

METEORYT

Nr 4 (88)

Grudzień 2013

W numerze:

- Almahata Sitta
- Chondryty CV i CK
- Siarczki, fosforki i żelazo
- Meteoryt Pillistfer
- Miss pustyni
- Odnowione muzeum w Wiedniu
- Łowicz – polski mezosyderyt



METEORYT

kwartalnik
dla miłośników meteorytów

Wydawca:

Olsztyńskie Planetarium
i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn
tel. (0-89) 533 4951
opioa@planetarium.olsztyn.pl

konto:

88 1540 1072 2001 5000 3724 0002
BOŚ SA O/Olsztyn

Kwartalnik jest dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2013 roku 44 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto wydawcy nie zapominając o podaniu czytelnego imienia, nazwiska i adresu do wysyłki. Wydawca dysponuje także numerami archiwalnymi.

Większość publikowanych artykułów jest tłumaczona z kwartalnika METEORITE za zgodą jego wydawcy, który zachowuje prawa do tych artykułów.

Redaguje i tłumaczy większość tekstów:

Andrzej S. Piłski
skr. poczt. 6
14-530 Frombork
tel. kom. 696 805 247
aspmet@wp.pl

Redakcja techniczna i skład komputerowy: Jacek Drążkowski

Druk: Drukarnia Jan, Lidzbark W.

METEORITE

THE INTERNATIONAL QUARTERLY
OF METEORITES
AND METEORITE SCIENCE

Arkansas Center for Space
and Planetary Sciences
FELD 202
University of Arkansas
Fayetteville, AR 72701, USA
Email: metpub@uark.edu
http://meteoritemag.uark.edu

Meteorite is available only by subscription, for US\$35 per year. Overseas airmail delivery is available for an additional US\$12 per year.

Od Redaktora:

Pamięć mam dobrą, ale krótką. O tegorocznym Seminarium Meteorytowym w Olsztynie zapomniałem zaraz po powrocie z Olsztyna pochłonięty problemami w pracy związanymi z rozpoczynającym się sezonem turystycznym. Dopiero po sezonie zajrzałem do materiałów przywiezionych z Olsztyna i znalazłem dwie książki, o których wspomniałem w poprzednim numerze. W pośpiechu nie zauważyłem, że głębiej była jeszcze jedna książka. Oj, dostało mi się od autora.

W Olsztynie, jak pamiętają uczestnicy Seminarium obdarzeni lepszą pamięcią, były trzy książki. Jak napiszę teraz, że ta trzecia była najważniejsza, to wyjdzie to na podlizywanie się autorowi, ale trudno. Chodzi oczywiście o „Glosariusz. Meteorytyka z elementami planetologii.” autorstwa Andrzeja Maneckiego. Elementy tytułu przedstawiłem świadomie, bo wygodniej mówić o tej książce „Glosariusz”. Jak pisze autor we wstępie „Glosariusz ten jest rozwiniętą formą słownika...” i to sprawia, że tę książkę można czytać, a nie tylko zaglądać do niej, gdy chcemy sprawdzić, jak rozumieć jakieś pojęcie. Glosariuszowi poświęciłem osobne miejsce w tym numerze.

Pięć lat temu, po raz pierwszy w historii, udało się zaobserwować meteoryt w kosmosie, zanim spadł na Ziemię. To, że meteoryt ten został gruntownie przebadany, zawdzięczamy w zasadzie uporowi dwóch osób. Pierwsza to Peter Jenniskens, który nie uwierzył, że planetoida 2008 TC3 rozpadła się w atmosferze i naklonił Muawi Shaddada z Uniwersytetu w Chartumie do zorganizowania poszukiwań. Druga, to Siegfried Haberer, który, gdy dowiedział się o znalezieniu okazów, odważył się zorganizować własne poszukiwania ryzykując i pieniądze i własne bezpieczeństwo. I to właśnie Habererowi zawdzięczamy sensacyjne odkrycia w tym meteorycie. Jest to znakomity, i na szczęście nie jedyny, przykład, jak współpraca poszukiwaczy z naukowcami owocuje odkryciami i publikacjami. To właśnie poszukiwacze i dealerzy, przecinając okazy na sprzedaż, mają największe szanse natrafić na różne osobliwości i mają ogromną, praktyczną wiedzę o budowie meteorytów różnych typów. Jeśli naukowcy potrafią z tej wiedzy skorzystać, to owocem są nowe odkrycia.

Dawno, dawno temu (nr 2/1998) pisałem o meteoroidach w Naturhistorisches Museum w Wiedniu. Wciąż uważam, że każdy miłośnik meteorytów powinien ten zbiór zobaczyć. Dlatego z przyjemnością przekazuję informacje o odnowionej wystawie, która od roku znów jest dostępna dla zwiedzających. Sam będę się starał znów ją zobaczyć i wszystkich zachęcam.

Artykuł o Łowiczu pokazuję, jako ciekawostkę. Wprawdzie nie wnosi nic nowego po bardzo dobrym artykule w numerze 2/2010 „Meteorytu”, ale miło jest widzieć w „Meteorite” artykuły polskich autorów.

Żegnając rok 2013, który będzie pamiętny z powodu deszczu kolo Czelabińska, życzę na Nowy Rok 2014, w imieniu redakcji, podobnego deszczu w Polsce. W końcu od blisko 80 lat u nas deszczu meteorytów nie było.

Andrzej S. Piłski

Zdjęcia na okładce:

Stacja 6 czyli Almahata Sitta i jeden z mniejszych okazów w miejscu znalezienia.



Przyjazd na stację 6 — planetoida zderza się z Ziemią

Siegfried Haberer i Karin Schneider

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 3. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Jest wieczór, 6 października 2008 roku i astronom, Richard Kowalski, jedzie jak zwykle do pracy w Catalina Sky Survey na Mount Lemmon w Arizonie. Uruchamia teleskop, należący do sieci teleskopów obejmującej cały glob.

Każdej nocy te teleskopy patrzą w przestrzeń kosmiczną, by wykryć planetoidy, które mogą być niebezpieczne dla Ziemi. Dziś wielu badaczy zgadza się, że dinozaury padły ofiarą uderzenia planetoidy około 65 milionów lat temu. Nie musimy jednak sięgać tak daleko w przeszłość naszej planety, by odnaleźć zderzenia zagrażające życiu. Gigantyczna eksplozja miała miejsce 17 czerwca 1908 roku nad Podkamienną Tunguską na Syberii, gdy planetoida wtargnęła w atmosferę. Pod działaniem potężnej fali uderzeniowej, jaką wytworzyła, w ciągu sekund około 60 milionów drzew zostało powalonych na obszarze około 2000 km².

Ze świadomością, że istnieje stałe, potencjalne zagrożenie w postaci planetoid, i że część odpowiedzialności za ochronę życia i mienia ludzi spoczywa na nim, Kowalski siada przed monitorem komputera. Zadanie, które go czeka, jest ogromne. Przy pomocy obecnego sprzętu astronomowie są w stanie monitorować tylko 5% nocnego nieba. Trzeba więc trochę szczęścia, by w porę wypatrzeć potencjalnie niebezpieczną planetoidę.

Tego wieczoru Richard Kowalski ma szczęście. Wykrywa nową planetoidę, która pojawia się na monitorze jako biała kropka. Po przeprowadzeniu przez kilka godzin rutynowych obserwacji obiektu przesyła współrzędne do Minor Planet Center w Cambridge, Massachusetts.

Następnego ranka dr Timothy B. Spahr, dyrektor Minor Planet Center, otrzymuje te informacje, gdy tylko wstaje z łóżka. Na podstawie tych danych robi pewne obliczenia, ale kom-

putery nie są w stanie określić trajektorii tej planetoidy. W końcu jednak, po zastosowaniu pewnych tricków, udaje mu się. Nagle na ekranie pojawia się ostrzeżenie: obiekt nadlatuje. Uderzający wniosek jest taki, że planetoida, która ma otrzymać nazwę 2008 TC₃, zamierza uderzyć w Ziemię. Jest to sensacyjne zdarzenie, ponieważ nigdy dotąd nie uzyskano takiego wyniku obliczeń.

Chociaż dr Spahr zakłada, że po wejściu w atmosferę obiekt eksploduje i rozpadnie się na małe kawałki, to powiadamia NASA używając alarmowego numeru telefonu. Dzwoni także do innego astronoma, dr Stevena Chesleya z Jet Propulsion Laboratory w Pasadenie, w Kalifornii. To stamtąd jest kontrolowany ruch satelitów i statków kosmicznych NASA. Obliczenia dr Chesleya doprowadzają następnie do wniosku, że planetoida zbliża się do Ziemi z prędkością 45000 km/h. Przewiduje on zderzenie na Pustyni Nubijskiej w Północnym Sudanie za niecałe 13 godzin, o 2:46 UT (5:46 rano czasu lokalnego). Przekazuje wyniki do

centrali, która rozsyła informacje do sieci astronomów na całym świecie. Wieść rozchodzi się lotem błyskawicy. Grupa astronomów z Pizy, we Włoszech, także potwierdza, że nastąpi zderzenie. NASA zawiadamia między innymi departamenty stanu i obrony.

Przez ten czas liczne obserwacje prowadzą do wniosku, że planetoida ma kształt bochenka chleba, i że pędzi ku Ziemi płaską stroną do przodu. Obraca się wokół dwóch osi. Astronomowie są uradowani faktem, że planetoida, której masę oceniono na 83 tony, a wielkość jest porównywalna z rozmiarami terenowego samochodu, nie jest zbyt duża i nie wyrządzi większych szkód w tym, niemal bezludnym, zakątku pustyni. Lepiej nie myśleć, co by było, gdyby planetoida miała średnicę około 40 metrów. Przy takiej samej prędkości jak 2008 TC₃ miałyby dość energii, by zniszczyć duże miasto, takie jak Nowy Jork. Pewne napięcie jednak pozostaje. Czy zderzenie z Ziemią nastąpi w wyliczonym momencie i miejscu? Po raz pierwszy w historii ludzkości planetoida zaobserwowana w kosmosie



Fot. 1. Sudańskie targowisko po drodze do Stacji 6 dostarcza upragnionych napoi i owoców.

zderzy się z Ziemią. Zdarzenie to jest kamieniem milowym dla przeglądów nieba, a także dla przyszłych strategii zmiany toru lotu planetoid.

Zgodnie z planem, o 5:46 rano, setki tysięcy mieszkańców kolejowej Stacji 6 w głębi Pustyni Nubijskiej zostaje gwałtownie przerwany. Po wejściu w atmosferę z trudną do wyobrażenia prędkością 12,4 km/s, na wysokości 65 km planetoida zamienia się w gigantyczną kulę ognistą. Następnie na wysokości 37 km rozpada się na wiele fragmentów. Zdarzeniu towarzyszy ogłuszający hałas.

Krótko przed tym załoga Boeinga 747 francuskich linii lotniczych KLM, lecącego z Johannesburga do Amsterdamu, otrzymuje ostrzeżenie o spodziewanym zderzeniu planetoidy z Ziemią. Meteorolog lotniczy przekazał tę informację do głównego biura tej linii. Dwaj piloci ściemniają oświetlenie kokpitu, gdy nagle niebo jaśnieje. Choć zdarzenie miało miejsce w odległości 1400 km, kapitan samolotu mówi później, że to wyglądało, jakby ktoś zapalił światło.

Później jeden z nomadów opowiada o swoich wrażeniach. Zaraz po porannej modlitwie, nagle i zupełnie nieoczekiwanie zrobiło się widno, jak w dzień. Przez kilka minut widział oślepiające światło, a ciszę pustyni przerywały ogłuszające eksplozje.

Inni nomadzi widzą planetoidę, która eksploduje z siłą małej bomby atomowej, jako wielkie, okrągłe światło. Pod wpływem pierwszego szoku niektórzy myślą, że nadszedł koniec świata. Pewien Sudańczyk robi zdjęcia obłoku po eksplozji i pyłowego



Fot. 2. Przybycie na Stację 6 czyli Almahata Sitta po ponad 12 godzinach jazdy samochodem.

śladu, który pojawia się na delikatnie zabarwionym niebie poranka. Co za wspaniałe zjawisko przyrody!

Dr Peter Jenniskens, astronom z instytutu SETI w Mountain View, w Kalifornii, od początku śledzi bieg spraw. Jest oszołomiony. Po raz pierwszy planetoida, obserwowana przez wiele teleskopów na całej kuli ziemskiej, zderzyła się z Ziemią. Jej wielkość, prędkość, rotację, kąt wejścia, czas i miejsce zderzenia — wszystko to można było dokładnie określić. Zdjęcia satelitarne i relacje świadków potwierdziły dużą dokładność obliczeń.

Dr Jenniskens jest poruszony, że może być tak blisko centrum tak niezwykłego wydarzenia. Wiele pytań przychodzi mu na myśl: Czy planetoida, która eksplodowała kilkakrotnie na nietypowej wysokości 37000 metrów, została całkowicie zniszczona?

A może część tej materii pozostała do znalezienia na powierzchni, na Pustyni Nubijskiej? Z czego składała się ta planetoida? Czy były to słabo związane fragmenty czy też zwarta bryła? Gdzie zaczęła się podróż tej planetoidy przez kosmos? Jedno pytanie za drugim... Dr Jenniskens zna mnóstwo informacji już dostarczonych przez 2008 TC3. Teraz byłoby ciekawe dowiedzieć się jeszcze więcej odnajdując pozostałości w postaci meteorytów. To dałoby jeszcze większą wiedzę, na przykład poznanie budowy tej planetoidy.

Informacja o składzie chemicznym i strukturze planetoid jest kluczowa dla określenia, jakie działania należałoby podjąć, aby pewnego dnia zmusić zbliżający się obiekt do zboczenia z kolizyjnego kursu. Ładunek wybuchowy zastosowany do planetoidy o luźnej budowie nie wywołał niemal żadnego efektu podobnie jak pocisk wystrzelony w poduszkę przeleci przez nią nie powodując potrzebnego przemieszczenia. Natomiast obiekt o zwartej budowie zachowa się inaczej. Wywołana eksplozja może w tym przypadku rzeczywiście wpłynąć na jego kurs.

Ponieważ planetoida eksplodowała 37 km ponad Ziemią, wydaje się prawdopodobne, że cały obiekt wyparował. Jednak, w przeciwieństwie do wielu swych kolegów, dr Jenniskens jest przekonany, że część tej materii pozostała. Czekają kilka tygodni bez żadnych wieści o znalezionych meteorytach. Potem postanawia, że coś trzeba zrobić. Kontaktuje się z dr Muawi Shaddadem z Uniwersytetu Chartumskiego, który zamierza zorganizować ekspedycję do rejonu, w którym mogły spaść



Fot. 3. Miejsce dobrze zasłużonej przerwy. Zaciężone miejsca były nieliczne i daleko od siebie.

meteoryty. Na początku grudnia 2008 roku obaj ci badacze wyruszają do odpowiedniego rejonu Pustyni Nubijskiej, w towarzystwie zespołu 45 entuzjastycznych studentów i pracowników Uniwersytetu Chartumskiego. Poszukiwania mają rozpocząć się od „Almahata Sitta”, co oznacza stację kolejową numer 6. Nic nie może przygasić zapału poszukiwaczy, nawet burza piaskowa. Na podstawie dokładnych obliczeń i po wypytaniu świadków systematycznie przeszukują grunt. Przy zachowaniu odległości 20 metrów między sąsiednimi osobami zespół może przeczesać obszar o szerokości 1 km. W ten sposób zespół przeszukuje potencjalny obszar rozrzutu. Później, 6 grudnia, tego samego dnia, kiedy rozpoczęto poszukiwania, odkrywczy duch dr Jenniskensa i Shaddada będzie nagrodzony, gdy jeden ze studentów odnajdzie pierwszy meteoryt z 2008 TC3, pokryty lśniąca, świeżą skorupą obtopieniową. W ślad za tym idą następne znaleziska. W ciągu kolejnych tygodni, podczas tej i dwóch następnych ekspedycji, przybywa 280 okazów o łącznej wadze około 4 kg. Meteoryt zostanie nazwany od pobliskiej „Stacji 6”, Almahata Sitta. Wyprawa okazuje się całkowitym sukcesem.

Gdy wraz z Karin Schneider udaje nam się zobaczyć w internecie pierwsze zdjęcia meteorytu Almahata Sitta, jesteśmy zelektryzowani. Jest to piękny, głęboko czarny meteoryt, który wyróżnia się na jasnym tle pustynnego gruntu. W tym momencie, dla mnie, rodzi się życzenie — zrobić ekspedycję na Pustynię Nubijską.

W czerwcu 2009 r. wysłałam mój paszport do sudańskiego konsulatu w Berlinie, aby starać się o wizę. Dołączone jest wymagane pisemne zaproszenie z Sudanu. Mija wiele dni, lot jest już zarezerwowany, ale wizy wciąż nie widać. Gdy dzwonię, nie mogą potwierdzić, że wiza będzie wydana na czas, przed zaplanowanym za 10 dni odlotem. Rozmowa zabiera mnóstwo czasu, ale w końcu się udaje. Za dwa dni znajduję w mojej skrzynce pocztowej paszport z ważną wizą.

Bagaze są już spakowane, gdy ponownie sprawdzam zalecenia dotyczące bezpieczeństwa opublikowane przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych. Warunki bezpieczeństwa, które już były złe, pogorszyły się od ostatniego sprawdzania jeszcze bardziej. Teraz

strona internetowa mówi o wzroście zagrożenia porwaniami i napadami. Jest ostrzeżenie dla podróżujących zwłaszcza po odludnych terenach pustynnych, szczególnie na północy Sudanu. Ostatnie porwanie kilku Niemców miało miejsce zaledwie kilka miesięcy wcześniej. Informacja, że policja i wojsko częściowo współpracują z gangami przestępczymi, psuje nastrój jeszcze bardziej. Zdaję sobie sprawę, że dla małej grupy ryzyko jest jeszcze większe. Omawiamy tę kwestię. Po przemyśleniu jeszcze raz decyzji przez każdego pozostaje grupka złożona tylko z 3 osób.

Kilka dni później wynajęty pojazd z napędem na cztery koła wyjeżdża z Chartumu kierując się w dół Nilu, na północ, przez Shedi, Altbara i Berber. Początkowo samochód jedzie

dość gładko po dobrych drogach. Czasem kierowca zatrzymuje się, by zaopatrzyć się w owoce czy napoje na jednym z barwnych targowisk. Gdy tylko ktoś opuszcza klimatyzowany pojazd, gorąco jest nie do zniesienia. Podróż jest często przerywana przez policyjne i wojskowe posterunki kontrolne. Pojazdy terenowe z bagażnikiem na dachu zdają się wzbudzać ich szczególne zainteresowanie. Po wielu godzinach jazdy, które zdają się ciągnąć w nieskończoność, samochód opuszcza dolinę Nilu. Rzeka skręca na zachód. Mohamed, kierowca, prowadzi teraz pojazd przez ostatnie 250 km, po wyboistych, gruntowych drogach, do Stacji 6. Już z daleka łatwo ją rozpoznać po typowych, okrągłych budynkach. Są one pomalowane na jaskrawy, biały kolor, co jest pozostałością z czasów



Fot. 4. Okaz Almahata Sitta w miejscu znalezienia.



Fot. 5. Wyraźnie orientowany meteoryt Almahata Sitta w miejscu znalezienia, na tle jasnego, kontrastującego piasku.

kolonialnych. Te budowle służyły najpierw za mieszkania dla robotników, gdy budowano linię kolejową z Chartumu do dzisiejszej tamy assuańskiej. Tu, w pustynnej samotni, jest kilka osób. Zajmują się swoją pracą bez pośpiechu, lub odpoczywają w cieniu — szybkie ruchy byłyby niezdrowe w tym nieprawdopodobnym upale.

Następnego ranka nasza grupa nie może doczekać się momentu wyruszenia. Gdy tylko zaczyna świtać, każdy jest gotowy do drogi, tak aby dotrzeć do obszaru rozrzutu o wschodzie słońca. Obszar, gdzie można znaleźć meteoryty, ma 7 km szerokości i 27 km długości. Trzej ludzie przeszukują teren pieszo... Od czasu do czasu kierowca przyłącza się do poszukiwań. Gdy odpoczywamy, by uniknąć parzącego gorąca w południe, wyraźnie widać, kto jest przyzwyczajony do tych temperatur, a dla kogo jest to ogromny wysiłek fizyczny. Rozczarowanie jest ogromne, bo pomimo intensywnego szukania w temperaturze blisko 50 stopni w cieniu nie znajdujemy ani jednego meteorytu. Robi się jeszcze gorzej: całymi dniami nasz zespół wędruje po Pustyni Nubijskiej bez żadnego znaleziska.

Dopiero siódmego dnia odnajdujemy pierwszy meteoryt Almahata Sitta. Tak jak na tamtym zdjęciu w internecie, wyróżnia się na tle jasnego, żwirowego gruntu i ma lśniącą, świeżą skorupę obtopieniową. Co za uczucie... pomyśleć o tych niesamowitych okolicznościach, które sprawiły, że ten okaz się tu znalazł.



Fot. 6. Meteoryt Almahata Sitta tak jak został znaleziony.

Następują kolejne znaleziska. Na koniec naszej wyprawy będzie znalezionych ponad 500 gramów. Dla naszego zespołu każdy znaleziony okaz jest jak skarb: bezpośredni posłaniec z nieskończonych przestworzy kosmosu, ostatnie pozdrowienie z TC3, która przejdzie do historii.

Chociaż nasz zespół musi pożegnać pustynię, oczekiwania są ogromne. Jest już oczywiste, że odnalezione meteoryty z TC3 składają się z ureilitów i materii chondrytowej. Nie możemy się doczekać, by uzyskać naukowe potwierdzenie.

Tym razem długa droga do Chartumu wydaje się krótka. Zezwolenie na eksport tych kamieni zostaje wydane, więc okazy mogą być zabrane do Niemiec. (Obecnie eksport meteorytów

Almahata Sitta nie jest już dozwolony. Chociaż nie ma wyraźnego prawa dotyczącego tej kwestii, od dwóch lat ci, którzy szukają meteorytów na terenie spadku Almahata Sitta, są aresztowani i skazywani na więzienie.)

Jedna z pierwszych rozmów telefonicznych jest z profesorem Addi Bischoffem z Uniwersytetu w Münster. Opisujemy mu nasze pierwsze wrażenia dotyczące różnorodności materii. Po upewnieniu się, że mamy zezwolenie eksportowe, jest on bardzo zainteresowany badaniem tych meteorytów. Oczywiście profesor Bischoff i jego zespół chcą odkryć jak najwięcej sekretów z pozostałości planetoidy 2008 TC3.

Zaczyna się praca domowa: fotografowanie okazów, ważenie i przecinanie okazów, aby szybko wysłać je do instytutu. Nasza ciekawość jest ogromna. Wszystkie meteoryty z obszaru rozrzutu Almahata Sitta mają taką samą, ciemną i lśniącą skorupę świeżo spadłych meteorytów.

Badania naukowe pokazują, że ten materiał jest większym zespołem różnych typów: grubokrystalicznych ureilitów, drobnokrystalicznych ureilitów oraz różnych chondrytów. Jeden okaz jest nawet klasyfikowany jako „unikalny”. Później będzie dodany rzadko spotykany bencubinit.

Jak to jest możliwe? Czy podczas swej drogi przez kosmos TC3 gromadziła fragmenty pochodzące ze zderzeń planetoid? Znów: pytanie goni pytanie.

Szybko staje się oczywiste, że nie mająca precedensu różnorodność różnych typów meteorytów w jednym i tym



Fot. 7. Nie cały obszar rozrzutu pokrywał czysty, biały piasek. Oto część obszaru rozrzutu z dużą liczbą pseudometeorytów (bazalt).

samym spadku jest sensacją. Oczywiście w takim przypadku pierwszym obowiązkiem naukowca jest poddać ten materiał badaniom określającym jego wiek ziemski. By nam pomóc, w przypadku niektórych okazów podejmuje się tego zadania dr Gerd Heusser z Instytutu Maxa Plancka Fizyki Jądrowej w Heidelbergu. Ponadto kilka różnych, chondrytowych fragmentów zostaje wysłanych do instytutu we Włoszech. Urządzenie badawcze znajduje się w górach, 1000 m pod poziomem gruntu, by odizolować badanie izotopów promieniotwórczych od zewnętrznych wpływów.

Dla nas oznacza to, że musimy uzbroić się w cierpliwość i czekać, aż otrzymamy wyniki badań. Wreszcie, po kilku tygodniach, przychodzi ekscytująca wieść: wiek ziemski wszystkich meteorytów różnych typów, które przekazaliśmy do badań, zgadza się z datą spadku Almahata Sitta. Zdobyliśmy jasny dowód naukowy.

Wszystkie nasze wysiłki były tego warte. Odcinamy pierwsze płytki i niektóre okazy trafiają do rąk naszych przyjaciół kolekcjonerów. Jednocześnie informujemy instytuty całego świata o możliwości otrzymania próbek tego niezwykłego materiału do badań.

Znaczna liczba prac naukowych na temat tego niezwykłego meteorytu, opublikowanych w specjalnym wydaniu *Meteoritics & Planetary Science* (Vol. 45, No. 10/11, 2012) oraz najnowsze wyniki prezentowane na 75 dorocznej konferencji Meteoritical Society w Cairns, w Australii, w roku 2012, opierają się na próbkach materii Almahata Sitta uzyskanych od nas. Z powodu naszego wkładu do nauki jesteśmy (Karin Schneider i ja) wymieniani jako współautorzy wielu

publikacji naukowych. Przyjmujemy to jako podziękowanie za konstruktywną współpracę między naukowcami a prywatnymi miłośnikami meteorytów.

Dysponując ponad 70 próbkami meteorytów Almahata Sitta profesor Bischoff i jego zespół zyskał znaczącą wiedzę o budowie byłej planetoidy 2008 TC3.

Wśród zbadanych do dziś meteorytów Almahata Sitta są różne grubokrystaliczne ureility, drobnokrystaliczne ureility oraz różnorodność chondrytów: EL6, H5/6, EH4/5, EH3, brekcja E6, EL3/4 i H5. Jednym ze szczególnych okazów jest niewątpliwie chondryt sklasyfikowany jako „unikalny” (MS-CH).

Bardzo interesujący jest także MS-179, „bardzo szczególna brekcja, w której wymieszanych jest ze sobą (czasem tylko słabo scementowanych) kilka odrębnych litologii chondrytów EL. Enstatyt jest w nich chemicznie dość podobny, ale odkrycie oliwinu w chondrach z przynajmniej trzech części wskazuje na obecność prymitywnych litologii, co sprawia, że MS-179 jest chondrytem EL3-5.” [Abstrakt pracy naukowej prezentowanej na 75 konferencji Meteoritical Society w Cairns: Mineralogy and Oxygen Isotope Composition of New Samples from the Almahata Sitta Strewnfield by M. Horstmann, A. Bischoff, A. Pack, N. Albrecht, M. Weyrauch, H. Hain, L. Roggon, K. Schneider].

Prawdopodobnie najbardziej fascynującym meteoritem Almahata Sitta jest MS-181. Jest to jedyny bencubbinit w materiale dostarczonym przez 2008 TC3: „MS-181, ważący 58,6 g, jest bogatą w metal skałą (~60% obj.) i zawiera krzemiany (~40% obj.) o różnych strukturach, podobne do tych, opisanych przez [4, 5] w chondrytach CB...” [Abstrakt pracy naukowej prezentowanej na 75 konferencji Meteoritical Society w Cairns: Al-



Fot. 8. Bencubbinit CBa MS-181. Fot. Beat Booz.

mahata Sitta Sample MS-181: The First Carbonaceous Chondrite (CBa) from Asteroid 2008 TC3 by A. Bischoff, H. Horstmann, G. Heusser, A. Pack, N. Albrecht].

Duże znaczenie naukowe ma także MS-170. Badacze z Japonii, Chin i Niemiec odkryli w tym meteorycie nagromadzenia pierwotnych diamentów, które są intensywnie badane.

Całą tę ekscytującą nową wiedzę naukową można było uzyskać dzięki temu, że wszyscy działali wspólnie: astronomowie, pionierzy poszukiwań okazów Almahata Sitta, naukowcy i kolekcjonerzy, którzy w pewien sposób wsparli naszą wyprawę. Ludzi tych jednocy pytanie, co się dzieje tam, w bezkresie kosmosu. W końcu, poza łaknieniem wiedzy, może też być pragnienie, by dowiedzieć się więcej o nas samych.

www.haberer-meteorite.de



Karin Schneider zainteresowała się meteorytami po zdobyciu magisterium z literatury, lingwistyki i historii sztuki na Uniwersytecie we Freiburgu. Inspiracje do książek, które pisze, czerpie z wrażeń zebranych dzięki kontaktom z innymi kulturami podczas ekspedycji.

Siegfried Haberer zaraził się pasją kolekcjonowania podczas studiowania architektury. Dzięki jego wysiłkom ujrzały światło dzienne różne skamieniałości, wśród nich pierwotny koń. Po wyprawie na Pustynię Libijską kilka lat później był gotów zamknąć swą firmę architektoniczną. Odtąd przemierza świat w poszukiwaniu meteorytów i przekazuje swój entuzjazm przez radio i telewizję.



Fot. 9. Karin Schneider i dr Gerd Heusser z Instytutu Maxa Plancka w Heidelbergu. Fot. Siegfried Haberer.

Chondryty CV i CK: jedna grupa czy dwie?

Alan Rubin

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 3. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Chondryt Karoonda spadł jako deszcz kamieni w nocy 25 listopada 1930 roku w hrabstwie Buccleuch w Australii Południowej. Deszcz był dość duży; do początków grudnia odnaleziono liczne okazy ważące w sumie około 42 kg. Pomimo dużej liczby okazów sklasyfikowanie okazało się trudne. Clarke et al. (1970) zaliczył Karoonda do grupy chondrytów CO, McSween (1977) stwierdził, że meteoryt ten ma właściwości i chondrytów CO i CV, a Scott i Taylor (1985) zauważyli petrologiczne podobieństwo do niektórych, zmetamorfizowanych chondrytów węglistych. Badaczem najbardziej zainteresowanym Karoonda był Greg Kallemeyn (1987); wyznaczył on skład chemiczny tego meteorytu metodą neutronowej analizy aktywacyjnej, porównał go z innymi zmetamorfizowanymi chondrytami węglistymi i zaproponował, że te meteoryty tworzą nową podgrupę. Jeśli rzeczywiście była nowa grupa chondrytów węglistych związanych z Karoonda, to zasługiwała na bardziej szczegółowe zbadanie. Kallemeyn zgromadził swych kolegów z UCLA by rozszerzyć badania, zebrał więcej próbek zmetamorfizowanych chondrytów węglistych i nakreślił petrologiczne charakterystyki tych skał. Wysiłki opłaciły się. W publikacji Kallemeyn et al. (1991) był on w stanie zdefiniować nową grupę chondrytów węglistych — nazwał ją „CK”.

Od razu było jasne, że chondryty CK i CV są blisko spokrewnione ze sobą. Obie grupy mają chondry podobnej wielkości, podobne proporcje zawartości pierwiastków, podobne proporcje izotopów tlenu i podobny wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne. Były jednak także pewne widoczne różnice. Chondryty CK miały nieco niższą zawartość wysokotemperaturowych pierwiastków litofilnych i umiarkowanie niższą zawartość pierwiastków lotnych. Były także różnice petrograficzne: (1) wszystkie

CV są typu 3; wszystkie CK są typu 4-6; (2) CV mają liczne CAI; CK mają bardzo nieliczne; (3) chociaż wiele chondr CV jest otoczonych przez obwódki magmowe, to w chondrach CK takie struktury zdarzały się rzadko. Te różnice doprowadziły do wniosku, że chondryty CK i CV tworzą odrębne grupy. Gdy później niektóre chondryty sklasyfikowano jako CK3, okazało się, że grupa chondrytów CK obejmuje cały ciąg metamorficzny od typu 3 do typu 6. Nie było potrzeby i nie było miejsca, by wepchnąć chondryty CV3 w ramki niezmetamorfizowanych chondrytów CK.

Jednak Greenwood et al. (2010) pokazał, że te wnioski były pochopne. Wskazali oni, że chondryty CK3 były podobne do utlenionych CV3 i że petrologiczne różnice między CV3 i CK4-6 można było z powodzeniem wyjaśnić po prostu rekryształizacją chondrytów CK. CAI trudno było zobaczyć w chondrytach CK, ponieważ te inkluzje uległy rekryształizacji. Podobnie było z magmowymi obwódkami chondr. Greenwood z kolegami stwierdził, że rozkłady zawartości pierwiastków chemicznych i proporcji izotopów tlenu w obu grupach się pokrywają. Te wyniki zwiększyły możliwość, że chondryty CK4-6 są zmetamorfizowanymi próbkami utlenionych chondrytów CV3. By dokładniej rozważyć tę możliwość Isa et al. (2012) przeanalizowali ostatnio siedem meteorytów CV i siedem meteorytów CK; stwierdzili, inaczej niż Kallemeyn et al. (1991), że te dwie grupy mają podobną zawartość wysokotemperaturowych pierwiastków litofilnych. Dane Isa et al. potwierdzają, że chondryty CK mają mniejszą zawartość pierwiastków lotnych niż CV, ale ta różnica może być spowodowana faktem, że chondryty CK są zmetamorfizowane — lotne składniki mogły zostać utracone podczas ogrzewania ciała macierzystego.

Jednak jeśli chondryty CK4-6 są zmetamorfizowanymi CV3, to gdzie

jest miejsce dla CK3? Czy są one identyczne z chondrytami CV3? Czy mogą stanowić czwartą podgrupę CV3 (wraz z podgrupami: zredukowaną, utlenioną typu Allende, utlenioną typu Bali)? Trzeba pamiętać, że chondryty CV są same najbardziej zróżnicowaną petrologicznie grupą chondrytów węglistych. Wiele chondrytów CK3 jest dość zmetamorfizowanych. Badałem chondryt CK3 NWA 1559 (Rubin 2011); jest to prawdopodobnie podtyp 3.8. Podobnie NWA 2921 jest sklasyfikowany jako CK3.8, a NWA 2854 jako CK3/4. Chondryty CK3.8 i CK3/4 mają zrównoważone, bardzo żelaziste oliwiny (typowo około Fa30); w gruncie rzeczy właśnie dlatego zostały sklasyfikowane jako CK. Jest prawdopodobne, że większość chondrytów CK3 jest stosunkowo wysokich podtypów petrologicznych (≥ 3.8) i że te okazy, które są mniej zrównoważone (i mają mniejszą średnią zawartość Fa w oliwinie) są klasyfikowane jako CV3.

Podczas gdy większość utlenionych chondrytów CV typu Allende nie jest zszokowanych (typ szokowy S1), to większość utlenionych chondrytów CV typu Bali jest typu S3-S4 (Scott et al. 1992; Rubin 2012). Ponieważ wiele chondrytów CK jest zszokowanych (np. EET 83311, S5) lub zszokowanych i ogrzanych (np. EET 87505, S2; Rubin 1992), to jest możliwe, że chondryty CK są ogrzаныmi szokowo chondrytami CV typu Bali.

Niektóre z bardziej zmetamorfizowanych chondrytów CV mają pewne cechy CK. Na przykład MET 01017 został sklasyfikowany jako zredukowany chondryt CV podtypu ≥ 3.7 na podstawie ramanowskich badań jego nierozpuszczalnej, organicznej materii (Busemann et al. 2007), zawartości H, C, N i O (Alexander et al. 2007) i dość zrównoważonej zawartości Fa w oliwinowych obwódkach (nieopublikowane dane od Jeffa Grossmana). Gdyby skała była nieco bardziej zmetamorfi-

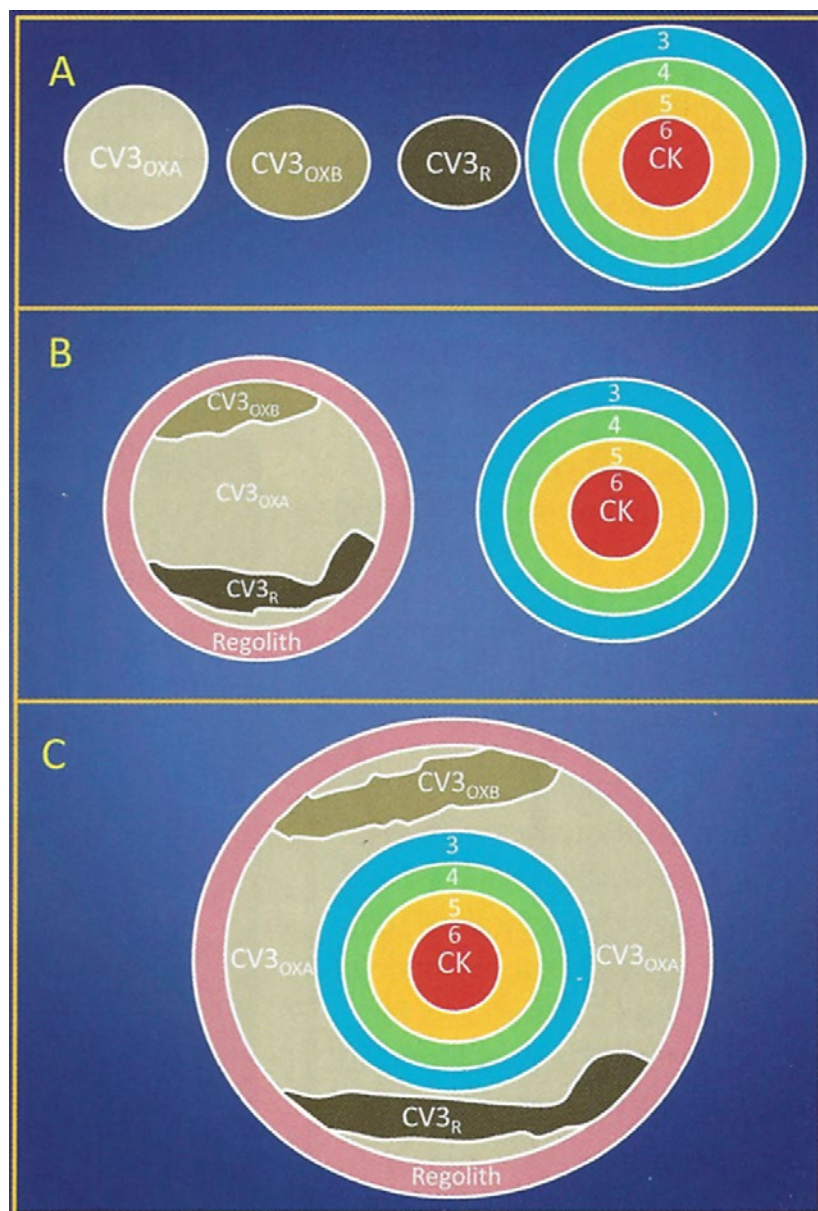
zowana, a grubokrystaliczne oliwiny w chondrach były w równowadze z drobnokrystalicznymi, żelazowymi oliwinami w matriks, to meteoryty byłyby sklasyfikowane jako CK.

Problem jest daleki od rozwiązania. Niektóre chondryty CV3 są brekcjami (np. Vigarano). Gdyby chondryty CV i CK pochodziły z tego samego ciała macierzystego, to w brekcjach CV mogłyby być okruchy CK. Niczego takiego nie zaobserwowano, ale może powinniśmy uważniej szukać. Niedawne kontrowersyjne modele ciała macierzystego CV oparte na badaniach magnetycznych sugerują, że planetoida CV mogła mieć płynne jądro (np. Weiss et al. 2010; Carporzen et al. 2011; Elkins-Tanton et al. 2011). Chociaż sceptycznie podchodzę do tej koncepcji, ponieważ magnetyczne właściwości materii CV mogły być wytworzone przez zderzenia (Bland et al. 2011), to byłoby ciekawe sprawdzenie, czy zbadanie magnetyzmu chondrytów CK3 da podobny wynik. Póki nie mamy wszystkich danych, niepewność pozostaje.

Badacze udoskonalają klasyfikację meteorytów od kiedy zaczęli im się uważnie przyglądać. Czasem odrębne grupy były łączone — Prior (1920) włączył „grahamity” do mezosyderytów; czasem większa grupa była dzielona — Keil and Fredriksson (1964) oddzielili chondryty LL od L; a czasem grupa całkowicie znika — miedzianych meteorytów (Nininger 1943; Paneth 1951) nie ma już w spisie typów meteorytów (Buseck et al. 1973). Obecny problem typów CV — CK jest tylko jednym z ostatnich etapów tego wieloletniego procesu udoskonalania.

Bibliografia

- Alexander C. M. O'D., Fogel M., Yabuta H. and Cody G. D. (2007) *Geochim. Cosmochim. Acta* 71, 4380-4403.
- Bland P. A., Muxworthy A. R., Collins G. S., Moore J., Davison T. M. and Ciesla F. (2011) *Meteorit. Planet. Sci.* 46, A22.
- Buseck P. R., Holdsworth E. and Scott G. R. (1973) *Geochim. Cosmochim. Acta* 37, 1249-1250.
- Busemann H., Alexander C. M. O'D. and Nittler L. R. (2007) *Meteorit. Planet. Sci.* 42, 1387-1416.
- Carporzen L., Weiss B. P., Elkins-Tanton L. T., Shuster D. L., Ebel D. and Gattacceca J. (2011) *Proc. Nat. Acad. Sci.* 108, 6386-6389.
- Clarke R. S., Jarosewich E., Mason B., Nelen J., Gómez M. and Hyde J. R. (1970) *The Smithsonian Contrib. Earth Sci.* 5.
- Elkins-Tanton L. T., Weiss B. P. and



Różne możliwości dla macierzystej planetoidy CV i CK. Według Greenwood et al. (2010).

- Zuber M. T. (2011) *Earth Planet. Sci. Lett.* 305, 1-10.
- Greenwood R. C., Franchi I. A., Kearsley A. T. and Alard O. (2010) *Geochim. Cosmochim. Acta* 74, 1684-1705.
- Isa J., Rubin A. E. and Wasson J. T. (2012) *Lunar Planet. Sci.* 43, abstract#2809.
- Kallemeyn G. W. (1987) *Mem. Natl. Inst. Polar Res. Spec.* 46, 151-161.
- Kallemeyn G. W., Rubin A. E. and Wasson J. T. (1991) *Geochim. Cosmochim. Acta* 55, 881-892.
- Keil K. and Fredriksson K. (1964) *Geophys. Res.* 69, 3487-3515.
- McSween H. Y. (1977) *Geochim. Cosmochim. Acta* 41, 477-491.
- Nininger H. H. (1943) *Pop. Astron.* 51, 273-280.
- Paneth E. A. (1951) *Geochim. Cosmochim. Acta* 1, 117-118.
- Prior G. T. (1920) *Mineral. Mag.* 19, 51-63.
- Rubin A. E. (1992) *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 1705-1714.
- Rubin A. E. (2011) *Meteorit. Planet. Sci.* 46, abstract#5189.

- Rubin A. E. (2012) *Geochim. Cosmochim. Acta*, submitted.
- Scott E. R. D. and Taylor G. J. (1985) *Proc. Lunar Planet. Sci. Con.* 15th, C699-C709.
- Scott E. R. D., Keil K. and Stöffler D. (1992) *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 4281-4293.
- Weiss B. P., and others (2010) *Space Sci. Rev.* 152, 341-390.



Alan Rubin jest specjalistą od meteorytów w UCLA i członkiem zespołu doradczego czasopisma *Meteorite*.



Orbity planetoidy 2012 DA 14 i czelabińskiego meteoru

Mike Hankey

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 2. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Jak większość ludzi 15 lutego 2013 r. byłem zdumiony, zaszokowany i przerażony gdy rosyjski meteor powybił szyby i pokaleczył tysiące mieszkańców Czelabińska. Oczekując bliskiego przelotu planetoidy 2012 DA 14 nie mogłem odpędzić myśli, że te dwa obiekty są ze sobą powiązane. Skoro oba zdarzenia dzieliło tylko kilka godzin, to jak mogło być inaczej? Oczywiście coś się działo. Wkrótce potem najlepsi badacze meteorów całego świata obliczyli trajektorię i orbitę rosyjskiej planetoidy i przedstawili fakty: w żaden sposób te dwa wydarzenia nie mogły być ze sobą powiązane. Dla wielu osób było to nie do przyjęcia i po prostu niemożliwe. Internetowi miłośnicy teorii spiskowych i samozwańczy naukowcy odpowiedzieli szeregiem argumentów przeciw temu posługując się błędną logiką i ogólnym niedowierzaniem. Oczywiście rządowi

i prywatni naukowcy całego świata zmówili się, by ukryć prawdę. Alternatywne wyjaśnienie: publiczność nie zniesie świadomości, że jakiś meteor niesie zagładę, to było pierwsze uderzenie grożącego galaktycznego ataku i wszyscy astronomowie i astrofizycy całego świata współpracują z rządami, by ukryć prawdę i zapobiec globalnej panice przed naszą ostateczną zagładą. „Im” się nic nie stanie w ich podziemnych bunkrach, podczas gdy wszyscy inni wyparują (brzmi poważnie).

Dla niektórych łatwiej było uwierzyć w rozległy spisek rządów i prywatnych osób, by ukryć prawdę, niż uwierzyć, że dwa bliskie w czasie kosmiczne zdarzenia z udziałem dwóch odrębnych planetoid nie miały ze sobą nic wspólnego. Pomimo danych liczbowych, mechaniki, recenzji, zdjęć, wykresów, map orbit i trójwymiarowych prezentacji wiele osób po prostu tego nie kupiło. W ciągu następnych

dni uczestniczyłem w kilkunastu rozmowach online próbując przedstawić fakty i rozproszyć publiczne zaniepokojenie pozornym powiązaniem ze sobą tych dwóch zdarzeń. Stwierdziłem jednak w trakcie tych prób, że niektóre osoby nie akceptują faktów, i że przeważają ich przesady, niewiedza i fałszywe wnioski. W końcu poddałem się zrozumiawszy, że położenie w przestrzeni i konstrukcja orbity planetoidy to jest coś, z czym większość ludzi nigdy nie miała do czynienia, a bez tej podstawowej wiedzy trudno jest to zaakceptować jako prawdę objawioną. By to zrobić, trzeba by wierzyć w naukę i ufać rządowi, a tych dwóch rzeczy znaczna część społeczeństwa nie jest skłonna czynić.

Jako amator i raczej nowicjusz w dziedzinie meteorów i astronomii, to co najbardziej lubiłem na początku, to frajdę, jaką sprawiało mi uczenie się nowych rzeczy. W świat meteorów wciągnął mnie bolid blisko mego domu, czego skutkiem było szukanie meteorów i w rezultacie osobista obsesja na punkcie meteorów i meteoroidów. Na początku byłem tak zielony, że nie widziałem różnicy między meteoroidem a meteoroidem, a tym bardziej nie wiedziałem nic o trajektorii czy orbicie.

W miarę jak obierałem meteoroidową cebulę, zacząłem uczyć się rzeczy, z którymi nigdy nie miałem do czynienia i poszukiwanie meteoroidów skłoniło mnie do rozwijania zdolności fizycznych, umysłowych, społecznych i intelektualnych, oraz do używania tych części mego mózgu i ciała, które wcześniej były uśpione. To wytworzyło ogromne przyływy dopaminy, co z kolei zmotywowało mnie jeszcze bardziej do poszukiwania i nauki, co znów wytwarzało więcej dopaminy. To był intensywny cykl i trzeba było kilku lat, by się ustabilizował, ale przez ten czas zagłębiłem



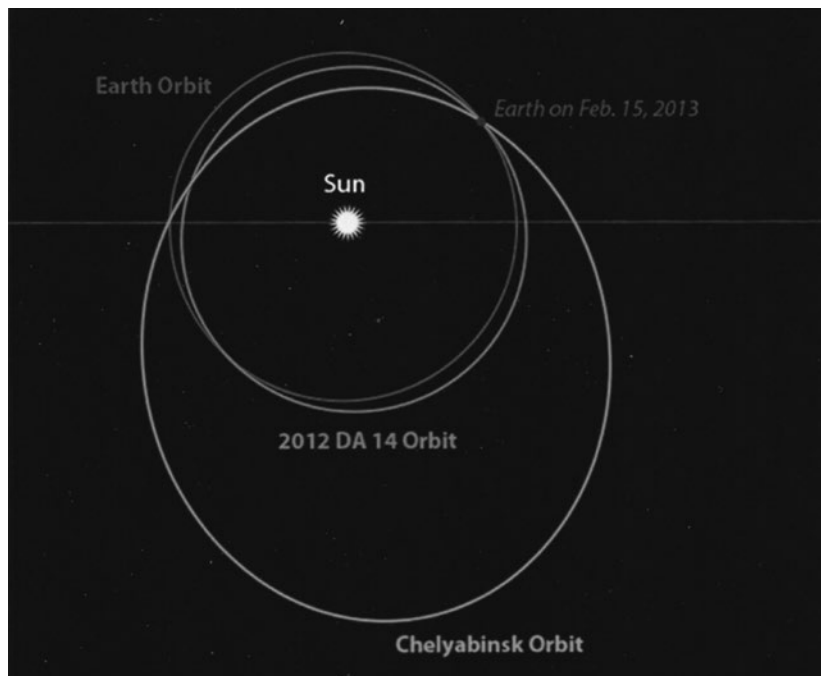
Teleskopowy obraz planetoidy 2012 DA 14, który uzyskał Mike Hankey 16 lutego 2013 o 1 w nocy czasu Pacyfiku.

się w temat i po pewnym czasie (i ogromnej pomocy Roba Matsona) nauczyłem się, jak skutecznie wykreślić trasę bolidu na podstawie obserwacji świadków i nagrań video. Gdy obliczenia, wzory i arkusze kalkulacyjne trajektorii złożyły się w całość i mogłem rzeczywiście stworzyć i zobaczyć trójwymiarowy ślad bolidu w Google Earth, miałem dość dopaminy by spowodować atak serca Tony'ego Montana.

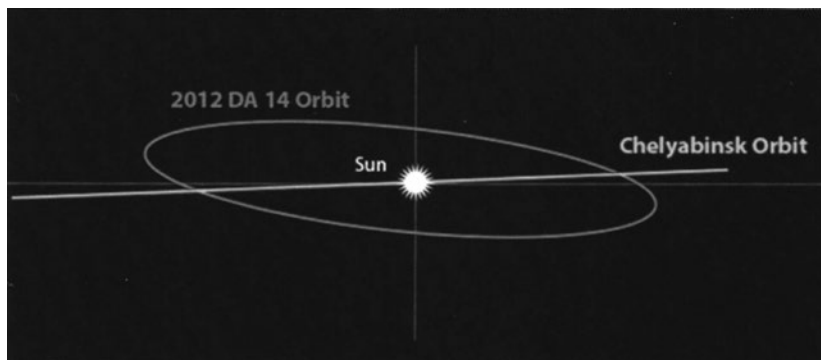
Jakieś dwa lata później, po ciągłych poszukiwaniach na przewidywanym obszarze rozrzutu, bez żadnych znalezisk, moje umiejętności i dążenie do zrozumienia wzrosły i chciałem obliczyć orbitę mojego bolidu. Bardzo pragnąłem zobaczyć orbitę względem naszej planety i z jakiegoś powodu myślałem, że jeśli określę orbitę, to może uzyskam wskazówkę, jakiego typu mógł być meteor, którego szukam. Na szczęście Marco Langbroek z Dutch Meteor Society opublikował arkusz Excela, który oblicza elementy orbity meteoroidu na podstawie trajektorii bolidu. Ten arkusz, Meteorb85.xls (do znalezienia przez Google), wymaga tylko kilku wejściowych parametrów:

- położenie
- prędkość meteoru
- obserwowany radiant
- data i moment zdarzenia
- heliocentryczne ekliptyczne współrzędne Ziemi i prędkość dla daty i momentu meteoru

Potrzeba było kilku emaili do Marco i Billa Cooke, ale w końcu dowiedziałem się, co oznaczają wejściowe pola i jak uzyskać te dane z moich informacji o trajektorii. Położenie oznaczało po prostu punkt 0 km na trajektorii, nazywany też geometrycznym punktem zderzenia. Podczas gdy większość meteoroidów uderza w ziemię dziesiątki mil przed tym punktem, gdyby nie było grawitacji i tarcia spowalniającego meteor i trajektoria pozostawałaby prosta, to punkt 0 km byłby na końcu tej linii. Prędkość meteoru, jak dowiedziałem się później, jest jedną z najbardziej krytycznych wartości wpływających na orbitę i zmiany tej wartości będą miały znaczący wpływ na wielkość tej orbity (na ogół szybsze meteory wskazują na bardziej odległe orbity choć zdarzają się wyjątki). Ta prędkość jest także czymś, co można tylko



Rys. 1. Widziane z góry orbity obu planetoid ukazują duże różnice półosi wielkiej i mimośrod.



Rys. 2. Widok orbit planetoid z boku, ilustrujący różnice w nachyleniu.

wyliczyć ze skalibrowanych zapisów video, ponieważ świadkowie nie mają żadnego sposobu, by zmierzyć prędkość meteoru. Następny parametr, data i czas, jest czasem UTC momentu rozważanego zdarzenia. Wreszcie heliocentryczne ekliptyczne współrzędne Ziemi i jej prędkość wymagają pewnego wysiłku, ale program Planeph pozwala na obliczenie tej informacji z danego momentu między 1900 a 2099. Teraz uzbrojony w arkusz kalkulacyjny Marco i te trochę informacji, mogłem obliczyć orbitę mojego bolidu. Niestety zrozumienie, co oznaczają elementy orbity, a tym bardziej jak na nie spojrzeć, było zupełnie nowym wyzwaniem.

Teraz wiem, ale wtedy nie wiedziałem, że w inercyjnym układzie odniesienia (nasz Układ Słoneczny) dla określonego momentu czasu (epoka) do opisanie orbity planetoidy wystarczy sześć parametrów. Pierwsze dwa elementy orbity, pół wielka

(a) i mimośród (e), określają wielkość i kształt orbity. Mimośród opisuje, jak bardzo wydłużona jest elipsa w porównaniu z okręgiem, a pół wielka oznacza połowę długości wielkiej osi elipsy wyrażoną w jednostkach astronomicznych (j.a.; 1 j.a. jest równa średniej odległości Ziemi od Słońca, czyli około 150 milionów kilometrów) Dla eliptycznych orbit mimośród ma wartość między 0 a 1, gdzie 0 oznacza idealny okrąg, a wartość większa od 1 oznacza ucieczkę z naszego Układu Słonecznego. Tak więc mając tylko te dwie liczby, w dwuwymiarowej przestrzeni, możemy określić kształt i fizyczną wielkość (w j.a.) orbity planetoidy.

Teraz przejdźmy do przestrzeni trójwymiarowej. Następne trzy elementy mówią nam o orientacji elipsy, czyli jak ona jest nachylona i gdzie to nachylenie przecina płaszczyznę odniesienia. Możemy to wyobrazić sobie przy pomocy dwóch kartek papieru:

jedna unosi się przed tobą poziomo i jest płaszczyzną odniesienia, a w jej centrum jest Słońce. Druga kartka jest płaszczyzną orbity i unosi się jakiś cal nad pierwszą. Teraz pochyl górną kartkę 5 stopni w dół po lewej stronie; przetnie ona dolną kartkę blisko jej zewnętrznego brzegu po lewej. Gdy zwiększysz nachylenie, punkt przecięcia przesunie się bliżej środka kartki. To nachylenie nazywamy inklinacją (i), czyli nachyleniem orbity, i w trójwymiarowej przestrzeni oznacza ono nachylenie elipsy orbity względem płaszczyzny odniesienia. Na części swej orbity planetoida będzie ponad płaszczyzną orbity Ziemi, a w drugiej części orbity będzie pod nią. W przypadku planetoidy 2012 DA 14 przed największym zbliżeniem do Ziemi była ona widoczna tylko z południowej półkuli. Na północnej półkuli stała się widoczna dopiero po jej przejściu przez płaszczyznę odniesienia, co nastąpiło 15 lutego 2013 roku. Przez pierwszych kilka poranków po przejściu była ona nisko na niebie, blisko horyzontu, ale w miarę upływu czasu jej wysokość na niebie rosła. Zwróćmy uwagę: planetoida oddala się od Ziemi nie tylko w płaszczyźnie poziomej ale i w pionowej. Ta właści-

wość orbity wyrażana jest wartością jej nachylenia podawaną w stopniach. Miejsce, gdzie planetoida przecina płaszczyznę orbity Ziemi i przenosi się spod tej płaszczyzny ponad nią, nazywane jest węzłem wstępującym, a jego położenie względem punktu równonocy (początkowego) na płaszczyźnie odniesienia, jest określane jako długość węzła wstępującego.

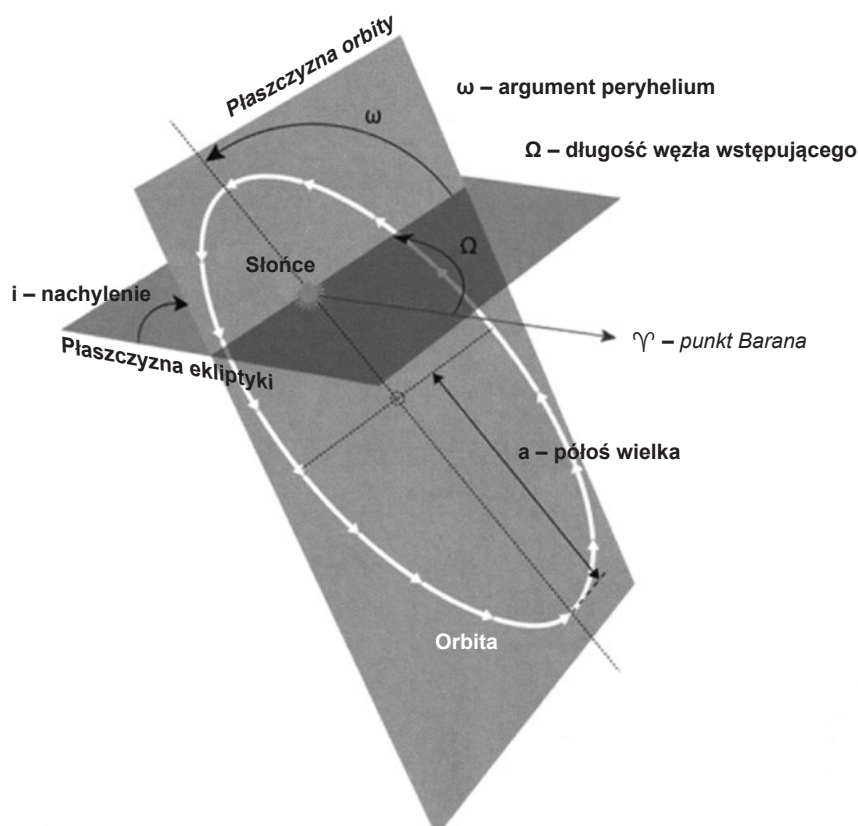
Spójrzmy na rys. 3 i wyobraźmy sobie, że stoimy przed płaszczyzną orbity, twarzą do niej i trzymając ją obiema rękami. Jeśli odsuniemy jedną rękę od siebie, a drugą przysuniemy do siebie, to przemieścimy elipsę i zmienimy długość węzła wstępującego (Ω) czyli miejsce, gdzie orbita planetoidy przecina płaszczyznę odniesienia i wznosi się ponad nią. Jeśli chodzi o piąty element, wyobraźmy sobie, że płaszczyzna orbity jest jajowatą kierownicą. Jeśli obrócimy ją w prawo czy w lewo, to zmienimy argument perihelium (ω), który określa kąt między punktem największego zbliżenia do Słońca (perihelium), a miejscem, gdzie orbita przecina płaszczyznę odniesienia (długość węzła wstępującego).

Podsumowując, jeśli przechylimy górną kartkę papieru, to zmieniamy

nachylenie (i), jeśli przesuniemy ją, to zmieni się długość węzła wstępującego (Ω), a jeśli obrócimy, to zmienimy argument perihelium (ω). Te 5 liczb: półoś wielka (a), mimośród (e), nachylenie (i), długość węzła wstępującego (Ω) i argument perihelium (ω), przedstawiają wielkość, kształt, nachylenie i orientację eliptycznej orbity względem płaszczyzny odniesienia.

Ostatni element, anomalia średnia (M), mówi nam, gdzie znajduje się na elipsie obiekt w danym momencie czasu (epoki). Teraz, gdy mamy te 6 elementów, jest określona elipsa i położenie obiektu na elipsie i możemy obliczyć wszystkie inne informacje o orbicie i gdzie obiekt znajduje się na orbicie w dowolnym momencie w przeszłości czy obecnie. Możemy także pokazać orbitę planetoidy przy pomocy odpowiedniego programu.

Pod względem matematycznym umieszczenie elementów orbit planetoidy 2012 DA 14 i meteoru czelabińskiego obok siebie ukazuje duże różnice wartości wszystkich 6 elementów. Gdyby te dwa obiekty były częściami tego samego ciała macierzystego, lub miały podobne orbity, to te liczby byłyby podobne. W tabeli widzimy natomiast, że elementy orbit tych



Rys. 3. Przedstawienie płaszczyzn orbity i odniesienia oraz klasycznych elementów orbit. Nie są pokazane mimośród i średnia anomalia. Przygotowali Mike Hankey i dr Vincent Perlerin, American Meteor Society.

Element orbity	Planetoida 2012 DA 14	Meteor czelabiński
Epoka	2012-09-30	2-13-02-15
Anomalia średnia (M)	299,9	24,257
Mimośród (e)	0,1081	0,5
Pół wielka (a)	1,001	1,55
Argument perihelium (ω)	271	109,7
Długość węzła wstępującego (Ω)	147,2	326,41
Nachylenie (i)	10,33	3,6

Tabela 1. Elementy orbity planetoidy 2012 DA 14 i meteoru czelabińskiego. Źródło: Horizons output, „Horizon Online Ephemeris System” i Borovicka et al.; IAU 3423.

dwóch obiektów radykalnie się różnią. Zwróćmy uwagę, że porównać można wszystkie elementy z wyjątkiem średniej anomalii, która jest obliczona dla dwóch różnych epok.

Jak pamiętamy, mimośród określa, na ile elipsa jest zbliżona do okręgu lub odległa od niego i jego wartość mieści się gdzieś między 0 a 1, gdzie 0 oznacza idealny okrąg. Orbita czelabińska jest pięciokrotnie bardziej eliptyczna niż orbita 2012 DA 14. Gdy porównamy półosi wielkie, zobaczymy że orbita rosyjskiej planetoidy jest o 55% bardziej wydłużona niż orbita 2012 DA 14 — różnica wynosi 102 miliony mil. Jakby tego było mało, argument perihelium i długość węzła wstępującego (obie wartości wyrażane w stopniach w przedziale od 0 do 360) są niemal przeciwstawne.

Wreszcie biorąc pod uwagę tylko nachylenie widzimy, że Chelyabinsk miał płaską orbitę, niemal równoległą do płaszczyzny odniesienia Układu Słonecznego podczas gdy nachylenie orbity 2012 DA 14 było trzykrotnie większe. To nachylenie było widoczne przez teleskopy, więc wiem to z pierwszej ręki. Przed największym zbliżeniem 2012 DA 14 było widać tylko z południowej półkuli (ponieważ była pod Ziemią), ale po 15 lutego mogliśmy ją widzieć z północnej półkuli. W przeciwieństwie do tego, przed zderzeniem, czelabińska planetoida była nad Ziemią i kierowała się w dół.

Osobiście to pojęcie [2012 DA 14 będąca „pod” Ziemią] nie przemawiało do mnie aż do poranka 16 lutego. Kilka tygodni przed największym zbliżeniem dodałem tę planetoidę do oprogramowania sterującego moim teleskopem. Ku mojemu rozczarowaniu czerwone oko byka, które spodziewałem się zobaczyć, nigdy się nie pokazało (wówczas nie zwró-

ciłem uwagi, że mój ekran pokazywał tylko północne niebo). Nie mogąc spać w nocy rosyjskiego wydarzenia (najprawdopodobniej z powodu podniecenia meteorom) obudziłem się o 4 rano i zalogowałem do mojego odległego teleskopu w górach Sierra Nevada. Planowałem zrobić zdjęcie M82 i gdy szukałem galaktyki na północnym niebie, zobaczyłem podejrzaną czerwoną kropkę w tej samej okolicy. Po kliknięciu na nią wpadłem w euforię, gdy wyświetliła się nazwa: 2012 DA 14. Teraz zrozumiałem, że nie mogłem widzieć tej planetoidy wcześniej, ponieważ była pod Ziemią, ale ponieważ właśnie dzień wcześniej przeszła przez płaszczyznę odniesienia i teraz była nad Ziemią, w końcu mogłem ją zobaczyć.

Jest użyteczny aplet Java na stronie OrbitViewer, który tworzy interaktywny model orbity każdej planetoidy, gdy tylko mamy epokę i 6 elementów orbity (Google „AstroArts asteroid orbit viewer”). Wiedząc jak wprowadzić podstawowe parametry orbity planetoidy w odpowiednie pola apletu można samemu uruchomić orbit viewer i zobaczyć przestrzenne obrazy orbit planetoidy czelabińskiej i 2012 DA 14. Wszystkie elementy potrzebne do zobrazowania orbit tych planetoid są podane w tabeli 1. Proponuję otworzyć dwa okna i porównać orbity widoczne obok siebie — dopasować daty, spojrzeć na kierunki zbliżania się, przyjrzeć się parametrom orbit i spróbować samemu znaleźć różnice — spojrzeć na wszystkie — nachylenie, mimośród, pół wielka, argument perihelium i długość węzła wstępującego. Jeśli chcesz sprawdzić swą pracę lub masz trudności z uzyskaniem obrazu, to JPL opublikowało wersję apletu, która pokazuje obie orbity jednocześnie

(Google „Asteroid 2012 DA 14 & Chelyabinsk Impactor”).

Teraz gdy już mamy wiedzę i narzędzia, by zrozumieć i zobrazować orbity obu planetoid, można uzyskać i przyjąć własne wnioski na temat powiązania tych dwóch zdarzeń lub jego braku i nie musimy ufać nikomu innemu prócz siebie. Biorąc pod uwagę, że elementy orbit wszystkich znanych planetoid i komet są opublikowane, to używając tego narzędzia i informacji powinniśmy móc zobrazować każde znane ciało w Układzie Słonecznym. Dla szczególnie ciekawych, następnym, razem, gdy będziesz zajmował się spadkiem bolidu i zechcesz zmierzyć się z problemem potencjalnej orbity, znajdź „Marco Langbroek MeteorOrbit” i wyślij do mnie emaila o temacie „Jak u licha znaleźć średnią anomalie?” Wtedy powinienś już mieć wszystko.



Mike Hankey jest twórcą oprogramowania, przedsiębiorcą, miłośnikiem astronomii, kolekcjonerem meteorytów i łowcą bolidów. Mike stworzył i prowadzi obecną wersję strony internetowej American Meteor Society oraz narzędzie do zbierania doniesień o bolidach, które jest używane do śledzenia i lokalizowania bolidów dostarczających meteority. Prace Mike’a i niektóre jego meteority można zobaczyć na MikesAstroPhotos.com.



Siarczki, fosforki i żelazo

Roger Warin i John Kashuba

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 3. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Wstęp

Chondryty i achondryty mówią nam o naturze pozaziemskich skał krzemianowych, a meteoryty żelazne

mogą znacząco powiększyć naszą wiedzę o wewnętrznym jądrze Ziemi. Geofizycy badają rozchodzenie się fal sejsmicznych wywołanych przez

trzęsienia ziemi i od dawna wiedzą, że krzemianowy płaszcz sięga do głębokości 2900 km i otacza żelazonikłowe jądro. Uniwersalność procesów dyfe-



Fot. 1. Ciemnobrązowe części tego przekroju oktaedrytu średnioziarnistego Mundrabilla, niezgrupowanego meteorytu żelaznego IAB, to troilit. Stanowi on 25 do 35 procent objętości Mundrabilli.



Fot. 2. Ładnie wykrystalizowany okaz ziemskiego pirotytu z kopalni Potosi, West Camp, okręg Santa Eulalia, prowincja Chihuahua, Meksyk. Bogaty w żelazo krańcowy szereg to troilit. Gdy sieć krystaliczna pirotytu ma braki żelaza, to jest on magnetyczny. Troilit nie jest.



Fot. 3. W tej płytce meteorytu Brenham ciemnobrązowy troilit w środku jest prawie otoczony przez połyskujący schreibersyt o lekko mosiężnej barwie. Pole widzenia ma około 12 mm szerokości.



Fot. 5. Złotawa warstwa schreibersytu ozdabia zwietrzałą powierzchnię meteorytu Gebel Kamil, niezgrupowanego meteorytu żelaznego z południowo zachodniego zakątka Egiptu.



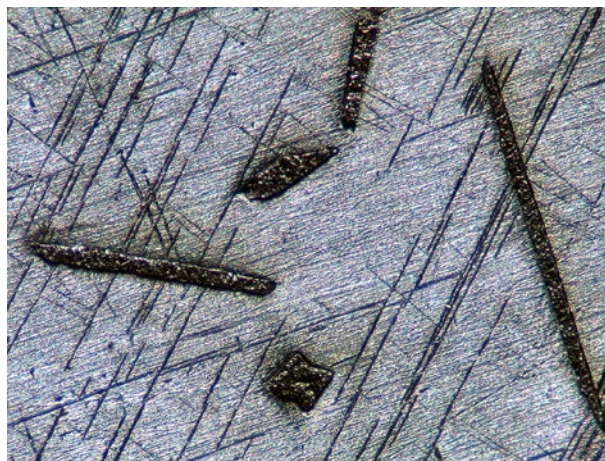
Fot. 4. W tej płytce części żelaznej anomalnego pallasytu głównej grupy, Brenham, masywny schreibersyt tworzy literę V nad dwiema monetami.

rencjacji pomaga nam zrozumieć naturę samego jądra. Składa się ono ze stałego, metalowego jądra wewnętrznego otoczonego przez zewnętrzne jądro z ciekłego metalu. Konwekcja – ruch płynnego metalu – zapoczątkowany przez kilka zjawisk, jest odpowiedzialny za pole magnetyczne Ziemi.

Wrostki minerałów

Ktoś mógłby sądzić, że metalowa faza jest czysta i zmieniać się mogą tyl-

ko względne proporcje niklu i żelaza. W większości meteorytów żelaznych widoczna jest krystaliczna budowa ze zmieniającymi się względnymi koncentracjami żelaza i niklu w stopie. W metalicznej fazie znajdujemy jednak także krzemiany, fosforki, węgliki itd. Najpierw przychodzą na myśl piękne pallasyty, te zdumiewające żelazne



Fot. 6. Część wytrawionej powierzchni meteorytu żelaznego Richland o szerokości 2,7 mm. Richland to heksaedryt IIAB. Dłuższe, ciemne pręty, oraz romby, to rhabdyt – odmiana formy wykształcenia schreibersytu. Jest on odporny na trawienie, które obniżyło otaczającą powierzchnię kamacytu. Cienkie, ciemne kreski, to linie Neumanna. Są to powierzchniowe przejawy płaszczyzn mechanicznych zbliźniaczeń w kamacycie wywołanych szokiem. Są one głęboko wytrawione.

gąbki z uwiecznionymi w metalowej sieci fragmentami i kryształami oliwiny. Przykłady pallasytów są liczne, a ich wygląd bardzo różny.

Nawet najbardziej monomineralne meteoryty żelazne często mają wzrostki innych minerałów niż krzemiany. Zwykle są to siarczki i fosforki. Głównymi minerałami są: troilit (FeS) i schre-

ibersyt (Fe, Ni)₃P. Jest to niezwykle, ponieważ te siarczki i fosforki rzadko występują na Ziemi. W rzeczywistości są tylko jedne, znane złoża schreibersytu, znajdujące się na Grenlandii. Jest tak dlatego, że te minerały tworzą się w środowisku silnie redukującym, a w kosmosie są takie warunki.

W początkach istnienia Układu Słonecznego Ziemia, podobnie jak niektóre planetoidy i inne skaliste planety, uległa dyferencjacji. Badając kompresyjne (P) fale sejsmiczne wewnątrz Ziemi geofizycy odkryli niespodziankę: jądro cechuje się mniejszą, niż oczekiwano, wartością masy czystego stopu żelaza i niklu. Nawet stałe, krystaliczne jądro ma niewielki niedobór gęstości. Wynika z tego, że żelazoniklowe jądro zawiera lżejsze składniki. Najprawdopodobniej są to krzem, siarka, tlen, wodór i węgiel. W wysokich temperaturach, dominujących w środku Ziemi, a nawet w jądrach mniejszych planetoid, te lekkie pierwiastki są rozpuszczone w metalu. Proporcje tych lekkich (nielotnych) pierwiastków zależą od ich kosmicznej obfitości w momencie akrecji.

Zdyferencjowane planetoidy stygną powoli. Wynikiem różnych warunków, jak wielkość ciała, procent niklu i temperatura, są znane figury Widmanstättena, które widzimy po przecięciu i wytrawieniu meteoratów żelaznych. W miarę spadania temperatury mineralne składniki stają się niekompatybilne, przynajmniej częściowo, z fazą metalową. Są wydzielane i krystalizują w postaci odrębnych minerałów. Powstająca faza metalowa jest oczyszczana przez taką krystalizację frakcyjną. Takie same przemiany fazowe w jądrze Ziemi częściowo wywołują konwekcję odpowiedzialną za ziemski magnetyzm.

Troilit

Badając meteority żelazne zauważamy obecność minerałów będących siarczkami, fosforkami i tlenkami. Troilit jest główną inkluzją. Jego skład jest bardzo prosty. Jest to siarczek żelaza FeS . Ten minerał nie jest zbyt pospolity na Ziemi. (Dla przypomnienia: piryt to FeS_2). Inne, bardziej złożone siarczki występują rzadziej i zwykle mają postać małych grudek. Przykłady to niningeryt (Mg, Fe, Mn)S, daubréelit FeCr_2S_4 , alabandyn (Mn, Fe)S i oldhamit CaS .

Troilit jest znany od dawna. Jezuita Domenico Troili badał próbki

meteorytu, który spadł w Albareto, we Włoszech, w roku 1766. Znalazł w nim małe ziarenka materiału o mosiężnej barwie, który nazwał „marchesita”. Sądono, że ten siarczek jest markasytem lub pirytem. W 1862 r., Gustav Rose stwierdził, że jest to cząsteczka FeS i nazwał ten minerał troilem dla upamiętnienia Troiliego.

Troilit jest bogatym w żelazo krańcowym członkiem szeregu pirotynu. Pirotyt ma wzór Fe_{1-x}S , gdzie $x = 0$ do $0,2$. Ciekawe, że gdy x jest większe od zera, to znaczy gdy nie jest to troilit i ma niedobór żelaza, to jest magnetyczny. Troilit nie jest.

Stosunki izotopów siarki w meteoritach są względnie stałe w porównaniu z takimi stosunkami spotykanymi na Ziemi. Troilit z Canyon Diablo był swego czasu standardem stosunku $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$. Ziemskie stosunki $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ różnią się, ponieważ działanie bakterii może selektywnie wpływać na lokalne koncentracje tych dwóch stabilnych izotopów siarki.

Schreibersyt

Fosforki są rzadziej spotykane. Najbardziej pospolitym przykładem w meteoritach jest schreibersyt (Fe, Ni)₃P. Znalaziono też bardziej złożone fazy jak perryit $[(\text{Fe, Ni})_x(\text{Si, P})_y]$. W warunkach utleniających te fosforki przeobrażają się w fosforany.

Postać i skład chemiczny schreibersytu bywają różne i to były dwa powody, dla których dawni badacze mieli trudności z opisaniem tego minerału. W jednym badaniu zawartość niklu wahała się od 14 do 50 procent. Masywny schreibersyt, postać jaką widzimy często na trawionych przekrojach meteoratów żelaznych, ma zwykle mniej niklu niż mniejsze postacie schreibersytu. Najmniejszy schreibersyt z największą zawartością niklu występuje w taenicie przy granicy taenitu z kamacytem. Inna postać, rhabdyty, pojawia się jako maleńkie kryształki widoczne często w heksaedrytach. Nazwa pochodzi od greckiego słowa oznaczającego pręt i czasem pojawiają się one w takiej postaci na trawionych powierzchniach heksaedrytów. Ich romboedryczne przekroje często łatwo zobaczyć nawet bez powiększenia.

Trzymając się ogólnego schematu większe rhabdyty mają zwykle niższą zawartość niklu niż mniejsze. Orientacja rhabdytów w kamacycie zwykle

jest zgodna z krystaliczną budową kamacytu. Orientacja masywnego schreibersytu nie jest.

Istnienie tych nieorganicznych związków w metalu wskazuje na pochodzenie wysokotemperaturowe. Ponieważ są one niekompatybilne w niższych temperaturach, są one wyizolowane jako odrębne minerały.

Wniosek

Obecność związków siarki i fosforu w meteoritach wskazuje na brak utleniających przeobrażeń pod wpływem wody na macierzystych planetoidach. Te inkluzje w meteoritowym żelazie można wykorzystać do wydedukowania składu ziemskiego jądra Fe-Ni i wyjaśnienia niedoboru masy ziemskiego jądra obecnością kilku lżejszych pierwiastków, które oparły się dyferencjacji.

Badanie meteoratów pozwala nam zarówno na eksplorację kosmosu, jak i, w tym samym czasie, na sondowanie niedostępnego serca Ziemi.

Dziękuję prof. Andrzejowi Maneckiemu za merytoryczną korektę tłumaczenia.

Proponowana lektura:

Malavergne Valérie, Cahiers du Règne Minéral, N° 1 (2012), pp. 56-60.

Clarke Roy S. Jr. And Joseph I. Goldstein, Schreibersite Growth and Its Influence on the Metallography of Coarse-Structured Iron Meteorites, Smithsonian Contribution (1978).

Reed S.J.B., Electron-probe microanalysis of schreibersite and rhabdite in iron meteorites. Geochimica et Cosmochimica Acta, vol. 29, Issue 5 (05/1965), pp.513-520.

Z literatury w języku polskim redakcja Meteorytu poleca:

Maneck A., Encyklopedia minerałów - minerały Ziemi i materii kosmicznej. Wyd. AGH, 2004, Kraków, p. 498.

Maneck A., Meteorytyka z elementami planetologii. Wyd. Mineralpress, 2013, Kraków, p. 178.



Dr Roger Warin jest emerytowanym chemikiem. John Kashuba jest emerytowanym inżynierem budownictwa.

Nowa sala meteorytowa w Naturhistorisches Museum w Wiedniu

Ludovic Ferrière, Franz Brandstätter, Christian Koeberl

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 3. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Całkowicie odnowiona i zmodernizowana Sala Meteorytowa w Naturhistorisches Museum w Wiedniu jest od połowy września 2012 roku otwarta dla publiczności. W tym artykule chcielibyśmy przedstawić, co zostało zrobione, co można zobaczyć i ostatecznie przekonać was (jeśli nie jesteście jeszcze przekonani), że odwiedzenie naszej Sali Meteorytowej jest czymś, co naprawdę warto w życiu zrobić.

Sala Meteorytowa w Naturhistorisches Museum w Wiedniu była, z prawie 2000 meteorytami na wystawie przed renowacją, i jest wciąż z 1100 meteorytami na wystawie, największą wystawą meteorytów na świecie (poprzednie liczby wystawionych meteorytów, podawane w niektórych artykułach, czy w Internecie, były błędne; liczby podane tu oparte są na naszej nowej, cyfrowej bazie danych całej kolekcji meteorytów, zob. [1]).

Stara wystawa, składająca się z systematycznej kolekcji meteorytów eksponowanej w stojących gablotach przykrytych szkłem i otoczonej gablotami na ścianach, głównie poświęconych różnym tematom, dużym okazom i dużym kolekcjom, miała dużą wadę – było bardzo mało informacji dla publiczności. Chociaż interesująca dla naukowców i wyspecjalizowanych kolekcjonerów, nie była dostatecznie atrakcyjna dla większości zwiedzających i częściowo była przestarzała. Wychodząc z takich rozważań postanowiliśmy „podjąć wyzwanie” całkowitego odnowienia i zmodernizowania całej sali w ciągu niespełna roku intensywnej pracy poprzedzonego rokiem szczegółowego planowania.

Koncepcja odnowienia Sali Meteorytowej obejmowała renowację cen-

tralnych, historycznych gablot i wyposażenie ich w nowoczesne oświetlenie ledowe oraz dodanie nowych gablot i stanowisk multimedialnych przy ścianach i przy oknach (fot. 1 i 2). Te stanowiska skupiają się na wybranych tematach i próbują zaangażować widzów w interaktywne wystawy.

Tematyczne stanowiska obejmują wystawę wszystkich, znanych obecnie austriackich meteorytów, meteorytowych skamieniałości (unikalna wystawa z dwiema próbkami meteorytowych skamieniałości wypożyczonymi ze Szwecji, fot. 3), stanowiska o Marsie i Księżycu z wyjątkową wystawą



Fot 1. Ogólny widok odnowionej sali meteorytowej Naturhistorisches Museum w Wiedniu.



Fot. 2. Wygląd centralnych, historycznych gablot po całkowitej renowacji.



Fot. 3. Zbliżenie jednej z dwóch wystawionych skamieniałości meteorytowych z kamieniołomu Thorsberg w Szwecji.

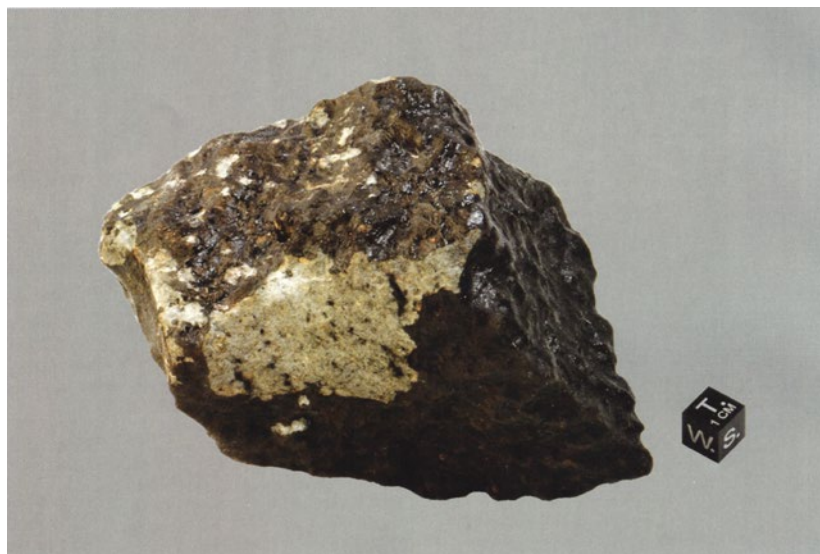
marsjańskich meteorytów (włącznie z naszym nowym meteorytem Tissint, 908,7 g, fot. 4), oraz ze skałami i meteorytami z Księżyca. Dalsze tematy w nowych gablotach to między innymi deszcze meteorytów, kratery uderzeniowe i impaktyty, czy powstanie i wiek Układu Słonecznego.

Atrakcyjność nowej sali meteorytowej powiększa kilka stanowisk multimedialnych. Korzystając z „symulatora zderzeń” zwiedzający mogą kontrolować zasięg możliwego zniszczenia Wiednia wskutek uderzeń planetoid o różnych masach i z różnymi prędkościami. Dużą atrakcją jest animacja na szerokim ekranie pod tytułem „Powstanie Układu Słonecznego”, która została przygotowana specjalnie dla Muzeum. Duże szkło powiększające, połączone z szerokim ekranem i specjalnym oprogramowaniem, zaprasza zwiedzających do badania wnętrza różnych meteorytów (fot. 5). Interaktywne stanowisko „Gęstość meteorytów” pozwala zwiedzającym wyznaczyć różnicę gęstości między meteorytem

żelaznym (Canyon Diablo) i kamiennym (niesklasyfikowany NWA) tej samej wielkości. Ponadto interaktywna zagadka zachęca publiczność do odgadnięcia, które z ośmiu wystawionych okazów są rzeczywiście meteorytami, a które pseudometeorytami.

Cztery odnowione historyczne gabloty na środku sali, wyposażone w nowe oświetlenie i system alarmowy, zawierają systematyczny zbiór meteorytów uporządkowany zgodnie ze współczesną klasyfikacją mineralogiczno-chemiczną, co pozwala zwiedzającym „wędrować przez klasyfikację meteorytów” i dowiedzieć się więcej o niektórych szczególnych meteorytach, mających znaczenie historyczne i naukowe, przy których umieszczono etykiety z objaśnieniami (jak Orgueil, Stannern, Chassigny i oryginalne płytki z pierwszych eksperymentów z figurami Widmanstättena). Wystawa zaczyna się od chondrytów węglistych i idzie przez chondryty zwyczajne (H, L i LL), rumuruty (R), chondryty enstatytowe (EC), achondryty, pallasyty, mezosyderyty i na koniec meteoryty żelazne (uporządkowane według ich składu chemicznego). Było niespodzianką, że podczas renowacji, po usunięciu starego, czerwonego sukna wyściełającego wnętrza gablot, odnaleziono pod spodem list i kilka notatek, co pokazuje, że wykładzina nie była wymieniana od czasu otwarcia nowo wybudowanego muzeum pod koniec XIX wieku.

Na końcach każdej z centralnych gablot zainstalowano interaktywne ekrany z informacyjnymi pokazami slajdów trwającymi po kilka minut. Tematy są następujące: „Skąd przybywają meteoryty?”, „Gdzie i jak można znaleźć meteoryty?”, „Z czego składają się meteoryty?”, a także klasyfikacja meteorytów, historia badań meteory-



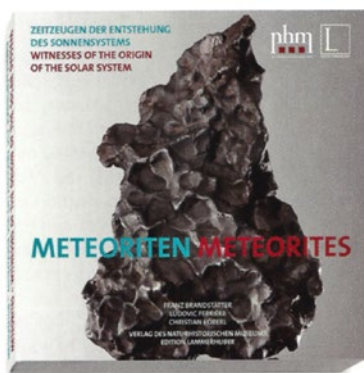
Fot. 4. Nasz ważący 908,7 g okaz meteorytu Tissint; jeden z największych okazów z tego deszczu, niemal całkowicie pokryty skorupą.



Fot. 5. Dwa z naszych nowych, interaktywnych stanowisk: duże szkło powiększające połączone z szerokim ekranem, pozwalające zwiedzającym badać wnętrza różnych meteorytów (z lewej); interaktywna zagadka dla publiczności (z prawej).

tów, historia i znaczenie wiedeńskiej kolekcji meteorytów itd.

Niektóre z największych i unikalnych okazów meteorytów są wystawione w dwóch odnowionych, starych, dużych, szklanych gablotach, znajdujących się przy dwóch wejściach do sali, z których jedna zawiera „meteoryty kamienne i żelazno-kamienne”, w tym nasz prawie 300 kg Knyahinya (chondryt zwyczajny L5), 44,2 kg Lancé (chondryt węglisty CO3), 2 kg Stannern (eukryt), 7,5 kg Eagle Station (pallasyt), 2,8 kg Tabor (chondryt zwyczajny H5, jeden z dwóch meteorytów, od których zaczęła się nasza kolekcja) i inne. Meteoryty żelazne, w tym przepięknie orientowany 47,3 kg Cabin Creek, 39,2 kg Hraschina [który spadł w 1751 r. i jest pierwszym okazem w wiedeńskiej kolekcji meteorytów] i 79,2 kg Elbogen, można zobaczyć w drugiej, dużej, szklanej gablocie.



Fot. 6. Okładka książki „Meteority – świadkowie powstania Układu Słonecznego” [2], która jest zarówno przeglądem nowej wystawy jak i bogato ilustrowanym wstępem do badań meteorytów.

Na koniec zwiedzający mogą zobaczyć i dotknąć nasze największe meteoryty żelazne jak ważący 909 kg Younegin i 210 kg Acuña.

Podsumowując Naturhistorisches Museum w Wiedniu oferuje zwiedzającym wyjątkową podróż przez różnorodność meteorytów i przez Układ Słoneczny. Tysiąc sto okazów na wystawie reprezentuje 650 różnych meteorytów, w tym 300 spadków i 350 znalezisk, z których wiele, to historyczne spadki czy znaleziska. Ponadto można zobaczyć 140 różnych impaktytów, w tym tektyty, stożki uderzeniowe, brekcje zderzeniowe itd.

Chcielibyśmy podziękować wszystkim szczerym darczyńcom, którzy w ciągu długiej historii wiedeńskiej kolekcji przekazywali swoje najlepsze meteoryty, teraz widoczne dla wszystkich, i podkreślić, że darowizny są mile widziane i nawet niezbędne, by utrzymać znaczenie i jakość naszego zbioru i wystawy. Szczególnie dziękujemy Oskarowi Ermannowi (1924–2011) za bardzo szczerą pomoc dla muzeum, które umożliwiło nam sfinansowanie renowacji sali meteorytowej.

Czytelnikom, którzy chcą wiedzieć więcej o meteorytach w naszych zbiorach, oraz ogólnie o nauce i historii meteorytów i ich znaczeniu dla naszego rozumienia Układu Słonecznego, polecamy naszą nową, kolorową książkę [2] (fot. 6)

[1] Ferrière L. and Brandstätter F. 2012. Digitalization project of the meteorite collection of the Natural History Museum,

Vienna (abstract #19850, 43rd Lunar and Planetary Science Conference. CD-ROM.

[2] Brandstätter F., Ferrière L. and Koeberl C. 2013. Meteoriten: Zeitzeugen der Entstehung des Sonnensystems / Meteorites: Witnesses of the origin of the solar system. Edition Lammerhuber, Verlag des NHM. 267p. ISBN 978-3-901753-43-5



Ludovic Ferrière jest od 2011 r. kustoszem kolekcji skal i drugim opiekunem kolekcji meteorytów Naturhistorisches Museum w Wiedniu. Głównym tematem jego badań jest poznanie procesów powstawania kraterów uderzeniowych przez badanie impaktytów, makro- i mikroskopowych efektów metamorfizmu szokowego i towarzyszących procesów pozderzeniowych. (zob. więcej na www.MeteorImpactOnEarth.com). Kontakt: ludovic.ferriere@univie.ac.at

Franz Brandstätter jest kierownikiem Działu Mineralogiczno-Petrograficznego i kustoszem kolekcji meteorytów w Naturhistorisches Museum w Wiedniu od 2004 r. Jego zainteresowania badawcze obejmują mineralogię i petrologię meteorytów i mineralogię regionalną.

Christian Koeberl jest dyrektorem generalnym Naturhistorisches Museum w Wiedniu i zastępcą dyrektora Wydziału Badań Litosfery na Uniwersytecie Wiedeńskim. Jego zainteresowania badawcze obejmują kratery uderzeniowe, geochemię, kosmochemię, geologię planetarną i meteoritykę.





Doniesienia z Wiki

Znaleziono tylko POŁOWĘ spadłych okazów?!

Meteoryt Pillistfer. Spadek deszczu meteorytów w południe 8 sierpnia 1863 roku (sobota) w Estonii (chondryt enstatytowy, EL6).

Po detonacjach spadł deszcz kamieni (relacje mówią o ośmiu spadłych kamieniach). Znaleziono **cztery** okazy: w **Aukoma** (14 kg), w **Kurla** (7,5 kg), w **Wahhe** (1,5 kg) i w **Sawiauk** (0,25 kg). Okaz, który spadł w Kurla, przebił dach budynku gospodarczego. Spadł na dach stodoły, połamał dachówki i belki stropu, następnie zarył się w ziemi (klepisku) (wg terminologii kolekcjonerskiej, jest to tzw. *hammer*).

Jedną z pierwszych informacji o spadku była publikacja Rose (1863).

Spadek okazów obserwowano w wielu miejscach leżących na kierunku NNW-SSE odległych od siebie maksymalnie o 11–12 wiorst. Widziano (!) spadek kamieni w punktach: Kurla, Aukoma, Pöllenikko, Wahhe, Takki, Wolmarshof (2 kamienie) i Unnakfer (Könno) (patrz → mapa). Znaleziono (Rose 1863; Grewingk 1864) tylko cztery okazy w: Kurla, Aukoma, Wahhe i Sawiauk:

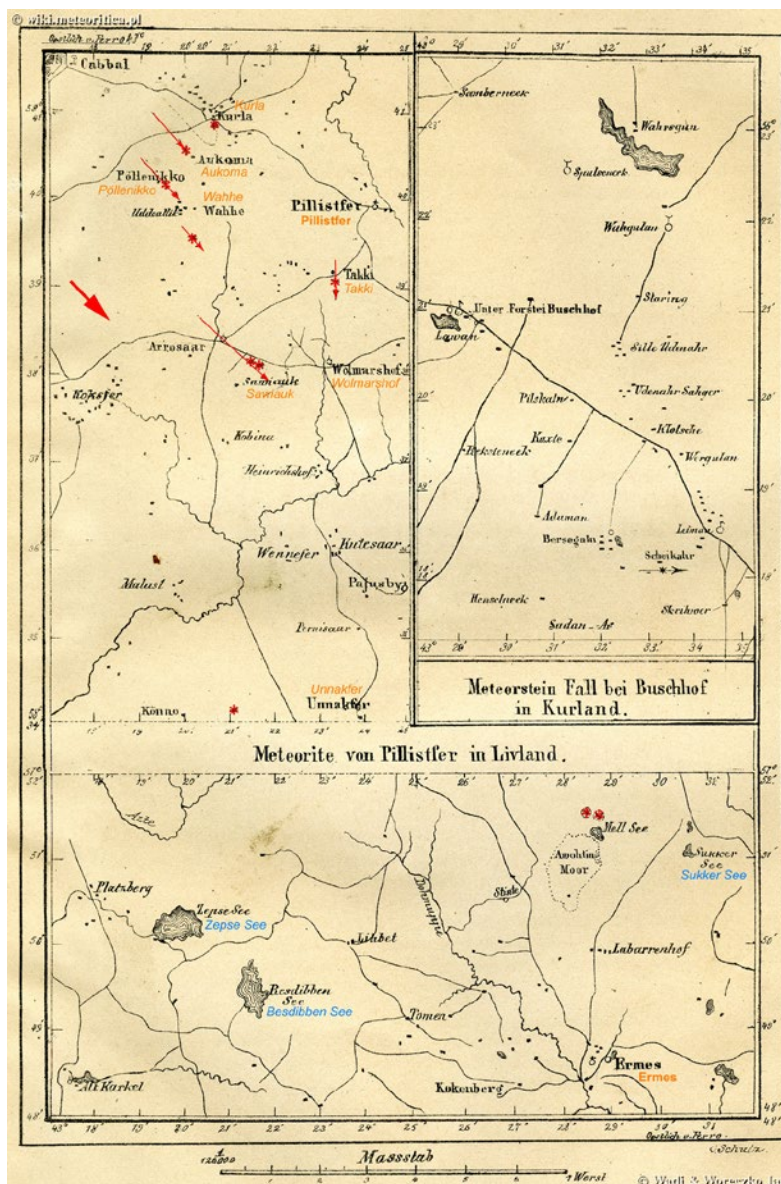
Obserwacje spadków z których nie znaleziono meteorytów:

Spadek w **Takki** obserwowала Magdalena (Madli) Sein. Widziała ona czarny przedmiot poruszający się z północy na południe, który spadł w kartoflisko wydając odgłos podobny do klapsa („...mit klatschendem Tone (Mats) auf ein Kartoffelfeld fallen”). Podjęte poszukiwania kamienia nie przyniosły jednak skutku („Alles Suchen nach dem Stein war vergebens.”).

Spadek w **Pöllenikko**, którego świadkiem była Marie (Mari) Ilwes miał podobny przebieg, jak ten obserwowany w Takki. Czarny obiekt poruszający się z NW na SE pod kątem około 35°, również wydał przy upadku odgłos podobny do klapsa, klaskania (*klatschenden Tone*). Nie udało się go odszukać; przypuszczano, że upadając na duży granitowy głaz, których było tam pełno, odbił się i wylądował w innym, odległym miejscu („Das sorgfältigste Suchen nach dem

Meteoriten blieb erfolglos und ist es leicht möglich, dass er, auf eines der zahlreich umherliegenden granitischen Geschiebe stossend, abprallte und auf diese Weise mehr oder weniger weit vom ersten Auffallpunkt entfernt und versteckt zu liegen kam.”).

Ostatnia, ósma obserwacja pochodzi z okolic wsi Könno niedaleko **Unnakfer**. Świadkiem spadku była Eva Tamm, która słyszała detonacje z kierunku NNW. Najpierw wysoko w powietrzu usłyszano huk i potrójne dudnienie, które przeszło w gwizd i syczenie zakończone odgłosem podobnym do klaskania, które towarzyszyło spadkowi meteorytu („Zuerst vernahm sie einen dreifachen Knall und eines trommelartigen Lärm hoch in der Luft, darauf ein Pfeifen und Zischen, das immer niedriger sank und mit einem klatschenden Ton (Mats), d. i. dem Auf- und Einschlagen eines Meteoriten endete.”). Meteoryt spadł w miękkie torfowisko (bagno), które nie pozwoliło na pozostawienie wgłębienia. Staranne sondowanie terenu żelaznym prętem, nie dało rezultatów („Der weiche moorartige Boden liess kein Loch wahrnehmen und wurde, ungeachtet vorsichtigen Sondirens mit einer Eisenstange, kein Meteorit gefunden.”). Meteoryt przepadł.



Mapa lokalizacji spadku meteorytów Pillistfer (oraz Buschhof) z publikacji Grewingk (1864)

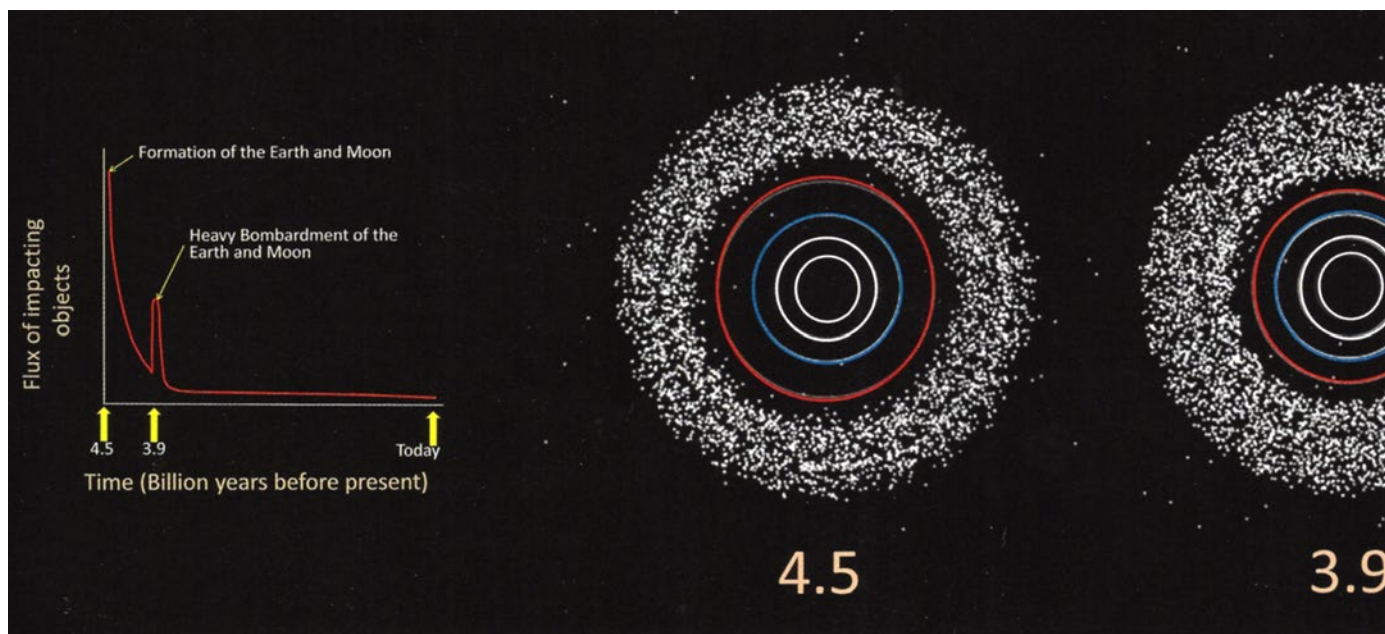
Więcej informacji na stronach
wiki.meteoritica.pl.

Bibliografia

Rose Gustav, (1863), **Ueber zwei neue Meteoritenfälle**, *Annalen der Physik*, 120, Bd. 196, 1863, s. 619-623.

[illegible]

21



skomplikowany, ale szczegóły jego działania nie są potrzebne dla zrozumienia tej publikacji. Ważne jest, że argon jest gazem szlachetnym i gdy jest wytwarzany w wyniku rozpadu promieniotwórczego, to pozostaje uwięziony w źródłowym mineralu. Jednak gdy temperatura przekroczy pewną wartość, zwaną temperaturą zamknięcia, to argon może uciec ze swej mineralnej klatki. Oznacza to, że datowanie ^{40}Ar – ^{39}Ar określa ostatni moment, kiedy ten minerał (a więc i meteoryt) miał temperaturę zamknięcia. Może to być moment pierwotnej krystalizacji meteorytu, albo moment zdarzenia powodującego ogrzanie, które nastąpiło w trakcie istnienia macierzystej skały meteorytu.

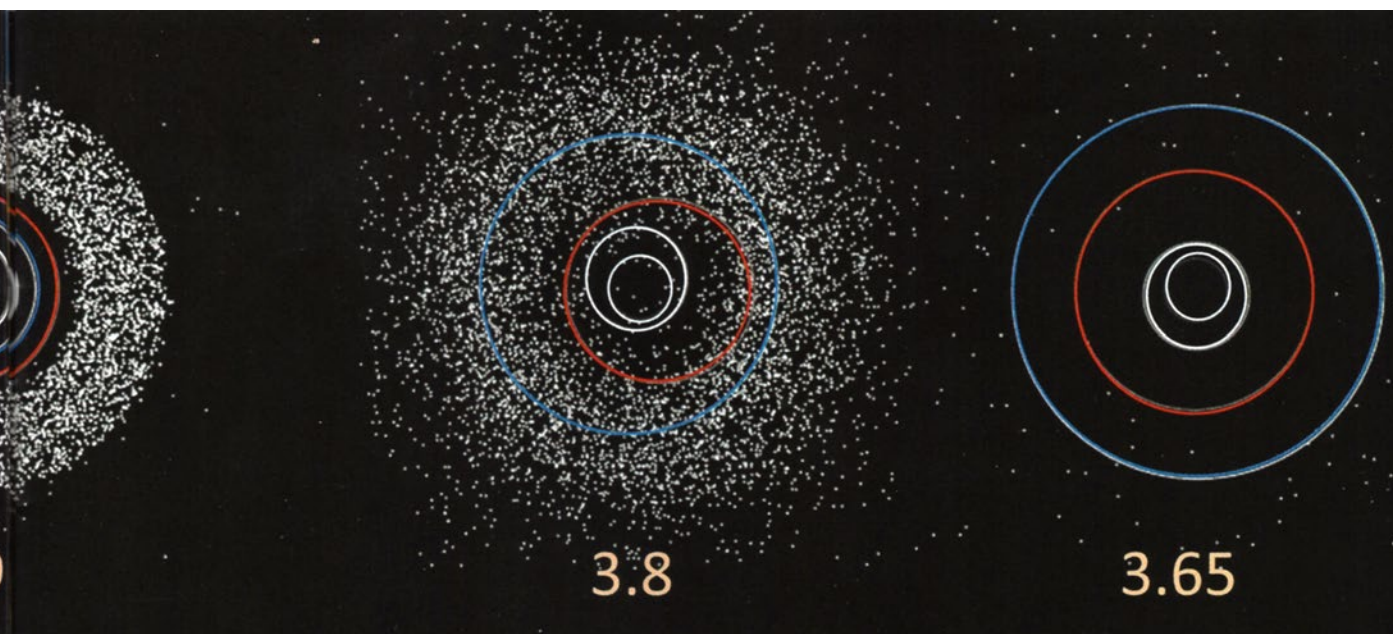
Jest trochę analiz meteorytów księżycowych i próbek przywiezionych przez wyprawy Apollo, które pokazują wiek ^{40}Ar – ^{39}Ar 3,9 mld lat, ale brak starszego wieku. Uważa się, że ten wiek reprezentuje moment wyzerowania przez zderzenia; moment gdy potężne zderzenia „wyzerowały” zegar radiometryczny. Na podstawie tego sugeruje się, że mniej więcej w tym czasie Księżyc, a więc i cała wewnętrzna część Układu Słonecznego, doświadczyli zwiększonego strumienia zderzeń. Nazywa się to Ostatnim Wielkim Bombardowaniem, albo księżycowym kataklizmem. Teoria ta nie jest pozbawiona pewnych problemów; na przykład niektórzy twierdzą, że ten wiek reprezentuje zderzeniowe wyzerowanie z powodu uformowania

basenu Morza Deszczów. Aby lepiej zrozumieć strumień zderzeń w początkach istnienia Układu Słonecznego Marchi et al. przebadali dwie grupy planetoidalnych meteorytów, HED i chondryty H. Wartości wieku ^{40}Ar – ^{39}Ar dla HED i chondrytów H są bardzo podobne. W obu grupach widać prawie 5 razy mniej wieków zerowania we wcześniejszym przedziale 4,1 — 4,4 mld lat niż w późniejszym 3,4 — 4,1 mld lat. Autorzy stwierdzają, że jeśli ta różnica odzwierciedla rzeczywistą różnicę częstotliwości zderzeń, to nie pasuje to do naszego obecnego rozumienia ewolucji pasa planetoid.

Gdybyśmy mogli zrobić zdjęcie Układu Słonecznego w jego wczesnym dzieciństwie, to zauważylibyśmy pewne uderzające różnice w stosunku do tego, co widzimy dziś. Zewnętrzne planety byłyby znacznie bliżej Słońca, a główny pas planetoid (między Marsem a Jowiszem) miałby znacznie większą masę niż obecnie. W ciągu pierwszych kilkuset milionów lat zewnętrzne planety stopniowo oddalały się od Słońca, a orbity Jowisza i Saturna zmieniły się. Te ruchy spowodowały przemieszczanie się rezonansów przez pas planetoid. Rezonans występuje, gdy dwa krążące ciała wywierają na siebie regularne oddziaływanie grawitacyjne, ponieważ ich okresy obiegu są współmierne. Jeśli jeden z tych obiektów jest znacznie mniejszy od drugiego (jak planetoida względem planety) to jego orbita ulega destabilizacji i zostaje on

wyrzucony z rezonansu. Przykładem tego w obecnym pasie planetoid jest rezonans 3:1. Obiekt w rezonansie 3:1 z Jowiszem obiega Słońce 3 razy na każde 1 okrążenie Jowisza. Ten fragment głównego pasa jest w zasadzie pozbawiony stabilnych planetoid, ponieważ każdy obiekt jest z niego wyrzucany, „atakowany” przez Jowisza. Rezonanse są jednym z najpotężniejszych sposobów dostarczania meteorytów na Ziemię. Przemieszczanie się rezonansów przez pas planetoid musiało wyrzucić znaczną ilość materii. Ostatnie ze zdarzeń przemieszczających rezonanse nastąpiło około 4,1 mld lat temu. Można więc spodziewać się więcej zderzeń przed tym okresem czasu, ponieważ było więcej obiektów, które mogły się zderzać. Nie jest to jednak to, co sugerują dane dla HED i chondrytów H.

Można by w tym miejscu zakończyć opowieść pozostawiając zagadkę, ale Marchi et al. poszli dalej i zbadali, jaka prędkość zderzenia jest potrzebna, by wyzerować zegar ^{40}Ar – ^{39}Ar . Ich symulacje pokazały, że zderzenie z prędkością większą niż 10 km/s może spowodować znaczne ogrzewanie, ale zderzenia z prędkością 5 km/s, przeciętną dla zderzeń w głównym pasie, powodowałyby zanedbywalną liczbę przypadków wyzerowania zegara. Następnym ich krokiem było modelowanie strumienia zderzeń z Westą między 3,5 a 4,55 mld lat zmieniając zarówno częstotliwość zderzeń jak i ich prędkość. By to zrobić wykorzystali pa-



Ewolucja Układu Słonecznego według teoretycznych modeli publikowanych przez Alessandro Morbidelli z kolegami w Nicejskim Obserwatorium. Duże planety na kołowych orbitach uformowały się z lodowych planetozymali. Orbity Jowisza i Saturna są białe, orbita Jowisza najbardziej wewnętrzna. Orbita Neptuna jest niebieska, Urana czerwona. Czas jest podany w miliardach lat przed chwilą obecną. Pola grawitacyjne planet współdziałają utrzymując Jowisza i Saturna na ich orbitach, ale 3,9 miliarda lat temu powodują zamianę miejsc Urana i Neptuna, co powoduje mieszanie się i utratę planetozymali oraz duży epizod zderzeń w wewnętrznej części Układu Słonecznego, gdzie znajdowały się macierzyste planetoidy meteorytów.

rametry z modelu nicejskiego, który uważa się za rozsądny model migracji zewnętrznych planet. Zaobserwowali, że częstotliwość zderzeń była największa między 4,1 a 4,5 mld lat, jak się spodziewano, ale tylko 0,2% zderzeń było z prędkościami większymi niż 10 km/s. Tłumaczy to niewielką liczbę przypadków wyzerowania wieku w HED i w chondrytach H w tym okresie czasu: prędkość ma większe znaczenie niż liczba zderzeń. Między 3,5 a 4,1 mld lat mniej pocisków uderzyło w Westę, ponieważ główny pas był już znacząco mniej masywny niż przedtem, ale procent pocisków uderzających z prędkością większą niż 10 km/s wzrósł do 11%. Wynikiem tego był wzrost liczby przypadków zerowania zegara, tak jak to widać w danych meteorytowych.

Model Marchi et al. zgadza się dobrze z szeregiem obserwacji w meteorytyce. Uważa się, że Rheasilvia, duży krater uderzeniowy na południowej półkuli Westy, ma około 1 mld lat, ale nie ma wśród HED meteorytów z wiekiem wyzerowanym przez zderzenia, których wiek odpowiadałby temu zderzeniu. Ponieważ krater Rheasilvia jest stosunkowo młody, to wydaje się prawdopodobne, że to zderzenie nastąpiło z prędkością zbyt niską, by wyzerować zegar ^{40}Ar – ^{39}Ar . Ich modele pokazują także, że jest znacznie bardziej prawdopodobne, iż wyzerowana materia leży na dnie krateru czy w pokrywach wyrzutowych, niż że uciekła w kosmos. To z kolei może wyjaśniać, dlaczego

wiek ^{40}Ar – ^{39}Ar wielu planetoidalnych meteorytów nie zgadza się z ich wiekiem ekspozycji na promieniowanie kosmiczne. Ponieważ wiek ^{40}Ar – ^{39}Ar może być wyzerowany przez zderzenia, można by spodziewać się, że wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne i wiek ^{40}Ar – ^{39}Ar wielu meteorytów będzie taki sam, ale rzadko to się zdarza. Ta publikacja pokazuje, że nawet gdyby meteority były wyrzucone przez zderzenie dostatecznie szybkie, by wyzerować wiek ^{40}Ar – ^{39}Ar , to materia z wyzerowanym wiekiem pozostanie na powierzchni macierzystego ciała, a wyrzucona materia nie będzie ogrzana wystarczająco i zachowa swój wiek sprzed zderzenia.

Co więc może nam to powiedzieć o Księżycu i proponowanym księżycowym kataklizmie? Istnieje pewna zgodność między wyzerowanym przez zderzenia wiekiem HED i chondrytów H a wiekiem próbek księżycowych. Jednak wartości tego wieku nie są nawet zbliżone. Jak wskazuje Marchi et al., nie jest to nic zaskakującego. Księżyc i planetoidy głównego pasa „mają różne konteksty dynamiczne i historie bombardowania.” Ich modele pokazują, że grupa zerujących wiek pocisków o dużych

prędkościach odpowiedzialnych za zderzenia na Weście i ciele macierzystym chondrytów H, przecięłaby także orbitę Księżyca i że wszystkie wspólne zdarzenia pomagają lepiej zrozumieć procesy występujące w danym momencie historii Układu Słonecznego.

S. Marchi, W. F. Bottke, B. A. Cohen, K. Wünnemann, D. A. Kring, H. Y. McSween, M. C. De Sanctis, D. P. O'Brien, P. Schenk, C. A. Raymond and C. T. Russell (2013). High-velocity collisions from the lunar cataclysm recorded in asteroidal meteorites. *Nature Geoscience* 6, 303-307.



Rhianon Mayne jest kustoszem Kolekcji i Galerii Meteorytów Oscara E. Monniga oraz profesorem meteorytyki i planetologii w Texas Christian University.

Łowicz — polski mezosyderyt

Tomasz Brachanec, Łukasz Karwowski, Adam Broszkiewicz

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 3. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

W nocy 11/12 marca 1935 roku deszcz meteorytów spadł na południe od miasta Łowicz. Świadkowie patrzący na wschód, około 50 minut po północy, ujrzeli wysoko nad horyzontem szybko przemieszczającą się ku zachodowi czerwoną kulę ognia. Chwilę później dały się słyszeć trzy detonacje przypominające strzały armatnie. Były one słyszalne nawet w oddalonej o 70 km Warszawie (fig. 1A).

Poszukiwania meteorytów poprzedził wywiad z okolicznymi mieszkańcami. Znalaziono 58 okazów meteorytu (fig. 2) o łącznej masie 59 kg. Zakłada się, że TKW mogło wynosić ok. 110 kg. Obszar rozrzutu meteorytów pokrywa 9,2 km² i znajduje się 12 km na południe od Łowicza. Elipsa rozrzutu rozciąga się w kierunku wschód — zachód i ma długość około 10 km. Masa meteorytów wzrasta w kierunku zachodnim. Wydaje się, że najlepszym miejscem do poszukiwań są okolice Wrzeczką, gdzie znaleziono 28 okazów, ważących łącznie 6,5 kg (fig. 1B). Największy znaleziony okaz ważył więcej niż 10 kg, ale jego dokładna waga nie jest znana, ponieważ został rozbity przez znalazców na kawałki.

Największe okazy meteorytu Łowicz można obejrzeć w Krakowie, w Muzeum Geologicznym PAN (5670 g) i w Muzeum Geologicznym UJ (5650 g). Najlichniesza kolekcja natomiast znajduje się w Muzeum Ziemi w Warszawie, gdzie również przechowywane są okazy ważące ponad 2000 g.

Mineralogia

Materia krzemianowa wszystkich mezosyderytów wykazuje duże podobieństwo do meteorytów HED. Na przełamach „typowego” Łowicza wyróżnia się diogenit, mający wygląd częściowo stopionych i zrekrytalizowanych klastów. Fragmenty diogenitowe rozsiane są po całym meteorycie, jako relikty o wielkości do kilku centymetrów i jako pojedyncze ziarna ortopiroksenu.

Różne fragmenty meteorytu Łowicz różnią się znacznie stosunkiem metalu do krzemianów. Część krzemianów reprezentowana przez fragmenty diogenitowe składa się głównie z ortopiroksenów. Bardziej typowe krzemianowe części mezosyderytu Łowicz składają się z ortopiroksenu, plagioklastu i oliwinu (fig. 3). Diogenitowe (fig. 4) i ujednorodnione fragmenty krzemianowe różnią się znacząco składem piroksenów. Diogenitowe fragmenty i ziarna zawierają mniej tytanu oraz małe inkluzje krzemionki, kamacytu lub chromitu w ortopiroksenie. Rdzenie ziaren metalowej fazy w diogenitowych fragmentach składają się z kamacytu, a ich obwódki są taenitowe. W grubokrystalicznych bryłkach kamacytu i taenitu, w których metalowa faza osiąga ponad 90% objętości, znajdują się ortopirokseny, bytownit, oliwin i inne fazy krzemianowe. W kamacytowej frakcji meteorytu, blisko koncentracji minerałów tytanu, znaleziono owalne inkluzje stopu reprezentujące dwa odrębne, częściowo odszklone stopy krzemionki (Karwowski 2003) o zupełnie odmiennym składzie chemicznym.

Przypuszcza się, że są to relikty stopów zderzeniowych.

Pochodzenie meteorytu Łowicz

Najciekawszym aspektem w badaniach meteorytu łowickiego jest to, że jest on przykładem unikalnego typu brekcji, w której faza krzemianowa składa się z mieszaniny okruców petrologicznie blisko związanych z meteorytami HED (Karwowski 2005).

Precyzyjne pomiary proporcji izotopów tlenu w mezosyderytach i HED dają identyczne wyniki, co wskazuje na to samo ciało macierzyste (Shanos 2011). Dane przesłane przez sondę kosmiczną Dawn z planetoidy Westa potwierdziły, że jest ona ciałem macierzystym meteorytów HED. Westa posiada metalowe jądro, oliwinowy płaszcz, dolną warstwę skorupy złożoną z piroksenitu, z której pochodzą diogenity, i górną warstwę skorupy, która jest źródłem eukrytów. Żeby wyjaśnić pochodzenie meteorytów HED naukowcy sugerują, że Westa podczas tworzenia się uległa całkowitemu stopieniu i doświadczyła dyferencjacji na skalę planetarną.

Chociaż spadł on ponad 75 lat temu, to obecne potwierdzenie związku między meteorytami HED a Westą jako ich ciałem macierzystym odnowiło znaczenie tego interesującego mezosyderytu. Obecność diogenitowych fragmentów petrologicznie podobnych do HED (Karwowski 2005) może być użyteczna dla trwających badań powiązań mezosyderytów z meteorytami HED, a więc

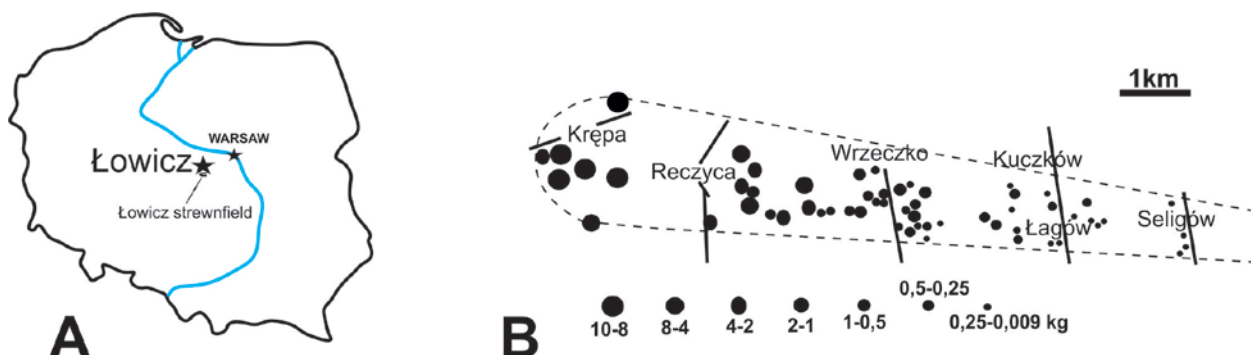


Fig.1: (A) — Położenie pola rozrzutu meteorytu Łowicz na terenie Polski, (B) Rozmieszczenie okazów meteorytu Łowicz na terenie elipsy rozrzutu.

i z Westą. Widma odbiciowe mezosyderytów są podobne, ale nie identyczne z widmami meteorytów HED i Westy (Shanos 2011). Związek między meteorytami HED i mezosyderytami został wzmocniony przez odkrycie w howardycie Dar al Gani 779 mezosyderytowego okruchu zawierającego wrostki metalu i fragmenty ortopiroksenu i oliwinu.

Petrogeneza meteorytu Łowicz jest złożona. Można przyjąć, że jego struktura i skład są wynikiem mieszania się metalu z fragmentami skał powstających na różnych głębokościach. Przemawia za tym silnie brak stanu równowagi pomiędzy oliwinem, piroksenem a fazą metaliczną. Występowało jednak także lokalne częściowe topnienie i krystalizacja piroksenu i oliwinu już w równowadze z metalem. Zauważono również w meteorycie Łowicz prawdopodobne relikty późniejszego topnienia zderzeniowego.

Niewątpliwie mineralogiczne podobieństwo mezosyderytów i meteorytów HED może wskazywać na wspólne pochodzenie, ale wskazywanie na Westę, jako na konkretne ciało macierzyste mezosyderytów, wciąż budzi kontrowersje.

Bibliografia

Karwowski, Ł. 2003. The new mineralogical data on the Łowicz meteorite, *Prace Spec. PTMin.* 22: 102–104.

Karwowski, Ł. 2005. Petrological variation of the Łowicz meteorite, *Prace Spec. PTMin.* 26: 184–188.

Karwowski, Ł. 2010. Skład i budowa mezosyderytu łowickiego, *Meteoryt* 2: 10–13.

Pokrzywnicki, J. 1964. Meteoryty Polski. *Studia Geologica Polonica* 15: 23 — 49.

Shanos, T. G. 2011. A new dawn: Asteroid Vesta and the HED association, *Meteorite* 17: 16–21.

Portal wiki.meteoritica.pl



Tomasz Brachaniec jest doktorantem na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Bada aspekty granicy K/T w Polsce. Członek Polskiego Towarzystwa Meteorytowego i Meteoritical Society. Kontakt: tribal216@gmail.com

Łukasz Karwowski jest profesorem Uniwersytetu Śląskiego. Bada mineralogię i geochemię meteorytów i kruszców. Prezes Polskiego Towarzystwa Meteorytowego.

Adam Broszkiewicz jest członkiem Polskiego Towarzystwa Meteorytowego i kolekcjonuje meteoryty od wielu lat. Interesuje się astronomią, sztuką dawną i paleontologią.



Fig. 2. Jeden ze świeżych meteorytów Łowicz, ważący 88,64 g, zebrany zaraz po spadku przez S. Z Różyckiego w 1935 r. Zdjęcie Tomasz Jakubowski. Użycie za zgodą wiki.meteoritica.pl.

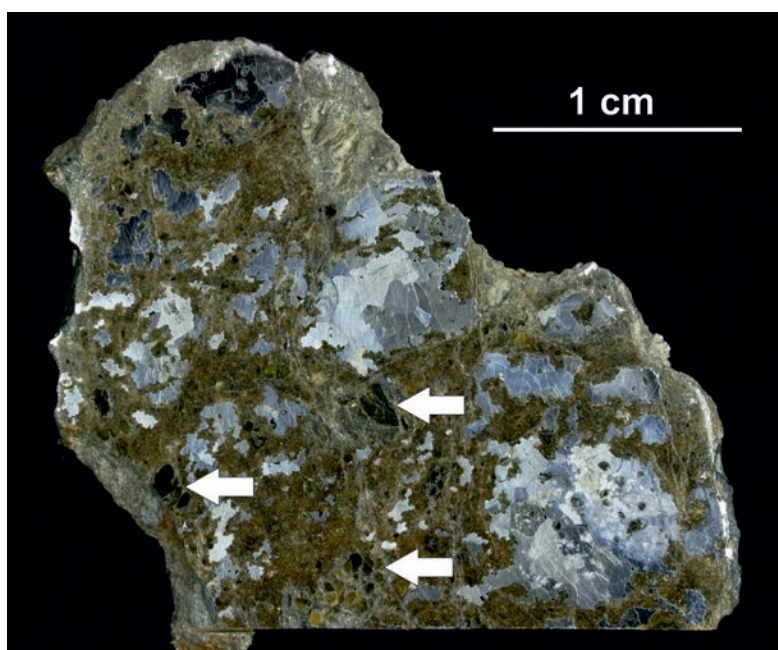


Fig. 3. Mezosyderyt łowicki z charakterystycznymi dużymi, zielonymi kryształami oliwinu (strzałki). Zdjęcie Eligiusz Szeleg.

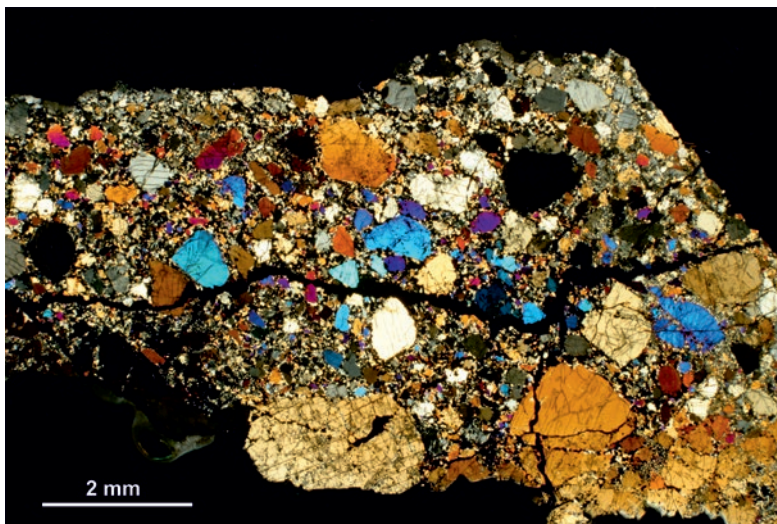
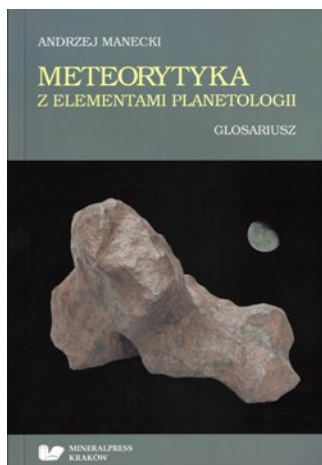


Fig. 4. Fragment diogenitu, z pokruszonymi ziarnami piroksenów. Czarne żyłki to zszokowany kaolinit. Płytkę cienką, światło przechodzące, skrzyżowane polaryzatory. Zdjęcie Łukasz Karwowski.

ML

Polecana książka



Meteorytyka, jak każda inna dziedzina nauki, tworzy własne słownictwo. W miarę rozwoju wiedzy pojawiają się nowe nazwy meteorytów, procesów, w jakich one powstawały, zjawisk związanych z tymi procesami, odkrywanych w meteoroidach minerałów i form skalnych. Przeważnie tworzone są one w języku angielskim, który stał się międzynarodowym językiem badaczy. Osoby pragnące spopularyzować tematykę meteorytową w języku polskim napotykają problemy związane z brakiem lub trudną dostępnością polskich odpowiedników angielskich terminów. Niejednokrotnie próbują tłumaczyć angielskie terminy samodzielnie, co dodatkowo powiększa zamieszanie terminologiczne. Dlatego słownik pojęć związanych z meteoritami jest bardzo potrzebny i można się tylko cieszyć, że znany mineralog i miłośnik meteorytów, prof. Andrzej Manecki, zdecydował się podjąć trud przygotowania takiego słownika. Tak we wstępie przedstawia swoje dzieło:

Glosariusz ten jest rozwiniętą formą słownika, który ujmuję naukę o meteoroidach, o pokrewnej im stałej materii pozaziemskiej i wybrane elementy planetologii. Składa się z dwóch części: zasadniczego tekstu oraz aneksu z tabelami i figurami. Skierowany jest do szeroko pojętego środowiska pracowników nauki, muzealników i kolekcjonerów.

Dzięki wybraniu formy glosariusza, pozwalającej szerzej omawiać wybrane zagadnienia, powstała książka, do której nie tylko warto zaglądać, by zrozumieć jakieś nowe pojęcie, ale którą także można czytać,

by zyskać minimum wiedzy o historii i współczesnych dokonaniach polskiej meteorytyki. Polskim meteorytom autor poświęcił szczególnie dużo uwagi. Hasło „Meteorityka polska w zarysie” zajmuje cztery strony, a niewiele mniej obszerne są hasła poświęcone najbardziej znanym, polskim deszczom meteorytów. Autor nie ogranicza się do omawiania dokonań ściśle naukowych, ale wspomina także o aktywności miłośników meteorytów, której wynikiem jest upowszechnianie wiedzy o tej dziedzinie. Obszerne omówione są hasła „Giełdy meteorytów (pikniki)” i „Polskie Towarzystwo Meteorytowe”.

Większość haseł dotyczy minerałów nie tylko ze względu na specjalność autora, ale przede wszystkim dlatego, że te terminy sprawiają najwięcej trudności osobom zainteresowanym meteoritami, które mineralogii nie studiowały. Autor przedstawia minerały w możliwie prosty sposób zwracając uwagę na ich występowanie i w meteoroidach i szerzej w ciałach Układu Słonecznego.

Skorzystam znów z fragmentu wstępu do Glosariusza:

Autor swą pasjonującą przygodę z materią pozaziemską rozpoczął w latach siedemdziesiątych ub. wieku monografiami o chondrach i chondrytach oraz o meteoroidzie Pułtusk. Wtedy to w Krakowie, w Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica powstał zespół mineralogów i fizyków, który podjął mineralogiczne, petrologiczne i chemiczne badania meteorytów kamiennych, żelaznych i kosmicznych pyłów, korzystając z nowoczesnej aparatury analitycznej. W roku 1973 w uczelni tej zorganizowano pierwsze w Polsce sympozjum poświęcone kosmomineralogii i kosmochemii. W Komisji Kosmomineralogii IMA, w latach 1974-1988, kraj nasz miał stałego przedstawiciela. Wiele publikacji z tych lat odległych niewiele straciło na aktualności, stąd są szczególnie cytowane w tym opracowaniu bowiem dziś nie zawsze są, one łatwo dostępne. Późniejsze i współczesne można bez trudu odszukać w Internecie. Zainteresowanych polską literaturą dotyczącą tematu odsyłam do najnowszego opracowania pt.: Bibliografia meteorytyki polskiej (1805-2010) (J. Biała, A. Manecki 2011), co zwalnia autora od wielu cytowań.

Bogaty wykaz publikacji zagranicznych znajdzie czytelnik m.in. w monograficznym opracowaniu O. R. Nortona (2002).

Ostatnie stwierdzenia wydają się generalnie uzasadnione, niemniej jednak brak bibliografii w samym Glosariuszu jest dość dokuczliwą wadą. Widząc cytowania w tekście chciałem niejednokrotnie sprawdzić, na jaką pozycję literatury powołuje się autor. Nawet gdyby „Bibliografia meteorytyki polskiej” była dołączona do Glosariusza, to nie obejmuje ona literatury zagranicznej, która również jest w Glosariuszu cytowana. Kolejne wydanie Glosariusza, które z pewnością będzie potrzebne, bo meteorityka wciąż intensywnie się rozwija, warto moim zdaniem uzupełnić o wykaz cytowanej literatury.

Z myślą o przyszłości zachęcałbym także czytelników, by zgłaszali, jakiego, interesującego ich hasła, czy haseł, brakuje w Glosariuszu. Wiadomo, że książka nie pomieści wszystkiego, ale zawsze można wesprzeć się jakimś nośnikiem elektronicznym i można to robić na bieżąco, nie czekając na nowe wydanie. Sądzę, że autor byłby wdzięczny za takie wsparcie ze strony czytelników.

Zacytuję jeszcze życzenie autora, z którym całkowicie się zgadzam:

Rozwój instrumentalnych często bezpośrednich badań ciał Układu Słonecznego stosowanych przez planetologię oraz przyspieszony rozwój fizyko-chemii naturalnych ciał stałych w tym minerałów meteorytów oraz skał pozaziemskich przywożonych na Ziemię sprawia, że te i wymienione wcześniej działy nauki powinny ściślej współpracować ze sobą. A na uniwersyteckich i politechnicznych wydziałach nauk o Ziemi oraz na wydziałach astronomii, studenci i doktoranci powinni mieć możliwość poznawać (np. na seminariach) niektóre działy omówione w tej książce, co w przyszłości ułatwi im współpracę.

Polecam Glosariusz wszystkim miłośnikom meteorytów.

Andrzej S. Piłski

Andrzej Manecki: *Meteorityka z elementami planetologii. Glosariusz*. Wydawnictwo Mineralogiczne Mineralpress, Kraków, luty 2013. ISBN: 978-83-933330-4-2. 190 stron.

Miss pustyni

Wadi & Jan Woreczko

Jest ich może kilkanaście. Polska Baszkówka — 15-kilogramowy kolos, Adamana znaleziona na śmietniku, rosyjski Karakol i cudowny Middlesbrough... Wszystkie zjawiskowo orientowane, ze strużkami spływu, które wyrzeźbiła ziemiska atmosfera. Często świeże — czarne jak smoła. Takiego meteorytu nie kupisz. Możesz o nim pomarzyć albo mieć najwyżej kopię. Nasza stoi na komodzie w holu — średniej jakości gipsowy odlew Middlesbrough. Ale i tak wzbudza zachwyt gości. „Jaki piękny meteoryt” — mówią. Kiedy dowiadują się, że to kopia, przeżywają zawód, a jeszcze większy kiedy zobaczą prawdziwe okazy — nieraz obsypane rdzą, spękane...

Szukanie meteorytów nie jest łatwe...

W tym roku pustynia nas nie rozpieszczała. Fundowała przebite opony i karnie odsyłała do warsztatu, objawiała niespodziewane łachy piachu i kazała chwytać za łopaty. Albo była bajkowa, ale meteorytów na niej jak na lekarstwo. A nam się marzył, jak zwykle, jakiś chondryt węglisty, ureilit i koniecznie coś większego w ciekawym kształcie. Listę naszych zamówień miała gdzieś, dając od czasu do czasu to, na co miała ochotę. Szukaliśmy na różne sposoby. Sumiennie w skupieniu od białego świtu z przerwą na lunch (konserwa, placek, oliwki). Na luzie, gadając i omiatając wzrokiem przesuwający się za oknem samochodu horyzont. Jeździliśmy na strzałę i halsowaliśmy. Ale to ona stawiała warunki. Postanowiliśmy pokazać jej nawet, że nam nie zależy i zajmowaliśmy się przyrodą — gadaliśmy z krukami, ganiiliśmy jaszczurki, drażniliśmy węża... Uciekliśmy na kilka dni nad ocean. Myśleliśmy, że po powrocie przyjmie nas z otwartymi rękoma. Nic z tych rzeczy! Mało intrygujących znalezisk, a zazwyczaj mieliśmy mnóstwo szczęścia. Z oporami, ale nauczyliśmy się pokory. Postanowiliśmy nawet zrobić ukłon w jej stronę.

— Zróbmy flagę — zdecydował Woreczko, kiedy zobaczył porzucony bezpieczeństwa palik. Ale co na nim powiesić? Pod uwagę brane były różne części garderoby. Zwyciężyła opcja czarnej bandamki z trupimi czaszkami i napisem „Zatoka Piratów”. Pomyśl bardzo spodobał się obsłudze stacji benzynowej, ale i pustynia stała się łaskawsza. Tym bardziej, że dołączyliśmy do tego rytuału wciągania flagi każdego ranka i jej zwijania po zakończeniu poszukiwań. Przy dźwiękach mojego tam-ta-ram tam-tam-tam...

...ale dla tych kilku chwil warto

To był ostatni dzień na pustyni. Właściwie ostatni zjazd — mknęliśmy prosto do asfaltu, z idealnym słońcem, ale trochę nostalgicznie i w milczeniu. Już właściwie byliśmy gdzie indziej, bo mieliśmy przed sobą napięty plan zwiedzania — jedna góra, jeden fort, jedno miasto. Chcieliśmy zobaczyć ludzi i zjeść coś innego. Jechaliśmy ciesząc się jeszcze wolnością, jaką daje pustynia. Długo zastanawiałam się czy to powiedzieć. — Słuchaj, może jeszcze powinniśmy zostać, pojechać głębiej, szukać jakoś inaczej, zrobić coś? — zaczęłam. I w tym momencie coś intrygująco mignęło za oknem. Woreczko bez wiary zakręcił. Rzuciłam okiem i zobaczyłam linie spływu. — On jest taki sam jak ta kopia na komodzie. Nigdy nie widziałeś czegoś takiego — powiedziałam w szoku i nie ruszając się z samochodu schowałam twarz w dłonie. Woreczko wysiadł. — Nieee, to kopia — stwierdził zupełnie absurdalnie. W tych pustynnych klimatach wszystko może się wydać rzeczywiste — widzieliśmy już galeony sunące po piasku czy nieistniejące miasta. A i hunterzy robią sobie dowcipy podrzucając w punkty znalezisk czarne zwyczajne kamyczki. Za moment klęczałam już na piasku i przypatrywałam się drobnym spękanom skorupy i aksamitnej powierzchni. — To nie kopia — powiedziałam. Zaczęliśmy robić zdjęcia. — Nie ruszaj go jeszcze, ja go podniosę — zaznaczyłam.

Wiedziałam, że nie będzie nawet na centymetr zakopany, że będzie płaski od spodu. Woreczko poszedł do samochodu zmienić baterię w aparacie (akurat teraz musiała wysiąść!). Podniosłam go. Ciekawe, że stał na piasku do góry nogami. Pustynia widocznie zdążyła go już odwrócić. Na spodzie wyczułam palcami, jakby kawałek gumy. Pomyślałam, znowu absurdalnie, że to klej — coś jakby ktoś kopię przykleił do pustyni. Guma odpadła. Przyjrzałam się jej w panice. To był malutki kokon, z którego zdążyła się już wyłączyć liszka.

Znowu zaczęliśmy robić zdjęcia, gratulować sobie.

— Ile waży jak myślisz? — zapytałam. — No ze 230 gram — powiedział Woreczko.

— Chyba żartujesz! Nie umniejszaj mojego znaleziska. Moim zdaniem ze 310 — ważyłam go w ręku. Zresztą niewiele się pomyliłam — 391 gram. — A jak go nazwiemy — zastanowiłam się Woreczko.

— To Desert Miss — powiedziałam.

Teren przeszukiwaliśmy do wieczora. Raczej bez nadziei, bo takie okazy zazwyczaj są jedynakami. Po zachodzie słońca pojechaliśmy na stację benzynową na wystawną kolację — kurczaka z ryżem i zimnego Sprite'a. A w nocy leżąc na karimatach i patrząc w niebo znowu rozmawialiśmy o przypadku, o szczęściu i o niezwykłym pożegnaniu, które zgotowała nam pustynia. Zwinęliśmy flagę. Na zawsze.



Wadi – na co dzień dziennikarz specjalizujący się w tematyce wnętrz, designu i sztuki. Fanka pustynnych wyjazdów i historii meteorytyki.

Jan Woreczko – z wykształcenia astronom, z zawodu informatyk. Właściciel jednej z większych kolekcji meteorytów w Polsce. Każdą wolną chwilę poświęca na podróże i tworzenie strony o kamieniach z nieba www.woreczko.pl



Plaża na własność



Telegraficzna droga



Zupełnie jak kostka brukowa



Nasza Altamira



Rytuał...



...efekt



In situ



Czyż nie jest piękna?