

METEORYT

Nr 1 (49)

Marzec 2004

ISSN 1642-588X

200 lat figur
Thomsona

Fot. J. Drażkowski



W numerze:

- krater Bołtysz
- Morasko – nowe spojrzenie
- geologiczne konsekwencje wielkiego bombardowania
- pseudometeoryty
- z targów na targi
- meteorytowe spotkania
- meteoryt Bensour

Meteoryt (ISSN 1642-588X)
– 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 Drązkowski

Druk: Jan, Lidzbark Warm.

Adres redakcji:

skr. poczt. 6

14-530 Frombork

tel. (0-55) 243-7218 w. 23

e-mail: aspmet@wp.pl

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2004 roku 32 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr: 88 1540 1072 2001 5000 3724 0002 w BOŚ SA O/Olsztyn, zaznaczając cel wpłaty i podając czytelny adres.

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

Zapraszamy
na stronę
Polskiego Serwisu
Meteoritowego:
jba1.republika.pl



Subscribe to METEORITE

Pallasite Press
P.O. Box 33-1218
Takapuna, Auckland
NEW ZEALAND
4 issues per year \$US30
(2nd class airmail)
VISA & MasterCard accepted
www.meteor.co.nz

Od redaktora:

W lutym minęło 200 lat, od kiedy Thomson opublikował po raz pierwszy, że po wytrawieniu rozcieńczonym kwasem azotowym wypolerowanej powierzchni meteorytu Krasnojarsk, a potem Campo del Cielo, ukazały się figury, które, ignorując zasługę Thomsona, upamiętniono nazwiskiem Widmanstättena. Nie pierwszy raz historia nas uczy, że jakże często liczą się nie rzeczywiste zasługi, ale znajomości i posiadanie wpływowych przyjaciół. Historia uczy nas także, że często po jakimś czasie i tak prawda wychodzi na jaw.

Z okazji 200-lecia figur, mniejsza o nazwę, ale niewątpliwie pięknych, ogłaszam w „Meteorycie” rok figur Thomsona. W każdym numerze będą zdjęcia figur w różnych meteorytach. Proponuję kolekcjonerom, by wykorzystali okazję do zaprezentowania swych najładniejszych okazów.

Wśród 60 członków Polskiego Towarzystwa Meteoritowego jest Rainer Bartoschewitz, który w maju organizuje w Gifhorn kolejne targi meteorytowe. Ponieważ jednym z celów, jakie postawiło sobie Towarzystwo, jest organizowanie wyjazdów na targi meteorytowe, Zarząd pyta się, czy są zainteresowani meteorytową majówką w Gifhorn. Więcej wewnątrz numeru.

Jakby na Saharze leżało mało meteorytów, niemal pod nogi poszukiwaczy spadł dwa lata temu jeszcze jeden deszcz. Zebrane zaraz po spadku okazy są wyjątkowo świeże z przepięknymi formami skorupy, od grubej, pierwotnej, przez różne stadia wtórnej po dobrze widoczne wnętrza z wystającymi kryształami troilitu i delikatnymi śladami obtopienia. O tym meteorycie napisał specjalnie dla nas francuski poszukiwacz, który był na terenie spadku.

Zapowiedziany w poprzednim numerze Pułtusk zostanie opisany w następnym, jubileuszowym, 50 numerze.

Okladkę zdobią figury w Campo del Cielo, drugim meteorycie potraktowanym kwasem przez Thomsona.

Andrzej S. Pilski

(W poprzednim numerze „Meteorite” ogłoszono konkurs na podpis do tego zdjęcia, na którym widnieje Dean Bessey specjalizujący się w skupowaniu dużych meteorytów NWA. Wygrał podpis zaproponowany przez Larsa Pedersena z Danii)



Doktor powiedział, że ten kamień żółciowy, który rzucałem, to zupełnie wyjątkowy okaz

Polska Meteorytowa Lista Dyskusyjna
<http://meteority.pengus.net/>

Najstarsza polskojęzyczna lista dyskusyjna o meteorytach (istnieje od 17 lutego 2001). Lista posiada archiwum. Do e-maili wysyłanych na listę nie są doklejane żadne niepotrzebne reklamy (w odróżnieniu od niektórych innych list). Serdecznie zapraszamy do wzięcia udziału w dyskusjach na meteorytowe tematy!

Gdyby róża nazywała się inaczej...

Sprawa zmiany nazwy figur Widmanstättena

Kevin Kichinka

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 10 No. 1. Copyright © 2004 Pallasite Press)

Nieśmiertelność jest często nagrodą za bycie pierwszym.

Kto może wymienić drugą osobę, która stanęła na Księżycu, zdobyła Mt. Ewerest czy przebiegła milę w mniej niż cztery minuty? Te godne szacunku, ale zapomniane osoby pamiętane są tylko przez tych, którzy cenią przypisy.

Ludzie zawsze poszukiwali sławy i fortuny związanej z byciem pierwszym, który osiągnął lub odkrył jakieś miejsce, obiekt, siłę, czy fakt.

Czasem jednak los sprawia, że po wygraniu wyścigu linia mety się przesuwa. Powszechna akceptacja istniejących od dawna błędnych poglądów może pozwalać na utrzymywanie się niesprawiedliwości.

Wszyscy wiedzą, że Galileusz wynalazł teleskop.

Zastanówmy się nad tym. W sierpniu 1609 r., cztery miesiące przed przylądaniem się Księżycowi przez Galileusza, Anglik, Thomas Harriot powiększył tarczę Księżycza sześciokrotnie przy pomocy zestawu soczewek. Nie dbając o karierę nie chwycił od razu za pióro i pergamin i nie obwieścił o tym zdarzeniu.

Tymczasem Galileusz nie tracąc czasu napisał „Wysłannika gwiazd”.

Spóźniając się po raz drugi Harriot odkrył także prawo załamania Snella.

W rezultacie po czterystu latach Harriot zasługuje tylko na odsyłacz do przypisu, a Galileusz ma statek kosmiczny okrążający Jowisza nazwany na jego cześć.

Doprawdy trzeba „publikować lub zginać”.

Co jednak z osobą, która symbolicznie zatknęła pierwszą flagę na wierzchołku góry i jest ignorowana? W jaki sposób czcimy odkrywcę ważnego utworu meteorytowego, który niezwłocznie opublikował swoje odkrycie po to tylko, by nikt o nim nie wspominał przez ponad sto lat?

I odwrotnie, jak zasłużyła na ciągłą nieśmiertelność druga osoba, która ujawniła ten utwór? I czy utwór nadal powinien nosić jej nazwisko, gdy nawet nic na jego temat nie napisała?

William Thomson odkrył „figury Widmanstättena” w meteorytach żelaznych. Alois von Widmanstätten ich nie odkrył.

William Thomson opublikował opis z własnoręcznie naszkicowanymi ilustracjami bezpośrednio po swym odkryciu w 1804 roku.

Alois von Widmanstätten uzyskał figury w 1808 r. i niczego nie napisał.

Przedstawiam wam sprawę o skorygowanie historycznej niesprawiedliwości.

Człowiek dwojga imion

William Thomson, syn lekarza, urodził się w Worcester w Anglii w 1761 r. Studiował w Queen's College w Oksfordzie i otrzymał tytuł bakałarza sztuk wyzwolonych w 1780 roku. Wyruszył na wschód do Edynburga, gdzie studiował medycynę interesując się także naukami przyrodniczymi, szczególnie mineralogią. Thomson po-

wrócił do Oksfordu i otrzymał tytuł magistra sztuk wyzwolonych w 1783 r., bakałarza medycyny w 1785 r. i doktorat w 1786 r.

Lubił aktywne towarzyskie i zawodowe życie w kampusie i był członkiem Królewskiego Towarzystwa Medycznego w Edynburgu, członkiem założycielem Towarzystwa do Badań Przyrody i dołączył do ojca w Szkockim Towarzystwie Antykwariuszy. W 1786 r. został wybrany na członka Royal Society, co było dużym zaszczytem.

Jednak wdzieranie się Thomsona do klikli zdolnych, kulturalnych i ustosunkowanych zakończyło się nagle w roku 1790.

Był słoneczny, wiosenny poranek, kiedy „ciała dwóch powieszonych morderców przewieziono na wozie do Szkoły Anatomii przy Kościele Chrystusowym, gdzie następnego dnia dr Thomson miał publiczny wykład o tych dwóch ciałach, na który zaproszono lekarzy z sąsiedztwa oraz miejscowych, a także gentlemanów z Uniwersytetu i wielu znaczniejszych mieszkańców.”



To jest oktaedryt drobnoziarnisty Gan Gan (Argentyna) IVA. Czy jego najbardziej widoczna, charakterystyczna struktura powinna nosić nazwisko jej odkrywcy? Fot. Martin Horejsi.

Po kilku miesiącach Thomson zrezygnował ze wszystkich funkcji „otrzymawszy funtów 240 za preparacje anatomiczne dokonane podczas wykładów.”

Związek między ciałami dwóch nieboszczyków, rezygnacją Thomsona z Royal Society, porzuceniem życia w Wielkiej Brytanii i skazaniem się na wygnanie we Włoszech jest niejasny, może nieistniejący. Jednak w liście, wysłanym później do Sir Josepha Banksa Thomson napisał, że zrezygnował „z powodu obrazy, której szczególnie opinia publiczna tego kraju nigdy nie wybaczła”.

Jego akcje z pewnością pozostały złe wrażenia. Po śmierci Thomsona szesnaście lat później władze Oxfordu odmówiły przyjęcia poważnej kolekcji minerałów, skamieniałości i różnych okazów związanych z medycyną, które zapisał w testamencie Uniwersytetowi. Wchodząca w skład daru kolekcja kamieni wulkanicznych była w owym czasie największą na świecie.

W 1791 r. Thomson przeniósł się na krótko do Toskanii, a potem do Neapolu przyjmując imię Guiglielmo Thomson. Mówiąc płynnie po włosku rzadko publikował swe odkrycia naukowe po angielsku. Jego jedynym znanym adresem był „chez M. Heigelin” w duńskim konsulacie.

Przez 125 lat ten fortel wystarczał, by mylić uczonych, którzy nie wiedzieli, że William Thomson i G. Thomson to ta sama osoba.

Thomson zainteresował się wulkanami w 1791 r. w Toskanii, kiedy odkrył nowy minerał, fioryt, na wulkanie Santa Fiora. W następnych latach zidentyfikował i opisał wiele no-

wych minerałów w skałach wulkanicznych.

W Sienie zawarł znajomość z dr Ambrogio Soldani, katolickim księdzem, wulkanologiem i badaczem aerolitów, który wysłał mu okaz ze spadku w Sjenie w 1794 r.

Thomson jest jedną z trzech osób, którym zawdzięczamy poinformowanie o spadku reszty Europy. Meteoryt Sjena spadł 16 czerwca podczas *Palio delle Contrada*, słynnych wyścigów konnych kontynuowanych do dziś, i przybyło tam wielu turystów. Znalezione kamienie sprzedawano gościom po wysokich cenach. Gdy dostawa się wyczerpała, wyrabiano i sprzedawano „fałszywe meteoryty”.

W Neapolu Thomson zbadał kamień z Sjeny otrzymany od Soldaniego i opisał go dla Domenico Tata, profesora matematyki i fizyki w Neapolu, który włączył ten opis do swej ważnej rozprawy o spadkach Hraschina, Eichstadt i Tabor.

O spadku Siena Thomson napisał w 1804 r., że „dyskusja o kamieniach, które spadły, zakończyła się we Włoszech, zanim we Francji zaczęto się nad nimi zastanawiać”.

Według Thomsona „te kamienie były niewątpliwie miękkie w chmurze, z której spadły, albo że powstały z nią w jakiejś eksplozji wulkanicznej, albo jeszcze lepiej, że nabyły one swą kruchość w procesie stapiania, który gromadził i konsolidował substancje zawieszone w powietrzu”.

Na cześć swego przyjaciela z Toskanii Thomson nie nazywał więcej spadłych z nieba kamieni aerolitami, brontolitami czy meteorytami, ale soldanitami.

Największy wkład Thomsona w tej dziedzinie nastąpił podczas badania kowalności „meteorowego” żelaza. Po opublikowaniu swych odkryć dotyczących żelaza znalezionego w Sjenie, zwrócił on uwagę na „Żelazo Pallasa” (obecnie zwane Krasnojarsk, pallasyt).

Datowana 6 lutego 1804 roku relacja zawierająca pierwszy opis „figur Widmanstättena” ukazała się pośmiertnie w *Atti dell' Accademia delle Scienze di Siena*.

Była to ostatnia opublikowana praca Thomsona i do czasopisma prawdopodobnie dostarczył ją Soldani.

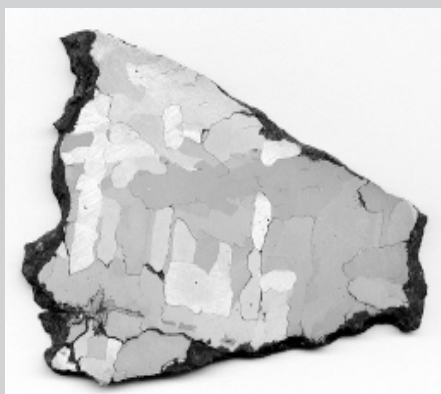
Pracy tej nie zauważano aż do 1939 r. Oglądając kolekcję minerałów dr R. T. Gunther zauważył okaz lawy noszący dwa różne nazwiska. Ciekawość doprowadziła go do odkrycia podwójnej tożsamości Thomsona i ważnej historycznie pracy z 1808 roku.

W 1965 r. Marjorie Hooker z Mineralogy Society of America odnalazła tę samą pracę po francusku w *Bibliothèque Britannique* vol. 27, #2&3, 1804 (Genewa) udowadniając, że Thomson opublikował swe odkrycia bezpośrednio po ich dokonaniu.

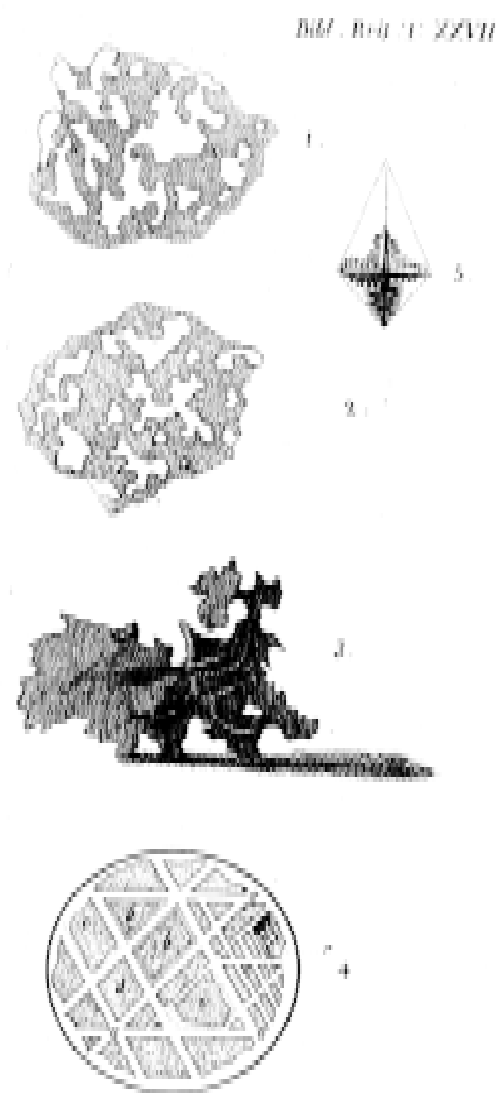
Oto część oryginalnej pracy Thomsona z 1804 roku. Zaczyna on od tego, że nie zgadza się z wcześniejszym opisem „Żelaza Pallasa” przez Ernsta Chladniego.

„Niemniej z tego, co następuje, będzie widoczne, że to żelazo jest mieszaniną trzech składników, z których niektóre części są znacznie bardziej gęste niż inne, chociaż nawet najmniej gęstych z nich nie można uczciwie nazwać porowatymi. Chociaż, jak sądzę, wypolerowanie jednej z moich próbek przyczyniło się znacznie do ochrony jej przed rdzewieniem, które łatwo zaatakowało inne próbki, niemniej po siedmiu latach znajdowania się u mnie, na żelazie polerowanego fragmentu (który trzymałem, aby pokazywać jednoczesne występowanie i pochodzenie żelaza i oliwinu) zaczęły pokazywać się plamki rdzy i zostałem zmuszony do wypolerowania go na nowo. Ponieważ nie udało mi się usunąć łatwo brudu pozostawionego przez szlifierza, użyłem do tego celu na okres kilkunastu sekund trochę rozcieńczonego kwasu azotowego, który wydobyl wyraźnie strukturę fragmentu, chociaż usuwając poler, który można będzie odnowić w razie potrzeby. Tu przypadek zadziałał dla mnie w sposób, który sam często stosowałem, by odkryć strukturę złożonych kamieni przez rozpuszczenie jednego ze składników. Rozpuszczając poler, który był czysto sztucznym produktem, kwas azotowy ukazał mi laminarną i krystaliczną strukturę syberyjskiego żelaza. W odpowiednim momencie zatrzymałem rozpuszczanie tego metalu w rozcieńczonym kwasie azotowym i umożliwiło mi to rozróżnienie i przez różny stopień rozpuszczenia i przez różne

200 lat figur Thomsona



Morasko, 56,5 g, kolekcja Roberta Borzeckiego.



Ilustracje naszkicowane i opublikowane przez Williama Thomsona, przedstawiające strukturę, którą odkrył szesnaście lat przedtem, zanim Schreibers nazwał ją figurami Widmanstättena.

stopnie połysku, tych trzech rodzajów, z których się składa... kwas azotowy rozpuszcza najłatwiej powierzchnię i związane z nią lamelle, potem żelazo między lamellami, a w końcu, z większą trudnością, małe, cienkie i błyszczące lamelki lub obramowania elastycznego żelaza, które tworzy granice między lamellami a przestrzeniami, które one obejmują.”

Thomson odnotował także kanciastość lamelli i był ciekaw, czy żelazo ma strukturę ośmiościanu. Mniej więcej w tym samym czasie wytrawił on okaz Campo del Cielo (wtedy zwane żelazem Rubina de Celis).

Widać wyraźnie z tego opisu i towarzyszących mu ilustracji Thomsona, że obserwował on paski kamacytu, pola plessytu i płytki taenitu.

Thomson po raz pierwszy opublikował to odkrycie „figur Wid-

manstättena” w 1804 r. cztery lata przed powtórzeniem eksperymentu przez Widmanstättena.

William Thomson zmarł w 1806 r. na Sycylii, gdzie przeniósł się by uniknąć wojny z Francją. Dokładny dzień i miejsce śmierci jest nieznane.

Dwa lata później, w 1808 r., Carl von Schreibers, dyrektor wiedeńskiego gabinetu mineralogicznego i zoologicznego, dał Aloisowi von Widmanstätten, który opiekował się zbiorami „technicznych obiektów” cesarza Austrii Franciszka I, fragment oktaedrytu średnioziarnistego Hraschina, który spadł niedaleko Zagrzebia w 1751 r.

Widmanstätten odkrył po raz pierwszy figury w 1808 r. ogrzewając okaz. Niezadowolony z wyglądu przemysł fragment kwasem azotowym i uzyskał lepszy rezultat.

Karl Neumann, profesor chemii z Pragi, usłyszał o tym i opublikował „odkrycie” Widmanstättena w pracy z 1812 r.

Schreibers przekazał okazy oktaedrytu średnioziarnistego Elbogen Francisowi P. Gillet de Laumont.

Laumont wytrawił meteoryty i opublikował swe odkrycia w 1815 r. ponownie identyfikując figury.

Schreibers ostatecznie opublikował wyniki eksperymentu z 1808 r. w roku 1820 nazywając figury nazwiskiem Widmanstättena. Pięć ilustracji figur Widmanstättena uzyskano nakładając farbę drukarską na meteoryt i odiskając go na papierze. Ten proces, nazwany *Naturselbstdruck* (naturalne samodrukowanie) wykorzystywał powierzchnię meteorytu jako matrycę drukarską. (Jak na ironię dołączył odniesienie do pracy Josepha Mosera z 1820 r., który stosował kwas azotowy do meteorytu Elbogen, by zmierzyć zawartość niklu w składnikach figur „Widmanstättena”).

W tej pracy Schreibers przeprosza za dwunastoletnią zwłokę z opublikowaniem tłumacząc to „uciążliwymi

obowiązkami” Aloisa Widmanstättena.

Struktura Thomsona

Tylko szeroko zakrojone, uprzejme i jednoznaczne starania o upublicznienie prawdziwej natury zmagowanej kwestii mogą zachęcić do zmiany przyjętego nazewnictwa.

Thomson był niewątpliwie pierwszą osobą, która odkryła i opisała strukturę istotną dla klasyfikowania meteorytów żelaznych. Jest więc upoważniony do unieśmiertelnienia przez nadanie jego nazwiska tej ważnej strukturze.

Utworzona w 1796 r. aby „informować czytelników na kontynencie o bieżącej brytyjskiej aktywności naukowej i literackiej”, w 1804 r. *Bibliothèque Britannique* była powszechnie czytana przez badaczy meteorytów i praca Thomsona powinna być zwrócić uwagę. Jak wspomniano wcześniej, chociaż Ojciec Soldani ponownie opublikował odkrycie we włoskim periodyku *Atti dell' Accademia delle Scienze di Siena* w 1808 r., praca znów została zignorowana.

Warto zauważyć, że Schreibers czytał pracę Thomsona o żelazie w meteorycie Sjena. Czy mógł wiedzieć także o odkryciu Thomsona z 1804 r.? Dlaczego dał Widmanstättenowi meteoryty żelazne, aby się nimi zajął? Czy to tylko przypadek, że Widmanstätten postanowił potraktować próbkę kwasem azotowym po niezbyt udanej próbie uzyskania figur przez ogrzewanie? Czy Widmanstätten wiedział, że praca Thomsona wyprzedziła jego dokonania i dlatego nie miał ochoty opublikować swego odkrycia pozostawiając to Schreibersowi?

Pozostaje faktem, że nazwa zjawiska charakterystycznego tylko dla meteorytów żelaznych unieśmiertelnia niewłaściwą osobę. W każdej dziedzinie ludzkiej działalności jest historyczny precedens usprawiedliwiający usunięcie takiego wyróżnienia.

Czy może to być trudne? Wielcy i wpływowi ludzie w dziedzinie meteorytyki wiedzą już o tym historycznym lekceważeniu.

R. T. Gunther ujawnił tę pomyłkę w 1939 r. publikując swoje odkrycie w *Nature*.

Max Hey, kustosz minerałów w British Museum (Natural History) przeczytał ten artykuł i napisał „...jest

oczywiste, że Thomson wyprzedził pracę von Widmanstättena (czy Widmanstättena), która była wykonana w 1808 r....”

F.A. Paneth w pracy opublikowanej w *Geochimica et Cosmochimica Acta* (1960) napisał „Wydaje się mało znanym, ...że zupełnie niezależnie od Widmanstättena, i prawie jednocześnie, inny uczony zaobserwował tę osobliwą strukturę meteorytowego żelaza: Anglik mieszkający w Neapolu nazwiskiem G. Thomson. Jeśli wziąć pod uwagę publikację w czasopiśmie, Thomson bez wątpienia ma pierwszeństwo”.

Opisując ilustrację Thomsona Paneth pisze „Ta ilustracja jest pierwszym wizualnym przedstawieniem figur Widmanstättena”.

Charles D. Waterson, który opublikował biografię Thomsona w *University of Edinburgh Journal* (1965), napisał „Być może najbardziej godnym uwagi osiągnięciem naukowym Williama Thomsona było odkrycie i opisanie zjawiska występującego, gdy polerowana powierzchnia żelaza meteorytowego jest trawiona kwasem, które, zanim dr R. T. Gunther odnalazł pracę Thomsona, było kojarzone z Aloisem von Widmanstättenem... Odkrycie Thomsona i jego opis wyraźnie wyprzedzają odkrycie Widmanstättena”.

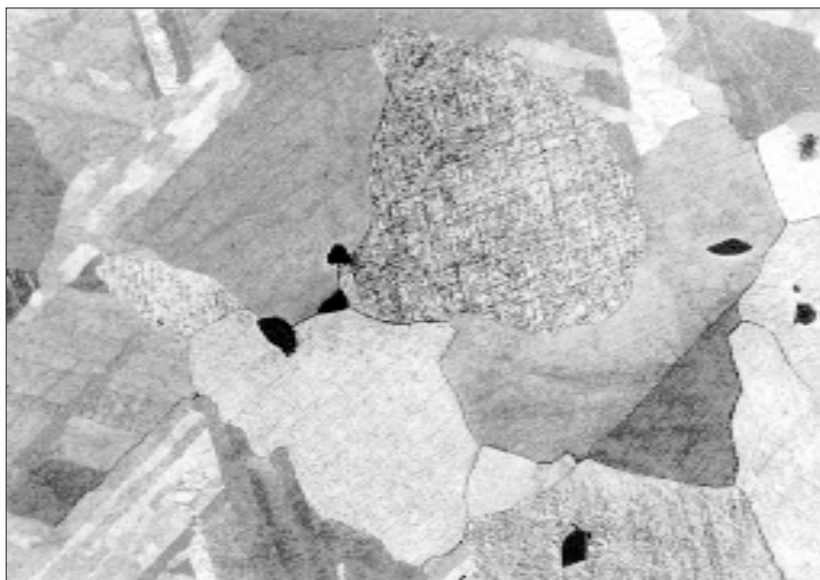
W 1974 r., gdy Marjorie Hooker opublikowała informację o pracy Thomsona z 1804 r. w *Bibliothèque*, napisała „jednym z osiągnięć (Thomsona), długo nieznanym, było odkrycie figur Widmanstättena, efektu trawienia występującego w meteorytach żelaznych”.

Roy S. Clarke ze Smithsonian Institution napisał te słowa w *Meteoritics* w 1977 r. „*Bibliothèque Britannique* była często cytowana przez autorów prac o meteorytach, ale wydaje się, że praca Thomsona z 1804 r. była całkowicie ignorowana podobnie jak wersja z 1808 r.” Następnego roku Clarke i Joseph Goldstein podkreślili wyłączenie osiągnięcia Thomsona, jeśli chodzi o figury, w artykule w *Smithsonian Contributions to the Earth Sciences*.

Współcześni autorzy także odnoszą wkład Thomsona.

Richard Norton pisze w *Rocks from Space*, „Thomson przypadkowo odkrył figury po raz pierwszy w 1804 r.”

W swej *Cambridge Encyclopedia of Meteorites* Norton dodaje, „Po spras-



Zmieniająca się struktura Thomsona niezgrupowanego oktaedrytu drobnoziarnistego Laguna Manantiales. Fot. Martin Horejsi.

wiedliwości ta wyjątkowa struktura powinna być nazywana strukturą... Thomsona”.

John G. Burke, autor *Cosmic Debris* podstawowej książki o historii meteorytyki, przyznaje Thomsonowi całą zasługę odkrycia.

Hap McSween, były prezes Meteoritical Society, nie wiedział o tych rozbieżnościach, ale proponuje, że teraz będzie przypisywał odkrycie Thomsonowi w każdym nowym wydaniu swojej książki *Meteorites and Their Parent Planets*.

Uczczenie odkrywcy

W szybko zmieniających się dziedzinach nauki o planetach i meteorytyki jesteśmy przyzwyczajeni do wciąż zmieniających się teorii i faktów. Czytelnicy tego czasopisma są dobrze przygotowani do przyjęcia nowej, odpowiedniej terminologii.

Jest oczywiste, że Thomson zasługuje na miejsce w leksykonie meteorytyki.

Zgadzając się ze znakomitym Richardem Nortonem mam zaszczyt zaproponować, aby figury nazywane dotąd „Widmanstättena” były odtąd nazywane „strukturą Thomsona”.

Ten artykuł pochodzi z książki autora *The Art of Collecting Meteorites*, która wkrótce zostanie opublikowana.

Literatura

- Achenbach Joel, „Who Knew? Publish or Perish”, *National Geographic*, p. 1. May 2003.
Burke John G., *Cosmic Debris — Meteorites in History*, pp. 38-40, **59**, 124-128, 1986.

Clarke Roy S. Jr., „William Thomson (1761-1806) A Neglected Meteoritist”, *Meteoritics*, **12**: 194-195, 1977.

Clarke Roy S. Jr. and Goldstein Joseph I., „Schreibersite Growth and its Influence on the Metallography of Coarse-Structured Iron Meteorites”, *Smithsonian Contributions to the Earth Sciences*, No. **21**, 1978.

Gunther Dr. R.T., „Dr. William Thomson, F.R.S., a Forgotten English Mineralogist, 1761 — c. 1806”, *Nature*, vol. **143**, pp 667-668, April 22, 1939.

Hey Max H., „History of the „Widmanstätten” Structure”, *Nature*, vol. **143**, p. 764, May 6, 1939.

Hooker Marjorie, *International Mineralogical Association, Ninth General Meeting*, West Berlin and Regensburg, **72**, 1974.

Neumann K. A., „Der verwunschene Burggraf in Elbogen in Bohmen, ein Meteorolit.” *AP* **42**, 197-209, 1812.

Norton O. Richard, *Rocks From Space* 2nd edition, p. 222, 1998.

Norton O. Richard, *The Cambridge Encyclopedia of Meteorites*, p. 184, 2002.

Paneth F. A., „The Discovery and earliest reproductions of the Widmanstätten figures”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. **18**, pp. 176-182, 1960.

Thomson G., „On the malleable iron etc. Essai sur le fer malleable trouve en Siberia par le Prof. Pallas”. *Bib. Brit. t.* **27**, No. 2, pp. 135-154, October 1804 and No. 3, pp. 209-229, November 1804.

Thomson G., „Saggio sul ferro malleabile trovato da Pallas in Siberia. *Atti. Accad. Fisicocrit*, Siena **9**, pp 42-47, 1808.

Waterson Charles D., „William Thomson (1761-1806) a forgotten benefactor”, *University of Edinburgh Journal*, pp. 122-134, Autumn, 1965.



Krater uderzeniowy Bołtysz na Ukrainie

Eugene P. Gurov

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 10 No. 1. Copyright © 2004 Pallasite Press)

Struktura uderzeniowa Bołtysz powstała 65 milionów lat temu jednocześnie z kraterem uderzeniowym Chicxulub na granicy K/T. Stan zachowania krateru Bołtysz i wyrzuconej z niego materii sprawia, że jest to odpowiedni obiekt do badań jego struktury i historii.

Na Tarczy Ukraińskiej znanych jest siedem struktur uderzeniowych (Il. 1). Rotmistrowka i Zeleny Gaj są prostymi kraterami, a Bołtysz, Obolon, Il-jiniec, Ternowka i Zapadnaja to złożone struktury uderzeniowe. Krater Bołtysz o średnicy 24 km jest największą strukturą uderzeniową w tym regionie. Znajduje się on w centralnej części Ukrainy, około 50 km na północ od Kirowogradu (Il. 2).

Struktura uderzeniowa Bołtysz jest przykryta cienką warstwą osadów czwartorzędowych i tylko pozostałości brzegu krateru są częściowo odsłonięte w części północno-zachodniej. Wewnętrzna struktura krateru jest znana z licznych wierceń, z których najgłębsze, nr 11475, sięgnęło do głębokości 1248 m. Schematyczny przekrój krateru jest pokazany na Il. 3. Bołtysz

jest złożonym kraterem z centralnym wzniesieniem. Maksymalna głębokość krateru wynosi 1 km wokół podstawy góry centralnej. Dno krateru zaznaczone jest przejściem od pokruszonej skały do spękanych granitów na głębokości 1065 m w rdzeniu wiertniczym 11475. Średnica centralnego wzniesienia wynosi 4 km, a wysokość sięga 600 m od maksymalnej głębokości krateru do wierzchołka wzniesienia. Krater jest wypełniony skałami impaktowymi do grubości 500 m, a na to nakładają się późniejsze osady o grubości do 570 m w centralnej części struktury. Wierzchołek centralnego wzniesienia jest przykryty 450 – 470 m osadami pozoderzeniowymi i nie jest widoczny na powierzchni.

Wewnętrzny krater o średnicy 12 km i głębokości do 1 km zajmuje centralną część struktury Bołtysz i tworzy obrączkową nieckę wokół centralnego wzniesienia. Wypełniony jest skałami stopionymi wskutek zderzenia, suevitem i brekcjami okrucowymi.

Stop pozoderzeniowy tworzy obrączkową warstwę o średnicy 12 km i grubości do 220 m otaczającą central-

ne wzniesienie. Podhoryzontalna powierzchnia warstwy stopu jest dowodem, że skały stopione w wyniku uderzenia utworzyły jezioro w najgłębszej części krateru wokół centralnego wzniesienia bezpośrednio po zderzeniu. Płaski wierzchołek centralnego wzniesienia wystawał 60 – 80 m ponad powierzchnię płynnej skały.

Stopioną warstwę tworzą dwa główne typy skał. Dolną część, o grubości około 140 m, tworzy czarna skała ze szkliwa z fenokryształami plagioklazu i piroksenu. Górna część o grubości do 80 m składa się z ciemnoszarej, mikrokryształicznej skały. Jej głównymi składnikami są skalenie, kwarc i rzadko biotyt w drobnoziarnistej masie. Przerywana warstwa suevitu o grubości do kilkudziesięciu metrów występuje na powierzchni warstwy stopu. Aerodynamiczne kształty niektórych bryłek szkliwa w suevicie są dowodem, że te bryłki spadały z powrotem, osiadały na powierzchni stopu i tworzyły tam „wyspy”. Złożone przewarstwienia suevitu i skał stopu pozoderzeniowego występują w rdzeniu wiertniczym 11475. Głównymi składnikami suevitu są cząstki różowego i czarnego szkliwa i okrucy zszokowanych, krystalicznych skał.

Peryferyjna część struktury wokół wewnętrznego krateru jest płytką, kołową depresją. Granica między nią, a wewnętrznym kraterem wyraża się fałdem w dnie krateru. Głębokość peryferyjnej depresji zmniejsza się stopniowo od 550 m przy wewnętrznym kraterze do podstawy wału krateru. Ta peryferyjna depresja jest wypełniona głównie późniejszymi osadami.

Wał krateru jest intensywnie zerodowany. Jego pozostałości są odsłonięte na niewielkim obszarze w północno-zachodniej części krateru w dolinie rzeki Tiasmyń. Rzeka przecina tu skatakłazowane granity tworząc kanion o stromych brzegach o wysokości 5-8 m (Il. 4).



Il. 1. Schematyczna mapa Ukrainy z siedmioma znanymi strukturami uderzeniowymi (czarne kropki). Zaznaczono także niektóre większe miasta. Zakresowany obszar oznacza zasięg Tarczy Ukraińskiej.

Krater Bołtysz jest otoczony przez wyrzuconą zeń materię tworzącą warstwę brekcji na obszarze około 6500 km² (Il. 2). Brekcje te uległy intensywnej erozji przez morze atakujące północne stoki Tarczy Ukrainińskiej w Eocenie. Obecnie maksymalna grubość brekcji sięga kilkudziesięciu metrów w odległości około 2 promieni krateru i kilku metrów w odległości około 4 promieni krateru od środka. Początkową grubość materii wyrzuconej z krateru Bołtysz oceniono przez porównanie z kraterami księżycowymi i doświadczalnymi. Początkowa grubość brekcji przed erozją była około 300 m przy wale krateru, zmniejszała się do 10 m w odległości 45-50 km i do 1 m w odległości około 90 km od środka struktury. Przypuszczalny obszar pokryty warstwami wyrzuconej z krateru materii o grubości ponad 10 cm sięgał od Kijowa do Dniepropietrowska.

Materia ta na całym obszarze jej występowania jest przykryta późniejszymi osadami i tylko rzadko odsłonięcia brekcji występują na zboczach niektórych dolin rzecznych (Il. 5). Odsłonięta materia to polimiktyczna brekcja składająca się z rumoszu i bloków krystalicznych skał z podłoża krateru słabo skonsolidowanych z drobnopiezistą materią o tym samym składzie. Rozmiary fragmentów brekcji sięgają od centymetrów do kilkudziesięciu centymetrów, a największe bloki granitu mają 5-8 metrów. W tej brekcji obficie występują efekty metamorfizmu szokowego.

Struktura Bołtysz jest wypełniona osadami pozderzeniowymi o grubości do 500-550 m w centralnej części. Dno krateru bezpośrednio po uformowaniu było powierzchnią stopu pozderzeniowego w wewnętrznym kraterze wokół góry centralnej i zbrekciowanych krystalicznych skał w peryferyjnej części struktury. Osiada-

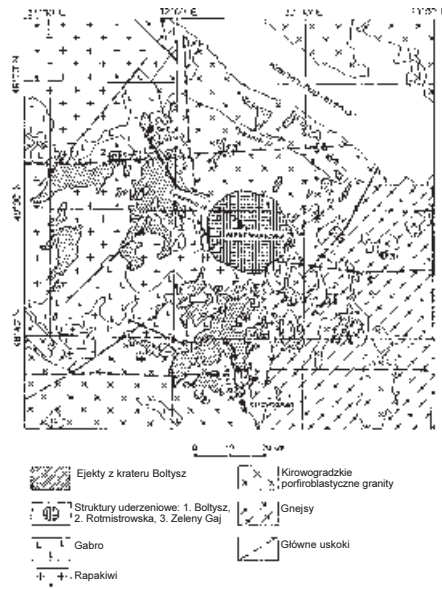
nie pozderzeniowych osadów rozpoczęło się natychmiast po utworzeniu krateru przez ześlizgiwanie się słabo skonsolidowanej materii z walu krateru i częściowo z góry centralnej. Sedymentacja w najgłębszej centralnej części krateru rozpoczęła się w bezwodnych warunkach na gorącej powierzchni suevitu i stopu pozderzeniowego, bo woda z opadów atmosferycznych wyparowywała przy zetknięciu z powierzchnią. Tak więc utworzenie się w kraterze jeziora stało się możliwe dopiero po ostygnięciu powierzchni stopu poniżej 100°C.

Życie organiczne w takich warunkach było niemożliwe przez długi czas, póki nie ostygła woda w jeziorze krateru. Tak więc najniższa część osadów pozderzeniowych, o grubości około 110 m, składa się z piaskowców, piasków i mułowców bez pozostałości fauny.

Mułowce, gliny i argilite z warstwami piaskowców i margli tworzą osady o grubości około 250 m. W osadach występują liczne warstwy łupków roponośnych o grubości do 8 m. Zasoby łupków roponośnych sięgają 4 miliardów ton.

Po ostygnięciu wody jezioro w kraterze skolonizowała liczna flora i fauna. W warstwach glin i mułowców z tego okresu występują odciski ostracode (małych skorupiaków o podwójnej skorupie), gastropoda (ślimaki), ryb i innych organizmów.

Zamknięte, słodkowodne jezioro w kraterze zostało zalane przez morze w środkowym Eocenie około 30 mln lat po utworzeniu się struktury Bołtysz. Osadziły się wtedy piaski, margle i gliny o łącznej grubości 70-90 m. Wypełnianie krateru zakończyło się w kontynentalnych warunkach podczas neogenu i czwartorzędu osadami piasku, lessu i iłu.



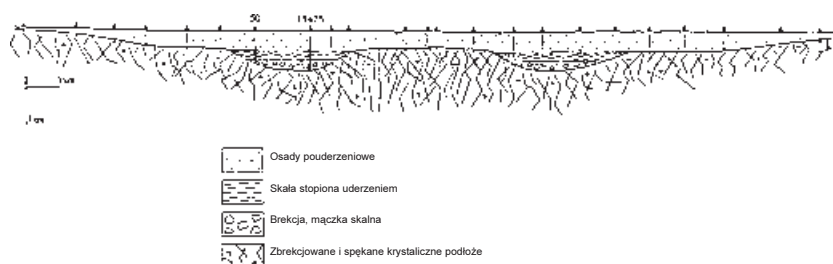
Il. 2. Schematyczna mapa struktury uderzeniowej Bołtysz i wyrzuconej z niej materii (wg. Gurov et al. 2003). Pominięto osady kenozoiczne przykrywające ten obszar.

Wiek struktury uderzeniowej Bołtysz i wyrzuconej z niej materii do niedawna nie był dobrze znany. Wyznaczanie wieku skał stopu pozderzeniowego robione różnymi metodami dawało duży rozrzut od 55 do 177 milionów lat, przy czym najczęściej podawano wiek 88 mln lat. Nowe datowanie krateru przeprowadził S. Kelley stosując metodę ³⁹Ar-⁴⁰Ar. Analizując próbki rdzeni skał stopu pozderzeniowego wyznaczył on wiek struktury na 65,17 ± 0,64 miliona lat (Kelley i Gurov, 2002).

Krater Chicxulub w Meksyku, który spowodował globalną katastrofę i masową zagładę na końcu ery mezozoicznej, powstał 64,94±0,11 — 65,46±0,6 Ma temu (Kelley i Gurov, 2002; Montanari i Koeberl, 2000). Tak więc krater Chicxulub i Bołtysz powstały jednocześnie lub w krótkim odstępie czasu. Wyznaczenie względnego czasu powstania kraterów Chicxulub i Bołtysz jest ważne dla lepszego zrozumienia katastrofalnych zjawisk na granicy K/T.

Możliwe są następujące trzy sekwencje zderzeń na końcu Mezozoiku:

1. Krater Chicxulub powstał przed strukturą uderzeniową Bołtysz. Uformowanie tej ostatniej zniszczyło w centralnej części Tarczy Ukrainińskiej cienką warstwę osadów z granicy K/T. Zachowanie tej warstwy było możliwe tylko w odległości setek kilometrów od struktury Bołtysz.



Il. 3. Schematyczny przekrój przez strukturę uderzeniową Bołtysz z południowego zachodu na północny wschód. Zaznaczone jest miejsce najgłębszego wiercenia nr 11475.

2. Kratery Chicxulub i Bołtyż powstały jednocześnie. Pyły wyrzucone z krateru Bołtyż połączyły się z wyrzuconymi z Chicxulub. Wokół struktury Bołtyż osiadła tylko jedna warstwa po katastrofie.

3. Struktura Bołtyż została utworzona przed Chicxulub. W tym przypadku warstwa po katastrofie osiadła w kraterze Bołtyż w najniższej warstwie osadów pozderzeniowych i na powierzchni materii wyrzuconej z krateru. Zachowanie materii wyrzuconej z Chicxulub było niemożliwe z powodu transgresji w Eocenie i intensywnej erozji materii wyrzuconej z krateru Bołtyż.

Szczegółowe badanie granicy K/T na dużym obszarze wokół krateru Bołtyż może pomóc w uzyskaniu odpowiedzi na pytanie o kolejność tych dwóch zderzeń na końcu Mezozoiku.

Literatura

- Gurov E.P., Kelley S.P., Koeberl C. (2003) Ejecta of the Boltysh impact crater in Ukrainian Shield. In: C.Koeberl and F. Martinez-Ruiz (eds.) *Impact Markers in the Stratigraphic Record*. Springer, Berlin, pp. 179-202.
- Kelley S.P., Gurov E.P. (2002) The Boltysh, another end-Cretaceous impact. *Meteoritics & Planetary Sciences* **37**, pp. 1031-1044.
- Montanari A., Koeberl C. (2000) Impact Stratigraphy: The Italian Record. *Lecture Notes in Earth Sciences* **93**, Springer, Berlin.

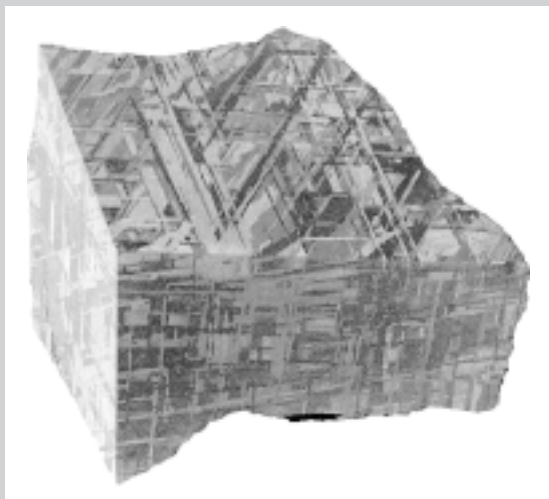


Il. 4. Kanion rzeki Tiasmyn w skatylazowanych granitach wału krateru Bołtyż. Wysokość urwisk waha się od 5 do 8 m.



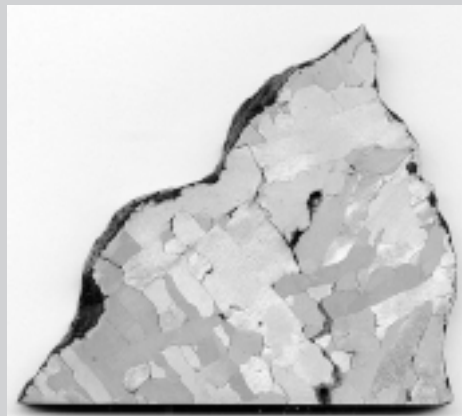
Il. 5. Wychodnia brekcji w dolinie rzeki Tiasmyn. Największe, kanciaste bryły granitu mają do 50 cm średnicy.

200 lat figur Thomsona



Gibeon, okaz zeszlifowany i wytrawiony w trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyznach w celu ukazania zależności wyglądu figur od kierunku przecięcia. Fot. J. Puszcz

ASPMET oferuje:



Płytki Campo del Cielo po 1 zł za gram

<http://jba1.republika.pl/aspmet.htm>

Zapowiedź w poprzednim numerze okazała się przedwczesna, bo okaz, który miał być pocięty na płytki, został sprzedany w całości. Przepraszam. Tym razem powinno się udać. Bensour też można kupić, ale już nie tak tanio. A.S.P.

Z targów na targi

(relacje z kwartalnika METEORITE Vol. 10 No. 1. Copyright © 2004 Pallasite Press)

VI Międzynarodowe Targi Meteorytowe w Gifhorn

Klaus Becker

Szosta edycja tych znanych targów meteorytowych miała miejsce znów w pięknym mieście Gifhorn. W piątek, jak w poprzednich latach, targi zaczęły się od warsztatów meteorytowych, by wprowadzić zainteresowane osoby w tajniki wiedzy o meteorytach. Podczas powitalnego wystąpienia burmistrz Gifhorn uhonorował Mike Farmera i Alexandra Gehlera jako wystawców, którzy brali udział od pierwszych targów w 1998 r.; także Thomas Kurtz i autor otrzymali medale Gifhorn za popularne wykłady naukowe, oraz Rainer Bartoschewitz jako organizator targów. Na targach prezentowano, jak w poprzednich latach, niemal cały zakres typów meteorytów i różnych skał związanych ze zderzeniami.

Gregor Pacer (Niemcy) prezentował trzy całkowite australity z kołnierkami, wiele filipinitów, marsjański meteoryt Zagami, i bardzo rzadki, pięknie kolorowy nowy meteoryt księżycowy Dhofar 908, brekcję z troktolitowymi i norytowymi inkluzjami. Na jego stoisku był także historyczny Ureilit Novo Urei.

Serge Afanasjew z Comet Meteorite Shop z Moskwy (Rosja) dał przegląd meteorytów księżycowych z pustyni Dhofar jak bazalt z mórz księżycowych Dhofar 287, anortozytowa brekcja zderzeniowa Dhofar 309, anortozytowa brekcja krystaliczna Dhofar 026, anortozytowa brekcja okruczowa Dhofar 310 i brekcja regolitowa Dhofar 301. Oferował też duży zbiór bardzo pięknych płytek cienkich meteorytów.

Mike Farmer (USA) prezentował trochę okazów z nowego deszczu chondrytów Park Forest z 26 marca 2003 r. Oferował okazy z małymi fragmentami okładziny z uszkodzonego domu na Winslow Street. Wśród innych rarytasów wystawiał bardzo piękny, 60 g. okaz nowego diogenitu oznaczonego wstępnie NWA S, nowy rumurutit R4,

NWA 1906 znalezione w 2003 r. i ważącą prawie 50 g płytkę prześlicznego howardytu NWA 1929. Mike wrócił właśnie z Indii i opowiadał ciekawe nowiny o spadkach Orissa i New Orleans, które miały miejsce zaledwie miesiąc przed targami w Gifhorn.

Na zawsze robiącym wrażenie stoisku Ewy i Uwe Egerów (Niemcy) było wiele europejskich impaktytów oraz duża liczba rzadkich meteorytów jak angryt Sahara 99555 i trochę meteorytów, które jeszcze są badane.

Dawne obserwowane spadki jak eukryt Juvinas z 1821 r. (Francja), japoński chondryt H4 Kesen z 1850 r. czy chondryt L5 Farmington z 1890 r. z USA można było znaleźć na stoisku Alexandra Gehlera (Niemcy). Ponadto prezentował on rzadkie ziemskie żelazo rodzime w bazalcie z Kassel w Niemczech.

Fragmenty zwietrzliny z meteorytu żelaznego Bendego (Brazylia), płytki hematytu z Santa Catharina, duży, utleniony fragment ataksytu Santa Catharina i małe, krzemianowe inkluzje z Campo oferował Hans Koser (Urugwaj). Oczywiście do kupienia były także duże okazy Campo do 50 kg.

Rainer Hobein (Niemcy) oferował impaktyty z Mauretanii włącznie z pięknym, dużym szkliwem impaktowym z krateru Aouelloul. Ponadto miał kilkanaście samodzielnie zebranych chondrytów, jak NWA 1795,

1798, 1576, 1797, 1796 i nowy chondryt, prawdopodobnie L4-5, który wciąż jest badany.

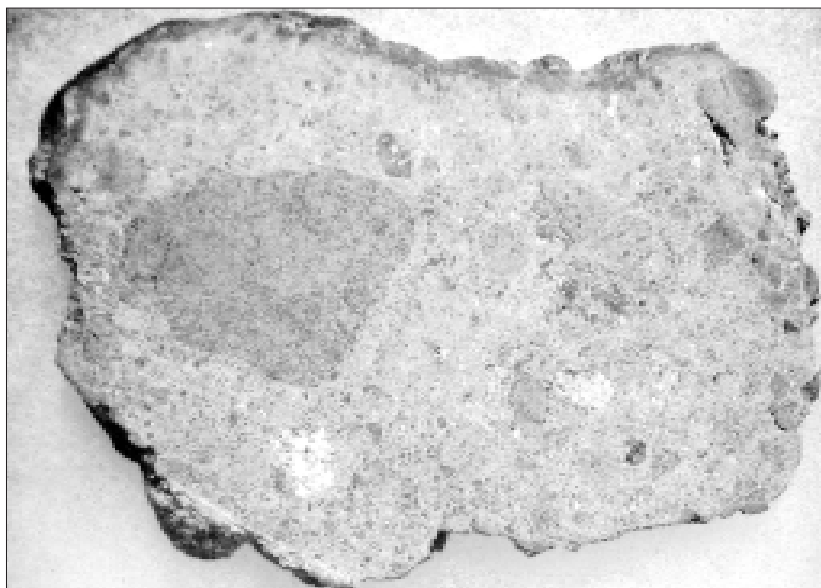
Michaił Miedwiediew (Rosja) prezentował płytki Shirokovsky podobne do pallasytu. Ten nie potwierdzony meteoryt jest narazie wciąż badany i za wcześniej na ostateczne komentarze.

Bardzo ładne odłamki meteorytu Sikhote-Alin były dostępne na stoisku Dmitri Kachalina (Rosja). Peter Kummel (Niemcy) miał na stoisku między innymi co najmniej 18 meteorytów z Niemiec.

Kilkanaście meteorytów żelaznych i kamiennych, pięć większych okazów Odessy i ładne okazy szkliwa Pustyni Libijskiej można było znaleźć na stoisku König Minerals (Niemcy).

Thomas Dehner (Niemcy) oferował tektytowe rarytasy jak iworyty a także billitonity z ich typowymi kształtami kowadeł. Można było także zobaczyć Moldawity, a szczególnie jeden ładny okaz wciąż tkwiący w oryginalnej gliniasto-żwirowej masie z miejsca znalezienia. Ponadto miał on stożki uderzeniowe z Sudbury w Kanadzie, Rochechouart we Francji, Glover Bluff w USA, Steinheim i Nördlingen w Niemczech, impaktyty z Wolf Creek i Gosses Bluff w Australii, Lonar w Indiach, Paasselka w Finlandii i Henbury w Australii.

Organizator targów meteorytowych w Gifhorn, Rainer Bartoschewitz



Howardyt NWA 1929 na stoisku Mike Farmera

(Niemcy) przybył wraz ze swym polowym laboratorium oferując bezpłatne badanie domniemanych meteorytów. Dwanaście niesklasyfikowanych meteorytów przekazano do dalszych badań i rejestracji przez Komisję Nazewnictwa Meteoritical Society. Ponadto oferował on płytki cienkie kilkunastu meteorytów i impaktytów, okazy acapulcoitu Tisseumoumine i anomalnego ureilitu NWA 1500, który jest jedynym znanym monomiktycznym ureilitem zawierającym skałę i chromit.

W przeszłości były liczne dyskusje o wartości „bezosobowych” pustynnych meteorytów nazywanych tylko nazwą stanu czy części kontynentu i coraz wyższymi liczbami. Niestety wiele pustynnych meteorytów jest zbieranych bez dokładnych informacji na temat miejsca znalezienia, tak że ta procedura jest jedyną poprawną. Z drugiej strony jest wiele pustynnych meteorytów z dokładnie udokumentowanymi miejscami znalezienia, ale te meteoryty także dostają od Komisji Nazewnictwa Meteorytów nazwę „NWA xxxx”, chociaż miejsce znalezienia znajduje się na obszarze z nazwanymi stałymi obiektami. Krytykował to Bartoschewitz będąc na spotkaniu na temat nazewnictwa meteorytów w ramach konferencji Meteoritical Society w Münster i będzie to omawiane w Komisji Nazewnictwa Meteorytów.

Jak zwykle dużej ofercie meteorytów towarzyszyła wystawa plakatów. Opisano wszystkie znane niemieckie meteoryty podając historyczne informacje i okoliczności spadku lub znalezienia oraz ich właściwości chemiczne, mineralogiczne i petrologiczne. Odbędzie się kilka wykładów na temat meteorytów: „Wartość meteorytów” Rainera Bartoschewitza, „Powstanie Układu Słonecznego i ciał macierzystych meteorytów” oraz „Trojańczycy — mistyczne planetoidy” Klausa Beckera. Moim zdaniem największe wrażenie zrobił wykład Thomasa Kurtza o jego poszukiwaniach meteorytu Neuschwanstein. Spędził on wiele tygodni w górach Bawarii szukając okazów, które spadły w 2002 r. Pokazał wiele slajdów z przewidywanego terenu spadku, problemy z zaroślami i polami skalnego rumoszu. Niestety nic nie znalazł, ale jego relacja z poszukiwań była bardzo dobra, z dużą dawką humoru.

W sumie targi w Gifhorn znów pozwoliły zobaczyć wiele meteorytów i impaktytów, które trudno zobaczyć jednocześnie w jakimkolwiek innym miejscu świata, a zwiedzający byli zaskoczeni dużym zakresem informacji o meteorytach i ich związkach z innymi dziedzinami nauki. Razem z towarzyszącymi wykładami, prezentowanymi plakatami i wiedzą wystawców te małe targi oferują wszystko, co się tyczy meteorytów i impaktytów i, co niemniej ważne, dobrą zabawę. Na „Meteorytowym Bankiecie” dyskutowaliśmy o meteorytach i wymienialiśmy doświadczenia w miłej atmosferze do późnej nocy.

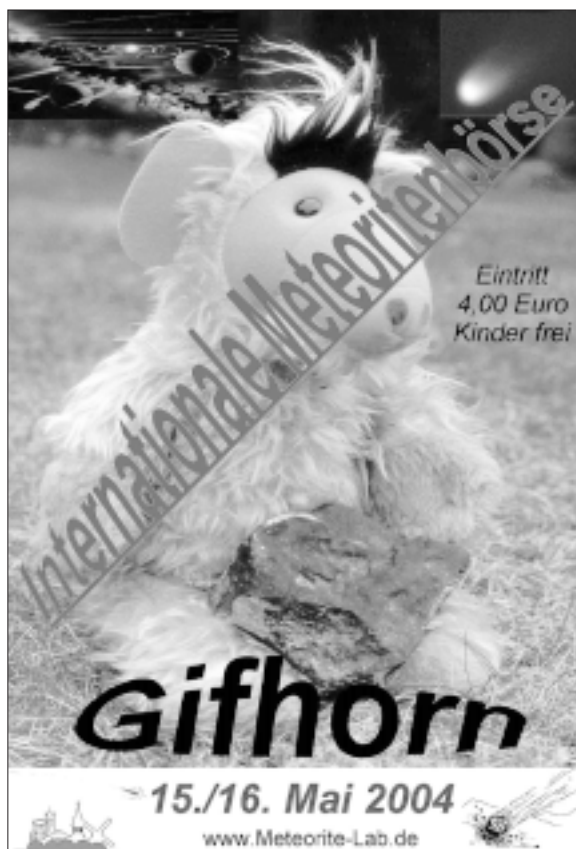
W porównaniu z dużymi targami minerałów, gdzie także oferowane są meteoryty, targi meteorytowe w Gifhorn oferują możliwość porównania materii meteorytowej od różnych dealerów na małym obszarze i podyskutowania o okazach ze znawcami tematu. Mam szacunek dla odwagi wystawców w Gifhorn, którzy nie obawiają się rywalizacji na małej przestrzeni. Atmosfera i warunki na Targach Meteorytowych w Gifhorn sprzyjają uczciwym meteorytowym interesom.

VII Międzynarodowe Targi Meteorytowe w Gifhorn odbędą się w nowym terminie, 15 i 16 maja 2004 roku. Tradycyjnie rozpoczną się od warsztatów 14 maja. Informacja jest dostępna na www.Meteorite-Lab.de.

„Witamy w Komorze Skarbów” — Monachium 2003

Christian Pinter

Zorza polarna tańczyła na niebie nad południowymi Niemcami, jakby chciała pogratulować Monachium 40 rocznicy jego międzynarodowych „Mineralientage”. Gdy



te targi klejnotów i minerałów startowały w 1964 roku, oglądaliśmy pierwsze zdjęcia Księżyca z bliska i nikt jeszcze nie widział zdjęć powierzchni Marsa. Teraz, czterdzieści lat później, nie zdjęcia z sond kosmicznych ale prawdziwe fragmenty innych globów ozdabiały stoły — włącznie z kamieniami z Księżyca i, jak sądzi większość naukowców, z Marsa.

Wtedy, w 1964 roku, nie było na targach ani jednego dealera sprzedającego meteoryty. Tym razem było ich co najmniej 50 wśród 820 wystawców. Stoiska tych najlepszych były dosłownie zawałone wszystkim, o czym kolekcjoner mógłby zamarzyć. Weźmy na przykład Ericha Haiderera. Austriak miał do wyboru bogactwo meteorytów wielu różnych typów. Wyróżniały się wśród nich księżycowa brekcja okruczowa DaG 996, brekcja bazaltu z móż DhoFar 287 czy bazaltowe shergottyty NWA 1068 i DaG 975. Wśród niezliczonych okazów zauważyłem także ureility DaG 999 i NWA 1500.

Tylko sześć dni przed targami Siegfried Haberer wrócił z Omanu. „Przeżyliśmy ten kraj przez cały miesiąc”, powiedział mi. „Jeśli znajdziesz meteoryty z Księżyca, ekspedycja się opłaca”, kontynuował z uśmiechem. Trofea z jego wcześniejszych wypraw były rozłożone wokół. Szary, księży-

cowy kamień, ważący 142,9 g, właśnie dostał oficjalną nazwę: Dhofar 910.

Nie zauważyłem Matthiasa Kurza, którego szczególnie okazy zawsze dawały smaczku ofercie Petera Pittmanna. Znowu Pittmann przywiózł do Monachium ogromne ilości Dhofarów, jak kolorowy, niezgrupowany chondryt Dho 535, niezgrupowany achondryt Dho 732, eukryty Dho 275 i Dho 300 czy diogenit Dho 700.

Bruno Fectay sprowadził już ponad 2 tony meteorytów z Maroka. W tym roku wystawiał sześć głównych mas meteorytów z Marsa, w tym shergottyt lherzolitowy NWA 1950 i shergottyt bazaltowy NWA 856. Zwiedzających zachwycaly takie jego skarby, jak Bencubbin, D'Orbigny, Renazzo i Tagish Lake.

Labennów nie było widać w tym roku. Zamiast nich prezentowała znaleźiska z Sahary sprawdzona na pustyni włoska grupa, nazywająca się po prostu „www.meteorite.it”. Można było tu obejrzeć na przykład ureilit DaG 692 czy eukryt DaG 684.

Zawsze miło rozmawia się z Achmedem Pani, który koncentruje się na NWA. Zwrócił moją uwagę na płytki chondrytów NWA 820 (L3-5), NWA 778 (H4) czy NWA 1172 (H5). Z pewnością najciekawszym jego okazem był howardyt NWA 1664: tkwiące w nim fragmenty szkliska o wielkości do 1 cm urzekaly klientów.

Na stoisku Alego Hmani można było podziwiać angryt NWA 1296, rumurutit NWA 753 i chondryt węglisty NWA 1465 (CV3). Hmani sprzedawał także okazy amfoterytu Bensour (LL6).

Dla tych, których bardziej interesują historyczne meteoryty, czerwony dywan rozwinęli Joachim Karl, Christian Stehlin i Peter Kümmel. Joachim miał Tabor (1753), Mauerkirchen (1768), Barbotan (1790), Wold Cottage (1795), Chassigny (1815), Cape York (1818) czy Aumale (1865). Kümmel dodał do tego Ensishim (1492), Steinbach (1724), Eichstädt (1785) i Hainholz (1856). Stehlin świętował dwusetną rocznicę deszczu w L'Aigle (1803) wystawiając bardzo duży okaz z tego ważnego spadku. Towarzyzyły mu klasyczne meteoryty jak Maralinga, Efremovka czy Millbillillie.

Mike Farmer skoncentrował się na starych i nowych spadkach od Stannern (1808) i Farmington (1890) do Portales Valley (1998), Bilanga (1999) i Park Forest (2003). Ponadto oferował księ-

życową brekęję impaktową NWA 482 i Nakhlit NWA 998.

Uwe Eger znalazł swoją własną niszę, „najlepszą ze wszystkich” jak podkreślał, wytwarzając pierścienie i inne ozdoby z meteorytów. Dla tych, którzy lubią grać w kości, zrobił kostki do gry z Gibeona osadzając w nich diamenty jako oczka.

Alain Carion z dumą prezentował dużą płytę niezgrupowanego oktaedrytu Saint-Aubin z dużą inkluzją w kształcie kryształu wewnątrz. Poza ładnymi meteorytami oferował wiele impaktytów z Aouelloul, Darwin, Dellen, Monturaqui, Ries, Rochechouart, Sudbury i Wells Creek.

Thomas Dehner także przywiózł do Monachium impaktyty z Wolf Creek, Gosses Bluff, El'gy-gytgyn i Popigai oraz wspaniałe javanity, billitonity, bedazyty i uwarstwione Moldavity. Niemal każdy dealer ubarwiał swoje stoisko oferując okazy tajemniczego, żółtawego szkliska Pustyni Libijskiej. Nigdy wcześniej nie widziałem tak wielu okazów tego szkliska.

Targi zajmowały trzy ogromne hale. Gdzieś na uboczu stały na podłodze dziesiątki pudeł, a każde zawierało setki chondrytów zwyczajnych. W takich ilościach i bez skierowanych na nie świateł reflektorów ci przybysze z kosmosu tracą wiele ze swej magii. „Czas, gdy każdy meteoryt był traktowany z szacunkiem, dawno minęły”, westchnąłem. Zebrane w Maroku i sąsiednich krajach, niesklasyfikowane, zwyczajnie wystawiono je na sprzedaż po jakieś 70 dolarów za kilogram. Niektórzy zwiedzający grzebali w tych pudłach z nadzieją na znalezienie czegoś niezwykłego.

Podobała mi się swobodna atmosfera targów i rozmowy z dealerami i ku-



Sergey Vassiliev i Joachim Karl (z prawej) prezentują spadki XVIII wieku.



Siegfried Haberer i Yvonne Rennert trzymająca kawałek Księżyca: Dho 910.

pującymi. W porównaniu z bardziej ograniczoną podażą meteorytów jeszcze kilka lat temu zwiedzający musieli się teraz czuć jak w komorze pełnej skarbów. Jednak większość tych skarbów wyraźnie była nieosiągalna dla wszystkich z wyjątkiem najbogatszych. Widziałem więc rozczarowanie na wielu twarzach. Narzekano na nie zmieniające się, sztywne ceny i niejeden kolekcjoner wrócił do domu bez uszczerbku dla budżetu. Dealerzy też nie byli zadowoleni narzekając na „zastój w interesach”. Niektórzy nawet myśleli o zrezygnowaniu zupełnie z Monachium.

Mój przyjaciel nazwał tę sytuację „utknięciem w martwym punkcie”. Czy będzie tak nadal? Może ktoś chce sprawdzić to osobiście? Następne targi w Monachium odbędą się 30 i 31 października 2004 r. Będzie ze 40000 zwiedzających, więc warto rozważyć odwiedzenie targów dzień wcześniej. Może zaprzyjaźniony dealer dostarczy niezbędne specjalne zaproszenie.



Ziemskie kamienie udające meteoryty

O. Richard Norton & Lawrence A. Chitwood

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 10 No. 1. Copyright © 2004 Pallasite Press)

Dzwoni telefon. „Halo! To pan jest tym od meteorów?” sły szę w słuchawce. „Tak” odpowiadam ostrożnie. Rozmówca kontynuuje „Znalazłem ten kamień, myślałem że to meteor.” Kilka dobrze dobranych pytań zwykle ujawnia, że to ziemski oszust, ale dzwoniący nie jest przekonany i nalega. „Dostałem tę książkę z biblioteki „Rocks From Space”, gdzie widać dokładnie to, co mam. Mogę wpaść z tym do pana na sekundę? Mogę być za 15 minut.”

Z pewnością każdy z nas spotyka się od czasu do czasu z podobnym scenariuszem i dobrze wiemy, że każdy nowicjusz w świecie meteorytów musi koniecznie przejść przez okres inicjacji. Musi grzebać w bibliotekach, z nadzieją na znalezienie w książkach o meteorytach odpowiedzi na pytanie „Jak rozpoznaje się meteoryt?”. Opisy i zdjęcia w książkach, choć pomocne, nie zastąpią prawdziwego obiektu. Dobrze znamy podstawowe kryteria wykorzystywane w terenie by zidentyfikować typowy meteoryt kamienny. Szukamy skorupy obtopieniowej, sprawdzamy, czy działa na magnes, patrzymy, czy są chondry. Cechy te wydają się tak oczywiste i rozstrzygające. Jednak każdemu z nas się zdarzyło, że ktoś przynosił kamień mający powyższe cechy tylko po to, by z rozczarowaniem dowiedzieć się, że dał się nabrać ziemskiemu kamieniowi. Shirokovsky i Putorana są wystarczającymi przykładami, jak można się oszukać. Przyjrzymy się tu najpospolitszym meteorytom i udającym je ziemskim kamieniom.

Skorupa obtopieniowa

Pierwszą cechą meteorytów kamiennych, która zwraca naszą uwagę, jest ciemnobrązowa lub czarna skorupa, zwłaszcza, gdy meteoryt jest pokruszony i ukazuje kontrastujące

jasnoszare wnętrza typowe dla wielu chondrytów zwyczajnych. Z reguły skorupa jest cienka, o grubości poniżej milimetra. Jeśli meteoryt jest stosunkowo świeży i niezwietrzały, mogą być widoczne na skorupie zakrzepłe strużki. Większość meteorytów znajdujących na starych obszarach spadków jest mniej lub bardziej zwietrzała. Fot. 1 przedstawia dwa okazy z terenu spadku Nuevo Mercurio. Różnica ich wyglądu jest uderzająca. Jeden ma grubą, czarną skorupę, na drugim skorupa jest brązowa, silnie utleniona. Spadły one w tym samym czasie i w podobnych warunkach, ale bardziej zwietrzały okaz był widocznie przez jakiś czas zagrzebany w ziemi, gdy drugi pozostawał na powierzchni. Przy pomocy chropowatej płytki (tylna strona ceramicznej płytki dobrze się do tego nadaje) można odróżnić prawdziwą skorupę od podobnego, ziemskiego tworzywa. Na przykład magnetyt bardzo często jest brany za meteoryt ponieważ jest czarny i ma właściwości magnetyczne. Na chropowatej powierzchni magnetyt pozostawi czarną rysę, a prawdziwa skorupa obtopieniowa z zawierającego żelazo szkliwa nie pozostawi. Jeśli meteoryt jest bardzo mocno zwietrzały, może pozostawić słabą, brązową rysę hematytu lub goethytu, produktów wietrzenia żelaza pod skorupą. W płycie cieniwej obejmującej przekrój skorupy można zobaczyć, że składa się ona ze szkliwa, które przy skrzyżowanych polaroidach zostaje wygaszone (jest izotropowe), a w którym widać tylko kilka jaskrawo zabarwionych kryształów wysokotemperaturowych minerałów takich jak oliwin, zanurzonych w szkliwie.

Wiele pustynnych skał powoli nabyla cieniwej, ciemnej patyny lub polewy pustynnej wytworzonej przez wietrzenie przez długi okres czasu, która może bardzo przypominać sko-

rupę meteorytu. Fot. 2. ukazuje taki kamień z cienką, ciemną powłoką, którą wzięto za skorupę meteorytu. Rozłupanie kamienia ukazuje jednak gruboziarnistą, krystaliczną strukturę z minerałami, które zwykle nie występują w chondrytach. W tym przypadku widzimy kwarc, skaleń, hornblendę i biotyt. Jest to zwietrzały granit. Ziemska „skorupa” to cienki nalot tlenków żelaza ze śladami tlenku manganu i krzemionki. Te tlenki są produktami wietrzenia wnętrza, które powoli wydostają się na powierzchnię kamienia stopniowo ją zabarwiając.

Chondry

Chondry są znakiem rozpoznawczym chondrytów. Ich obecność w skale jest ostatecznym dowodem. Mamy chondry, to znaczy mamy meteoryt. Wielkość chondr jest bardzo różna od olbrzymich o średnicy 25 mm do mniejszych od 0,1 mm. W niektórych meteorytach chondry mają zdumiewająco jednakowe rozmiary (chondryty CO3). Inne, takie jak Allende CV3.2 mają chondry wszystkich rozmiarów. W najbardziej kruchych meteorytach, jak Bjurböle L/LL4 czy Saratov L4 chondry łatwo wydostać z powierzchni przełamu. Przy pomocy dziesięciokrotnej lupy można zobaczyć strukturę rozłupanej chondry. Widać kryształy oliwinu i piroksenu ułożone w specyficzny sposób (zob. Meteoryt 2/2003). Wiele ma wielokrotne obwódki sugerujące, że przechodziły one przez kilka okresów wzrostu dzięki materii przylepiającej się do pierwotnego, sferycznego ciała.

Mówi się, że chondry występują jedynie w chondrytach. W zasadzie jest to prawda, ale są ziemskie fałszywe chondry, które mogą oszukać przypadkowego obserwatora. Pewne minerały mają zwyczaj przybierać formy kuliste. Fot. 3 przedstawia pod



Fot. 1. Dwa meteoryty z terenu spadku Nuevo Mercurio. Ten z lewej ma silnie zwiertzałą skorupę obtopieniową, a ten z prawej świeżą, czarną skorupę. Widoczne są na niej spękania spowodowane kurczeniem się skorupy.



Fot. 2. Ziemska skała magmowa pokryta polewą pustynną udającą skorupę meteorytu. Jaśniejsze wnętrza ukazują ziarna minerałów spotykanych w granitach.

stawową rudę aluminium, boksyt. Nie jest to minerał lecz skała złożona z kilku minerałów w większości zawierających glin. Ługowanie przez tropikalne deszcze wymywa krzemionkę pozostawiając wodorotlenki glinu. „Chondry” tworzone w procesie ługowania są dość wyraźnie widoczne.

Minerały przybierające kształt sferyczny lub elipsoidalny tworzą zwykle skały o teksturze pizolitowej, oolitowej lub sferulitowej. Te ciała mają różną wielkość: oolity mają do 2 mm średnicy, pizolity są większymi kulkami do rozmiarów grochu. Wspomniany wyżej boksyt ma teksturę pizolitową. Najbardziej pospolita skała o teksturze oolitowej to wapień oolitowy. Składa się on z niemal ide-

alnych kulek scementowanych kalcytem. Kulki zaczynają rosnąć wskutek wytrącania się kalcytu wokół ziaren kwarcu lub fragmentów skorupki. Ich koncentryczna struktura sugeruje przyrost przez turlanie się po dnie płytkiego morza. Fot. 4 przedstawia kulki kalcytu z koncentrycznymi obwódkami. Oczywiście kropelka rozcieńczonego HCl zareaguje gwałtownie z taką skałą ujawniając, że jest to węglan wapnia. Węglany rzadko występują w chondrytach, a krzemianowe minerały nie będą reagowały z kwasem solnym.

Jednym z najbardziej niezwykłych przykładów ziemskich „chondr” są sferulity spotykane w niektórych skałach wulkanicznych.

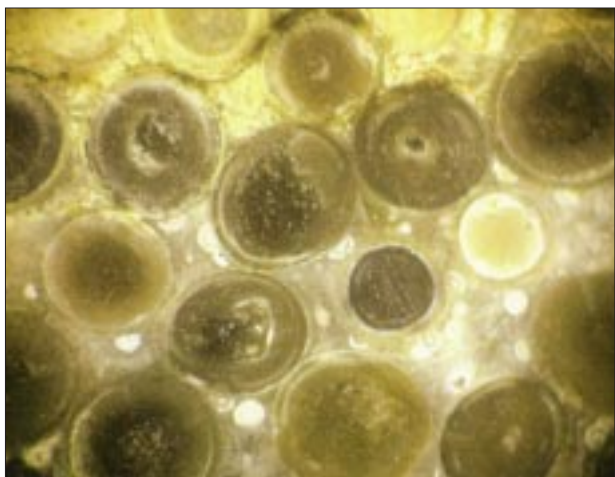
Szczególnie dobrze rosną one w obsydianie. Obsydian, podobnie jak wszystkie szkliwa, jest na powierzchni Ziemi niestabilny i powoli będzie ulegał odszkleniu czyli przechodził od bezpostaciowego szkliwa do stabilnej postaci krystalicznej. Ten proces dewitryfikacji wytwarza teksturę sferulitową z małymi kulkami zanurzonymi w obsydianie (Fot. 5). Krystalizacja często przybiera formę rosnących promieniście grup włóknistych minerałów składających się z krystobalitu i skalenia potasowego. Te minerały rosną od punktu nukleacji na zewnątrz wzdłuż kulistych frontów. W miarę przesuwania się frontu obsydian jest konsumowany, a za frontem powstają kryształy.

W niektórych sferulitach po przecięciu widać na przekroju koncentryczne kręgi. Nie jest to wynik akrecji. Powstają one raczej z powodu zmian temperatury, składu chemicznego czy ilości wody w długim okresie czasu. Promienisty wzrost minerałów od punktów nukleacji w sferulitach jest wyraźnie podobny do wzrostu piroksenu w promienistych chondrach piroksenowych.

Inny proces wytwarzania kulek obejmuje akrecję, kiedy małe cząstki przylepiają się do początkowego zlepków cząstek. Doskonałym przykładem tego jest formowanie się lapilli akrecyjnych. Te małe kulki



Fot. 3. Będąca rudą aluminium skała, boksyt, często ma pizolitową teksturę z kulistymi ciałami udającymi chondry. Te pizolity tworzą się, gdy krzemionka jest wymywana ze skały przez tropikalne deszcze.



Fot. 4. Mikroskopowe zdjęcie płytki wapienia oolitowego ukazuje jednakowe kuliste oolity o średnicy około 1 mm. Są one scementowane kalcytem. W niektórych widać centralne ziarna, wokół których narastały. W niektórych widoczne są obwódki udające obwódki chondr. Powiększenie 7×.



Fot. 6. Te lapille akrecyjne narastały koncentrycznie, gdy były podrzucane w turbulentnej chmurze wulkanicznego popiołu i kropelek wody. Zwróćmy zwłaszcza uwagę na duże, pokruszone kulki ukazujące kilka koncentrycznych warstw o różnej grubości. W innych widać jądro otoczone grubą warstwą. Każde ziarno przebyło inną drogę w bardzo niejednorodnej chmurze erupcyjnej. Najmniejsze lapille mają 3,5 mm średnicy; największe 16×20 mm.

są zlepkami popiołu wulkanicznego rosnącymi w unoszącej się nad wulkanem chmurze w trakcie erupcji (Fot. 6). Lapille to piroklasty (okruszy wyrzucone z wulkanu) o wielkości od 2 do 64 mm. Podobnie jak kulki gradu, które rosną w wyniku akrecji przechłodzonej wody, lapille akrecyjne rosną przylaczając popiół. Proces ten zależy od obfitości mikroskopijnych kropelek wody i pyłu. Małe kropelki wody utrzymują w całości zlepki pyłu przez działanie kapilarne i umożliwiają zderzającemu się pyłowi przylgnięcie koncentrycznie do powierzchni. W turbulentnej chmurze

wulkanicznej zlepki pyłu rosną większe, ponieważ są podrzucane we wszystkie strony. Wypadają z chmury, gdy już nie mogą być unoszone przez prądy wznoszące. Ten proces akrecyjny przypomina proces tworzenia warstw minerałów jako obwódek wokół chondr w chondrytach.

Wiadomo, że lapille akrecyjne powstają podczas zderzeń dużych planetoid z Ziemią. Znajdowane są na przykład 550 km na południowy zachód od krateru Chicxulub z granicy KT. Zamiast w chmurze wulkanicznego popiołu te lapille rosły w ogromnej chmurze pyłu i sproszkowanej skały

towarzyszącej tej katastrofie. Istotnie składają się one ze zlepków minerałów ilastych, kwarcu, kalcytu i dolomitu, tych samych minerałów, które występują w warstwach w miejscu zderzenia. Niektóre minerały ilaste przypominają małe szklane skorupki i reprezentują fragmenty stopionej skały przeobrażonej następnie w glinę.

Z nielicznymi wyjątkami, takimi jak opisane wyżej, struktura i skład chemiczny chondrytów mają bardzo mało prawdziwych odpowiedników wśród ziemskich skał. Ten ważny fakt może nie być doceniany przez początkujących kolekcjonerów meteorytów.

Jest więc ważne, aby kolekcjonerzy powiększali swą wiedzę o ziemskich skałach i minerałach. Doświadczeni kolekcjonerzy muszą przyjąć obowiązki nauczycieli cierpliwie przekazując wiedzę tym, którzy przychodzą po pomoc. Musimy zawsze pamiętać, że nie tak dawno wielu z nas telefonowało z podobnymi problemami. Jakies dwadzieścia lat temu odebrałem taki telefon od niecierpliwego meteorytowego neofity. Nazywał się Robert Haag.



Fot. 5. Sferulity w obsydianie, o średnicach średnio 3 mm, wyglądają na pierwszy rzut oka jak zgrupowanie chondr. Kulki są otoczone przez obsydian (czarny) ulegający powolnej dewitryfikacji. Mikroskopowy obraz sferulitu ukazywałby włókniste, rozchodzące się promieniście kryształy krystobalitu i skalenia potasowego przypominające wyglądem promieniste chondry piroksenowe. Sferulity są pospolite w tufach zawierających krzemionkę, ryolitach i obsydianach.

Morasko — inne spojrzenie

Krzysztof Socha

Jestem ciężko, nieuleczalnie chory. Medycyna nawet nie udaje, że podejmuje jakiegokolwiek leczenie, tylko ewentualnie odnotowuje takie przypadki. Cierpię na astronomię.

Frombork był takim niezwykle miejscem, gdzie można było trochę ukoić tę przypadłość, ale lata mijały, drzewa rosły zagłuszając teleskopy, w końcu można było obserwować zenit i nadir. Trudno zrealizować marzenie miłośnika astronomii, czyli odkryć kometę lub gwiazdę supernową mając do dyspozycji niewielki obszar nieba wokół zenitu. Pozostał nadir.

To w Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku, podczas wystawy zorganizowanej przez Edith i Andrzeja Piłskich, miałem po raz pierwszy okazję zobaczyć prawdziwe meteoryty. Jakiś czas później pomyślałem: skoro nie kometa, to może meteoryt.

Wyprawy do Moraska bardzo szybko zostały uwieńczone sukcesem. Chcąc podzielić się moją radością po pełniłem pierwszy błąd: większość tamtych znalezisk rozdałem znajomym i przyjaciółom. Oni, nie zainteresowani tym tematem, dość szybko je pogubili, lub w inny sposób utracili.

Byłem szczęśliwy i dumny ze swoich odkryć, tym bardziej że Pokrzywnicki, który miał do dyspozycji bodajże drużynę saperów, nie znalazł nic. (1)

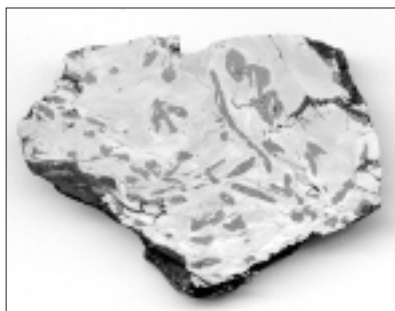
Gdy przeminęło pierwsze uniesienie, uświadomiłem sobie, że w zasadzie jestem tylko kolejnym szeregowym kopaczem, może z odrobiną szczęścia. Skonfundowany niezbyt miłą konstatacją postanowiłem pójść na całość i na podstawie odnalezionych okazów odtworzyć elipsę spadku. Zainteresowani meteorytami wiedzą, że były próby jej określenia, w zasadzie każdy badacz podawał trochę inny kierunek przylotu meteoroidu, w sumie ogólna rozpiętość przypuszczeń sięga czwartej części horyzontu (2,3,4,5), czyli praktycznie pozostaje nieokreślona.

Gdybym wówczas wiedział choć w połowie, na co się porywam, ile czasu i pieniędzy pochłonie realizacja tego zamysłu, jakie trudności napotkam,

z całą pewnością porzuciłbym ten szalony pomysł.

W pierwszych latach poszukiwań koncentrowałem uwagę na sprawdzaniu teorii z literatury meteorytu Morasko (2,3,4,5). Po przebadaniu dużego fragmentu okolicy ze zdumieniem zauważyłem, że efekty mojej pracy nie przystają do żadnej z dotychczasowych hipotez na temat kierunku przylotu ciała kosmicznego. Przyjąłem więc, że jest to łączny skutek wybierania okazów przez innych, nie odnalezienia części okazów podczas moich poszukiwań, i mimo wszystko zbyt małej ilości danych.

Z upływem czasu obszar przeszukany wzrastał, ale nie powodowało to klarowania się elipsy spadku. Wielokrotnie podczas opracowywania wyni-



Morasko, 23,0 g, z deformacjami struktury, znalezione przez autora.

ków kolejnej wyprawy miałem wrażenie że znalazłem klucz do tej zagadki, by następne dane całkowicie wszystko wywróciły do góry nogami.

Na pewnym etapie poszukiwań w akcie rozpaczmy wymyśliłem dwie elipsy nakładające się na siebie. Spadek dwóch deszczy meteorytów żelaznych, w dodatku prawie identycznych, jest bardzo mało prawdopodobny, ale możliwy; wyjaśniał też kilka sprzeczności i pozwalał w miarę sensownie planować dalsze poszukiwania.

Dlaczego powstał tak karkołomny pomysł? Otóż około 10% okazów Moraska różni się już na pierwszy rzut oka od pozostałych, strukturę wewnętrzną też miewa inną. Impulsem było odnalezienie bardzo blisko siebie dwóch różnych okazów (jeden jest w Planetarium we Fromborku, drugi w różnych miejscach ciągle analizowany), a więc czyn-

niki zewnętrzne nie mogły wywołać obserwowanej różnicy.

Mając do wyboru dwa spadki, albo olbrzymie zróżnicowanie Moraska, wybrałem pierwszą ewentualność, by, jak wspominałem, mieć w ogóle jakiś pomysł na dalsze poszukiwania.

Do 2001 roku przeszukałem wystarczająco duży obszar, żeby po opracowaniu wyników zauważyć błędność i tej koncepcji, ponieważ wyłoniła się mała, normalna elipsa spadku, jednakże rozmieszczenie okazów było dziwne, nigdzie wcześniej w literaturze czegoś takiego nie widziałem.

W klasycznej elipsie największe okazy znajdują się u jej czoła stopniowo przechodząc w coraz mniejsze zależnie od wzrastającej odległości, czyli im mniejsza energia na jednostkę powierzchni tym szybciej okaz zostaje wyhamowany przez atmosferę, dzięki czemu można odtworzyć kierunek przylotu bryły macierzystej meteorytów.

Na ostateczny wygląd elipsy mają mniejszy lub większy wpływ: prędkość okazu, kąt wejścia w atmosferę, skład chemiczny, spistość, itp.

Dla potrzeb tej pracy analizowałem tylko dwa czynniki: kręt Ziemi i kąt wejścia w atmosferę meteorytu.

Jak już wspominałem, względnie duże okazy znajdują się wzdłuż osi głównej, mniejsze można znaleźć wszędzie. Zastanawia podobszar nr 2, w którym zagęszczenie meteorytów było olbrzymie i wynosiło około 0,5/100 m², okazy ważyły od kilku do kilkudziesięciu gramów i w znacznej liczbie miały zdeformowane figury Widmanstättena. Wielkość tego obszaru oceniam na około 10000 m², poza nim ilość meteorytów radykalnie spada. Być może tuż nad ziemią nastąpiła eksplozja lub zderzenie dwóch okazów. Wskazuje na to niewielkie rozproszenie meteorytów, deformacje struktury, oraz ich duża liczba na ograniczonym obszarze. Zapewne odpowiedzi pomoże udzielić okaz nr.3 z rys 3 (obecnie w Białymstoku). Jak dotychczas nie przekonałem nikogo do zbadania tego okazu. Jeśli mam rację, po przecięciu powinny ukazać się de-

formacje struktury, minerały szokowe, a być może również mikrodiamenty.

Przyjęcie założenia prawie pionowego spadku zgadza się z wynikami rozkładu pyłu meteorowego otrzymanymi przez H. Korpikiewicza (6), jak również rozpadu brył tuż nad ziemią. Pani H. Korpikiewicz postuluje dwie eksplozje, z moich badań wynika około pięciu. Trudność w dokładnym określeniu ilości eksplozji wynika z wcześniejszego przezbierania okazów. Prawdopodobnie zdarzenia destrukcyjne zaszły tak nisko nad ziemią, że rozrzut pyłu meteorowego był niewielki i aby go odkryć należałoby zdecydowanie zagęścić próbkowanie gruntu.

Pobieżna krytyczna analiza struktury domniemanych kraterów (w poprzednim artykule) przy zmianie kąta wejścia meteorytu pozornie traci sens, ponieważ pionowy spadek wyjaśnia anomalie budowy domniemanych kraterów. Jednakże tego typu upadek powinien, jak mierniam, dać wiele fragmentów meteorytów rozrzuconych koncentrycznie wokół kraterów, ze zdeformowaną strukturą wewnętrzną, a czego takiego brak.

Osobiście nie szukałem na terenie rezerwatu, opieram się na wcześniej przeprowadzonych poszukiwaniach, min. przez Pokrzywnickiego (1), oraz prawdopodobnie przez Rosjan w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku.

W pobliżu „kraterów” poczynając od Coblinera znajdowano okazy całkowite, zalegające bardzo płytko w ziemi, mniej więcej około 50 cm, co wyklucza prędkość kosmiczną, a skłania raczej do przyjęcia swobodnego spadku. Przy poprzednim założeniu spadku pod kątem 30 stopni jest mało prawdopodobne, aby w tym samym miejscu znalazły się obiekty duże mające jeszcze prędkość kosmiczną oraz duża ilość całkowitych okazów nie posiadających takowej prędkości.

Pionowy spadek z racji swej wyjątkowości pozwala na współwystępowanie w tym samym miejscu dużych okazów całkowitych z wytraconą prędkością kosmiczną, oraz gigantów posiadającą jeszcze takową, czyli mogących wybić krater. Otrzymaliśmy paradoks dziadka (podróże w czasie) czyli, istnienie kraterów, przeczy możliwości powstania kraterów. Zakładając ich kosmiczną genezę należy odpowiedzieć na pytanie, gdzie są te olbrzymie ilości ziemi wyrzucone

w trakcie uderzenia? Już słyszę głosy oponentów: jak to, część jest w wałach (słabo/wcale widocznych) reszta w najbliższej okolicy, a upływ czasu spowodował (rząd wielkości tysiące lat) zatarcie śladów.

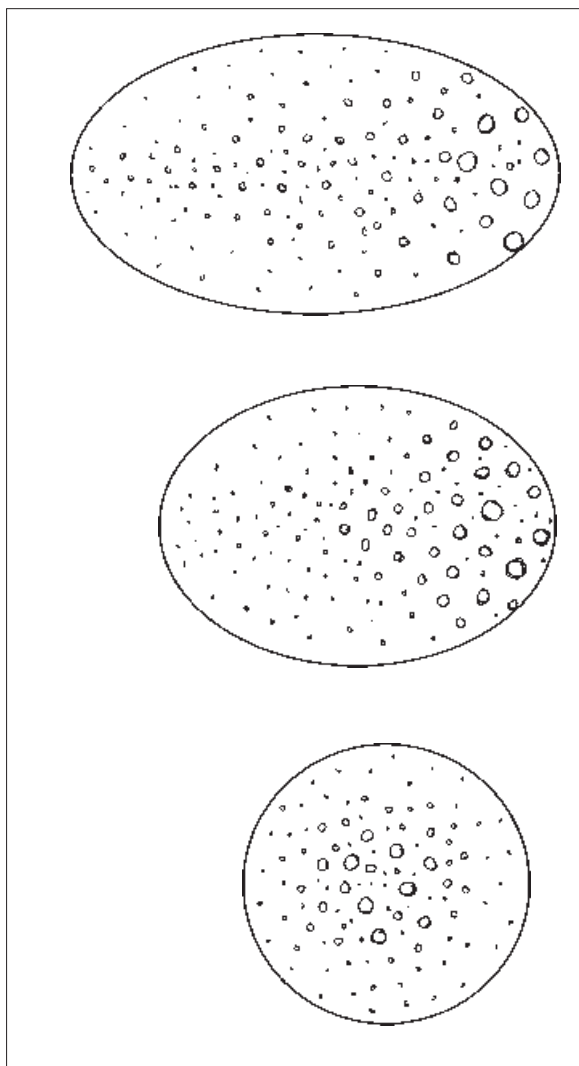
Wałami nie będę się już zajmował, bo są mało interesujące, przynajmniej z mojej perspektywy.

Interesująca jest pozostała część wyrzuconej materii, jeśli w ogóle jest, czy można potwierdzić, lub zaprzeczyć jej istnieniu pomimo upływu tysiącleci? Twierdę, że tak. Wyrzut takiej ilości ziemi powinien spowodować zauważalnie głębsze zaleganie meteorytów z najbliższego otoczenia „kraterów”, czego nie widać!

Największe dotychczas znalezione meteoryty nie osiągają nawet 100 kg, najmniejsze olbrzymy zdolne wytworzyć krater powinny mieć, co najmniej kilkadziesiąt ton. Widać wyraźną przerwę w masie, być może cięższe nie zostały jeszcze odnalezione, lub nie ma i nie było masywniejszych okazów.

Poza jednym szczególnym (którego głębokość daje się wyjaśnić) wszystkie okazy które znalazłem, i byłem pewien, że nikt ich wcześniej nie przemieścił, oraz relacje innych znalców wskazują bardzo interesującą jednorodną głębokość zalegania w ziemi oscylującą od 30 do 70 cm, niezależną od podłoża, masy i powierzchni meteorytu. Okazy zwarte byłyby płycej niż płaskie o dużej powierzchni, np. okaz z warstwą humusu. Cobliner odkrył duży prawie 80 kg okaz na głębokości około 50 cm, też znalazłem kilka na tej głębokości, tyle, że około 100 g.

Analiza zebranego materiału wska-



Rys. 1. Schematyczny wygląd elips spadków meteorytów w zależności od kąta wejścia w atmosferę, przy założeniu nie rotującej Ziemi. Dwie pierwsze elipsy są o tyle mało interesujące, że nie przybliżają rozwiązania problemu, natomiast trzecia — owszem. Dzięki swej wyjątkowości pozwala wydedukować znacznie więcej niż z wszystkich pozostałych, a co najistotniejsze pozostaje w zgodzie z efektami badań terenowych, oczywiście wtedy, gdy szkic z rysunku 1c przeniesiemy na rotującą Ziemię.

zuje na zupełny brak korelacji między masą/powierzchnią okazu, miejscem występowania, a głębokością jego zalegania w ziemi.

Sensownym rozwiązaniem tego problemu jest przyjęcie dwóch założeń: wcześniej postulowanego, swobodnego, prawie pionowego spadku, oraz że nastąpił on na przełomie zimy i wczesnej wiosny. W krótkim okresie kilkukilkunastu dni odmarzająca ziemia ma dla tej koncepcji interesujące właściwości: górne warstwy przypominają bagno, pod nim natomiast jest zamrożona twarda warstwa (w tym czasie najłatwiej usunąć wszelkie dzikie krzewy z działki, można je bez większego wysiłku wyciągnąć z całym systemem korzeniowym), która zatrzymała okazy. Mięszkość roztopionej ziemi jest różna, zależna od nawianego śniegu, za-

cienienia, itp., co łącznie daje nam z pozoru dziwne głębokości zalegania. Wspomniane warunki występują między lutym a kwietniem, najczęściej w marcu. Natomiast minimalna prędkość spadania wyklucza możliwość przebiecia zmarzliny, a niewielki odchył od pionu wyjaśnia drobne anomalie rozmieszczenia meteorytów w elipsie, a także usytuowanie trzech kluczowych meteorytów, obecnie znajdujących się w Muzeum Wydziału Geologii U.W.

Reasumując: na podstawie analizy dotychczas przeprowadzonych badań można wysnuć dość ciekawą hipotezę spadku meteorytu Morasko, podważającą w dużej części dotychczasowe teorie, a mianowicie: meteoroid w dosłownym znaczeniu tego słowa spadł na ziemię z minimalną prędkością spowodowaną jedynie oddziaływaniem grawitacyjnym Ziemi, czyli około 11 km/s, nie wytworzył kraterów, wystąpił stosunkowo niedawno (rzędu wielkości, setki lat), najprawdopodobniej w marcu.

Niewielkie rozmiary elipsy implikują wejście atmosfery silnie spękanego ciała, lub skupiska kilku brył, które tuż nad ziemią rozpadły się jeszcze kilkakrotnie, tracąc ostatecznie prędkość kosmiczną (w tych miejscach powinien być pył meteorytowy). Wspomniane mikre rozmiary elipsy oraz niewielka ilość okazów wyjaśniają niepowodzenia wielu ekip, po prostu bardzo łatwo wyjść poza elipsę, a z pustego i Salomon nie nazbiera.

Kontrowersyjnym punktem tej teorii jest anomalia z rys. 3 nr. 3. Rozwiązanie tego problemu może potwierdzić lub zanegować większość dotychczasowych rozważań.

Najmasywniejsze nasze meteoryty nie mają nawet 100 kg. Marzyłem że znajdę masę główną, będzie ona eksponowana w muzeum, na widok tego meteorytu będę wołał: „mój ci on mój.” i oczywiście przejdę do historii; hm, no cóż, po tym co powyżej napisałem przejdę do historii, nie wiadomo tylko czy jako wizjoner, czy szarlatan, granica bywa tak subtelna.

Jest hipoteza, że spadek meteorytu Morasko był najliczniejszy w Europie. (7) Czy to co napisałem dotychczas temu przeczy? Niekoniecznie, być może jest wiele małych elips, które trzeba tylko znaleźć. Jeśli przyjmiemy przestrzenną gęstość meteoroidów z bogatych rojów kometarnych, czyli około 20 km, Oborniki mogą być jednym z tych miejsc.

W powyższej pracy nie uwzględniłem lokalizacji kilku okazów podawanych w literaturze, ponieważ, jak ustaliłem w wywiadach mieszkańcami, najprawdopodobniej były one znalezione w innych miejscach.

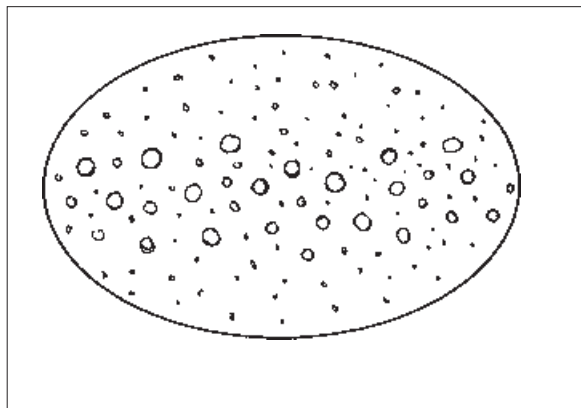
Literatura:

- 1 J. Pokrzywnicki Meteoryty Polski str.51
- 2 Jak wyżej str.55
- 3 H. Korpikiewicz Spadające gwiazdy str.198
- 4 A. Dzieczkowski, H. Korpikiewicz Zagadka meteorytu Morasko str. 85
- 5 C.W. Czegka Meteoryt 3 (19) 1996r. Uwagi na temat pola kraterów Morasko.str.18-19

- 6 H. Korpikiewicz Spadające gwiazdy str.198-199
- 7 A. S. Pilski, Wayne Walton Meteoryt nr.4 (32) 1999r. Morasko-największy europejski deszcz meteorytów żelaznych

Podziękowania.

Po przeczytaniu powyższych imaginacji każdy chyba potwierdzi, iż wyobraźni mi nie brakuje, a w tym miejscu pełna kłapa,



Rys. 2. Ogólnie elipsa pozostaje w dalszym ciągu elipsą, ale usytuowanie dużych okazów jak widać układa się wzdłuż dłuższej osi, co dobrze pasuje do dotychczasowych znalezisk. Jednakże jak zwykle bywa, praktyka okazuje się znacznie bogatsza od teorii, elipsa meteorytu Morasko na podstawie poszukiwań wygląda jak na Rys. 3.

brakło jej. Wiem przecież jak dużo zawdzięczam innym, a mam tylko jedno słowo, by objąć całą pomoc, jakiej doświadczyłem.

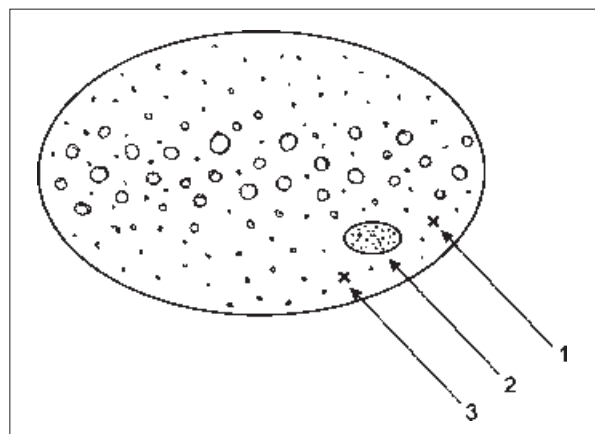
Dziękuję więc:

Andrzejowi i Edith Pilskim za wymyślenie i prowadzenie „Wakacji w Planetarium”, dzięki którym miałem okazję uwierzyć, że zwykły szary człowiek ma możliwość wniesienia swej cegiełki w poznawanie otaczającego świata, oraz możliwości bliższego zetknięcia z meteorytami.

Panu profesorowi Zygmuntowi Waleńczakowi z Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego za korygowanie moich pomysłów, wskazywanie różnych możliwości interpretacyjnych otrzymywanych wyników, ogólną pomoc merytoryczną.

Szczególne podziękowania kieruję do Pana Andrzeja Pelca z Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego. Jego pomoc była tak duża i wszechstronna, że mogę powiedzieć, iż poprzednio tylko patrzyłem, dzięki Panu Andrzejowi zobaczyłem, dziękuję!

Od redakcji: Jednomyslnie stwierdziliśmy, iż opisane wyżej rozmieszczenie znalezisk Morasko najlepiej tłumaczy koncepcja, że deszcz meteorytów spadł na lód w epoce lodowcowej, po czym okazy zostały przetransportowane z lodem i złożone w obszarze moreny czołowej razem z pyłem meteorytowym. Kratery są polodowcowe. Meteoryty Seelasgen i Tabarz pochodzące z tego samego deszczu wyznaczają zasięg zlodowacenia. Inne okazy powinny znajdować się przy linii łączącej te znaleziska, ale nie jest to kierunek lotu meteoroidu lecz pas moreny czołowej.



Rys. 3. Elipsa rozsiania meteorytu Morasko głównie na podstawie własnych poszukiwań. 1 okaz ze zdeformowanymi figurami Widmanstättena. 2 Pole z dużą ilością meteorytów, dość często z deformacjami. 3 Okaz zagadka.

Geologiczne konsekwencje ostatniego ciężkiego bombardowania

John M. Saul

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 10 No. 1. Copyright © 2004 Pallasite Press)

Wewnętrzny region naszego Układu Słonecznego przeżył bardzo ciężkie bombardowanie około 3,9 — 3,8 miliarda lat temu. Świadczą o tym powierzchnie Księżyca, Merkurego, Marsa i innych obiektów Układu Słonecznego. Niektóre powierzchnie są tak zryte kraterami, że nowe mogą powstać tylko przy jednoczesnym zniszczeniu starych. Liczba kraterów osiągnęła stan nasycenia.

Okres bombardowania był wyjątkowym epizodem nazywanym „Ostatnim ciężkim bombardowaniem” (LHB) i musiał dotknąć także Ziemię. Jak dawno już zauważył Paul Lowman z NASA twierdzenie, że nasza planeta jakoś uniknęła LHB oznacza odwoływanie się do magicznej czy boskiej interwencji. Jednak większość geologów zgodziłaby się, że nie mamy żadnych możliwości do przyjęcia dowodów na to, że Ziemia została podobnie zryta kraterami, jak Księżyc.

Powstała sytuacja jest niezręczna, nawet kłopotliwa. Ziemska skorupa powinna być nasycona kraterami do znacznej głębokości. Jednak teoria (która domaga się licznych kraterów) i obserwacja (brak na naszej planecie dużych kraterów podobnych do księżycowych) nie zgadzają się ze sobą.

Tę rozbieżność tłumaczono początkowo jako skutek erozji, ponieważ Ziemia jest jedynym ciałem w całym Układzie Słonecznym, które ma wodę w stanie ciekłym na i blisko powierzchni. Potem zniknięcie ziemskich kraterów z okresu LHB przypisywano subdukcji płyt tektonicznych. Wydawało się to rozsądne i na tym sprawa stanęła.

Wcześniej jednak wydawało się, że jest nieco inaczej. Po rozpoznaniu uderzeniowego pochodzenia kraterów Barringera, Odessa i Henbury, oraz krateru Ries i kraterów kanadyjskich nastąpił zalew publikacji, często w popularnej prasie, przypisujących ude-

zeniowe pochodzenie niemal każdemu zakrzywionemu elementowi topografii. Zakrzywione linie brzegowe, odcinki koryt rzecznych, kontakty między formacjami geologicznymi, łuki wysp, grzbiety górskie i mnóstwo innych utworów przypisywano aktywności kraterotwórczej. Ponieważ ta lista wymykała się spod kontroli, wprowadzono ściśle kryteria. Pochodzenie uderzeniowe akceptowano wtedy, i tylko wtedy, gdy występowały pewne utwory: fragmenty meteorytu, stożki uderzeniowe, pewne rodzaje szkliska, stopionych skał, coesyt, deformacje planarne w kwarcu itd. Kawałek ziemskiej topografii o zaokrąglonym kształcie i nieco pofałdowany nie był sam w sobie dowodem, a przynajmniej tak zdecydowano.

Na podstawie tak ostrych kryteriów zidentyfikowano mniej niż 200 ziemskich kraterów uderzeniowych, z których najstarszymi są krater Vredefort w Afryce Południowej liczący 2,1 miliarda lat i mająca 1,8 miliarda lat struktura Sudbury w Ontario w Kanadzie. Oba należą do największych zidentyfikowanych struktur uderzeniowych i powstały długo po LHB. Liczbę 200 kraterów uderzeniowych na Ziemi można porównać do około 200000 kraterów marsjańskich, które w przeciwieństwie do procedury stosowanej do planety Ziemia są uznawane za krater uderzeniowy w zasadzie tylko na podstawie ich topografii.

Chociaż istnieją różnice zdań co do szczegółów LHB, istnieje ogólna zgoda, że LHB stanowi rodzaj granicy między kosmologią a geologią. Geologia zaczyna się po LHB. W rzeczywistym sensie LHB stanowi warunki początkowe dla geologii. Do tych warunków należy, że ziemska skorupa do znacznej choć nieznannej głębokości była bardzo silnie spękana.

Ziemia nie była jednak nigdy kulą ognistą wbrew temu, co twierdzą starsze podręczniki. Nie była też całkowi-

cie stopiona. Zamiast tego była budowana ze stałej materii, kosmicznych pyłków, piasku i kiedyś stopionych kropelek, których ciepło wypromieniowało w kosmos. Ta materia łączyła się najpierw dzięki przyciąganiu elektrostatycznemu a potem grawitacyjnemu tworząc protoplanety. Tak więc Ziemia miała stałą skorupę od samego początku, a potem nastąpiło topnienie w głębi spowodowane przez ciśnienie i rozpad niestabilnych izotopów pierwotnego pochodzenia.

Rzeczywista grubość kruchej skorupy Ziemi w czasie LHB jest kwestią dyskusji zależnie od założeń dotyczących ciepła wytwarzanego przez same zderzenia i rozpadu różnych wygasłych izotopów. Istnieje nawet niepewność co do głębokości dzisiejszej granicy między kruchą a plastyczną częścią skorupy. Powszechnie uważa się, że jest to przynajmniej 2,5-4 kilometrów. Jednak niezależnie od rzeczywistej grubości skorupy w czasie LHB jest oczywiste, że małe zderzenia LHB, które nie mogły jej przebić, uległy erozji lub subdukcji, jak się powszechnie uważa. Nie brak komplikacji, ale okazuje się, że krater LHB o średnicach mniejszych niż około 7-10 km nie przetrwał.

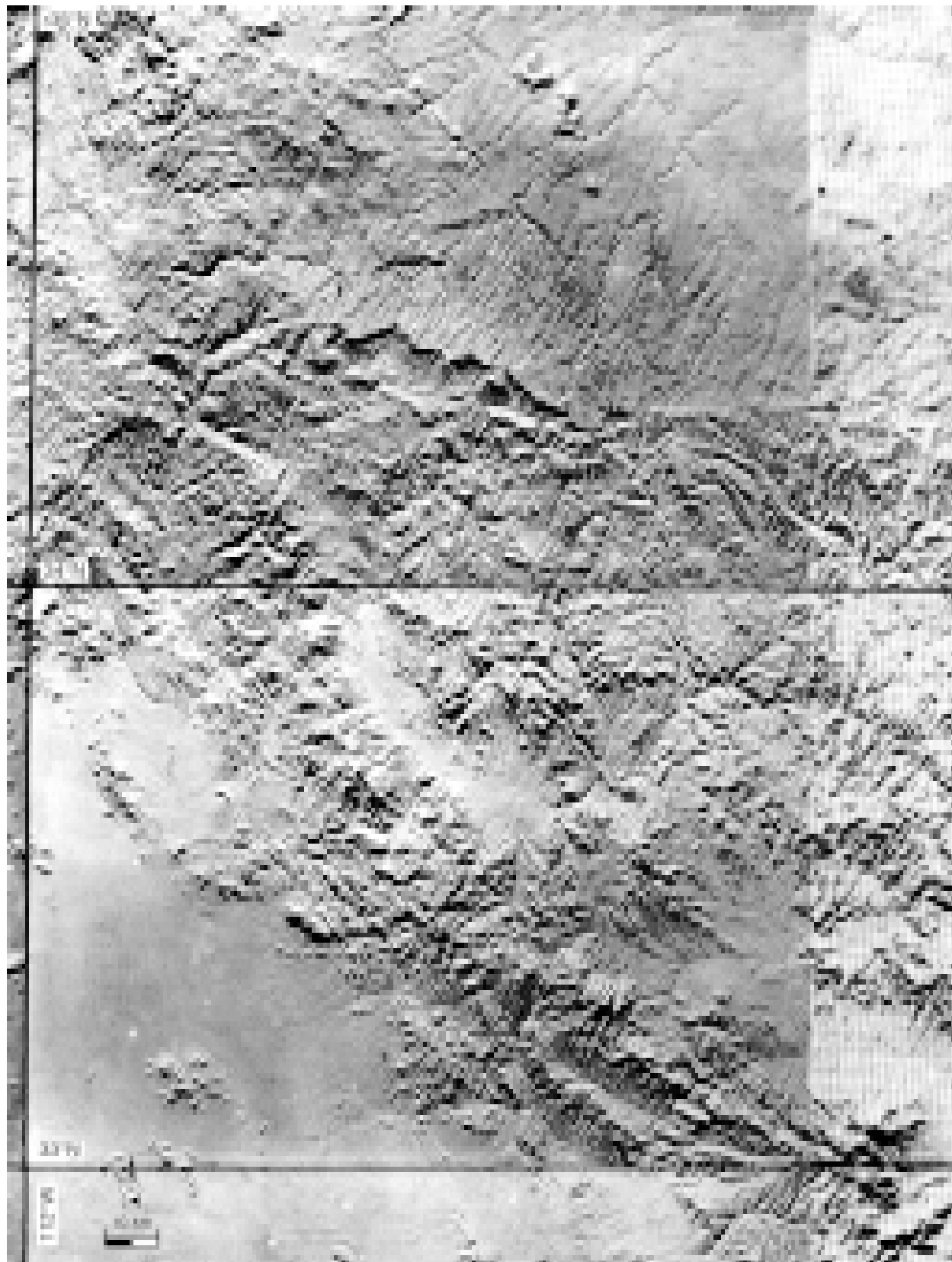
Dyskusja staje się bardziej skomplikowana, gdy chodzi o zderzenia, które przebiły całą pierwotną skorupę Ziemi aż do dawnej granicy między kruchą a plastyczną częścią. Moim zdaniem te średniej wielkości krater LHB, niektóre sięgające do głębokości ponad 20 km, nie mogły zostać nigdy całkowicie zatarte. Ponieważ miejsca takich zderzeń ulegały erozji, zmniejszające się ciśnienie pozwalało plastycznej części dna podnosić się i stawać się kruchą. Okrągłe, spękane kształty byłyby przekazywane w dół do nowej granicy kruchej i plastycznej skały. Podobnie ruchy w strefach spękań, tektoniczne „drgawki” jakiegokolwiek natury, byłyby z czasem ge-

nerowane ku górze do lub przez nowe, wyżej położone osady. Zjawisko takie jak to „dziedziczenia od dołu” jest znane z Kanady, gdzie szczególnie stare i przypuszczalnie nieaktywne uskoki w skałach prekambryjskiej tarczy stają się widoczne przez samokonsolidują-

ce się osady polodowcowe mające tylko około dziesięciu tysięcy lat.

Maksymalna głębokość kraterów uderzeniowych chwilę po zderzeniu (LHB czy innych, ziemskich i pozaziemskich, z wyjątkiem tych, które zaliczyłem do małych) nie jest taka, jaką

obserwujemy w terenie. Jest to znacznie większa głębokość znana z badań laboratoryjnych i wyliczeń. Dla wielu celów ten „chwilowy krater” jest znacznie bardziej interesujący niż końcowy krater, jaki obserwujemy, uformowany przez odprężenie po uderzeniu.



Rys. 1a. Mapa rzeźby powierzchni części Arizony. Adaptacja z J. B. Lindsay, *Geomorphology of Arizona*, 1:1000000 (Salt Lake City) i *Nature* no 5643.

Pisałem w innym miejscu o słabych, okrągłych utworach, które interpretuję jako ziemskie pozostałości LHB i podkreślałem, że trwała przepuszczalność ich spękanych stref brzegowych pozwala na długotrwałe przepływanie ciepła i płynów w górę lub

w dół, gorących lub zimnych, zmineralizowanych lub nie. Jako jedna z konsekwencji, złoża minerałów wielu różnych, ekonomicznie ważnych rodzajów, są najczęściej zlokalizowane w strefach krawędziowych. („Circular structures of large scale and great age

on the Earth's surface”, *Nature*, v. 271, no. 5643, pp 345-349, Jan. 26, 1978¹⁾). Takie płyny mogą powodować trawienie powiększając istniejące szczeliny jeszcze bardziej. Przy niższych temperaturach i ciśnieniach bliżej powierzchni, płyny pochodzące z więk-



Rys. 1b. Nakładka na rys 1a ukazująca wybrane kręgi LHB. Liczby oznaczają główne złoża Cu, Ag, Au, Pb, Zn, Mo, W i V wraz z paroma większymi kopalniami. Większość tych złóż mineralów utworzyła się w wyniku działania przepływających cieczy. Adaptacja z *Nature* no 5643.

szych głębokości mogą stać się nasycone sprzyjając wielokrotnym epizodom mineralizacji powszechnie obserwowanym w wielu kopalniach.

Potem następuje dziwnie brzmiący wniosek: *figury spękań mogą być starsze niż skały, w których występują*, jak na przykład w przypadku starych liniowań w osadach polodowcowych w Kanadzie.

Zderzenia datowane na okres LHB, kiedy „zaczęła się geologia” mogły nie pozostawić fragmentów meteorytów, stożków uderzeniowych, szkliv pozderzeniowych, stopionych skał, coesytu, planarnych deformacji w kwarcu itd. Było by dziwne, gdyby pozostawiły. Oznacza to, że przyjęte kryteria rozpoznawania późniejszych (po LHB) ziemskich miejsc zderzeń nie są i nie powinny być przydatne do identyfikowania miejsc zderzeń z okresu LHB. Musimy opierać się na wielkoskalowych kształtach topograficznych i geologicznych.

Te średniej wielkości miejsca zderzeń LHB są we wszystkich przypadkach słabo widoczne i z mojego doświadczenia wynika, że najlepiej je widać na trójwymiarowych mapach topograficznych oświetlonych z boku pod małym kątem, i na ich odpowiednikach wytworzonych przez komputer. Obserwowałem takie utwory na wszystkich kontynentach i badałem je we wschodniej Afryce i w Arizonie (il. 1a, 1b). Ich średnice sięgają od około 10 do kilkuset kilometrów a ich zasięg w głąb stanowi główny element w tym, co Jerome & Cook dostrzegli jako ziemskie „głęboko penetrujące zasad-



Rys. 2. Geologiczna mapa Ameryki Północnej ukazująca okrąg definiujący tarczę kanadyjską. Zauważalne są dodatkowe kręgi szczególnie między pozycjami na godzinie 7 i 10 na kręgu tarczy kanadyjskiej. Adaptacja z Geological World Atlas.

nicze systemy „kanalizacyjne” (Bull. Nevada Bur. Mines, v. 69, 1967).

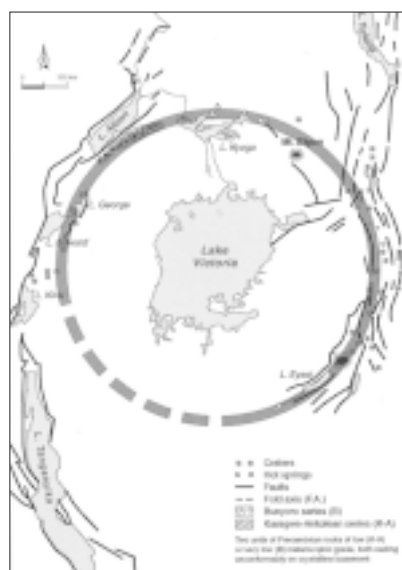
Porównanie z obserwacjami Marsa i Księżyca sugeruje jednak, że prawie na pewno podczas LHB powstawały znacznie większe kratery, o średnicach do kilku tysięcy kilometrów. Takich nie zaobserwowano stosując wspomniane wyżej metody, więc obserwacje i teoria nadal się nie zgadzają.

Ślady po zderzeniach są trójwymiarowe i kratery o największych średnicach z reguły sięgały też najdalej w głąb. Tak więc normalnie musiały mieć największe objętości, musiały wytworzyć najwięcej stopionej skały, zatrzymać najwięcej ciepła i musiały potrzebować najdłuższego czasu na ostygnięcie i zestalenie. Niektóre lub wszystkie olbrzymie kratery LHB byłyby wciąż częściowo płynne przez znaczny czas po zakończeniu LHB. Jest to szczególnie prawdopodobne jeśli, jak się przypuszcza, największe, najbardziej energetyczne zderzenia następowały pod koniec okresu LHB. Sądzę, że te olbrzymie kratery stały się tarczami geologicznymi. Il. 2 pokazuje okrągły, dwuwymiarowy, powierzchniowy obraz trójwymiarowej tarczy kanadyjskiej; można także zauważyć dodatkowe okręgi zarysowane przez granice między późniejszymi jednostkami geologicznymi, szczególnie po stronie zachodniej i północno-zachodniej.

Zwykle tylko część danego okręgu jest dostrzegalna. Przychodzą na myśl dwa możliwe powody tego, oba wymagające weryfikacji. W jednym hipotetycznym typie zdarzeń jedno zderzenie LHB nakładało się na inne, ponieważ LHB było epizodem mają-

cym niewątpliwie swą wewnętrzną kolejność zdarzeń i chronologię. Przykładem może być łuk wysp Aleutów przecięty na zachodzie łukiem Kamczatki. W innych przypadkach decydującym czynnikiem mogą być drogi wybrane przez ciecze. Będą to zawsze drogi najmniejszego oporu, które dla danego miejsca i czasu geologicznego zależą od 1) porowatości wytworzonej przez spękania w wyniku samego zderzenia i 2) lokalnego rozkładu ściskania i rozciągania. W danym momencie ciecze, zależnie od tego ile ich było w głębi, będą wydostawać się przede wszystkim tam, gdzie spękania będą otwarte, a nie tam, gdzie zostaną ściśnięte stając się nieprzepuszczalnymi. Ponieważ rozkład naprężeń zmienia się z upływem czasu, proces kolejnego dziedziczenia mógł pozwolić na przetrwanie kraterów jako pełnych okręgów na powierzchni Ziemi, ale nie wszystkie części kołowego obwodu byłyby w tym samym stanie „otwartości”. Regionalne struktury mogą spowodować, że dwa boki okręgu będą „otwarte” i aktywne, a dwa inne „zamknięte” jak w przypadku okręgu jeziora Wiktorii z wulkanizmem na wschód i zachód ale nie na północ i południe (Il. 3). Na część obwodu mogą także nałożyć się późniejsze formacje skalne, które nie miały dość czasu, by odziedziczyć leżące pod nimi struktury spękań jak w zachodniej Kanadzie i USA (Il. 2).

Ani łuk Aleutów (i związana z nim strefa subdukcji) ani basen Jeziora Wiktorii (z jego ryftowym wulkanizmem) nie należą do kraterów średniej wielkości omawianych w moim



Rys. 3. Szkicowa mapa geologiczna Jeziora Wiktorii i opisującego je kręgu.

artykule z 1978 r. Nie są to też olbrzymie kratery definiujące tarcze geologiczne. Należą one do kategorii dużych kraterów i jako takie stanowią inne elementy zachowanej trójwymiarowej struktury ziemskiej skorupy. To zależnie od struktury głębokich spękań po kraterach z tej kategorii dużych funkcjonuje znaczna część tektoniki płyt. Między innymi duże kratery dostarczają zakrzywionych, trójwymiarowych powierzchni, wzdłuż których zachodzi subdukcja.

W następującym przykładzie, który jest tylko jedną z wariacji na ten temat, zgadzam się z większością geologów zakładając, że tektonika płyt i subdukcja, jaką znamy dziś, nie zaczęła działać do pewnego momentu w odległej przeszłości naszej planety, być może do bardzo późnego prekambriu.

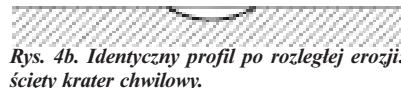
Na końcu LHB ogólny wygląd powierzchni Ziemi przypominał mniej więcej dzisiejszy Księżyc, ale w znacznie większej nierównowadze grawitacyjnej. Główną formą krajobrazu w owych czasach były sterczące, niestabilne krawędzie kraterów w procesie zapadania się pod wpływem grawitacji.

Z upływem czasu niektóre części krawędzi kraterów ulegną silniejszej erozji niż inne ze znaczniejszym obniżeniem lokalnej powierzchni terenu. Niektóre kratery znajdują się w końcu na znacznej głębokości. Nowa powierzchnia terenu może potem zostać przykryta przez, powiedzmy, nowe osady i to może powtarzać się przez pewną liczbę cykli erozji. Dla uproszczenia rozważmy jednak tylko jeden nierealistycznie duży cykl erozji i sedymentacji.

Pierwotny duży krater uderzeniowy LHB (Il. 4a) zostaje najpierw wypełniony, a potem ulega erozji (diagram adaptowany z H. J. Melosh, *Impact Cratering*, Oxford University Press, 1989). Przy dostatecznej ilości czasu wszystko, co pozostanie w niektórych przypadkach, to dolna część strefy, do której sięgnął chwilowy krater (Il. 4b), czyli „ścięty krater chwilowy”. Na tym ściętym kraterze chwilowym mogą później powstać nowe osady wytwarzając sytuację pokazaną na Il. 4c. Wstrząsy tektoniczne i odgazowanie naszej planety, zjawiska które zachodzą cały czas, będą oddziaływać na cały obszar, ale szczególnie wpływ będą miały na porowaty i przepuszczalny brzeg krateru.



Rys. 4a. Wyidealizowany profil dużego krateru LHB. Cienka linia pokazuje idealny krater. Gruba linia przedstawia kształt odpowiadający chwilowemu kraterowi. Brak skał. Adaptacja z Melosh, *Impact Cratering* (1989), rys. 8.16.



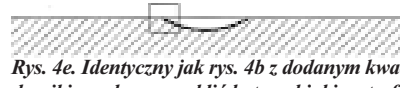
Rys. 4b. Identyczny profil po rozległej erozji: ścięty krater chwilowy.



Rys. 4c. Identyczny profil ściętego krateru chwilowego z nałożoną warstwą osadów.



Rys. 4d. Identyczny z rys. 1a, ale z dodanym kwadracikiem, by uwypuklić kąt, pod jakim strefa spękań przecina powierzchnię Ziemi.



Rys. 4e. Identyczny jak rys. 4b z dodanym kwadracikiem, by uwypuklić kąt, pod jakim strefa spękań przecina powierzchnię Ziemi. Porównajmy ten kąt z pokazanym na rys. 4d.



Rys. 4f. Identyczny profil ukazujący zregenerowaną strefę spękań przecinającą położone nad nią osady pod nowym i stosunkowo płytkim kątem.

Ich skutkiem, jak dowodzono wcześniej, będzie rozchodzenie się spękań ku górze przez leżące wyżej osady. W rezultacie jednak nie doprowadzi to do rekonstrukcji oryginalnego krateru chwilowego jak na Il. 4a. Jak można zobaczyć porównując kwadraciki na rys. 4d i 4e, kąt między powierzchnią terenu a zboczem chwilowego krateru stanie się mniej stromy. Przerywana linia na Il. 4f pokazuje kierunek rozchodzenia się powstających od nowa spękań. Przy dostatecznej ilości erozji i czasu duża, nawet jak na standardy geologiczne, strefa spękań tego rodzaju stanie się w końcu dostatecznie płytka, aby pozwolić sąsiadującej z nią „płycie” skały ześliznąć się i wpaść do niej, czyli ulec subdukcji. W punkcie początkowym subdukcji, blisko środka, płyta ulegająca subdukcji szoruje po wewnętrznym brzegu pierścieniowej struktury krateru, ale blisko krańców płyta napiera na zewnętrzny brzeg pierścieniowej strefy. Skutkiem tego jest lekkie spłaszczenie łuku subdukcji.

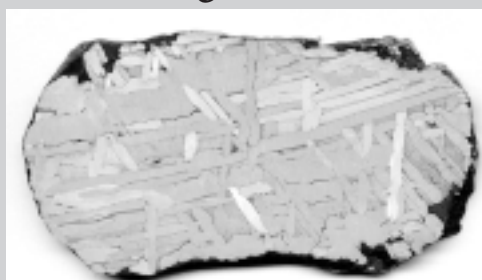
W ślad za pierwszym epizodem subdukcji cała skorupa planety rozluźniła się, co ułatwiło wystąpienie tego samego zjawiska na innych, głęboko zerodowanych łukach. Z czasem masy lądów zostały oderwane od siebie i

oddzieliły się, a wypływająca lava wypełniła luki. Takie oddzielanie się jednej masy lądu od drugiej następowało według trójwymiarowych dróg najmniejszego oporu najpierw dopasowując się do zakrzywienia w jednym kierunku, a potem przechodząc na zakrzywienie w przeciwną stronę, jak w rejonie obecnego południowego Atlantyku.

Położenia starych tarcz, późniejszej subdukcji i ryftów, mineralizacji związanej z ruchem cieczy i wielu innych elementów zostały najpierw wyznaczone przez ostatnie ciężkie bombardowanie.

¹ Z powodu błędu drukarskiego skale map w tej pracy są błędne; zostały poprawione w reprintach.

200 lat figur Thomsona



Toluca 51,5 g, kolekcja Marcina Józefaciuka.

Meteorytowe spotkania

Targi w Gifhorn

Jak można przeczytać nieco wcześniej, Rainer Bartoschewitz, członek Polskiego Towarzystwa Meteorytowego, organizuje swoje targi meteorytowe tym razem 15 i 16 maja. Z tej okazji Zarząd PTM proponuje zorganizowanie w Gifhorn meteorytowej majówki i prosi członków o wstępne zadeklarowanie: a) zainteresowania udziałem w imprezie; b) gotowości pomocy w zorganizowaniu wyjazdu.

Prosi także o sugestie, czy lepiej wynająć autokar, czy jechać prywatnymi samochodami, a wtedy kto może jechać i ile osób może zabrać. Wariant samochodowy jest wygodniejszy pod tym względem, że pozwala na pewne zróżnicowanie terminów przyjazdu i powrotu.

Zainteresowanie i chęć pomocy prosimy wyrazić do Świąt Wielkanocnych pod adresem redakcji „Meteoryty” podanym na str. 2. Po Świętach zainteresowani otrzymają dalsze informacje.

Piknik meteorytowy

Ela i Grzegorz Pacerowie zapraszają na kolejny piknik do Rudnika Wielkiego koło Częstochowy.

Piknik odbędzie się w niedzielę, 4 lipca. Można przyjechać już w sobotę, gdyż w sobotni wieczór planowane jest spotkanie przy ognisku i wspomnienia z wyprawy Grzegorza do Omanu na poszukiwanie meteorytów. Organizatorzy mają nadzieję na lepszą pogodę niż w zeszłym roku. Noclegi można zarezerwować u sąsiadki — szwagierki.

O bliższe informacje można pytać: pacernet@t-online.de

Konferencja Meteorytowa Poznań 2004

Polskie Towarzystwo Meteorytowe zaprasza na Konferencję Meteorytową oraz Walne Zebranie swoich członków, które odbędą się w dniach 25-26 września 2004 r. w Poznaniu. Bezpośrednim organizatorem Konferencji jest profesor Andrzej Muszyński z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Zajęcia odbędą się w Instytucie Geologii UAM mieszczącym się przy ul. Maków Polnych 16.

W programie przewidujemy m.in. sesję naukową poświęconą meteory-

towi Morasko oraz innym zagadnieniom meteorytowym, a także wycieczkę do Rezerwatu Morasko. Przewidujemy także prezentacją terenową sprzętu do wykrywania metali.

Uczestnicy Konferencji oraz osoby pragnące zaprezentować referaty lub postery proszeni są o zgłaszanie swojego udziału na adres: Polskie Towarzystwo Meteorytowe, Wydział Nauk o Ziemi U. Śl., ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec lub na adres poczty elektronicznej ptmet@wp.pl lub lkarwows@wnoz.us.edu.pl w terminie do 15 czerwca 2004r.

Uczestnicy wnoszą opłatę konferencyjną w wysokości 30 zł, która będzie przeznaczona m.in. na pokrycie kosztów wydawnictwa zawierającego skróty wygłoszonych referatów. Noclegi zostaną zarezerwowane w domu akademickim Jagienka, koszt 35 zł za dobę, prosimy więc ująć w zgłoszeniu deklarację dotyczącą ilości noclegów lub zaznaczyć rezygnację z noclegów. Wyżywienie we własnym zakresie. Informacji szczegółowych na temat Konferencji Meteorytowej należy szukać na stronie Towarzystwa — www.ptm.z.pl

Zarząd PTM



Spadają meteoryty

(relacje z kwartalnika METEORITE Vol. 10 No. 1. Copyright © 2004 Pallasite Press)

Orissa

Vishnu Vardhan Reddy
i Manmeet Virdi

Rasmita Nayak była w chacie i gotowała obiad dla rodziny jak zwykle w sobotni wieczór. Chata, niewiele więcej niż ściany z błota i pokryty strzechą dach, była jedną ze 100 osoblanych lepiarek we wsi Sudsudia nad rzeką Sona. Liczącą 150 mieszkańców Sudsudia należy do okręgu Mayurbhanj we wschodnio-indyjskim stanie Orissa.

Około 6:30 wieczorem, 27 września 2003 r. nad Sudsudią rozwarło się piekło. Na kilka sekund noc zamieniła się w dzień, gdy z nieba spadała

ogromna kula ognia. Po jasnym świetle nastąpił rozzdzierający uszy hałas, który porozbijał okna. Ogarnięci paniką mieszkańcy wybiegali z domów na ulicę.

Wieśniacy nie mieli pojęcia, co się stało. Niektórzy myśleli, że to gniewa się Durga, potężna hinduska bogini, a inni sądzili, że to Pakistan rozpoczął wojnę. Hałas był tak ogłuszający, że myśleli, że to trzęsienie ziemi i zbliża się koniec świata. Spadające meteory miały barwę od zielonej do głęboko niebieskiej.

Przerażona hałasem Rasmita Nayak uciekła z domu, tak jak inni wieśniacy, gdy usłyszała głucho uderzenie w dach jej małej chatki. Zanim uprzytomniła sobie, co się stało, w do-

mu pojawił się ogień i po chwili płomienie ogarnęły cały dach z suchej trawy. Bezradnie patrzyła z przerażeniem, jak w ciągu kilku minut jej dom spalił się doszczętnie.

Inna wieśniaczka, Pospulita Nayak, zemdlą, gdy usłyszała hałas i zobaczyła niebo wypełnione blaskiem spadających meteorów. Pewien wieśniak powiedział „Światło było tak jasne, że przez kilka sekund wydawało się, że to dzień.”

Pędzący po niebie z północnego wschodu na południowy zachód obiekt poruszał się niemal dokładnie wzdłuż wschodniego wybrzeża Indii od Mayurbhanj do Kendrapara w stanie Orissa. Ludzie z okręgów Kendrapara, Jagatsinghpur, Jajpur i Mayurbhanj



Ważący 30 g fragment, który spadł w okręgu Kendrapara.

słyszeli dudniący hałas, gdy obiekt zmierzał ku ziemi.

Dwieście kilometrów na południe od Sadsudii, w Bhubneshwarze, stolicy stanu, mieszkańcy widzieli błyski światła przez sekundę lub dwie, ale nie słyszeli żadnego hałasu. Ludzie w okręgach Cuttack, Puri, Khurda, Nayagarh, Angul, Bhadrak i Balasore także mówili, że widzieli bolid.

Wkrótce mieszkańcy wiosek Paschima Suniti i Benakanda usłyszeli plusk meteorytów spadających na pola ryżowe wokół wsi. Podczas gdy meteoryt w Benakanda rozleciał się na ka-

wałki, to w Paschima Suniti, ważący 5,7 kg został znaleziony nietknięty.

We wsiach Paschima Suniti i Purba Suniti spadające meteoryty wytworzyły dwa kratery o średnicy pięciu stóp. We wsiach Sanamarichapalli i Subarnapur mieszkańcy znaleźli dwa okazy ważące po 3 kg każdy. Dwa inne o wadze 900 g i 250 g znaleziono w Bolagarh, w okręgu Khurda.

Całkowita masa deszczu Orissa jest jeszcze nieznana, ale ocenia się ją na około 15 kg. Wstępne testy w Laboratorium Badań Fizycznych pokazują, że jest to żyłkowy chondryt typu petrologicznego 5/6. Podobnie jak inne indyjskie meteoryty, Orissa będzie przechowywany w indyjskim Instytucie Geologicznym. Z powodu trudnego terenu i złej pogody wiele okazów tego deszczu nadal jest w polu. Nawet te znalezione wykazują oznaki wietrzenia.

Meteoryt Worden: Jeszcze jeden trafiony samochód

Matt Morgan & Juris Breikss

Około 5 po południu czasu miejscowego dziesiątki osób w południowej i środkowej części stanu Michigan, USA, obserwowały przelot bolidu, któremu towarzyszył dudniący grzmot. Świadkowie mówili o niezwykle jasnej kuli ognia przypominającej świecenie „spawarki łukowej”, trwającej prawie dziesięć sekund. Za spadającym ogniem ciągnął się długi warkocz. Tymczasem świadkowie 75 kilometrów na północny zachód mówili, że to samo jasne światło poruszało się z północy na południe kierując się lekko w dół. Ognista kula rozpadła się w locie na trzy oddzielne płonące fragmenty, które świeciły zielono i żółto (Velbel et al., 2002).

Pan Duane Foster z Northville w hrabstwie Wartenshaw w stanie Michigan i jego dwaj



Pan Foster prezentujący swój niszczycielski meteoryt.

synowie pracowali na podwórzu, gdy usłyszeli potężny huk. Po około dwóch minutach usłyszeli głośny, świszczący dźwięk, a po chwili trzask. Pomyśleli, że samochód rozbił się przed domem. Przebiegając obok domu zauważyli kawałki gipsu i odłamki, które wyleciały z otwartego garażu. Wchodząc do garażu syn pana Fostera zauważył, że dach jego czerwonej Toyoty Celica z 1988 r. jest wklęsnięty ze śladem uderzenia, a na podłodze garażu leży czarny kamień.

Matt czytał o spadku meteorytu Worden w *Meteoritical Bulletin* (Grossman i Zipfel, 2001). Chociaż go to zaintrygowało, nie zajął się tym dokładniej. Rok później zauważył publikację o meteorycie Worden w *Meteoritics and Planetary Science* (zob. literatura) i jego zainteresowanie odżyło. Po nieregularnych poszukiwaniach przez prawie rok znalazł w końcu kontakt z panem Fosterem. Miejscowy kolekcjoner i poszukiwacz meteorytów, Juris Breikss, skontaktował się z Mattem w sprawie zakupu nowych meteorytów i stwierdził, że chętnie by pomógł, gdyby coś nowego się pojawiło. Matt stwierdził, że to mógłby być test, więc przekazał Jurisowi informację o panu Fosterze i poprosił o skontaktowanie się z nim, by zobaczyć, czy chce sprzedać meteoryt i samochód. Juris próbował kilkakrotnie, ale odzywała się tylko automatyczna sekretarka. Zostawił więc wiadomość prosząc pana Fostera o telefon. Żadnej reakcji. Wreszcie przy kolejnej próbie pan Foster podniósł słuchawkę i powiedział, że cieszy się, że Juris dzwoni. Widocznie dwie ostatnie cyfry numeru telefonu nie nagrały się na sekretarce.



Działając jako pośrednik Juris wyjaśnił, że jesteśmy zainteresowani meteorytem, który pan Foster znalazł w 1997 r. Okazało się, że pan Foster dużo wie o tym meteorycie, zna jego klasyfikację i inne godne uwagi aspekty. Co ciekawe, krewny jego sąsiada jest spokrewniony z rodziną Knapp znaną z meteorytu Peekskill. Wiedząc, że meteoryt może zaciekać publiczność i naukowców pan Foster umieścił go na wystawie w Muzeum Przyrodniczym Uniwersytetu Michigan. Powiedział, że niedawno dzwoniły inne osoby zainteresowane zakupem meteorytu. Miał się z nimi spotkać w przyszłym tygodniu.

Juris dzwonił kilkakrotnie składając oferty dotyczące meteorytu Worden. Chociaż pierwszych kilka ofert zostało odrzuconych, pan Foster pozostawał prawdziwym gentlemanem i zawsze dawał następną szansę. Wiedzieliśmy jednak, że czas ucieka. Juris przedstawił naszą ostateczną ofertę i po kilkusekundowej pauzie pan Foster powiedział „czy to jest POWAŻNA oferta?” Juris potwierdził i powiedział, że możemy przylecieć następnego dnia. Transakcja została dokonana. Nabyliśmy światowej klasy meteoryt bez dalekiej wyprawy na koniec świata. Ten zakup potwierdził, że w Stanach Zjednoczonych wciąż nie brak meteorytowych skarbów. Pan Foster wyjaśnił jednak, że samochodu nie może sprzedać, bo już oddał go na złomowisko. Nie było nadziei na odnalezienie go, bo minęło już prawie sześć lat.

Meteoryt ma piękną, matowo czarną skorupę; widać, że był przechowywany w dobrych warunkach i chroniony przed wpływami atmosferycznymi. Jest z grubsza prostopadłościenny mierząc $10 \times 17,5 \times 2,5$ cm i ważąc 1496 g. Przy uderzeniu odłupały się od niego dwa małe kawałki ważące razem około 50 gramów. Daje to razem wagę około 1550 g. Te dwa fragmenty są w posiadaniu pana Fostera i Uniwersytetu Michigan. Tylna strona (względem kierunku lotu) meteorytu jest pełna wgłębień, a czołowa strona jest gładka. Mniej więcej 20% długości meteorytu pokrywa cienka warstwa czerwonej farby od zderzenia z samochodem. Widoczne są także słabe, białe rysy od zderzenia z dachem i ścianami garażu. Wnętrze meteorytu jest świeże, o szaro-



Toyota Celica z widocznymi skutkami uderzenia meteorytu. Zauważmy wgniecenie dach ze śladem uderzenia i meteoryt leżący na podłodze garażu. Kawałki gipsu i izolacji otaczają meteoryt. Samochód oddano później na złomowisko i już go nie odnaleziono.

niebieskiej barwie i zawiera i dobrze i słabo widoczne chondry oraz lśniącoce plamki metalu. Meteoryt Worden został sklasyfikowany jako chondryt zwyczajny L5 i jest czwartym spadkiem w stanie Michigan po Allegan, Rose City i Coleman.

Pan Foster wydawał się trochę zawiedziony, że jego meteoryt wygląda jak cegła. Wiedział, jak mogą wyglądać meteoryty żelazne i żałował, że meteoryt Worden nie ma podobnego, ciekawszego wyglądu. Był bardzo wdzięczny, że ten kosmiczny gość nie wyrządził krzywdy jego rodzinie. Ponadto (co świadczy o jego dobrym charakterze) było mu miło, że ten kamień idzie do ludzi, którzy cenią meteoryty i z radością przyjmą ten meteoryt do swych zbiorów.

Prawa autorskie do wszystkich zdjęć ma Matt Morgan, 2003

Literatura

- Velbel M.A., Matty D.J., Wacker J.F., Linke M.P. (2002), The Worden meteorite – A new ordinary chondrite fall from Michigan. *Meteoritics & Planetary Science* **37**, (supplement), p. B25-B29.
- Grossman J.N., Zipfel J. (2001), The Meteoritical Bulletin 85, *Meteoritics & Planetary Science* **36**, p. A293-A322

Matt Morgan jest właścicielem Mile High Meteorites (www.mhmeteorites.com) i lubi dostarczać kolekcjonerom i naukowcom nowe meteoryty oraz wypatrywać ich w terenie.

Juris Breikss kupił swój pierwszy meteoryt jako nastolatek od Roberta Haaga w latach osiemdziesiątych, a od czterech lat jest poważnym kolekcjonerem.

MM



Świeża, matowo czarna skorupa i ślady przelotu pokrywają prawie całą główną bryłę meteorytu ważącą 1496 g.

Bensour

Philippe Thomas & Léa Dejoux

Tłum. Monika Derecka

(specjalnie dla Meteorytu. Copyright © Philippe Thomas)

W przypadku deszczu meteorytów Bensour, w przeciwieństwie do innych obserwowanych spadków meteorytów, są problemy ze ścisłością relacji świadków. Faktem jest, że spadek ten miał miejsce w samym centrum obszaru zwykłych poszukiwań nomadów, w strefie granicznej między Marokiem a Algierią, a dokładniej na skalistym płaskowyżu Jbel Ben Sour, około 75 km na południe od ostatniego marokańskiego miasteczka Tao-uz. Mimo, iż istnieją naoczni świadkowie tego wydarzenia, w oświadczeniu oficjalnym wciąż brakuje takich podstawowych danych, jak dokładne współrzędne spadku, wiarygodnych zeznań, a nawet dokładna data wydarzenia do końca nie jest jasna (niektórzy twierdzą, że miało ono miejsce 10 lutego, inni, że 11, a jeszcze inni 12). Mimo tych nieścisłości pewne dane

zostały ustalone, w szczególności zaś to, że Bensour nie jest zwykłym znaleźnikiem, jak niektórzy uważali, lecz świeżym spadkiem.

Nomadowie, lud berberyjski, którzy od niedawna najliczniej osiedlili się w regionie Erfoud, często przekraczają granicę z Algierią, by osobiście poszukiwać meteorytów lub zlecać ich poszukiwania nomadom mieszkającym na Saharze, należącej do Algierii i odkupywać ich znalezi-ska. W tym celu podróżują głównie na motorowerach lub małych motorkach szlakiem naturalnym, wyznaczonym przez koryto wyschniętej rzeki Ziz, w pobliżu Tao-uz, a następnie transportują meteoryty w region Rissani lub Erfoud (główne ośrodki handlu meteorytami znalezionymi na Saharze).

Pierwsi świadkowie tego wydarzenia, nomadowie, przybyli w chwilę po spadku na skalisty teren Jbel Ben Sour i zobaczyli tam czarne kamienie. Natychmiast zebrali największe kawałki meteorytu. Najbardziej znaczący okaz, który rozpadł się pod wpływem siły uderzenia o Ziemię na 3 fragmenty, waży ponad 9,2 kg. W ciągu następnych dni, Nomadowie przeszukali sektor w celu zebrania jak największej ilości meteorytu zanim zaczną wietrzeć. W ciągu kilku miesięcy intensywnych poszukiwań, zgromadzili ok. 45 kg meteorytów. Niektóre nie przekraczają połowy grama.

Nomadowie, za pieniądze, jak to mają w zwyczaju, oddali meteoryt ten sprzedawcom z okolic Erfoud, a ci z kolei odsprzedali go międzynarodowym dealerom.

Podczas przelotu przez dolną część atmosfery, meteoryt rozpadł się na ogromną ilość małych kawałków. Poza fragmentem ważącym ponad 9,2 kg, stanowiącym masę główną

oraz paroma innymi o masie ok. 1 kg, najczęściej można spotkać całe, kilkogramowe lub ważące mniej niż 1 gram, kamienie. Dużo tych kawałków jest orientowanych, a meteoryt ten jest jednym z najpiękniejszych okazów, jakie ostatnio spadły na Ziemię. Większość meteorytów pochodzących z tego spadku została natychmiast zebrana, co pozwoliło zgromadzić w naszych kolekcjach i laboratoriach okazy, które w najmniejszym stopniu nie uległy procesowi zwietrzienia.

Na Saharze rzadko notuje się opady deszczu, lecz zdarzyło się to w marcu 2002 r., miesiąc po spadku meteorytu. Padało tylko przez jedną noc, lecz bardzo intensywnie, co spowodowało



Bensour, 13,4 g, kolekcja Kazimierza Mazurka.

wało wezbranie wód w wyschniętych korytach rzek, a nawet utworzenie się okresowych jezior. Niestety, na skutek tej ulewnej oraz wietrzenia eolicznego fragmenty znalezione od tego czasu nie mają tej dziewiczej postaci jak wcześniejsze. Dzięki zaistniałej sytuacji można wyciągnąć wniosek, że nawet w tak bezpiecznym miejscu jakim jest pustynia, proces wietrzenia meteorytów może zachodzić bardzo szybko.

Badania właściwości magnetycznych meteorytu Bensour przeprowadzono wyłącznie kilka miesięcy po jego spadku na Ziemię. Szybka i nieinwazyjna metoda, ostatnio opracowana, wykorzystuje właściwości magnetyczne meteorytów w zależności od składu mineralnego i ich naturalnych pozostałości magnetycznych (NRM). Fakt, że meteoryt ten został zebrany natychmiast po jego spadku, stworzył dogodne okoliczności, by prowadzić badania w optymalnych warunkach, nad świeżym chondrytem.

Poniższa tymczasowa relacja na temat spadku Bensour została zamieszczona w Meteoritical Bulletin nr 88, a jej ostateczna wersja zostanie opublikowana w lipcu 2004 r.

Bensour (współrzędne zostaną podane)
Maroko/Algieria

Znaleziony, być może spadł, 11 lutego 2002 r.

Chondryt zwyczajny (LL6)

Relacje naocznych świadków, nomadów z granicznego regionu Maroka i Algierii, mówią o znaczącym spadku wielu kamieni 11 lutego 2002 r. Nie są one jednak szczegółowe. Łączną wagę ocenia się na ponad 45 kg. Poszczególne kamienie (do 9,2 kg) są bardzo jasnoszare z lśniącą, czarną skorupą. Klasyfikacja i mineralogia (A. Irving, S. Kuehner, UWS): Bardzo drobnoziarnista, monomiktyczna brekcja składająca się z oliwinu ($\text{Fe}_{31,6}$, $\text{FeO/MnO} = 60,0$), ortopiroksenu ($\text{Wo}_{3,5}$, $\text{Fs}_{24,3}$, $\text{FeO/MnO} = 36,6$), klinopiroksenu i sodowego plagioklastu z podrzędnie występującymi: metalicznym żelazem nikłonośnym z wysoką zawartością niklu, troilem i chromitem. Obecne są nieliczne chondry. Izotopy tlenu (D. Rumble, CIW): analizy dwóch całych fragmentów skały dały $\delta^{18}\text{O} = +5,3 \pm 0,1$, $\delta^{17}\text{O} = +4,0 \pm 0,1$, $\Delta^{17}\text{O} = +1,20 \pm 0,01$ na milion. Okazy: typowy okaz, 20 g, i polerowana płytka cienka UWS; 1,5 kg Hupé, główna masa Farmer.



Sahara północna — trasy wyjeżdżone przez pojazdy dwukółowe.



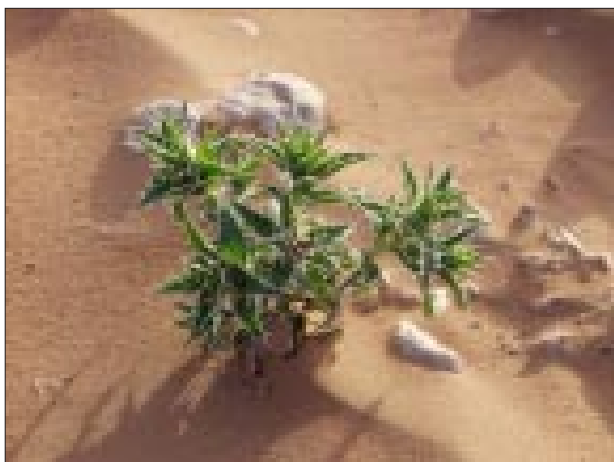
Tymczasowe obozowisko nomadów poszukujących meteorytu Bensour na Jbel Ben Sour



Nomada poszukujący meteorytów na kamienistym obszarze Jbel Ben Sour,



i jego nagroda za godziny trudu.



Ziemia pustyni kryje w sobie nasiona, które czekają na deszcz, by mogły wykiełkować z nich roślinki, które przetrwają zaledwie kilka dni. Zdjęcie zrobione po deszczu, na początku kwietnia 2002 r.



Okaz meteorytu Bensour ważący 244 g.

Podatność magnetyczna właściwa (χ), mierzona na próbkach Bensour, dała wartość logarytmu χ 3,71 typową dla innych LL6 (3,56 do 4,29 ze średnią do 3,97 opartą na badaniu 18 meteorytów przez P.Rochette). Dla porównania, Kilabo, inny LL6, który spadł w Nigerii 21 lipca 2002 dał logarytm χ 3,74, czyli wartość bardzo podobną do tej z meteorytu Bensour.

Jak większość chondrytów LL,

Bensour jest brekcją z jasnoszarymi okruchami, która w analizie petrograficznej wykazuje liczne ślady szoku, np. troilit został zdeformowany.

Ilość wystarczających informacji na temat okoliczności spadku Bensour jest odwrotnie proporcjonalna do ilości przeprowadzanych na nim analiz. Ze względu na swoją świeżość meteoryt ten stał się niezwykle szansą dla naukowców, którzy dzięki pochodzącym

od niego próbkom pierwszej klasy, mogą przeprowadzać swoje badania, kolekcjonerzy zaś, z pewnością docenią jego piękno.

Podziękowania dla Pierre Rochette (CEREGE), Michele Bourot-Denise (MNHN Paris) oraz wszystkich anonimowych nomadów, którzy poświęcają swój czas, by poszukiwać meteorytów.

