji frakcyjnej. Eksperymenty z topieniem pokazały, że pierwsze stopy uzyskane z chondrytu enstatytowego będą wyraźnie wzbogacone w plagioklaz i siarczki.

Opisy i interpretacje: Queen Alexandra Range 94204/97289/97348 składają się głównie z milimetrowej wielkości zaokrąglonych polisyntetycznie zbliźniaczonych ziaren enstatytu z obfitym skaleniem (~13% krzemianów objętościowo) siarczkami i metalem. Skład skaleni waha się od An_{19} do An_{30} z pasową budową niektórych ziaren (do 9% obj. An). Ziarna enstatytu z reguły zawierają wrostki siarczków i metalu.

Zakłodzie składa się głównie z euhedralnych do subhedralnych, polisyntetycznie zbliźniaczonych ziaren enstatytu o wielkości 0,5 mm, z obficie występującym plagioklazem (~15% obj. krzemianów) siarczków i metalu. Skład skaleni waha się od An_2 do An_{34}. Niektóre ziarna enstatytu wnikają do metalu.

W żadnym z tych meteorytów nie widać chondr ani okruchów. Jednak QUE 94204/97289/97348 i Zakłodzie mają skład krzemianów i całkowity podobny do chondrytów enstatytowych. Obecność pasowego skalenia i polisyntetycznie zbliźniaczonego enstatytu wskazuje na szybkie stygnięcie. Te utwory wskazują, że skały te powstały jako stopy uderzeniowe. Podobne argumenty przedstawił McCoy w odniesieniu do Happy Canyon i Ilafegh 009.

Fogel zidentyfikował trzy okruchy jako „bazaltowe", jedną w chondrycie enstatytowym Parsa i dwie w aubrytach. Te okruchy zawierają szkliwo znacznie wzbogacone w Na, K i Al w porównaniu z całkowitym składem. Jednak z wyjątkiem okruchu w aubrycie Khor Temiki średni skład krzemianów jest mniej więcej chondrytowy sugerując możliwość pochodzenia ze stopu uderzeniowego. W przeciwieństwie do tego skład mineralny może być kontrolowany przez krystalizację frakcyjną wewnątrz okruchu i nie musi wskazywać na jego pochodzenie.

Pytania bez odpowiedzi: Skały te prezentują znaczną rozmaitość tekstur. Czynniki wpływające na teksturę (np. tempo stygnięcia w stosunku do wielkości jądra) w systemach bogatych w enstatyt nie są dobrze rozumiane i warto je dalej badać.

SCENARIUSZE LITYFIKACJI CHONDRYTÓW ZWYCZAJNYCH

G. J. Consolmagno

Wstęp: Chondryt zwyczajny jest scementowanym nagromadzeniem chondr i pyłu. Badania porowatości i analiza płytek cienkich wskazują, że przeciętna 10% porowatość chondrytów zwyczajnych może być wytłumaczona przez szczeliny powstałe po lityfikacji i prawdopodobnie nie reprezentuje pustych miejsc między chondrami i ziarnami pyłu. Lityfikacja była całkowita.

Kiedy, gdzie i jak zachodziła ta lityfikacja? Czy proces lityfikacji był szybki, czy powolny? Czy jest on związany z późniejszymi epizodami metamorfizmu? Czy jest on związany z procesami, które cementują brekcje? Czy zależał od warunków występujących tylko w początkach istnienia Układu Słonecznego? Aby zrozumieć, jak szukać odpowiedzi na takie pytania, warto zacząć od kilku możliwych scenariuszy lityfikacji.

Lityfikacja ziemskich skał, takich jak piaskowce, zachodzi dzięki współdziałaniu ciśnienia, ciepła, roztworów i czasu. Niedobór jednego z tych składników może być kompensowany przez nadwyżkę innego. Biorąc to pod uwagę możemy proponować możliwe zdarzenia w historii meteorytów, kiedy mogła zachodzić lityfikacja.

Scenariusze zderzeniowe: Zderzenie są oczywistym źródłem ciśnienia i ciepła. Jednak w wielu meteorytach nie widać żadnych dowodów metamorfizmu szokowego, a mimo to są one dobrze scementowane. Zderzenia są także najbardziej prawdopodobnym źródłem spękań, fragmentacji i destrukcji meteorytów. Jednak lityfikacja mogłaby występować przy zderzeniach z małą prędkością lub daleko od punktu zderzenia.

Zderzenia z małą prędkością są możliwe w młodej mgławicy słonecznej. Wynikiem obecności gazu jest materia o różnych rozmiarach i gęstości krążąca z niewiele różniącymi się prędkościami; zderzenia między takimi obiektami mogłyby zachodzić z energią wystarczającą do lityfikacji, ale dostatecznie wolno, by nie wystąpił metamorfizm szokowy. Brak perturbującej planety takiej jak Jowisz, także chroniłby przed zbyt gwałtownymi zderzeniami. W tym scenariuszu początkowa lityfikacja meteorytów zachodziłaby szybko i zależałaby od warunków występujących tylko w młodym Układzie Słonecznym.

Zderzenia z ciałem macierzystym wytwarzają fale uderzeniowe, które mogą niszczyć materię w punkcie zderzenia, ale w dostatecznie dużej odległości od miejsca zderzenia mogą tylko spowodować ściśnięcie materii. Taki scenariusz może tłumaczyć lityfikację brekcji w dzisiejszych planetoidach. Jednak pierwszy etap lityfikacji musiał zachodzić między stosunkowo dużymi niescementowanymi ciałami macierzystymi. Rozchodzenie się fali uderzeniowej w takim pierwotnie bardzo porowatym (niescementowanym) ciele planetarnym wymaga dokładniejszego zbadania.

Scenariusze powolnej lityfikacji: Przy braku wysokich ciśnień lub ciepła reakcje lityfikacji zachodzą wolno, ale dla lityfikacji meteorytów może być dostępny znacznie dłuższy przedział czasu niż na Ziemi.

Dawne ciała macierzyste mogły być znacznie większe od obecnych planetoid; materia w dzisiejszym pasie planetoid stanowi tylko mały ułamek materii będącej tam pierwotnie. Ziemskie piaskowce tracą porowatość przy ciśnieniach wyższych niż kilkaset kilopaskali. Jednak ciała macierzyste dostatecznie duże, aby ich wewnętrzne ciśnienia i temperatury wystarczały do scementowania chondr i pyłu musiałyby być większe od Ceres. Dynamiczne modele wskazują, że tak duże ciała powinny zachować się w całości do dziś.

Rozwiązanie ciśnieniowe w ziemskich skałach pozwala na zachodzenie lityfikacji szybciej przy mniejszym ciśnieniu, jeśli obecne są rozpuszczalniki takie jak woda czy CO_2. Jednak niski stopień utlenienia chondrytów zwyczajnych świadczy przeciw istnieniu takich rozpuszczalników. Z drugiej strony na lityfikację meteorytów może być więcej czasu. Ponadto brak utleniającej atmosfery może oznaczać, że stykające się ze sobą świeże powierzchnie mogą łatwiej łączyć się („zgrzewanie na zimno") w kosmosie niż na Ziemi. Tempo takiego zgrzewania w warunkach kosmicznych wymaga dalszych badań.

TWORZENIE SIĘ PLANETOID
G. W. Wetherill, J. E. Chambers

Aby w pełni wykorzystać szczegółowe informacje dotyczące pierwszych lat istnienia Układu Słonecznego, przechowywane w meteorytach pochodzących z planetoid, konieczne jest zrozumienie formowania się i ewolucji samych planetoid. Na ten problem zwracano w niewielkim stopniu uwagę mimo jego ważności i postępu, jaki dokonał się w teoretycznych analizach rośnięcia planet ziemskich oraz w możliwościach obliczeniowych. Początkowa ilość stałej materii na jednostkę powierzchni potrzebna do uformowania się naszego układu planetarnego zmienia się dość płynnie od obszaru planet ziemskich do orbity Neptuna z jednym interesującym wyjątkiem spadku o czynnik 1000 między orbitami Marsa i Jowisza. Jeśli założymy, że dysk protosłoneczny początkowo zmieniał się płynnie, to co stało się z materią z tego obszaru?

Natychmiast przychodzą na myśl dwie możliwości: (1) Przez ekstrapolację konwencjonalnego formowania się „embrionów" planet ziemskich ciała mniej więcej wielkości Merkurego powstają w pasie planetoid w skali czasowej kilku milionów lat, jako konsekwencja dobrze znanego procesu lawinowego wzrostu, przed zakończeniem formowania się Jowisza i Saturna. Po uformowaniu się tych planet olbrzymów pas planetoid zostaje oczyszczony przez połączony efekt wzajemnych perturbacji i rezonansów z planetami olbrzymami. (2) W nowym modelu, w wyniku silnych zewnętrznych perturbacji grawitacyjnych poza tymi od Słońca i wzajemnych perturbacji rosnących ciał wzrost ciał w pasie planetoid mógł zostać spowolniony i odwrócony przez wzajemne zderzenia z dużymi prędkościami, po których pozostała tylko stosunkowo niewielka liczba ciał podobnych pod względem wielkości do dzisiejszych planetoid. Prawdopodobnym źródłem tych zewnętrznych perturbacji są gazowe olbrzymy Jowisz i Saturn utworzone przez grawitacyjne niestabilności podczas formowania się Słońca. Ten model wymaga dramatycznej zmiany w naszym myśleniu o sposobie formowania się tych planet. Motywacją tej sugestii jest chęć uniknięcia tego, co wielu z nas uważa za poważne trudności w modelach formowania się tych planet olbrzymów. Nie będziemy tu omawiać tej ewentualności, ale możliwość formowania się planet ziemskich i planetoid w modelu tego rodzaju jest przedmiotem osobnych badań.

Ta prezentacja rozważa bardziej konwencjonalny model formowania się planetoid. Ten sam problem był rozważany wcześniej przy użyciu modyfikacji metody Monte Carlo Opika-Arnolda. W tej pracy to podejście zostało zastąpione ściślejszym, dokładniejszym i prostszym całkowaniem numerycznym ewolucji orbit embrionów planet, które utworzyły się w pasie planetoid przed uformowaniem się planet olbrzymów, a następnie rosły i zmieniały orbity po uformowaniu się planet olbrzymów w ciągu umownego okresu 10 mln lat.

Ogólnie zgodnie w wcześniejszymi obliczeniami Opika-Arnolda stwierdzono, że wzajemne perturbacje tych embrionów w pasie planetoid, połączone z perturbacjami grawitacyjnymi planet olbrzymów i ziemskich, całkowicie oczyszczają pas planetoid z embrionów w ciągu kilkuset milionów lat w około dwóch trzecich obliczeń. W tych przypadkach jedynymi ciałami, które pozostają, są te o wielkości dzisiejszych planetoid. Te same, wspomniane wyżej, perturbacje prawdopodobnie zmniejszają populację tych małych ciał do liczby wystarczająco małej, że ich wzajemne zderzenia mogą doprowadzić do pasa planetoid podobnego do istniejącego w Układzie Słonecznym. W niektórych podobnych układach planetarnych, w obszarze planetoid mogły pozostać jeden czy dwa embriony.

„Ogniste chmury” i obwódki chondr

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 4. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Wiele chondr ma pojedyncze lub wielokrotne obwódki, które całkowicie je okrywają. Szlify petrograficzne ukazują warstwy o zmiennej grubości otaczające pierwotną chondrę.

Ku mojemu zaskoczeniu dowiedziałem się ostatnio, że istnieją ziemskie kamienie pochodzenia magmowego, o składzie krzemianowym, mające koncentryczną, warstwową strukturę. Kamienie te nazywa się lapillami akrecyjnymi. Spadają one z ognistych chmur — tak, powiedziałem ognistych chmur. Wygląda to jak powrót do XVIII wieku, nieprawdaż? Okazuje się, że ci dawni „meteorytycy” mieli, przynajmniej częściowo, rację. Istnieją ogniste chmury, ale nie spadają z nich meteoryty lecz produkty wulkaniczne. Podczas erupcji typu pliniuszowskiego (nazwanych od obserwowanej przez Pliniusza Starszego fatalnej erupcji Wezuwiusza w 79 roku) wyrzucane są ogromne ilości drobnoziarnistego popiołu tworząc nad wulkanem ogromną ognistą chmurę. Gdy wewnętrzne ciśnienie w magmie zmniejsza się, woda rozpuszczona w magmie szybko się z niej wydziela, co tworzy warunki wybuchowe napędzające erupcję.

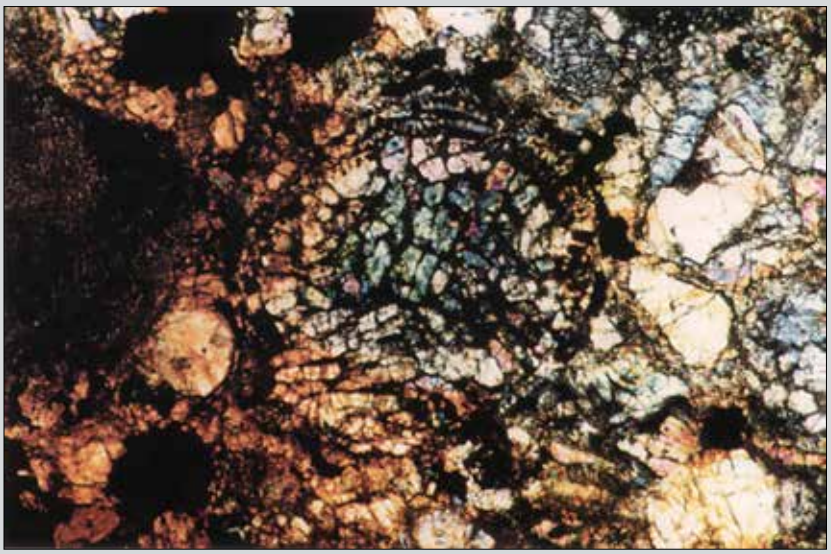
Mamy teraz mieszaninę wody i drobnoziarnistych, magmowych cząstek. Chmura przybiera wygląd rosnącej chmury burzowej z pojawiającymi się w niej błyskawicami. Większe magmowe cząstki zwane lapilli o rozmiarach od kilku milimetrów do około centymetra, są wyrzucane z wulkanu i wynoszone wysoko do rosnącej chmury. Cząstki te zaczyna pokrywać drobnoziarnista mieszanina wody i popiołu mająca konsystencję mokrego cementu. Powłoka szybko wysycha i lapilli spadają z powrotem do otworu wulkanu lub w jego pobliżu. Kolejny podmuch erupcji ponownie wynosi lapilli do ognistej chmury i osadza się następna warstwa. Po kilku erupcjach lapilli spadają w końcu na ziemie jako lapilli akrecyjne. Mają wygląd kulistych kamyków wielkości grochu ze stwardniałą zewnętrzną powłoką. Po przecięciu ukazuje się kruche jądro otoczone przez warstwy słabo skonsolidowanego drobnoziarnistego pyłu z zewnętrzną stwardniałą powłoką. Liczba warstw pokazuje ile razy lapilli były wysyłane do rosnącej chmury pyłu. Można uważać lapilli za produkt zarówno procesów magmowych jak i osadowych.

To, o co w³a¢nie chodzi — obwódki chondr

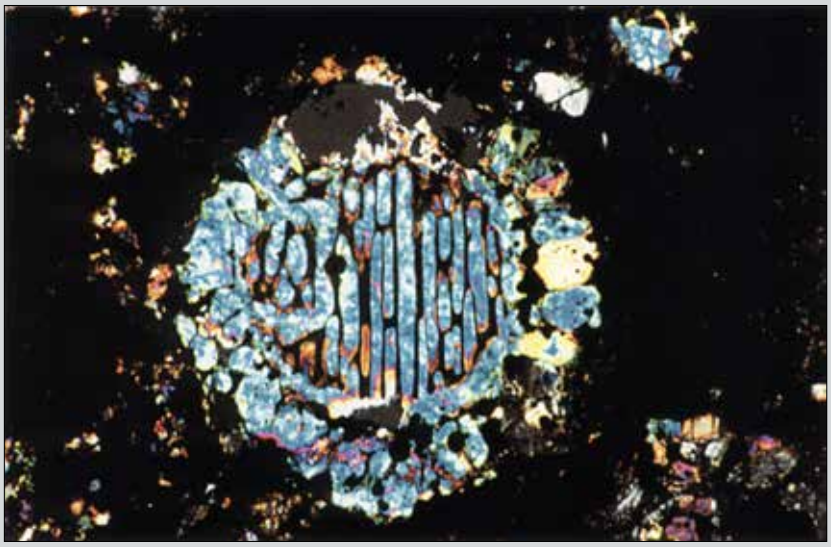
Pokrywające wiele chondr obwódki są dowodem wielu zjawisk akrecji i ogrzewania w młodej mgławicy słonecznej. Istnieją dwa główne typy: obwódki drobnoziarniste i obwódki gruboziarniste. Ponieważ metamorfizm cieplny i działanie wody przeobrażają obwódki chondr pod względem chemicznym i strukturalnym, zwykle bada się obwódki w chondrytach typu 3 ponieważ wydają się one najbardziej pierwotne i najmniej przeobrażone. Przeważająca większość (ok. 90%) chondr w chondrytach zwyczajnych typu 3 ma drobnoziarniste obwódki. Grubość tych obwódek waha się od 10 do 30 mm przy czym rozmiary ziaren tworzących obwódki są poniżej mikrometra.

Wobec ich znikomej grubości zaobserwowanie ich wymaga silnego mikroskopu. Skład tych obwódek jest zbliżony do składu ciasta skalnego, w którym są one osadzone. Drobnoziarniste obwódki powstały w wyniku akrecji drobnego pyłu mgławicy, który zebrał się wokół uformowanych już chondr zanim połączyły się one w ciało macierzyste. W istocie tę samą drobnoziarnistą materię powszechnie znajduje się wokół fragmentów chondr, ziaren reliktowych, CAI i innych gruboziarnistych inkluzji. Większość drobnoziarnistych obwódek nie wykazuje oznak topnienia. Mają one natomiast „osadowe” struktury często z wieloma warstwami o zmieniającym się składzie. Te wielokrotne warstwy nazywa się akrecyjnymi płaszczami pyłu. Wydaje się oczywiste, że chondry musiały wędrować w mgławicy słonecznej jako pojedyncze struktury krzemianowe napotykając od czasu do czasu pyłowe środowiska. Często wielokrotne obwódki mają różny skład sugerując istnienie niejednorodnych stref pyłu w mgławicy.

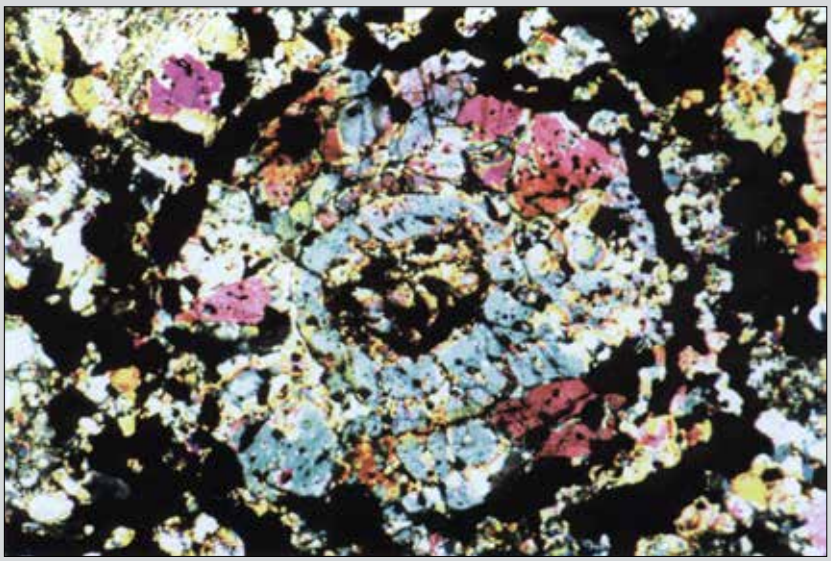
Gruboziarniste obwódki rzadko występują w chondrytach zwyczajnych (ok. 10%). W chondrytach CV3 obwódki drobnoziarniste i gruboziarniste są równie częste (po 50%). Chondryt węglisty Allende CV3 jest najlepszym meteorytem do studiowania gruboziarnistych obwódek. Znacznie łatwiej je badać, ponieważ ich przeciętna grubość wynosi ok. 150 mm w chondrytach zwyczajnych i nawet 400 mm w chondrytach CV3. Przeciętna wielkość ziaren tworzących obwódki wynosi ok. 4 mm dla chondrytów zwyczajnych i 10 mm dla chondrytów CV3. W obu przypadkach skład obwódek jest podobny do składu ciasta skalnego. Większość obwódek gruboziarnistych wykazuje oznaki częściowego, lub czasem całkowitego topnienia. Tak więc meteorytycy często nazywają gruboziarniste obwódki magmowymi, ponieważ prawdopodobnie krystalizowały one podczas zdarzenia ogrzewającego chondry. Dokładne zbadanie zewnętrznej krawędzi chondry ujawnia przetopienie wcześniej utworzonych minerałów krzemianowych i połączenie się krzemianów obwódki z krzemianami chondry, co jest wyraźnym dowodem



Fot. 1. Jest to porfirowa chondra oliwinowo-piroksenowa w zwietrzałym chondrycie L4 Gold Basin. Można zauważyć przynajmniej części trzech obwódek drobnoziarnistych. Wymieszane z obwódkami są drobniutkie ziarna metalu. Wietrzenie zabarwiło lewą stronę chondry na rdzawy kolor. Chondra ma około 0,6 mm średnicy. Polaroidy skrzyżowane.



Fot. 2. Ta efektowna chondra pochodzi z chondrytu CV3 Allende. Zauważmy grubą, gruboziarnistą obwódkę zewnętrzną otaczającą z kolei cieńszą, wewnętrzną gruboziarnistą obwódkę. Poszczególne ziarna są dość duże. Duży szary obszar przerywający zewnętrzną obwódkę to miejsce, gdzie materia wykruszyła się podczas przygotowywania. Jest szare, bo jest blisko optycznego wygaszenia. W dolnej części obwódki widać okrągłe ziarna metalu lub siarczku. Zauważmy, że cała chondra i część obwódki zachowuje ciągłość optyczną. Poziomy rozmiar wynosi 2,05 mm. Polaroidy skrzyżowane.



Fot. 3. Ta piękna chondra jest w chondrycie zwyczajnym L6 z Songyuan w Chinach. Zauważmy, że ma kilka magmowych obwódek otaczających małą chondrę. Jest otoczona z kolei przez metalową powłokę wyglądającą tutaj czarno ze znacznie cieńszą obwódką na zewnątrz niej. Ta chondra miała oczywistą skomplikowaną historię akrecji i topnienia. Tylko część obwódek ma ciągłość optyczną sądząc z różnych barw interferencyjnych. Małe bąble siarczku żelaza są rozrzucone w materii obwódki. Poziomy rozmiar ma 2,1 mm. Polaroidy skrzyżowane.

Wszystkie zdjęcia wykonał Tom Toffoli.

na wydarzenie ogrzewające, które wytworzyło obwódkę.

Równie interesujący jest fakt, że często znajduje się drobnoziarniste obwódki, które tworzą płaszcze obwódek gruboziarnistych zarówno w chondrytach zwyczajnych jak i CV3. W scenariuszu obwódek magmowych obwódki gruboziarniste utworzyły się po tym, jak materia poprzedzająca chondry stopiła się i przybrała kształt kulisty. Materia obwódki zebrała się z różnych części mgławicy słonecznej otaczając zrekrystalizowaną kroplę grubym płaszczem drobnego pyłu. Drugie zdarzenie ogrzewające stopiło pył i część chondry, które następnie zrekrystalizowały w materię obwódki. Niektóre chondry mają kilka grubych obwódek wraz z napyleniem materii drobnoziarnistej obwódki, co wskazuje ma wielokrotne zdarzenia ogrzewania i napylania. Nie jest niczym niezwykłym znalezienie materii obwódki i wewnętrznych ziaren chondry, które stopiły się, wymieszały i zrekrystalizowały mając tę samą orientację kryształów. Wskazują na to te same barwy interferencyjne i kąty wygaszania przy skrzyżowanych polaroidach.

Obwódki chondr są jeszcze jednym obliczem chondr, które prosi się o interpretację. Są one tak rozmaite jak same chondry, co widać na zdjęciach w tym artykule. Chondry w jednym okazie chondrytu mogą mieć rozmaitość obwódek od pojedynczych do wielokrotnych, od drobnoziarnistych do magmowych. Oznacza to po prostu, że chondry składające się na dany okaz meteorytu pochodzą z różnych środowisk w mgławicy słonecznej i że w najwcześniejszym stadium akrecji mgławica słoneczna była najprawdopodobniej niejednorodna.