

METEORYT

Nr 1 (73)

Marzec 2010

ISSN 1642-588X



W numerze:

- **O meteorycie łowickim**
- Spadek meteorytu na duńskiej wyspie Lolland
- Czy po ukraińskim bolidzie spadły meteoryty?
- Chondry z kraterkami
- Publiczne opowiadanie o meteorytach
- Tektyty australoazjatyckie
- Czarny Kamień w Stambule



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 prenu-
merata wynosi w 2010 roku 44 zł.
Zainteresowanych prosimy o wpła-
cenie tej kwoty na konto wydawcy
nie zapominając o podaniu czytel-
nego imienia, nazwiska i adresu do
wysyłki. Wydawca dysponuje także
numerami archiwalnymi.

Większość publikowanych arty-
kułów jest tłumaczona z kwartalnika
METEORITE za zgodą jego wy-
dawcy, który zachowuje prawa do
tych artykułów.

Redaguje i tłumaczy większość
tekstów:

Andrzej S. Pilski
skr. poczt. 6
14-530 Frombork
tel. 0-604-178-072
aspmet@wp.pl

Skład: Jacek Drażkowski

Druk: printbynet.pl

Od redaktora:

W nocy z 11 na 12 marca minęło 75 lat od deszczu meteorytów niedaleko Łowicza. Dla mnie te meteoryty są jak wyrzut sumienia, ponieważ ciągle wchodziły mi w drogę, a ja ich nie zauważałem zajęty innymi sprawami. Gdy w końcu zwróciłem na nie należytą uwagę, było już za późno, bo świadkowie tego wydarzenia, z którymi wielokrotnie rozmawiałem, ale przeważnie na inne tematy, odeszli, zanim zdążyłem nauczyć się, o co mam ich pytać.

O łowickich meteorytach pisałem przy różnych okazjach, więc teraz postanowiłem oddać głos ludziom, którzy opisali to wydarzenie jako pierwsi, 75 lat temu. Zachowany został przedwojenny sposób pisania i ówczesne ilustracje. Mam nadzieję, że w następnym numerze przedstawione zostanie współczesne spojrzenie na meteoryt Łowicz.

Amatorom szukania meteorytów dedykuję dwie relacje potwierdzające znaną prawdę, że trzeba mieć dużo czasu i szczęścia, by odnieść sukces. Ukraińskim poszukiwaczom nie udało się, ale relacja w Meteorite stała się impulsem do zaproszenia jej autorki na konferencję w Krakowie, by opowiedziała o kijowskiej kolekcji meteorytów, w której znajduje się największy zachowany fragment meteorytu Białystok.

Przyznaję, że tektyty traktowałem z pewnym lekceważeniem, jako materię, którą miłośnik meteorytów niekoniecznie musi się zajmować. Aubrey Whymark pokazuje jednak, że powinienem zmienić zdanie. Tektyty są szklanymi meteorytami ziemskiego pochodzenia, ponieważ wyleciały w kosmos i spadły na Ziemię tak samo jak meteoryty. Zachęcam do przeczytania tego ładnie napisanego artykułu, który porządkuje naszą wiedzę o tektytach.

Zafascynowana meteorytami para z Warszawy, która uparcie nie chce występować pod własnym nazwiskiem, uraczyła nas opowieścią o próbie rozszyfrowania zagadki kamienia z Kaaby. Z przyjemnością informuję, że szykują oni także piękną wystawę meteorytów w Muzeum Techniki NOT w Warszawie i znakomicie popularyzują wiedzę o meteorytach na stronie internetowej <http://www.woreczko.pl/meteorites/>. Naśladownictwo mile widziane.

Andrzej S. Pilski

Okładka: U góry ważący 5670 g największy zachowany okaz mezosyderytu Łowicz ze zbioru Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, przywieziony do Obserwatorium przez Kazimierza Kordylewskiego, obecnie w depozycie w Muzeum Geologicznym ING PAN w Krakowie. Fot. M. Doktor. Na dole w ramce ważący obecnie 3750 g meteoryt łowicki ze zbioru Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego, przywieziony do Obserwatorium przez Macieja Bielickiego delegowanego do Łowicza, by zbadać zjawisko, odnaleziony po wojnie w gruzach Obserwatorium. Odcięta od tego meteorytu pięćka jest w kolekcji Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego. Fot. A. S. Pilski.



Zapraszamy na stronę
Polskiego Serwisu Meteorytowego
<http://jba1.republika.pl>

METEORITE

THE INTERNATIONAL QUARTERLY OF METEORITES
AND METEORITE SCIENCE

Arkansas Center for Space and Planetary Sciences,
University of Arkansas, 202 Old Museum Building,
Fayetteville, Arkansas 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.



Ten ważący 580 g Pultusk znalazł Marcin Stolarz w Wielką Sobotę (03.04.2010) 20 minut przed szesnastą, po kilku latach weekendowych poszukiwań. Gratulacje!

O meteorycie łowickim

S. Z. Różycki i M. Kobylecki

Odbitka z „Wszechświata” Nr 5, Spółka Drukarska „Kraj”, dawniej „Lux”, Wilno. 1935

Na wiadomość o spadku meteorytu w pobliżu Warszawy (pod Łowiczem) z polecenia Towarzystwa Muzeum Ziemi autorowie przeprowadzili poszukiwania na terenie spadku meteorytów, w celu zebrania okazów i relacji o przebiegu zjawiska. Niniejszy artykuł stanowi jedynie streszczenie dotychczasowych wyników tych prac.

Teren, na który spadł meteoryt łowicki, leży 12 km. na południe od miasta Łowicza. Tworzy on wąską smugę około 10 km. długości, zaczynającą się we wsi Krempa (1,5 km. na południowo-zachód od stacji kolejowej Domaniewice) i biegnącą nieco na północ od 52 równoleżnika aż za wieś Seligów.

Zachodnią część tego terenu zajmują piaszczysto-żwirowe wzgórza moreny czołowej domaniewickiej. Ku wschodowi od wsi Reczyce teren jest prawie równy, miejscami nieco podmokły, z piaszczystemi, lekko ilastymi glebami. Cały prawie obszar zajmują pola uprawne i pastwiska, zrzadka tylko rozrzucone są niewielkie zagajniki.

Meteoryt spadł w nocy z 11 na 12 marca b. r. Była to noc chmurna na ogół i cicha. Wieczorem 11 marca na omawianym terenie niebo pokryte było chmurami warstw wyższych (Ast

i Acu), unoszącymi się w oddzielnych ławicach, między którymi pozostawały niewielkie przerwy, umożliwiające obserwację zjawisk świetlnych. W ciągu nocy zachmurzenie wzrosło, gdyż nisko nad ziemią utworzyła się powłoka chmur warstwowych (St). Rankiem 12 marca zasłaniała ona już całkowicie niebo, a nad ziemią unosiły się mgły. Noc była chłodna tak że pobliskie stacje meteorologiczne notowały lekkie przymrozki (Skierniewice — 1°, Łódź — 3°). Ruchy powietrza nocą były bardzo słabe, rankiem wiał wiatr północno-wschodni z prędkością 1–2 m/sek.

Na polach leżały odosobnione płyty śniegu; we wschodniej części terenu (na wschód od Reczyce), gdzie występują gleby bardziej ilaste, ziemia jest jeszcze zmarznięta.

Wiadomości o spadku meteorytów zebrano od przeszło 40 osób zarówno z terenu spadku jak i w sąsiedztwie, t. j. z następujących miejscowości: Skararki, Domaniewice, Krempa, Reczyce, Wrzeczko, Łągów, Kuczków, Zacisze, Uchań Dolny, Wygoda, Zawada, Seligów, Lipce, Mikuły, Nadolna, Wola Makowska, Milanówek, Otrębusy, Skierniewice, Tomaszów Mazow. Na podstawie tej ankiety, można ustalić z pewnym przybliżeniem czas i przebieg zjawiska.

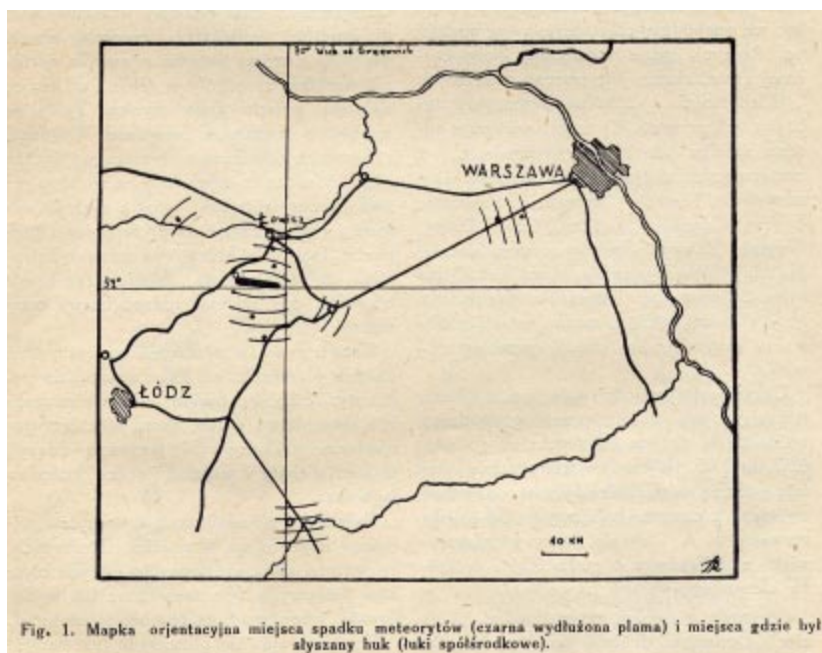
Czas w którym odbywało się zjawisko podawany we wsiach przez gospodarzy waha się w dużych granicach: od godziny 0.39 do 1.05. Najbardziej wiarogodnie ustalają godzinę dane, które były bezpośrednio związane z czasem kolejowym. Są to obserwacje p. A. Dehnela, który widział zjawisko z Milanówka o godz. 0.54 i dróżnika kolejowego we wsi Lipce 0.52.

Początek zjawiska zaobserwował Wojciech Domański dróżnik kolejowy we wsi Lipce na 85,6 km. kolei W. W. (11 km. na południe od miejsca upadku meteorytów). Po przejściu pociągu towarowego 0.50 odwrócił się w kierunku południowo-zachodnim i ujrzał dość wysoko nad horyzontem czerwoną kulę ognistą, która po pewnym czasie eksplodowała gwałtownie zmieniając barwę światła na niebieskavo-białą i znacznie bardziej intensywną.

Inni obserwatorzy, którzy znaleźli się na osi lecącego meteoru, odnieśli wrażenie jakby słup światła posuwał się wprost na nich (Rynkowicz z Domaniewic) lub też częściej mówią o oślepiającej jasności, która objęła całe niebo. Jedynie Antoni Galant z Reczyce twierdzi, że za mknącą kulą posuwał się stożek świetlny.

Barwa światła obserwowana na terenie spadku meteoru, i dalej na wschód jest zielonkavo-błękitna, o bardzo silnym natężeniu — oślepiająca. Światło oświeca doskonale całą okolicę, ostro rysując kontury cieniów. Osoby znajdujące się w tym czasie wewnątrz chat odniosły wrażenie smugi świetlnej reflektora, rzuconej wprost do okna i której jasność pozwoliła odróżnić wszystkie szczegóły w izbie. Pod koniec zjawiska światło ginie szybko. Tylko na wschodzie obszaru w Seligowie, Wygodzie i Zawadach zakończenie zjawiska wyglądało nieco odmiennie: twierdzą tam zgodnie, że pod koniec zjawiska światło zaczęło żółknąć i potem czerwień, stopniowo gasnąc. P. Dehnel z Milanówka zauważył również żółcenie barwy światła przy końcu zjawiska, nie widział jednak barwy czerwonej.

Czas trwania światła określany jest



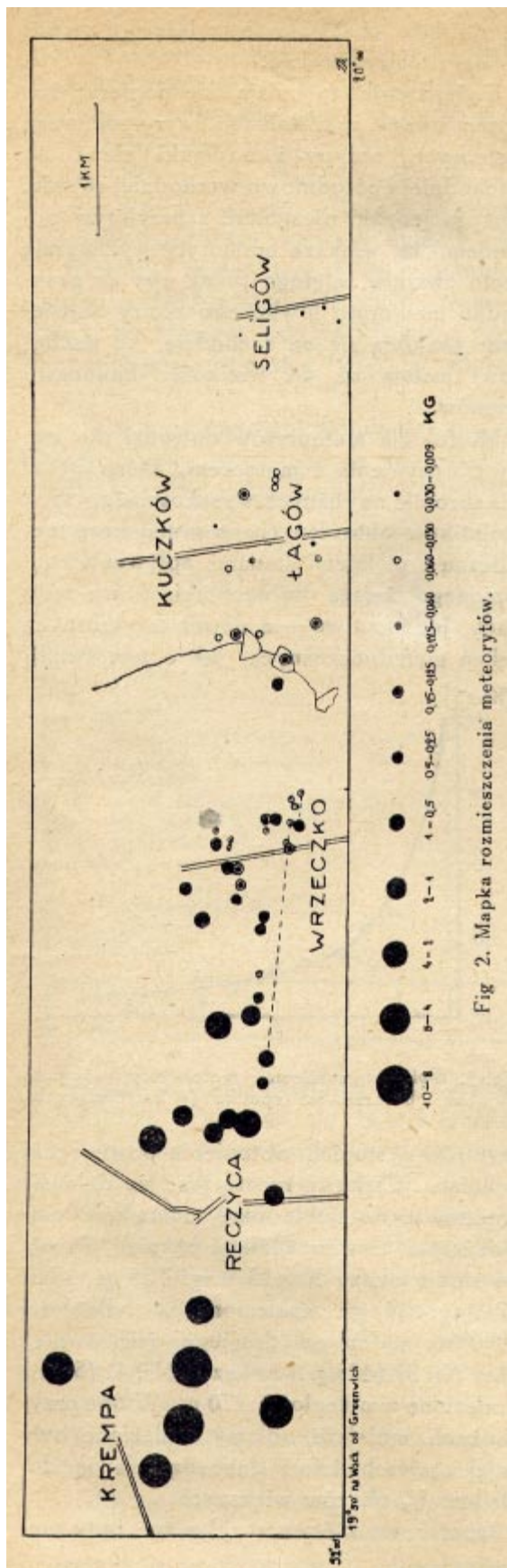


Fig. 2. Mapa rozmieszczenia meteorytów.

w dość dużych granicach: od kilku sekund do pół minuty. Zjawisko trwało jednak niewątpliwie stosunkowo długo, skoro niektórzy gospodarze zaalarmowani jasnością zdążyli wybiec z chaty i widzieć jeszcze końcową jego fazę.

szełi odgłosy uderzeń o ziemię spadających poszczególnych odłamów z odległości ok. 600 — 800 m.

Obszar widzialności meteorytu jest bardzo duży. Jednak ze względu na znaczne zachmurzenie, które objęło

Świecenie pojedynczych meteorytów widziano najlepiej we Wrzeczkach i Reczycach, zauważono kilka czerwonych, ostrych błysków pionowych. Nie zauważono ich w Seligowie, gdzie spadł najdrobniejszy materiał.

Przebieg zjawisk głosowych jest naogół bardziej jednolity. Po skończeniu się jasności usłyszano potężny huk. W Domaniewicach i Krempie nastąpił on niemal natychmiast po zgaśnięciu światła, w Reczycach po przerwie kilku sekund; w miarę posuwania się na wschód okres przerwy między zgaśnięciem światła i hukiem rośnie, tak że w Milanówku wynosi już ponad 2 minuty.

Zjawiska dźwiękowe rozpoczynają się głuchym hukiem, po którym przychodzi dudnienie, czy raczej warczenie i świst, pochodzący od lecących odłamków. Wśród tych odgłosów słychać było trzy — czy czterokrotne silniejsze detonacje, podobne do blisko pękających granatów. Odgłosy lecących meteorytów określa ludność miejscowa jako „rukotanie”, „wurczenie” czy dudnienie, podobne do odgłosów jadącego po grudzie wozu, szybko przetaczanych po podłodze dużych kamieni lub wreszcie do lecących pocisków. Niektórzy z obserwatorów słyszeli

prawie całą Polskę, poza okolicami Łowicza i Skierniewic zjawisko widziane było tylko w południowo-zachodniej części kraju (Olkusz, Kraków, Tarnów, Śląsk).

Zasięg huku jest znacznie mniejszy: w każdym razie dochodzi 70 km., gdyż zupełnie dobrze był słyszany w okolicach Warszawy (Milanówek — odległy od miejsca spadku o 58 km. i Otrębusy — 64 km.) i Tomaszowa Mazowieckiego (55 km.).

W chwili spadku na ziemię meteoryty były rozgrzane do wysokiej temperatury. Kilka osób widziało spadające smugi świetne barwy czerwonej czy też czerwono-żółtej. Na specjalne podkreślenie zasługuje fakt spalenia listków oziminy przy pół kilogramowym okazie znalezionym przez Kamińskiego z Wrzeczka.

Wielu ludzi dokładnie słyszało głuchy odgłos uderzeń spadających meteorytów o ziemię. Felczyński Jan i Bródka Jan z Reczyc słyszeli wyraźnie świst i uderzenie o ziemię trzech meteorytów następujące po sobie w bardzo krótkich przerwach. Poszukiwania czynione później w tym kierunku dały w wyniku trzy ładne okazy meteorytów z których jeden ważył 2,7 kg dwa mniejsze zaś powyżej 1 kg.

Struginski Andrzej, gospodarz z Wrzeczka, naoczny świadek zjawiska i pierwszy znalazca meteorytów w tej wsi widział kilka czerwonych błysków różnej wielkości i słyszał uderzenia różnej siły, tak, że mógł rozróżniać względną wielkość spadających brył. Dwa małe okazy podniósł rękami na podwórku przed swoją chałupą.

Siła uderzenia o ziemię spadających meteorytów była dość znaczna. Najgłębiej zaryły się duże okazy w okolicy Krempy, które padały na piaszczysty niezmarznięty grunt. Największy ze znalezionych okaz Barbuchy z Krempy zarył się na dwadzieścia kilka cm. w ziemię, dając dołek średnicy 25 cm. Okaz Grabowicza z Krempy (8,5 kg) wyorał dołek 15 cm. głębokości, pękł na 3 części dając drobne odpryski i utworzył nasyp po południowo-wschodniej stronie zagłębienia. Najgłębiej jednak zaryty był okaz 6 kilowy, znaleziony przez Bialka z Reczyc w zagłębieniu między dwoma wzgórzami moreny na południe od wsi Krempy na głębokości ok. 30 cm.

Okazy, które padały na wschód od wsi Reczyca na grunta bardziej ilaste,

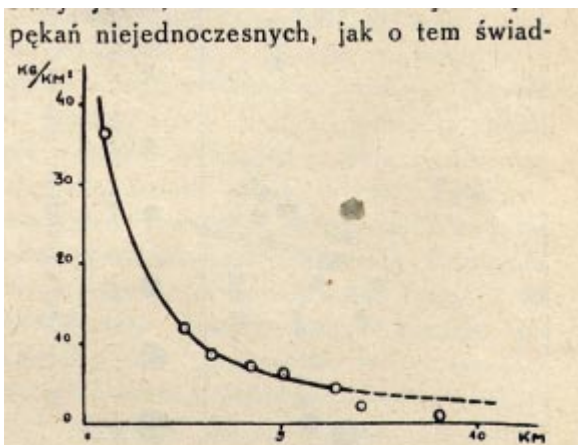


Fig. 3. Wykres „nasilenia” meteorytów (w kg. na km²) na obszarze ich spadku (w km bieżących).

wilgotne i wobec tego zupełnie jeszcze zamarznięte znajduwane były na powierzchni i tylko okazy większe dały nieznaczne parocentymetrowe zagłębienia. Okaz o masie 0,125 gr. zebrany prawie zaraz po spadku przez Strugińskiego z Wrzeczka miał dołek ½ cm. głębokości i dał odprysk ziemi ku Pd. Wsch. Wsch.

Dołki obserwowane w okolicach Wrzeczka przy okazach zbieranych po 30 marca, kiedy ziemia zupełnie już rozmarzła, były przeważnie odciskami, pozostałymi przez zagłębienie się meteorytów pod własnym ciężarem w pulchnym, grząskim gruncie.

Kierunek ruchu meteorytów jest na całym obszarze podawany z zachodu na wschód. Nie przeczy temu ani jedna relacja naocznych świadków, którzy zgodnie twierdzą, że zjawisko posuwało się z letniego zachodu na zimowy wschód.

znajdują się na zachodzie, ku wschodowi maleją aż do wielkości kilkunastu gramów.

Morfologia meteorytów dowodzi, że mamy do czynienia z meteorem, który pękał kilkakrotnie na różnych wysokościach. Obok osobników obtopionych, z grubą korą metaliczną i pięknymi śladami spływania roztopionego żelaza są osobniki, które mają ślady jedno, dwu — a nawet trzykrotnych pękań niejednoczesnych, jak o tem świadczy różny stopień obtopienia powierzchni pęknięć. Ciekawą rzeczą jest, że dało się dopasować do siebie parę odłamków najświeższymi powierzchniami pęknięć. Pasują do siebie okazy Nr. 15 wagi 725 gr. i Nr. 37 wagi 93 gr. znalezione w odległości 1900 m. jeden od drugiego, jak również okaz Nr. 31 (445 gr.) z okazem Nr. 41 (53 gr.) znalezione w odległości 270 m. W obu przypadkach mniejsze odłamy znalezione były

dalej na wschodzie i stanowią prawie dokładnie 1/8 okazów większych.

Obszar, na którym znajduwane były meteoryty ma w ogólnym zarysie kształt wydłużonej elipsy. Długość tego obszaru wynosi 9,5 km., szerokość zaś zmniejsza się w miarę posuwania się ku wschodowi: w Krempie wynosi ona 1700 m., w Reczycach 1100 m., we Wrzeczku 900 m., w Łagowie 800 m., w Seligowie 750 m. Powierzchnia tego obszaru mierzy około 9,2 km².

Pamiętać jednak trzeba, że przy obliczeniu nie został wzięty pod uwagę teren, leżący na wschód od wsi Seligów, gdzie spadł materiał poniżej 10 gr. zupełnie nie zebrany.

Linia największego skupienia znalezionych okazów wyznacza oś posuwania się meteoru, dając kierunek z zachodu na wschód, z odchyleniem 8° na południe (S 98° E). Pokrywa się to z kierunkiem, wytyczonym przez punkty znalezienia okazów do siebie pasujących.

Wielkość zebranych meteorytów maleje z zachodu na wschód od największych okazów we wsi Krempa sięgających wagi ponad 10 kg. (dokładna waga nieznana wskutek rozbicia okazu na kilkadziesiąt odłamków rozdanych kilkunastu osobom) do 9,9 gr. w Seligowie.

Razem liczba odnalezionych znanych nam okazów wynosi 58 osobników łącznej wagi ok. 59 kg., które znajdują się obecnie w posiadaniu Towarzystwa Muzeum Ziemi (35 osobników w 50 okazach), Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie, Obser-

dalej na wschodzie i stanowią prawie dokładnie 1/8 okazów większych.

Obszar, na którym znajduwane były meteoryty ma w ogólnym zarysie kształt wydłużonej elipsy. Długość tego obszaru wynosi 9,5 km., szerokość zaś zmniejsza się w miarę posuwania się ku wschodowi: w Krempie wynosi ona 1700 m., w Reczycach 1100 m., we Wrzeczku 900 m., w Łagowie 800 m., w Seligowie 750 m. Powierzchnia tego obszaru mierzy około 9,2 km².

Pamiętać jednak trzeba, że przy obliczeniu nie został wzięty pod uwagę teren, leżący na wschód od wsi Seligów, gdzie spadł materiał poniżej 10 gr. zupełnie nie zebrany.

Linia największego skupienia znalezionych okazów wyznacza oś posuwania się meteoru, dając kierunek z zachodu na wschód, z odchyleniem 8° na południe (S 98° E). Pokrywa się to z kierunkiem, wytyczonym przez punkty znalezienia okazów do siebie pasujących.

Wielkość zebranych meteorytów maleje z zachodu na wschód od największych okazów we wsi Krempa sięgających wagi ponad 10 kg. (dokładna waga nieznana wskutek rozbicia okazu na kilkadziesiąt odłamków rozdanych kilkunastu osobom) do 9,9 gr. w Seligowie.

Razem liczba odnalezionych znanych nam okazów wynosi 58 osobników łącznej wagi ok. 59 kg., które znajdują się obecnie w posiadaniu Towarzystwa Muzeum Ziemi (35 osobników w 50 okazach), Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie, Obser-

Odcinek	Zebrano meteorytów		Powierzchnia km ²	„Nasilenie” kg. na 1 km ²	Granice wahań wymiarów meteorytów w kg.	Średni okaz kg.
	szt.	kg.				
w. Krempa	6	36,5	1,0	ok. 40 ^{*)}	2,5—10	6,1
(przerwa)	—	—	2,4	—	—	—
w. Reczyce						
a) na wschód od wsi — do potoku	6	9,5	0,8	12	1—2,726	1,55
b) od potoku do granicy wsch.	4	5,1	0,6	8,5	0,4—2,86	1,25
w. Wrzeczko						
a) od zachodniej granicy do wsi	10	3,5	0,5	7	0,09—0,7	0,35
b) na wschód od wsi	14	3	0,5	6	0,05—0,55	0,20
(przerwa)	—	—	0,8	—	—	—
Stawy	6	1,2	0,3	4,2	0,06—0,4	0,19
(przerwa)	—	—	0,36	—	—	—
w. Łagów—Kuczków	4	0,3	0,14	ok. 2	0,02—0,1	0,07
(przerwa)	(4)	?	1,7	—	—	—
w. Seligów	4	0,06	0,1	ok. 0,6	0,01—0,025	0,015
	58	ok. 59,2	9,2	6,4	0,01—10	1,02

watorjum Astronomicznego w Warszawie (3 okazy), Muzeum Przemysłu i Techniki w Warszawie (1 okaz) oraz osób prywatnych.

Przeprowadzone obliczenie ilości spadłego materiału, przez wyznaczenie sumarycznej wagi wszystkich okazów zebranych na kolejno wyodrębnionych strefach zagęszczenia i wyinterpolowanie odpowiednich liczb na odcinki żle wybierane, daje jako prawdopodobną wagę około 110 kg. (meteorytów powyżej 10 gr).

Rozkład meteorytów ilustruje załączona mapka i tabelka.

Nasilenie ilości spadłego materiału przedstawia również wykres, sporządzony na podstawie powyższej tabelki. Otrzymana krzywa posiada regularny przebieg do momentu, przedstawiającego stan we Wrzeczk przy stawach. Tu następuje ostre załamanie krzywej. Jest to wynik raczej niekompletnego wybierania materiału, niż normalnego jego rozkładu. Stawy rybne, mimo spuszczenia wody z powodu wczesnej jeszcze pory wiosennej stanowią teren niewygodny i mało dostępny do poszukiwań. Dalej na wschód znów spadł meteoryt drobny, co wpłynęło na to, że tylko nieznaczny jego procent był zebrany. Z wykresu można wnioskować, że na wschód od stawów we Wrzeczk co najmniej połowa spadłych meteorytów nie została wybrana.

Swoim składem meteoryt łowicki



Fig. 4. Meteoryt znaleziony na polach wsi Reczyce, wagi 2865 gr. ³/₄; wielkości naturalnej. (Fot. A. Luniewski).

zbliży się najbardziej do mezosyderytów. Z głównych składników, makroskopowo można odróżnić materiał bardzo bliski do oliwinu, skalenie, oraz nie oznaczone bliżej krzemiany. Żelazo metaliczne występuje w ilościach zmiennych, czego dowodzą między innymi duże wahania ciężarów właściwych meteorytów, branych jako całość, wahające się od 4,2 do przeszło 7.

Dominuje typ bardziej kamienisty z rozszaniami drobnymi skupieniami żelaza o c. wł. 4,5. Dużą zawartością żelaza odznaczają się okazy obtopione, nie posiadające świeżych pęknięć, w których przekrojach widać zwartą sieć żelaza, obejmującą inne minerały.

Struktura ma na ogół charakter porfirowy z pięknymi do 1,5 cm. dochodzącymi kryształami oliwinu, tkwiącymi w drobnoziarnistej szarej masie.

Przytoczone dane mają charakter tymczasowy. Dalsze prace są w toku. Między innymi szczegółowe badania nad składem meteorytów prowadzi Zakład Mineralogiczny U.W.

Od redaktora: Reprint, z którego pochodzi powyższy materiał, znajduje się w bibliotece Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku. W prawym, górnym rogu ma pieczętkę „Z księgozbioru prof. dr Czesława Witolda Krasowskiego”.



Znany spadek meteorytu 17 stycznia 2009 r. na duńskiej wyspie Lolland — osobiste spojrzenie

Thomas Grau

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 15 No. 4 i Vol. 16 No. 1.
Copyright © 2009 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

W połowie stycznia 2009 r. kilka dużych bolidów wywołało sensację na świecie. W Europie głośno było szczególnie o eksplozji meteoru 17 stycznia nad Morzem Bałtyckim, ponieważ jego pojawienie się zanotowała kamera dozorująca. Europejskie Centrum Badawcze Bolidów i Meteorytów (ERFM) zajmu-

je się dokumentowaniem i badaniem bieżących zjawisk meteorowych w Europie, więc przeprowadziliśmy także badania tego zjawiska. Wysiłek włożony w badania terenowe okazał się opłacalny, ponieważ w marcu odnaleziono meteoryt rzadkiego typu, który stał się dostępny dla nauki.

Pierwszym bardzo ciekawym aspek-

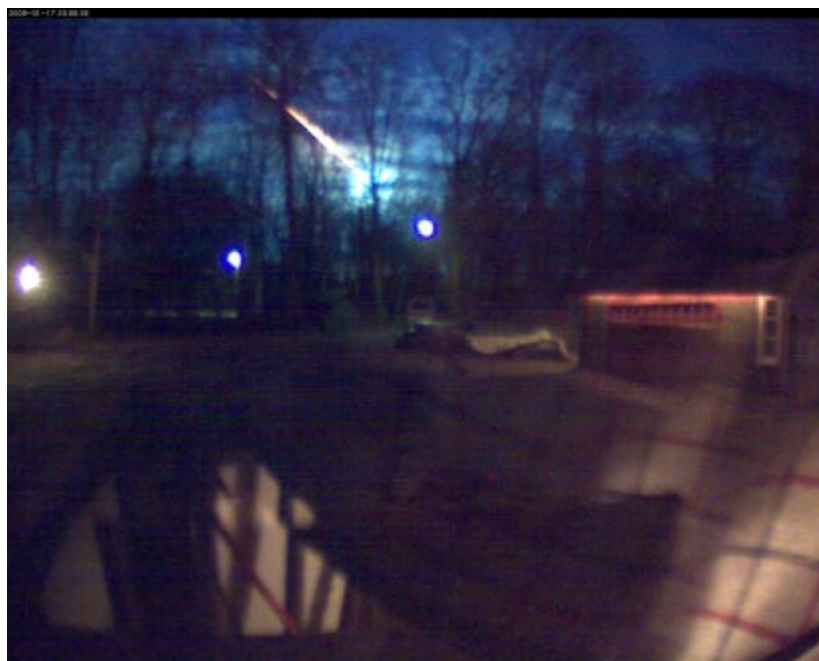
tem, na który zwróciliśmy uwagę, było to, że na początku roku 2009 znacznie wzrosła liczba bolidów. Czy jest jednak jakieś wytłumaczenie tego faktu? Są pewne przypuszczenia co do powodów. Może Ziemia przechodziła przez chmurę gruzu po wcześniejszym zderzeniu, lub przez rój meteorów? Obserwacje na to wskazują, chociaż jest tyl-

ko kilka niewątpliwych faktów. Jednak okoliczność zwiększonego występowania zjawisk dużych bolidów jest sensacją. Dotąd jednak istniejące dane nie zostały jeszcze opracowane naukowo.

Międzynarodowa Organizacja Meteorowa (IMO) zbiera doniesienia o bolidach z całego świata.

Te subiektywne dane dostarczają sami świadkowie i trzeba je poddać ocenie statystycznej. Typowe tempo sływania doniesień to od jednego do trzech na tydzień, głównie z Ameryki Północnej i Europy. Jednak w styczniu liczne dzienne doniesienia opisywały nie tylko jedno pojawienie się bolidu, ale nawet do czterech zjawisk dziennie; pierwszy raz w historii tego zbierania danych. Dziś wiemy o co najmniej pięciu zjawiskach oprócz bolidu nad Bałtykiem 17 stycznia (USA, Hiszpania, nad Alpami, Finlandia).

Po latach przyswoiłem sobie pewien spokój i rutynę jeśli chodzi o podejście do takich ekscytujących zjawisk na niebie. Stopień czerwonego alarmu jest osiągany, gdy obserwuje się detonujący meteor. Takie efektowne zjawiska pozwalają nam uzyskać znaczną liczbę danych, ale występują tylko sporadycznie. Dla każdego świadka jest to przytłaczające doświadczenie i często wywołuje wzburzenie i niepokój. Jednak to właśnie taki eksplodujący meteor wskazuje na możliwość spadku meteoroidów, a więc te obserwacje stanowią cenną pomoc w badaniach. Właśnie dlatego podjąłem pracę w ERFM, po-



Fot. 1. To zdjęcie przedstawia wyjątkowo duży i barwny bolid z niebieskawą głową i pomarańczowym ogonem. © Roger Svensson

nieważ ktoś musi po prostu przyjąć „pocztę z naszego Układu Słonecznego”. Jednak łatwiej to powiedzieć, niż zrobić.

Około północy 17 stycznia otrzymałem już pocztą elektroniczną pierwsze informacje o dużym bolidzie obserwowanym ze Szwecji około 20:00 czasu środkowo-europejskiego. Internet może być obecnie bardzo pomocnym narzędziem. Informacje przekazywane są bardzo szybko, szczególnie nagrania video czy zdjęcia. Tak więc miłośnicy meteorów na całym świecie podziwiali nagrania video z południowej Szwecji

i od razu uświadomiłem sobie jedną rzecz: to było dość niezwykle zjawisko w porównaniu do typowego spadku meteoroidu. Jego jasność była po prostu zbyt duża i w środkowej części jego trajektorii widać było specyficzny warokocz plazmowy. Było to dla mnie coś nowego (a znałem niemal wszystkie zarejestrowane, efektowne zjawiska meteorów z całego świata). Czy był to bolid typu II, który mógł przynieść na Ziemię dość kruchą materię? Czy w ogóle był to bolid, po którym spadły meteoroidy?

Warto wspomnieć, że w krajach niemieckojęzycznych istnieje meteorowa lista dyskusyjna AKM (Niemieckie Towarzystwo Meteorowe), czy niemiecka meteoroidowa lista dyskusyjna. Wiele osób stale podaje tam najnowsze informacje. Jednak na takich listach dyskusyjnych sprawy często wymykają się szybko spod kontroli i pojawia się tendencja do ignorowania faktów; uwiadcniają się domysły i brak wiedzy.

Ponadto następnego dnia zaczęły krążyć bardzo podejrzane relacje prasowe, takie jak doniesienia o sfilmowaniu spadku meteoroidu w południowej Szwecji. Oczywiście była to całkowita nieprawda, ponieważ w rzeczywistości wszystko, co zaobserwowano w południowej Szwecji, to był bardzo jasny meteor. Nie ulegało jednak wątpliwości, że bezpośrednio na terytorium Szwecji nic nie spadło. W następnym tygodniu opublikowano pierwsze doniesienia, w których świadkowie z Da-



Fot. 2. Ta mapa pokazuje efekty badań bolidu nad Bałtykiem. Linia przedstawia trajektorię bolidu; zewnętrzny krąg pokazuje obszar widoczności, w którym potencjalny obserwator był w stanie zobaczyć meteor; wewnętrzny krąg przedstawia obszar, w którym potencjalny obserwator był w stanie usłyszeć meteor. © ERFM

nii i z niemieckiego wybrzeża Bałtyku nie tylko widzieli meteor, ale także twierdzili, że coś słyszeli. Później okazało się, że ludzie w Danii mieli tylko słabe warunki obserwacyjne z powodu złej pogody. Jednak mimo całkowitego pokrycia chmurami niebo rozjaśniło się jak w dzień, a niektórzy świadkowie mówili nawet, że widzieli, jak zjawisko świetlne przemieszczało się po niebie.

Bardziej oddaleni świadkowie, zwłaszcza w Polsce, Szwecji i południowo-zachodnich Niemczech, mieli lepszą widoczność. W zasadzie jest możliwe zobaczenie takiego meteoru nisko nad horyzontem około 1000 km od rzeczywistego miejsca zjawiska. Pozwoliło to kamerze EFN w Oostkapelle (Holandia) na uchwycenie górnej części trajektorii meteoru blisko północno-wschodniego horyzontu z odległości 750 km. Im niżej schodzi bolid, tym bardziej ogranicza się obszar potencjalnej widoczności. Z drugiej strony grzmot jest zjawiskiem lokalnym i zwykle może być słyszalny najwyżej 100 km od miejsca zgaśnięcia eksplodującego meteoru. Jeśli ktoś jest w takim obszarze, to najpierw słyszy grom dźwiękowy jednego czy kilku spadających meteoroidów. Potem świadkowie mogą słyszeć grzmot wzburzonego powietrza wewnątrz kanału wtargnięcia w atmosferę na wyższych wysokościach. Zjawiska świetlne i dźwiękowe mogą być oddzielone w czasie o kilka minut, ale oba zjawiska są wywołane przez jedno i to samo zdarzenie.

Najbardziej ambitnym celem naukowca badającego planety jest zawsze jak najszybsze odnalezienie tej „przesyłki z naszego Układu Słonecznego” i udostępnienie jej naukowcom, tak aby zminimalizować negatywny wpływ środowiska, taki jak wietrzenie. Z tego powodu moje obserwacyjne badania meteoru nie obejmują całego obszaru widoczności, a nawet nie dążę do tego, by były kompletne. Do zgrubnej lokalizacji potencjalnego obszaru spadku koniecznych jest tylko kilka wyraźnych szczegółów zjawiska. Zwykle relacje świadków są obarczone w większym czy mniejszym stopniu różnymi błędami, i z pewnością trudno jest oddzielić użyteczne relacje od mniej użytecznych czy mniej istotnych, aby jak najbardziej zbliżyć się do prawdy. Oczywiście najlepszą drogą do sukcesu jest odnalezienie i wypytywanie tych świadków, którzy

przypadkiem byli dość blisko zdarzenia.

Udało mi się zarejestrować istotne relacje naocznych i nauszných świadków poprzez osobiste rozmowy tylko we wschodnich Niemczech i na Lolland. Szczególnie w niemieckim landzie Mecklenburgia-Pomorze Zachodnie kilku świadków obserwowało bez przeszkód dwie fazy rozpadu intruza. Z jednej strony meteoroid rozpadł się już na dwie części na wysokości 55 km i widocznie stracił w tym momencie znaczną część swojej masy. Ten fakt widać wyraźnie na nagraniu video w postaci coraz bardziej rosnącej jasności. Materia meteoroidu była znacznie bardziej krucha niż w przypadku większości innych spadków meteoroidów. Z drugiej strony na wysokości 30 km obie części zostały gwałtownie rozbite w wyniku wymuszonego, gwałtownego procesu fragmentacji nad wschodnią częścią Lolland. W tym momencie było widać niezwykle jasny błysk światła. Niektórzy świadkowie zauważyli co najmniej 20 fragmentów lecących na zachód przez sekundę w postaci chmury lśniących, czerwonych punktów na niebie.

W Danii rzadko kto był w stanie podać użyteczne informacje o kierunku, w którym pojawił się meteor, ponieważ wszyscy świadkowie, z którymi rozmawiałem, byli w domu w momencie zdarzenia. W konsekwencji tego, że całe niebo było prawie jednolicie rozświetlone, a chmury silnie rozpraszały światło, uzyskiwałem zupełnie sprzeczne informacje. Świadek, który patrzył przez okno, myślał oczywiście, że światło było na horyzoncie, więc musiał to być meteor. W rzeczywistości w tym momencie meteor leciał nad jego domem niemal w zenicie. Inny świadek, którego okno wychodziło na wschód, był pewien, że widział jak meteor rozjaśnił niebo na południu. Gdyby patrzył przez okno wychodzące na północ, z pewnością wydawałoby mu się, że meteor leciał po północnej stronie.

Tylko jedna, siedemdziesięcioletnia kobieta w sąsiedztwie Maribo była na zewnątrz i właśnie zbierała pranie. Widziała meteor bezpośrednio jako jasną plamę na niebie. Jednak ta plama światła była niemal nieruchoma — ledwie się poruszała. Z drugiej strony nieustannie robiła się coraz bardziej jasna i świeciła na niebie jaskrawym,

niebieskozielonym światłem. Nagle ta na oko wielkości kciuka i jasna prawie jak Słońce plama rozpadła się na kilka błyszczących światła (prawdopodobnie osiem). Widać było, jak te obiekty rozbijają się wybuchowo, jak fajerwerki. Tego już było za wiele dla starszej pani. Uciekła do domu z krzykiem. Powiedziała mi, że przebiegły jej przez głowę myśli o bombie atomowej, schronie i wojnie. Jej przypuszczenia dodatkowo potwierdził grzmot, który nastąpił po chwili.

Inny ważny świadek koło Maribo siedział przy komputerze i w jego pokoju było tylko jedno okno wychodzące na zachód. Jest więc oczywiste, że widział on światło, które pojawiło się na zachodzie, ale wyraźnie widział zmiany barwy tego światła od białoniebieskiej do pomarańczowej i w końcu czerwonej. Przyszło mu do głowy, że gdzieś w sąsiedztwie pali się dom i że jego dach właśnie się zapadł. Natychmiast wybiegł na ulicę, ale już nic nie było widać. Inni sąsiedzi także wyglądali, więc było oczywiste, że rzeczywiście coś niezwykłego się wydarzyło. Tylko co? Najpierw zaczęły się ożywione rozmowy, ale przerwał je gwałtownie niezwykle grzmot wysoko na niebie, jakby była burza.

W zasadzie w badaniach na Lolland relacje nauszných świadków były istotniejsze od informacji naocznych świadków. We wszystkich miejscach, nad którymi przeleciał bolid, obserwowano silne wibracje i bardzo głębokie grzmoty. Ścisłe mówiąc, takie same zjawiska obserwowano na wszystkich wyspach południowej Danii, takich jak Møn, Falster i Lolland. W przeciwieństwie do tego mieszkańcy głównej duńskiej wyspy Zealand i niemieckiego wybrzeża od wyspy Rügen do Fehmarn słyszeli tylko przytłumiony grzmot, który był znacznie opóźniony w stosunku do świetlnego zjawiska. Jednak także bezpośrednio w rejonie spadku koło Maribo obserwator musiał czekać 30 do 40 sekund na pierwszy grzmot koło zenitu. Ludzie, którzy ćwiczyli cierpliwość i nadal obserwowali na zewnątrz, najpierw słyszeli kilka wyraźnych strzałów, potem słabnący, dudniący grzmot trwający do 30 sekund i mogli nawet śledzić światło na niebie.

Aby osiągnąć cel, jakim jest znalezienie meteoroidów, które mogły spaść, trzeba wziąć pod uwagę wszystkie dostępne źródła informacji. Europejska



Fot. 3. Thomas Grau szukający pracowicie meteorytów na niemal bezkresnych polach w środku duńskiej wyspy Lolland. © ERFM

Sieć Bolidowa (EFN) dysponuje siecią kamer prowadzących fotograficzne obserwacje bolidów przez długi czas. Z pomocą tej sieci pokazano ostatnio w przypadku europejskiego spadku meteorytu Neuschwanstein (2002), że jest możliwe umiejscowienie takiego rzadkiego zjawiska z wystarczającą dokładnością tylko przy pomocy sprzętu fotograficznego. Ponadto takie pomiary i obliczenia pozwalają nam także obliczyć tak samo dokładnie elementy orbity meteoroidu.

Zdaję sobie sprawę, że moje badania mają pewne ograniczenia, jeśli chodzi o takie wyniki. Nie jest możliwe uzyskanie takich wyników samodzielnie, ponieważ często nie jestem w stanie wyznaczyć początkowego punktu startowego meteoru. Z drugiej strony, jak często pogoda lub inne niesprzyjające okoliczności utrudniają działanie EFN, tak że nie ma znaczących wyników? Tak właśnie zdarzyło się w tym przypadku — nie uzyskaliśmy z sieci kamer bolidowych żadnych danych na temat tego bolidu.

Inne okoliczności były bardziej obiecujące. Obecnie jest możliwe przypadkowe zaobserwowanie meteoru przy okazji wielu prowadzonych w sposób ciągły eksperymentów czy przez naukowe stacje obserwacyjne. W Europie jest trochę systemów detekcji infradźwięków i stacji monitorujących aktywność sejsmiczną, które mogą wykryć „trzęsienie powietrza”, czyli dokładny moment, gdy zapada się opróżniony kanał wejścia meteoru w atmosferę. Na przykład eksplodujący nad Bałtykiem meteor został zarejestrowany przez takie urządzenie nawet w Ba-

warskim Lesie. Te zapisy są dużo trudniejsze do zinterpretowania, niemniej wykorzystanie tej metody umożliwia uzyskanie pewnych danych doświadczalnych.

Nie trzeba mówić, że znacznie ważniejszymi automatycznymi zapisami były nagrania z kamer dozorujących w południowej Szwecji (tak zwane video ze Svensköp, które pokazuje bolid) i na Lolland (nagrania z Roedby, pokazujące pośrednio oświetlenie od bolidu). Jednak mimo wszystko same te kawałki informacji nie wystarczyłyby do uzyskania czegokolwiek. ERFM zawsze stara się, najlepiej jak można, uaktywnić i zorganizować kontakty, by obserwować wszystkie bieżące zjawiska astronomiczne w Europie. Tylko połączenie danych doświadczalnych i relacji świadków może umożliwić szybkie przewidzenie potencjalnego i możliwego do przeszukania obszaru rozrzutu, co doprowadzi do owocnych badań terenowych.

Nikt nie mógł odpowiedzieć z całkowitą pewnością na trzy poważne pytania: 1. Czy meteoryty rzeczywiście spadły, czy też nie przetrwały przelotu przez ziemską atmosferę? 2. Czy dokładność wyznaczenia obszaru rozrzutu jest wystarczająca, by szybko uzyskać pozytywne rezultaty? 3. Jakie są widoczne cechy charakterystyczne, na które poszukiwacz powinien zwracać uwagę? Duże i ciężkie meteoryty wytwarzają dołki uderzeniowe, podczas gdy małe i lekkie fragmenty będą leżały na ziemi. Różna materia może mieć bardzo różną skorupę obtopieniową. Poszukiwanie pierwszego okazu na świeżo wyznaczonym obszarze rozrzutu

tu jest więc zawsze dyskusyjnym i niepewnym projektem. Problem ten jest dobrze znany i zbyt często nie spotyka się z dostateczną wytrwałością i motywacją. Wiem, jak szybko czy blisko mogą przejść obok meteorytu nie zauważając go. W tej pracy szczęście i pech, to dwie strony tego samego medalu.

Z powodu operacji kolana na początku stycznia nie mogłem prowadzić samochodu i musiałem oszczędzać nogę aż do połowy lutego. Zaraz potem odwiedziłem wszystkich wartościowych świadków zjawiska z Niemiec, pojechałem do południowej Szwecji, by skalibrować nagranie video, oraz poszukałem tłumacza, który pomógłby mi zrozumieć jak najdokładniej duńskich świadków zjawiska. 22 lutego przybyłem w końcu na duńską wyspę Lolland. Tam rozmawiałem z wieloma osobami między miejscowościami Nykøbing i Søllested, czasem nawet w towarzystwie ekipy telewizyjnej, i starałem się bardzo szybko wyznaczyć potencjalny obszar rozrzutu. Wraz ze wspomnianą wyżej kalibracją uzyskałem tylko umiarkowane wyniki, ponieważ użyteczne okazały się tylko zjawiska dźwiękowe.

W końcu, przy stosunkowo wysokim poziomie niepewności, 27 lutego rozpocząłem poszukiwania meteorytów. Ale nawet pogoda pozostawiała wiele do życzenia. Przeważnie było pochmurno i deszczowo. Pola uprawne były nasiąknięte wodą, jak gąbka. Zrobiłem kilka testów próbując określić, jak głęboko mogło wbić się w ziemię spadające ciało, i wyniki były bardzo zniechęcające, ponieważ ponad połowa pól ornych była bardzo miękka z powodu intensywnego uprawiania. Być może była zbyt miękka, by meteoryt dał się odnaleźć wizualnie. Narzędzia takie jak wykrywacze metali, są przydatne, jeśli wiemy na pewno, że to, czego szukamy, jest meteoritem żelaznym. Jednak według moich przypuszczeń w tym przypadku na pewno tak nie było. Oczywiście zwracałem szczególną uwagę na wszystko, co było lekko magnetyczne. Przyglądałem się wszystkiemu na ziemi, co miało ciemny kolor. Każdy dołek mógł być dołkiem uderzeniowym i trzeba go było sprawdzić. Oczywiście wkrótce okazało się, że taki drobiazgowy sposób szukania, to za wiele dla jednej osoby. Próbowałem jednak wszelkich sposobów.

Wybrałem najlepsze obszary, gdzie znalezienie czegokolwiek było łatwiejsze i dawało większe szanse powodzenia. Obszedłem prawie dokoła jezioro Søndersø i wybrałem najlepsze miejsca do „testowych poszukiwań”. Nie było jeszcze potrzeby przeszukiwania systematycznie całego obszaru. Najpierw trzeba znaleźć pierwszy okaz. To jednak zawsze oznacza dużą dozę szczęścia.

Szóstego dnia poszukiwań, w gumowych butach, bo temperatura była tylko około 0°C z wilgotną bryzą od morza, dotarłem na zachodnią stronę jeziora Søndersø i przechodziłem przez sad. Od razu powróciły miłe wspomnienia. Poprzednim razem udało mi się znaleźć meteoryt w La Mancha, w Hiszpanii, w 2007 roku, w samym środku plantacji oliwek. Moim pierwszym znaleziskiem był wówczas ważący 5 g fragment eukrytu. Był to ogromny sukces. Odnalezione fragmenty miały lśniącą, czarną, szklaną skorupę, ale wewnątrz materiał pod skorupą był bardzo jasno zabarwiony. Czy jeszcze kiedyś będę miał tyle szczęścia, by znaleźć taki rzadki typ meteorytu?

Oczywiście byłbym szczęśliwy, gdybym znalazł duże meteoryty. Jednak po sześciu dniach nieudanych poszukiwań dowolnej wielkości meteoryt

byłby wspaniały. Uznałem za naturalne, że w tym miejscu będę szukał okazów o wielkości 100 g. Tak właśnie myślałem. Jednak po godzinach poszukiwań w tym wiśniowym sadzie przglądałem się nawet kamieniom o wielkości 1 cm. Może małe fragmenty? Nie, w końcu wszystkie te znaleziska okazywały się ziemskimi.

Nagle pomiędzy szeregami drzew, w zielono-brunatnej trawie, która przetrwała zimą, zauważyłem czarną grupkę pokruszonych fragmentów. Apatyczny i flegmatyczny po godzinach poszukiwań wetknąłem magnes prosto między te fragmenty. Jeden z nich przylgnął do magnesu, a inne zostały podierwane z miejsc i opadły z powrotem w trawę. Zaskoczyło mnie to. Materiał był nieco magnetyczny, więc należało przyjrzeć się dokładniej tej grupce. Nadzieja zaczęła rosnąć, a serce skoczyło mi do gardła. Było tak, jakby ktoś nagle zapalił światło. Naraz zobaczyłem te wszystkie fragmenty leżące przede mną w trawie. Była skorupa obtopieniowa i bardzo ciemna materia. Widziałem nawet jasne plamki w matriks. Niewątpliwie wyglądało to jak chondryt węglisty. Natychmiast uświadomiłem sobie, że musi to być jeden z tych meteorytów, których tak długo szukałem. Trudno było w to uwierzyć,

ale rzeczywiście były to pokruszone fragmenty chondrytu węglistego. Nie mogłem się opanować i wydałem głośny okrzyk radości. Teraz było jasne, że moje przypuszczenia co do bolidu typu II były słuszne. Nie osiadałem się z radości. Nowe pomysły przychodziły mi do głowy. Został zrobiony wielki krok. Chociaż wiedziałem dokładnie, co powinienem zrobić, z emocji zapomniałem o całym świecie.

W końcu zacząłem dokumentować miejsce znalezienia. Było to we środę, 4 marca 2009 r., około 3.30 po południu czasu środkowo-europejskiego. Razem z opisem miejsca znalezienia i współrzędnymi zanotowałem parę istotnych rzeczy. Ponad godzinę później miałem już zebrane wszystkie fragmenty. Musiałem pracować starannie i dokładnie. Wykopałem nawet dołek po uderzeniu, razem z najbliższym otoczeniem, i umieściłem w dużym, plastikowym pudełku. Zgodnie z planem zrobiłem nagrania video i zdjęcia, tak aby można było później pokazać pełną dokumentację. W końcu byłem dość zdziwiony, że tak mały meteoryt zrobił dół w murawie. Ponieważ najpierw przypuszczałem, że meteoryt rozpadł się na kawałki przy uderzeniu, rozglądałem się i szukałem dokoła w trawie małych fragmentów, ale nie znalazłem.



Fot. 4. Zdjęcie przedstawia miejsce znaleziska, które zostało wygrzebane z murawy pośrodku sadu, oraz szczęśliwego znalazcę. © ERFM

Jednak wyciągając fragmenty z dołka uderzeniowego zauważyłem, że przynajmniej 60% jajowatej bryłki nadal tkwi w ziemi. Ta część wyglądała na nietkniętą, ale z powodu wilgoci w glebie także rozpadła się na kawałki, gdy próbowałem wyjąć ją z dołka. Wiele małych fragmentów meteorytu można było łatwo wyjąć z dołka i otaczającej go trawy przy pomocy magnesu. Dzięki temu udało się wyciągnąć z dołków w ziemi każdy mały fragment. Nie zostawiłem niczego. W końcu to, co zebrałem, dało prawie 30 g meteorytu, który widocznie został rozkruszony przez mróz.

Około 6.00 po południu poszedłem do domu i było kwestią rutyny, że wiedziałem, co robić: musiałem wysuszyć fragmenty. Ułożyłem kawałki na arkuszach papierowego ręcznika, które rozłożyłem na parapecie. Nastawiłem grzejnik pod parapetem na 25°C. Po wyjściu z pokoju na jakiś czas (na pewno więcej niż godzinę) wracając natychmiast poczułem nieprzyjemny odór. Po chwili stwierdziłem, że jego źródłem są kawałki meteorytu. Ale jaka była tego przyczyna? Gdyby fragmenty miały jakiś zapach w momencie znajdowania, to na pewno zwróciłyby to moją uwagę, ponieważ ukląknęłam i pochyliłam się nad nimi. Jednak wtedy nie zauważyłem niczego szczególnego. Zapach był teraz znacznie silniejszy, ale nie przypominał zapachu gleby, czy innych znajomych. Przychodziły mi na myśl tylko produkty przemysłowe. Może jakiś rozpuszczalnik? Nafta? Asfalt? Ale jaki jest naprawdę zapach tych substancji? Doprawdy nie miałem pojęcia. Jednak to było zdumiewające. Przeprowadziłem w pokoju odgazowanie okazu. Co powinienem teraz zrobić?

Zawsze mam bazę danych o spadkach i znaleziskach meteorytów w moim laptopie, więc szybko przeszukałem dane na temat chondrytów węglistych. Czy jednak były przykłady wcześniejszych spadków wydzielających silny zapach? Tylko w przypadku australijskiego meteorytu Murchison z 1969 r. znalazłem użyteczne informacje na temat wody i substancji organicznych. Czy rzeczywiście znalazłem coś ważnego? Cóż, po wzięciu kilku oddechów bez zauważalnych ujemnych skutków (ponieważ stwierdziłem, że wciąż mogę trzeźwo myśleć, doszedłem do wniosku, że byłoby to interesujące bez szkodliwego wpływu na moje zdrowie),



Fot. 5. Zdjęcie przedstawia powierzchnię pęknięcia na fragmencie ważącym 1,87 g. Analizy tego materiału już trwają, ale według wszelkiego prawdopodobieństwa jest to chondryt węglisty CM2. © Muzeum Geologiczne, Przyrodnicze Muzeum Danii, Uniwersytet w Kopenhadze.

ponieważ nie byłem całkiem pewien moich słów i myśli, zapakowałem dobrze te niezwykle kawałki z kosmosu i wywietrzyłem porządnie pokój.

Po dalszych siedmiu dniach bardzo intensywnych, ale bezowocnych poszukiwań kolejnych okazów wokół miejsca pierwszego znaleziska, skontaktowałem się z Muzeum Przyrodniczym w Kopenhadze. W piątek, 13 marca przekazałem to cenne znalezisko kustoszowi Muzeum, Henningowi Haackowi, który wraz z kolegami poinformował o tym szczególnym spadku Meteoritical Society. Byli oni zachwyceni materiałem i dołkiem po uderzeniu (który, jak pamiętacie, także wykopaliśmy). Ci naukowcy natychmiast uświadomili sobie niezwykłą wagę tego znaleziska dla Danii. Było to zdumiewające. Było to dopiero trzecie znalezisko meteorytu w długiej historii tego kraju, co do którego była pewność, że nastąpiło po obserwowanym zjawisku spadania. Niedawno dowiedziałem się, że ten meteoryt otrzyma nazwę „Mari-bo”.

Państwo duńskie ustanowiło prawo dotyczące meteorytów, które wyraźnie stwierdza, że znalezisko musi być przekazane instytucji państwowej (takiej jak Muzeum Geologiczne w Kopenhadze) i wywożenie poza kraj meteorytów znalezionych na terytorium Danii jest zabronione. To prawo stwierdza jednak także, że należy się adekwatna nagroda, co jest trudnym problemem. Co to

jest adekwatna nagroda? Jest to kwestia negocjacji, ponieważ znaleziska meteorytów są ważnym źródłem funduszy na pokrycie niebagatelnych kosztów terenowych prac badawczych ERFM. Ostatecznie musimy uznać fakt, że nasza praca jest ogromnie zależna od przyrody, co oznacza, że wszystko, co możemy zrobić, to czekać, aż więcej materii spadnie z nieba.

Szczególne podziękowania przekazuję Berndowi Pauliemu za jego pomoc.

E-mail: grau@erfm.eu



Thomas Grau jest ekspertem w zakresie meteorów i meteorytów. Odkrył już trzy nowe zjawiska spadków meteorytów w Europie i badając je odnalazł 31 okazów wkrótce po ich spadnięciu. W 2004 r. założył Europejski Ośrodek Badawczy Bolidów i Meteorytów, ERFM, który angażuje się w dokumentowanie i badanie zjawisk bolidów i związanych z nimi spadków meteorytów. Poza tym współpracuje on z Europejską Siecią Bolidową (EFN). Strona ERFM: www.erfm.eu © ERFM

grau

Czy po ukraińskim bolidzie EN 171101 spadły meteoryty?

Wiera P. Semenenko

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 15 No. 4. Copyright © 2009 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Streszczenie: *Przedstawiamy wyniki nieudanych poszukiwań meteorytu kamiennego, który przypuszczalnie spadł po bolidzie EN 171101, prowadzonych podczas sześciu corocznych ekspedycji (2002–2007) w regionie Zakarpacia na zachodniej Ukrainie.*

Wspaniały przelot bolidu, lecącego z dużą szybkością z NE to SW z typowymi efektami akustycznymi jak grzmot odzrutowca i jasnymi zjawiskami wizualnymi, obserwowali 17 listopada 2001 r. liczni świadkowie z zachodniej Ukrainy, Polski, Słowacji i Węgier. Ten bardzo jasny bolid EN 171101 (–18,5 wielkości gwiazdowej) nad zachodnią Ukrainą zarejestrowały także o 16 h 52 m 46,7 s UT trzy czeskie i dwie słowackie kamery i radiometry Europejskiej Sieci Bolidowej (Spurny i Porubčan, 2002). Według tych autorów, meteoroid o początkowej masie około 4300 kg i prędkości 18,48 km/s wszedł w atmosferę i rozpoczął jasną trajektorię o długości 106 km na wysokości 81,4 km. Bolid doznał znacznej fragmentacji na wysokości 31,9 km i stracił około 72% swej początkowej masy. Pozostałości kontynuowały lot jako grupa trzech ciał i meteor zgasł na wysokości 13,5 km przy końcowej prędkości 4,2 km/s w sąsiedztwie wsi Turji-Remety w regionie Zakarpacia na Ukrainie.

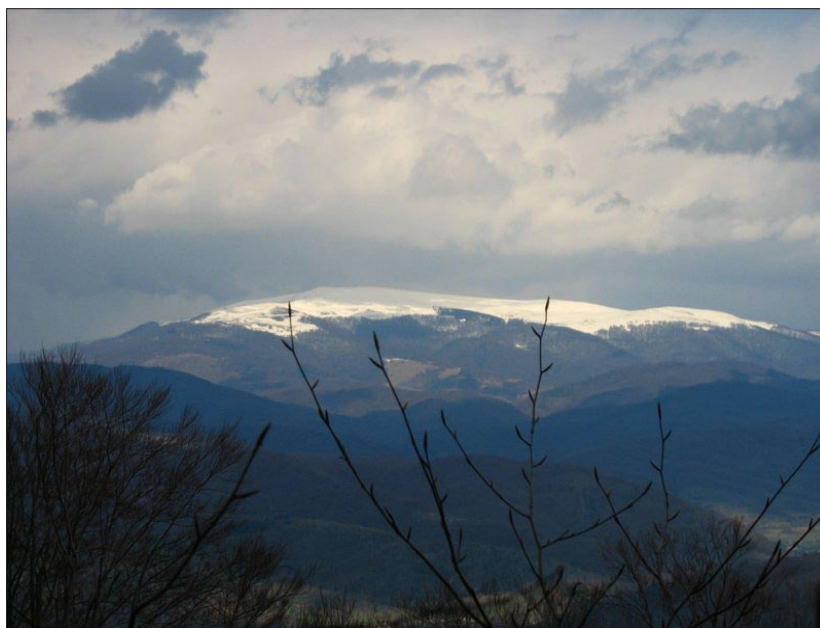
Spurny and Porubčan (2002) zauważyli, że „tak niska końcowa wysokość bolidu zdarza się bardzo rzadko i ten bolid wszedł najgłębiej w atmosferę ze wszystkich fotografowanych dotąd bolidów”. Z obliczeń wynioskowali, że kilkanaście kamieni o łącznej masie 450 ± 100 kg powinno przetrwać przelot i spaść koło wsi Turji-Remety, położonej 20 km od miasta Użgorod. Warto zauważyć, że największy ukraiński chondryt Knyahinya, deszcz ponad 1000 kamieni o łącznej wadze około 500 kg, spadł w 1866 r. niedaleko Turji-Remety, w odległości około 30 km.

Niestety, jak zauważyli autorzy, bolid był obserwowany przy zachmurzonym niebie bardzo nisko nad horyzontem i wszystkie stacje, które go zarejestrowały, znajdowały się w dużej odległości (190–620 km) i w tym samym kierunku NW od bolidu. Choć pozycja świecącej trajektorii została oceniona dość wiarygodnie, to dokładność pozycji każdego zmierzonego punktu była około dziesięciokrotnie gorsza niż zwykle dla bolidów rejestrowanych przez Europejską Sieć Bolidową (Spurny i Porubčan, 2002). Dynamiczne właściwości bolidu pozwoliły autorom na sklasyfikowanie ciała meteorytowego jako kamiennego, prawdopodobnie chondrytu zwyczajnego. Obszar spadku dla fragmentów większych niż 100 kg znajduje się koło wsi Turji-Remety i jest oceniany na około 700×800 m wzdłuż trajektorii, z powodu niedokładności jego położenia. Obliczone dane wskazują (Spurny i Porubčan, 2002), że mniejsze fragmenty mogły spaść wzdłuż świecącej trajektorii z wysokości mniejszych niż 25 km.

Począwszy od marca 2002 r. Narodowa Akademia Nauk (NAN) Ukrainy

zorganizowała sześć corocznych ekspedycji na teren prawdopodobnego lądowania meteorytowych próbek (fot. 1), według wskazań astronomów i wielu świadków. Wczesna wiosna (tj. okres między zniknięciem śniegu a pojawieniem się liści), to najlepszy czas na szukanie meteorytów w Karpatach Zachodnich, regionie o bardzo złożonych cechach morfologicznych, geologicznych i botanicznych. Teren o typowej górskiej rzeźbie z urwistymi stokami, kanionami, rzekami i tarasami skał wulkanicznych (andezyty, porfiryty, tufy i ryolity) i osadowych (argillity, aleurolity, piaskowce, konglomeraty i margle) jest w większości pokryty gęstymi lasami i kolczastymi krzakami. Jeśli ktoś pragnie stracić swój skalp, to nie można znaleźć lepszego miejsca niż karpackie krzaki. Na szczęście poza kilkoma zniszczonymi kurtkami i podrapanymi twarzami nasz straty nie były tak dramatyczne.

W pierwszej rozpoznawczej wyprawie (3 do 31 marca 2002 r.) uczestniczyło bardzo mało osób (fot. 2) i była ona bardzo krótka z powodu trudnej sytuacji ekonomicznej; tak więc straciłmy wyjątkową okazję odnalezienia



Fot. 1. Nad tą częścią Karpat przeleciał bolid EN 171101

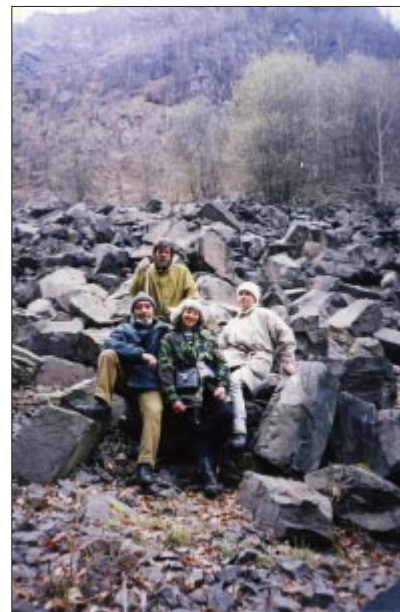
meteorytów, zanim opadła pierwsza warstwa jesiennych liści. Przez pięć dni cztery osoby z NAN Ukrainy z dwoma astronomami z Uniwersytetu w Użgorodzie (S. Y. Ignatowicz i Y. F. Naibauer) organizowały wypytywanie świadków z zachodniej Ukrainy wzdłuż obserwowanej trajektorii bolidu, a także poszukiwania meteorytów w sąsiedztwie Turji-Remety, t. j. w obszarze, który wskazali P. Spurny i V. Porubčan, gdzie była największa szansa znalezienia dużych okazów. Nasza grupa spieszyła się z przeszukiwaniem uprawnych pól wokół Turji-Remety, by zdążyć przed rozpoczęciem wiosennych prac polowych. Ani podczas tej ekspedycji ani następnym nie znaleziono żadnego meteorytu. Wielu świadków, którzy zaobserwowali typowe efekty wizualne i akustyczne towarzyszące bolidowi, wskazywało punkt zgaśnięcia bolidu zgodny z danymi astronomów. Kilku z nich zauważyło jednak dwa etapy fragmentacji. Po pierwszym na wysokości 31,9 km, bolid leciał jako grupa trzech fragmentów, ale eksplodował tuż przed zgaśnięciem na wschód od wsi Turji-Remety, nad górą Magura, i rozpadł się na wiele mniejszych kawałków. Chociaż zebrane dane były bardzo użyteczne do określenia terenu poszukiwań, który w większości pokrywał się z wyznaczonym przez astronomów, zaczęliśmy wątpić, czy znajdziemy meteoryt ważący więcej niż 100 kg.

Następne pięć ekspedycji (2003–2007), w których uczestniczyło 13–15 osób (fot. 3), które organizowała NAN

Ukrainy i trwały po trzy tygodnie wczesną wiosną, realizowało następujący program: 1) dodatkowe wypytywanie świadków; 2) szukanie kilkudziesięciokilogramowych okazów pod trajektorią bolidu i większych okazów na obszarze wystąpienia fali uderzeniowej; 3) szukanie małych meteorytów, o masach powyżej kilkudziesięciu gramów, przy pomocy wykrywaczy metalu, typowej metody szukania meteorytów, blisko punktu zgaśnięcia bolidu i na górskich polanach na trasie ciemnego lotu; 4) pobranie próbek gruntu pod trajektorią bolidu, by znaleźć i wyodrębnić kulki meteorytowe; i 5) prelekcje w miejscowych szkołach na temat cech rozpoznawczych meteorytów, ich natury i ich znaczenia dla nauki.

Stała współpraca z miejscowymi ludźmi, zwłaszcza z nauczycielami, drwalami i leśnikami, umożliwiła sprawdzenie wszelkich doniesień o dziwnych kamieniach czy dołach. Do dziś nasz instytut otrzymał tylko czarne i zaokrąglone okazy ziemskich kamieni z powodu ich zewnętrznego podobieństwa do meteorytów.

Odległość między dwiema osobami przy naszych poszukiwaniach tyraliera (fot. 4) wynosiła zwykle od 3 do 25 m zależnie od pola widzenia. Analizując lokalne mapy oceniamy, że przeszukany został teren około 85 km². Jeśli uwzględnić górską rzeźbę terenu, to w rzeczywistości przeszukaliśmy obszar 2–3 razy większy. Niestety prawie 15% tego terenu nie dało się przeszukać z powodu przepaści, rzek, jezior, przeszkód i bardzo gęstych krzewów



Fot. 2. Pierwsza wyprawa meteorytowa, marzec 2002 r. Od lewej: M. Kiriliuk, V. Romaniuk, V. Semenienko, A. Giricz.

i zarośli. Niewątpliwie użycie miotacza ognia pozwoliłoby nam szukać pod przeszkodami i krzakami.

By znaleźć małe okazy meteorytów przy pomocy wykrywaczy metali (fot. 5), przeszukano prawie 3 km² blisko punktu zgaśnięcia. Jak Tom Sawyer z książki Marka Twaina, znaleźliśmy mnóstwo różnych bogactw: gwoździe, podkowy, druty, odznaki, szczyrki, ale ani jednego meteorytu.

Niektórzy z nas mieli duże doświadczenie w szukaniu meteorytów żelaznych Sikhote-Alin i Chinga oraz chondrytu zwyczajnego Markovka przy pomocy wykrywacza metalu w trudnych, naturalnych warunkach. Na przykład w 1989 r. znaleźliśmy na polu w Kazachstanie mały fragment, ok. 1 cm³ objętości, chondrytu Markovka, wyrwany po spadku. Brak nawet jednego, małego meteorytu w sąsiedztwie wsi Turji-Remety wydaje się dziwny. Czy mamy wyobrazić sobie silniejszą ablację meteorytu spowodowaną być może znaczną kruchością i dwukrotną fragmentacją?

Skoro nie udało się znaleźć żadnego meteorytu (fot. 6), postanowiliśmy poszukać produktów ablacji chondrytu, czyli kulek, jako pewnego mineralogicznego dowodu meteorytowego zjawiska. W 2006 r. pobrano z terenu pod trajektorią bolidu jedenaście próbek górnej warstwy gleby. Wyseparowanie w laboratorium z próbek gleby magnetycznych kulek o wielkości poniżej 1 mm i morfologiczne i chemiczne analizy powierzchni 22 z nich ska-



Fot. 3. Najwyżej położony teren pod trajektorią bolidu, gdzie szukała meteorytów ostatnia ekspedycja w kwietniu 2007 r.



Fot. 4. Tyraliera gotowa do rozpoczęcia poszukiwań. Marzec 2004 r.



Fot. 6. Typowe złamanie nerwowe: „Dlaczego ten kamień nie jest meteoritem?” Kwiecień 2006 r.

ningowym mikroskopem elektronowym (Jeol 6060 LA) ze spektrometrem dyspersyjnym, pozwoliły na następujące wnioski: 1) większość kulek zawiera MnO (19wt.%), CuO (38wt.%), Al₂O₃ (29wt.%), i V₂O₅ (10wt.%) i jest pochodzenia przemysłowego. 2) Niektóre z nich są najprawdopodobniej materia meteorytową, ponieważ ich mineralogia jest taka sama jak chondrytowej skorupy. Są kulki składające się z magnetytu z 0,79wt.% Ni albo z 2,4wt.% S, i kulki o normatywnym składzie oliwinu (Fa₉₉). Jedna z tych kulek jest chemicznie podobna do fassaitu czyli rzadko spotykanego minerału występującego w szczególności w inkluzjach wapniowo-glinowych (CAI), co mogłoby wskazywać, że macierzysty meteoryt miał skład chondrytu węglisty. 3) Niektóre kulki były nieznanego pochodzenia.

Wydaje się obecnie, że druga grupa kulek stanowi mineralogiczny dowód chondrytowej natury bolidu. Próbując

rozwiązać zagadkę braku meteorytów poprosiliśmy geofizyka, dr V. D. Omelczenko z Instytutu Geofizyki NAN Ukrainy o sprawdzenie geofizycznych danych dotyczących drgań gruntu w okolicy Turji-Remety jako wyniku spadku meteorytu 17 listopada 2001 r. Najbliższa stacja geofizyczna, znajdująca się w Użgorodzie, w odległości 20 km, nie zanotowała w tym czasie żadnych oznak upadku na tym terenie ciała o masie większej niż 20 kg.

W sumie dane od świadków i stacji geofizycznej oraz nasze doświadczenie wskazują, że meteoryty, jeśli spadły, muszą być nieliczne i małe. Po siedmiu opadach liści szansa znalezienia ich jest bardzo niska.

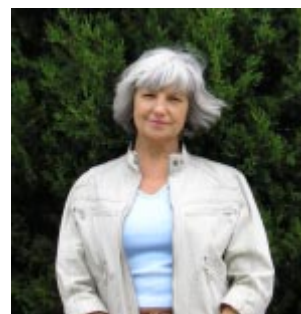
Poza trudnymi warunkami poszukiwań mieliśmy złe doświadczenia z wieloma nielegalnymi grupami poszukiwaczy z różnych krajów. Niektórzy pracowali dla czarnego rynku. Wydaje się, że trudna ekonomiczna i społeczna sytuacja Ukrainy była postrzegana jako

szansa na zarobienie dużych pieniędzy. Jednak niestety, a może na szczęście, żadna z tych grup niczego nie znalazła.

Jesteśmy wdzięczni różnym osobom z Kijowa, Lwowa i Zakarpacia, które pomogły nam w organizowaniu i przeprowadzeniu ekspedycji. Na moje osobiste podziękowanie zasłużyli O. I. Alekseewa i D. P. Diemenko za pomoc w wyseparowaniu i badaniu kulek pod mikroskopem elektronowym, oraz P. Perron za uprzejme przekształcenie mojego ukraińskiego angielskiego na angielski.

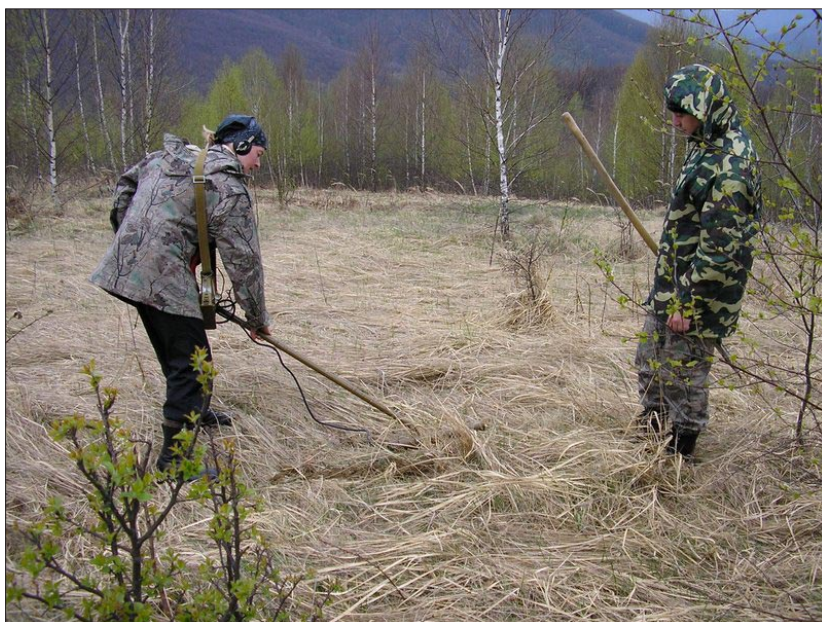
Bibliografia

Spurny P. and Porubčan V. 2002. The EN 171101 bolide—the deepest ever photographed fireball. In: *Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors—ACM 2002*, Ed. B. Warmein, ESA SP-500, pp. 269–272.



Jestem doktorem, profesorem i dyrektorem wydziału kosmicznej mineralogii i kosmoekologii Instytutu Środowiskowej Geochemii Narodowej Akademii Nauk Ukrainy, szefem Komitetu Meteorytowego i kustoszem kolekcji meteorytów NAN Ukrainy. W czasach Związku Radzieckiego uczestniczyłam w wielu syberyjskich, meteorytowych ekspedycjach. Potem realizowałam naukowe projekty badawcze na temat meteorytów w Muzeum Przyrodniczym w Paryżu, w Smithsonian Institution i w Instytucie Planetologii w Münster.

E-mail: virasem@i.com.ua

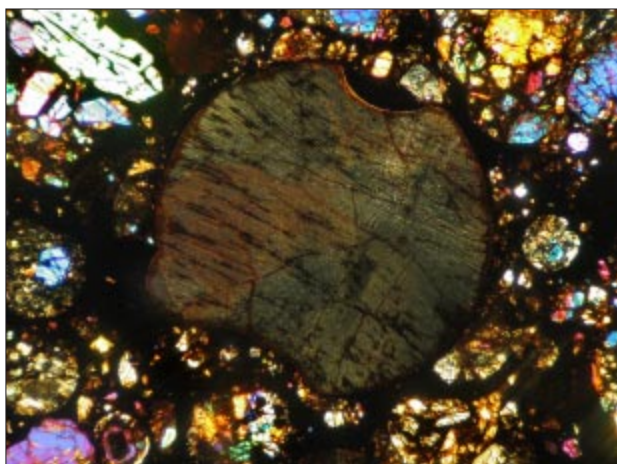


Fot. 5. Szukanie małych okazów meteorytu przy pomocy wykrywacza metalu. Kwiecień 2007 r.

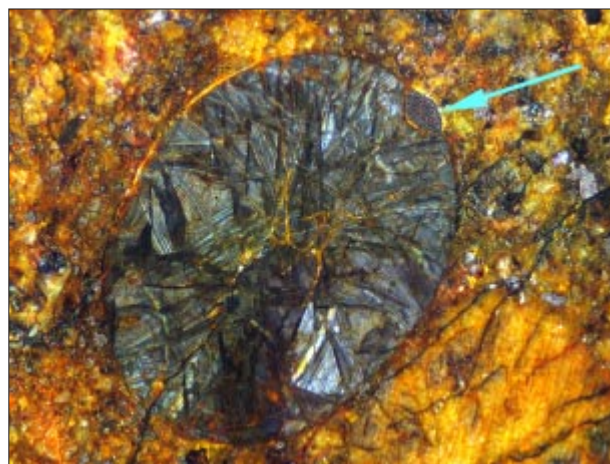
Chondry z kraterkami

Roger Warin i John Kashuba

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 15 No. 4. Copyright © 2009 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)



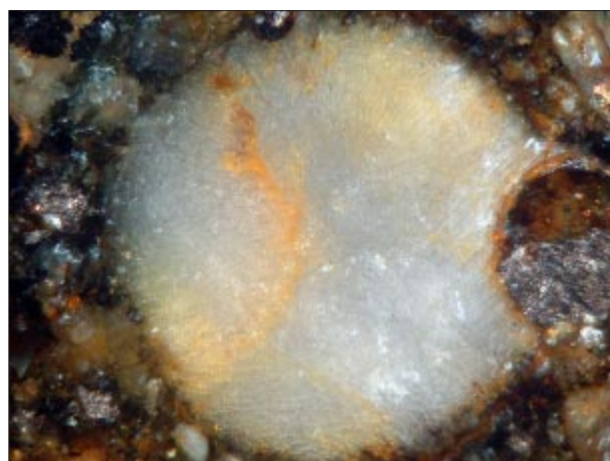
Fot. 1. Typowa chondra z kraterkami. Promień krzywizny górnego kraterku jest mniejszy niż dolnego. Gdyby dolny był efektem uderzenia twardej, zimnej chondry, gdy ta była jeszcze plastyczna, to uderzająca chondra byłaby niemal tak duża, jak uderzana. Pole widzenia ma 4,6 mm szerokości. Światło przechodzące przy skrzyżowanych polaroidach.



Fot. 4. Chondra pokazana szczegółowo na Fot. 3 z inkluzją wskazaną strzałką. Grossman i Wasson proponują, że metal i siarczki zostały wyizolowane na brzegach chondr przez wirowanie. Czy wirowanie także wydłużyło tę chondrę? Chondra ma 2,5 mm długości. Światło odbite przy skrzyżowanych polaroidach.



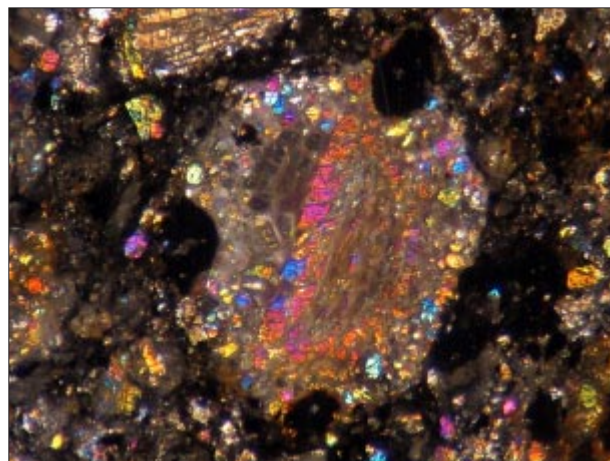
Fot. 2. Dowód na małą chondrę uderzającą w dużą. Pole widzenia ma 0,43 mm szerokości. Światło odbite przy skrzyżowanych polaroidach. Fot. Tom Phillips.



Fot. 5. Czy ta mała chondra została uderzona z prawej przez stałą cząstkę, czy też jest to wyrzucona materia? Pole widzenia ma 0,43 mm szerokości. Światło odbite przy skrzyżowanych polaroidach. Fot. Tom Phillips.



Fot. 3. Dowód na to, że kraterki zostały wytworzone przez wyrzucanie inkluzji metalu i siarczku z krzepnących chondr. Budowa wskazuje, że ta bryłka jest mieszaniną eutektyczną żelaza i troilitu. Pole widzenia ma 0,80 mm szerokości. Światło odbite przy skrzyżowanych polaroidach. Fot. Tom Phillips.



Fot. 6. Kilka inkluzji metalu i innych nieprzezroczystych minerałów na brzegu złożonej chondry. Pole widzenia ma 1,8 mm szerokości. Światło odbite i przechodzące światło przy skrzyżowanych polaroidach.

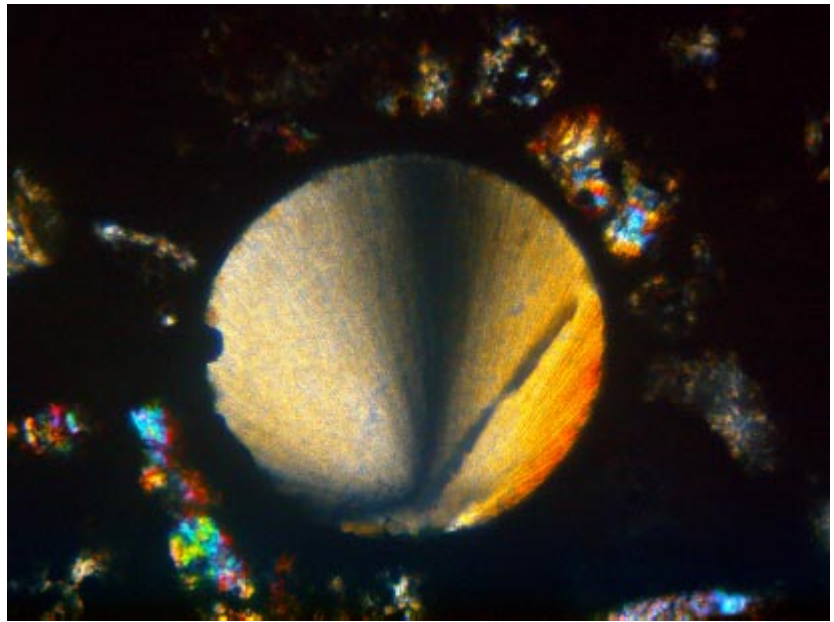
Każdy, kto spędza czas oglądając chondry przez mikroskop, natrafi w końcu na chondry z kraterkami. Jest to prawda zarówno w przypadku, gdy z chondrytów zostały zrobione płytki cienkie, jak i wtedy, gdy zostały one po prostu przecięte i wypolerowane.

Chondry są kuliste, ponieważ były kroplami stopu, które zakrzepły w stanie nieważkości. Jak zostały one stopione, to wciąż temat gorących dyskusji między naukowcami. Nawet przypadkowy obserwator zauważy, że z chondrami nie obchodzono się delikatnie. Zauważymy, że są one zgniecione, rozłupane i pokruszone. Ciepło spowodowało tak silne przeobrażenia w stanie stałym, że niektóre chondry trudno odróżnić od otoczenia. Działanie wody także mogło sprawić, że trudno je zauważyć. Niektóre doświadczyły wielokrotnych epizodów akrecji i topnienia, wskutek czego powstały warstwy. A czasem dwie lub więcej chondr sklejały się tworząc chondrę zespoloną.

W trakcie formowania się w niektórych chondrach powstały płytkie wgłębienia w ich powierzchniach, czyli kraterki. Na polerowanej płytce lub w płytce cienkiej wyglądają one jakby z brzegu odgryziono kawałek. Niemal wszystkie z nich stanowią idealne odcinki koła. Ciekawe, że rozmiary widocznych kółek wahają się od niemal centymetra do zaledwie dziesiątek mikronów. Przyjrzyjmy się kilku teoriom na temat ich powstawania.

Po pierwsze te wgłębienia prawdopodobnie nie są skutkiem odłupania. Gdyby chondra była dostatecznie krucha, by dało się odłupać kawałek, to należałoby spodziewać się widocznych uszkodzeń w materii pozostałej pod miejscem odłupania. Po prostu nie widać w pobliżu dna kraterka ani spękań, ani deformacji kryształów.

Często sugeruje się, ponieważ jest to intuicyjne, że te kraterki są po prostu wgnieceniami. Mówi się, że powstały one, gdy w gorącą i wciąż miękką chondrę uderzyła stała cząstka. Czy jednak w takim przypadku nie powinny być widoczne także kraterki nie mające doskonałych kształtów? Czy nie powinniśmy widzieć pewnych oznak powracania ścianek krateru do pierwotnego kształtu? Być może nie. Sugerujemy, że uderzenie spowodowało gwałtowną krystalizację gorącej chondry, dzięki czemu ślad zderzenia się utrwał. Wy-



Fot. 7. Promienista chondra piroksenowa z małym, wyraźnym kraterem na lewym boku. Pole widzenia ma 1,2 mm szerokości, a krater ma średnicę około 55 μm . Światło przechodzące przez skrzyżowanych polaroidach. Promienisty cień przecinający chondrę, to włókna piroksenu, które przy takim ustawieniu filtrów polaryzacyjnych są optycznie wygaszone.

obraźmy sobie, że działa to w ten sposób: Uderzana chondra jest całkowicie stopiona, więc nie zawiera żadnych kryształów, które mogłyby działać jako jądra krystalizacji, od których krystalizacja mogłaby się łatwo zacząć. Chondra może bez przeszkód stygnąć do metastabilnego stanu przechłodzenia. Szok zderzenia wytwarza następnie jedną lub więcej fizykochemicznych nieciągłości, które przewyciężają ograniczenia tego plastycznego, metastabilnego stanu. Punkty te stają się jądrami krystalizacji i plastyczna kropla gwałtownie krzepnie. Wynikiem jest piękna chondra z wklęsnięciem na powierzchni, kraterem uderzeniowym. Nie jest przypadkiem, że prawie zawsze widzimy kraterki w promienistych chondrach piroksenowych. Są to chondry, które były całkowicie stopione i nie było w nich żadnych pozostałości kryształów mogących stanowić jądra krystalizacji.

W taki sam sposób działa ogrzewacz rak wielokrotnego użytku. Umieszcza się go we wrzącej wodzie, aż stopi się zawarty w nim octan sodu. Potem stygnie on do temperatury pokojowej czy miejsca obozowania, w której znajduje się on w niestabilnym stanie przechłodzonej cieczy. Gdy nacisnąć znajdującą się wewnątrz sprężystą tarczkę z nierdzewnej stali, szok zapoczątkowuje szybką krystalizację i roztwór wydzieła zgromadzone ciepło topnienia.

Żbik i Lang sugerowali, że kraterki są pozostałościami pęcherzyków, któ-

re dotarły do brzegów chondr i jako przykład pokazują chondrę z meteorytu Allende z pęcherzykiem przy powierzchni [1].

Inną możliwością jest, że kraterki są pozostałością po wyrzuceniu z tych krzepnących kropelek krzemianów bryłek metalu i siarczków. Widzieliśmy chondry z wciąż przyczepionymi kawałkami nieprzezroczystej materii — różnej wielkości, zamrożonymi w różnych stopniach przyłączenia — i nas to zaciekało. Grossman i Wasson omawiają tę kwestię bardziej szczegółowo i przeciwstawiają mechanizmowi uderzeniowego tworzenia kraterków [2]. Sugerują oni, że ciekły metal w chondrach mógł oddzielić się od stopionych krzemianów i został wyniesiony na brzeg chondry przez siłę odśrodkową spowodowaną wirowaniem, lub przez hamowanie. Warunki mogły być akurat odpowiednie dla danej chondry, by mogła ona zakrzepnąć, gdy metal znajdował się w takim miejscu, by mógł utworzyć się krater. Sądzą oni, że jest nieprawdopodobne, by mogło powstać tak dużo chondr z wieloma kraterkami w wyniku zderzeń, gdy czas, w którym były one plastyczne, był krótki. Ponadto znaleźli oni wiele kraterów, które były zbyt małe, by mogły je utworzyć uderzające chondry o wielkości występującej w czasie ich formowania.

Wspieramy tu teorię wyrzucanych bryłek proponując inny mechanizm oddzielania metalu i siarczku od krze-

mianów. Jest to sam proces krystalizacji. Krystalizacja może być procesem oczyszczającym. Zwróćmy uwagę, jak wytwarza się wino lodowe. Kryształ lodu wiąże czystą wodę zwiększając stężenie cukru w pozostałym, ciekłym soku. W chondrach rosnące kryształy krzemianów mogą stopniowo wyrzucać „obce” składniki na brzeg chondry.

Na koniec koledzy autorzy z *Meteorite* Jürgen Otto i Norbert Classen [3] rozważają możliwość, że przed stadium chondry-w-matriks niektóre meteoryty były gęstymi skupieniami ciasno upakowanych chondr, gdzie sąsiedzi odciskali wgłębienia w plastycznych sąsiadach. Ich zdjęciom na pewno warto się dobrze przyjrzeć.

Chondry z kraterkami są intrygujące. Wszyscy miłośnicy meteorytów powinni szukać dowodów, które potwierdzają lub obalają te scenariusze formowania się. My będziemy to robić.

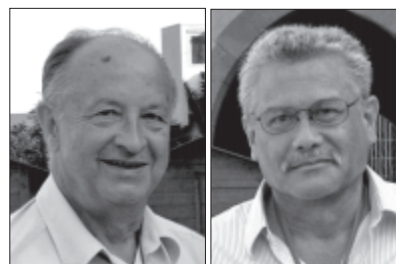
E-mail: roger.warin@skynet.be,
john@johnkashuba.com

Bibliografia:

[1] Zbik M. and Lang B. 1983. Morphological features of pore spaces in chondrules. In *Chondrules and Their Origins*. Lunar and Planetary Institute pp. 319–329.

[2] Grossman J. N. and Wasson J. T. 1985. The origin and history of the metal and sulfide components of chondrules. *Geochem. Et Cosmochem. Acta* 49:925–939.

[3] Otto J. and Classen N. 2008. 3D chondrules revealed. *Meteorite* 2:31–33.



Dr Roger Warin jest emerytowanym chemikiem.

John Kashuba jest emerytowanym inżynierem budownictwa.

JWZ

Publiczne opowiadanie o Meteorytach

Anita D. Westlake

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 15 No. 4. Copyright © 2009 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Koszmar

Sama myśl o mówieniu do więcej niż dwie i pół osoby na raz wprawia mnie zwykle w przerażenie. Rzeczywiście dla większości osób publiczne przemawianie wydaje się bardziej straszne, bardziej złowrogie, bardziej przerażające niż sama śmierć.

Na czym polega problem? Dla mnie jest to obawa przed „ocenianiem” przez audytorium. Czy nie będą uważali, że jestem za stara? Za wysoka jak na kobietę? Czy nie przejrzą mnie na wylot i

nie uznają, że jestem oszustką? Mam zbyt wiele doświadczeń, z których wynika, że ponieważ tak się zdarzyło, że mówię jako kobieta, to być może nie wiem tak dużo, jak mężczyzna. Odpowiem na pytanie, a pytająca osoba i tak zwróci się do mężczyzny po „prawdziwą odpowiedź”. Gdy mężczyzna powie *dokładnie* to co właśnie powiedziałam, pytający od razu będzie bardziej zadowolony akceptując to jako „prawdę”. Nie ma co zaczynać.

Jak sobie z tym wszystkim poradzi-

łam? Nie, nie wyobrażałam sobie moich słuchaczy na golasa. Byłoby to zbyt rozprasające. Przyjęłam pozytywne nastawienie do tego kim jestem, co wiem i do mojego pragnienia, by uczyć.

Nie zapomnę nigdy mojego pierwszego publicznego wystąpienia około 10 lat temu. Poproszono mnie o prelekcję dla pewnego towarzystwa miłośników minerałów i kamieni szlachetnych w Carrollton, w Georgii. Tematem były „Wycieczki po kamieniu i skamieniałości”. Byłam tak samo skamieniała jak skamieniałe drewno, o którym opowiadałam. Powiedzenie, że całe życie mignęło mi przed oczami, to mało. Przed oczami mignęło mi życie mojego audytorium!

Rozpoczęłam mówiąc, „Nie jestem geologiem, ale gram jednego w TV.” Nikt się nie roześmiał lecz usłyszałam liczne szepty, „Nigdy jej w TV nie widziałem”. Jakoś zdołałam przebrnąć przez resztę mojej prelekcji, w czym opornie pomagały mi Nadzieja i Humor. Na koniec, zamiast uczucia, że jedno więcej zobojętniałe spojrzenie już mnie zabije, czułam się, jakbym podbiła świat. Dlaczego? Ponieważ właśnie stawiałam czoła mojej największej obawie i wyszłam z tego niemal bez szwanku. Jakież to było krzepiące uczucie. Jedynym wyzwaniem do pokonania dla mnie jest teraz tylko wyskoczenie z dobrego samolotu.



Fot. 1. Autorka (siedzi) mówi o meteorytach w Tellus: Northwest Georgia Science Museum podczas Narodowego Dnia Astronomii, 2 maja 2009 r.

Zacznijmy prelekcję.

Nie mów zbyt trudno

To jest pierwsza i najważniejsza zasada. Nie możemy i nie powinniśmy zakładać, że przeciętny słuchacz zna się na meteorocyte. Załóżmy raczej, że publiczność nie słyszała o meteorycie z krateru. Zaczynajmy od poziomu zerowego i starajmy się stopniowo iść w górę. Badajmy grunt, zwracajmy uwagę na reakcje słuchaczy. Czy nie wyglądają na znudzonych? Czy nie mają ściągniętych brwi wyrażających kompletnie zagubienie? Czy nie zasypiają stojąco? Nie byłyby to dobre oznaki.

Mam pełnych najlepszych intencji, inteligentnych przyjaciół, którzy rozpoczynają prelekcję o meteoroidach omawiając z przejęciem czas połowicznego rozpadu jakichś izotopów promieniotwórczych. Nie róbcie tego! Powiedzcie najpierw, dlaczego was meteoroidy zainteresowały. Czy to przyjaciel wprowadził was w cudowny świat kosmicznych kamieni? Czy to było coś, co zobaczyliście na Discovery Channel? Sprowadźmy to na poziom, do którego mogą się odnieść bezpośrednio. Wyjaśnijmy, jak zwykle osoby, takie jak my, zakochały się w tej szczególnej dziedzinie nauki. Jak pojawiła się iskierka, z której później powstał wielki płomień? To pomoże im zobaczyć, jak mogą doświadczyć tej samej fascynacji zaraz, bez konieczności przedzierania się przez setki naukowych podręczników.

Zachęć słuchaczy do współudziału

Stwierdziłam występując wiele lat publicznie, a także, co ważniejsze, *siedząc na sali jako słuchacz*, że ludzie chcą pokazać prelegentowi, jak dużo już wiedzą. Jeśli nie pozwolimy im na ich chwilę ukazania się w blasku słońca, to możemy być tak pewni, że nam przerwą, jak tego, że po dniu nastąpi noc. Zaczynajmy od dania im szansy stania się najjaśniejszą gwiazdą w konstelacji. Później można wykazać, jak słabo naprawdę świecą (jeśli to komuś sprawi przyjemność). Lubię zaczynać od *krótkiego* przedstawienia się i zaraz potem rzucam pytanie na salę. „Kto z was wie, co to jest meteoroid?” Zwykle połowa sali podnosi ręce. Już zyskałam ich zaangażowanie i uwagę. Pokazałam, że mogą być równie istotną częścią tej prelekcji, jak ja. Po-

tem patrzę na słuchaczy... i widzę, że ochoczo (lub z obawą) czekają na następne pytanie. Zwykle wskazuję dziecko, które podniosło rękę i pytam, „Dobrze, czy możesz mi powiedzieć, co to jest meteoroid?” Niektórzy mruczą coś pod nosem. Inni wstają i podają bardzo jasną i precyzyjną definicję. Do tych mówię, „Bardzo dobrze! To ja tu już nie mam co robić!” i zachowuje się, jakbym zbierała się do wyjścia. To zwykle wywołuje sporo śmiechu, więc przechodzimy do następnego punktu.

Niech się śmieją

Dobrze jest być zabawnym. Naprawdę. Nawet jeśli mówimy na „naukowy” temat, humor jest naszym najlepszym przyjacielem. Zapewnia wiele rzeczy:

1. Słuchacze czują się swobodniej. Zaczynają się denerwować jeśli czują, że ty się denerwujesz.

2. Dostają informację, że mogą się spodziewać zabawy, a nie tylko suchych faktów i wykresów.

3. Zachęca ich to do uważania, aby nie przegapić następnego żartu.

4. Ludzie lubią się śmiać i lubią, gdy mają do tego okazję nawet w „nieodpowiednich” miejscach. (Wyjątek: robienie tego na pogrzebach nie gwarantuje takich samych wyników.)

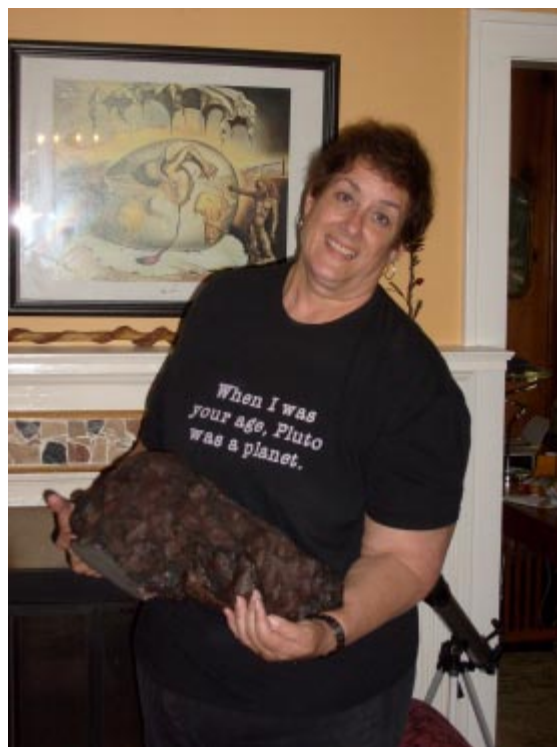
5. Uspokaja to prelegenta. Jeśli może wywołać śmiech na początku, to jest mniej prawdopodobne, że zemdleje lub zrobi mu się niedobrze.

6. Słuchacze dowiadują się, że *wiesz*, jak „obchodzić się z tłumem”, i nie masz zamiaru ich zanudzać.

7. Pozwala to ludziom zapamiętać prelegenta (zwykle w dobrym świetle) i będą chcieli posłuchać go w przyszłości.

Mów prawdę

Przestuduj gruntownie zagadnienie. Wiercie mi, ktoś na sali zauważy, jeśli tego nie zrobisz. Bądź na bieżąco z najnowszymi odkryciami, bieżącymi teoriami i ostatnimi spadkami i znaleziska-



Fot. 2. Autorka podnosi lekką kopię meteoroidu.

mi. (Mam nadzieję, że i tak to robisz.) John Q. Public staje się lepiej wykształcony dzięki naukowym kanałom w TV i dzięki Internetowi.

Jeśli nie znasz odpowiedzi na pytanie, *nie zmyślaj czegoś na poczekaniu!* Na pewno większość twoich słuchaczy nie będzie wiedziała, czy Sikhote-Alin jest meteoroidem czy najnowszym krokiem tanecznym, ale okaż szacunek dla nich mówiąc „Nie wiem” jeśli nie wiesz. Albo, „To bardzo dobre pytanie i spróbuję znaleźć odpowiedź, zanim wyjdziecie z sali”.

Mów głośniej!

Nie mów do swojej koszuli. Słuchacze najprawdopodobniej są tu dlatego, że chcą *słyszeć*, co mówisz.

Utrzymuj kontakt wzrokowy

Przynajmniej raz na jakiś czas spoglądaj na słuchaczy. Jest to ważne z trzech powodów: słuchacze widzą, że *zwracasz na nich uwagę*, ty masz szansę oceniać ich reakcje (Czy uważają? Czy ziewają?), i lepiej jest widzieć, gdy ktoś biegnie do ciebie z nożem. Zgoda, to się zwykle nie zdarza, ale będąc dobrą harcerką zawsze jestem przygotowana.

Nie spieraj się ze słuchaczami

Chociaż wykpienie głupiej uwagi może być kuszące, spróbuj się po-

wstrzymać. Inni słuchacze mogą zrobić to za ciebie, wybawiając ciebie z kłopotliwej sytuacji. W każdym razie nie jest dla ciebie korzystne obnażanie czyjejs niewiedzy. Zwykle wycofuję się z tej niezręcznej sytuacji mówiąc coś w stylu „Domyślam się, gdzie pan to słyszał,” albo „Jest to powszechny pogląd, który jeszcze nie został udowodniony”. To delikatnie pozwala mu zachować twarz przed rodziną i rówieśnikami.

Jeśli mimo to nadal przeszkadzają swoją specyficzną formą ignorancji, to masz pełne prawo przerwać im mówiąc coś ostrzejszego jak, „Z pewnością macie prawo wierzyć w to, co w świetle naukowych faktów jest nieprawdą, ale niestety nie stanie się to przez to prawdą”. Sugerowałabym jednak powstrzymanie się od tego typu stwierdzeń, szczególnie gdy czuć woń gotowanej smoły i w sali widać wyjątkowo dużą górę pierza.

Licz, ile okazów, które przyniosłeś, jest przed i po prelekcji

Nie narażaj swojej kolekcji, czy swego pragnienia mówienia do następnych grup, na to by jeden z twych ulubionych meteorytów „zniknął”. Najlepiej wcale nie przynosić swoich ulubionych czy najdroższych meteorytów. Możesz rzeczywiście sprawić, że meteoryty staną się tak fascynujące, zajmujące i upragnione, że ludzie nie będą mogli się powstrzymać, by nie spróbować zabrać jednego z twoich okazów ze sobą.



Fot. 3. Nie przynosi na prelekcję swoich ulubionych czy najlepszych meteorytów.

Wykorzystaj środki wizualne

Niewiele rzeczy jest nudniejszych niż słuchanie przemowy bez możliwości zobrazowania tego, o czym mowa. Nie zmuszaj słuchaczy do używania wyobraźni; pokaż im rysunek pasa planetoid albo przynieś plakat pokazujący miejsca spadków meteorytów w twoim stanie czy kraju. Pokaż powiększone zdjęcia różnych typów meteorytów. I to co zwykle robię: pokaż zdjęcie potężnego siniaka na biodrze biednej pani Hodges, którego nabawiła się, gdy meteoryt uderzył w jej dom, jej zegar z radiem, a potem w nią w Sylacauga, w Alabamie. Nic nie robi takiego wrażenia, jak to.

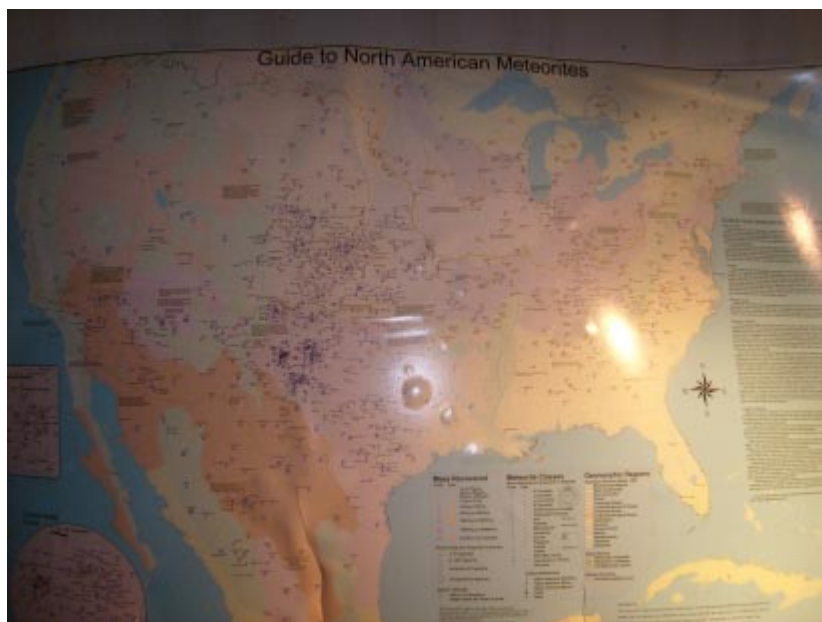
Zakończ prelekcję prośbą o pytania

Naprawdę trudno pokazać, jak to jest ważne, jeśli ktoś tego nie zrobił i nie został nagrodzony satysfakcją. Zawsze gdy mówię o meteorytach, zapomnę powiedzieć o czymś ważnym. Nawet gdy mam plan czy ściagi, mogę zapomnieć o jakiejś istotnej informacji. Na szczęście jest to jedno z pytań, które zadadzą słuchacze. Czuję się lepiej, że mi „przypomniano”, a oni czują się lepiej dowiadując się czegoś nowego.

To co zaczęło się dla mnie jako sytuacja zagrażająca życiu, przekształciło się w doświadczenie zmieniające życie. Czuję więc z ludźmi, których nigdy wcześniej nie spotkałam. Zmieniłam obcych w przyjaciół. Nauczyłam się tyle samo od słuchaczy ile próbowałam ich nauczyć. Ale dla mnie najważniejszym rezultatem jest nadzieja, że może przyczyniłam się w jakimś niewielkim stopniu do zachęcenia jakiegoś dziecka, by sięgnęło do gwiazd.

E-mail: libawc@emory.edu

Anita Westlake jest współzałożycielem i obecnym prezesem Meteorite Association of Georgia. Zainteresowała się meteorytami około ośmiu lat temu i ma w swej kolekcji ponad 180 meteorytów. Uznając za niemożliwe zawężenie zbioru do pewnych typów, spadków czy znalezisk itp. Anita postanowiła zbierać tylko meteoryty, które spadły na Ziemię. Anita prowadzi dwie biblioteki naukowe na Emory University w Atlancie, w Georgii, USA.



Fot. 4. Wykorzystuj pomoce wizualne.

Tektyty australoazjatyckie: bliskie i dalekie

Aubrey Whymark

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 15 No. 4. Copyright © 2009 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Tektyty utworzone są z bogatych w krzemionkę ziemskich osadów, które zostały stopione i wyrzucone w przestrzeń przez kosmiczne zderzenia. Tektyty weszły ponownie w atmosferę chwilę później. Potrzebne są szczególne okoliczności, by powstały tektyty. Skąpa, w którą uderza ciało niebieskie, musi być krzemionkowa, co jest głównym powodem, że nie spodziewamy się występowania tektytów na większości ciał planetarnych; zderzenie musi być dostatecznie silne; ukośne uderzenie pod kątem około 30 stopni (Artemieva i Pierazzo 2003) jest optymalne dla wytwarzania tektytów, a zderzenie z dużą prędkością będzie prawdopodobnie sprzyjało wytwarzaniu i wyrzucaniu tektytów. Australoazjatycki obszar rozrzutu, będący najmłodszym i najświeższym, daje nam wyjątkowy wgląd w formowanie się tektytów i następstwa kosmicznych zderzeń. Tektyty przekształcają się zwykle w porowaty i przepuszczalny żwir, po czym ulegają trawieniu aż do unicestwienia. Pozostałe tektyty ulegają odkształceniu i przekształcają się w minerały ilaste, zacierając świadectwa geologiczne; stąd brak tektytów starszych niż z okresu trzeciorzędu.

Gdy planetoida czy kometa uderza w naszą planetę, to jej energia kinetyczna topi ziemską skałę. Osadowe piaski i łupki, które zawierają dużo krzemionki, są idealne do tworzenia tektytów. Część pędu pocisku zachowuje się i jest przekazywana stopionej skale. Im mniejszy jest kąt uderzenia, tym wydajniej może być przekazany pęd do

stopionej skały. Ta stopiona skała musi jednak przebyć gęstą atmosferę. Kąt uderzenia/wyrzucenia, który jest zbyt mały, uniemożliwi stopionej skale opuszczenie atmosfery (Artemieva i Pierazzo 2003). Stopiona skała nie jest wyrzucana jako pojedyncze tektyty, które zostałyby szybko zatrzymane przez gęstą atmosferę Ziemi. Tak jak w przypadku rozbryzgu wody, stopiona skała jest wyrzucana jako warstwa (fot. 1.). Ta warstwa w końcu rozrywa się i rozpada na odrębne krople tektytów. Jednak zanim do tego dojdzie, stopiona warstwa przechodzi przez najgęstsze warstwy atmosfery i pozostaje niewielki opór atmosferyczny, by zatrzymać te tektyty. Ciśnienie atmosferyczne zmniejsza się o połowę na każdej 5,5 km wysokości. Tak więc z grubszą 50% atmosfery leży poniżej 5,5 km; 75% poniżej 11 km; 87,5% poniżej 16,5 km; 93,8% poniżej 22 km; 96,9% poniżej 27,5 km; 98,4% poniżej 33 km i 99,2% poniżej 38,5 km. Oczywiście jest, że gdy warstwa stopu rozpadnie się i małe, odizolowane bryłki tektytów rozpoczną swą podróż, to gęsta atmosfera poniżej nie będzie już problemem do czasu, gdy zaczną one wracać na Ziemię.

Na granicy kosmosu tworzą się ze stopu główne formy tektytów: kule, hantle i łezki. Tektyty powstające jako pierwsze pochodzą z najwcześniejszych etapów zderzenia, czyli powstają przy najwyższych temperaturach, a więc z najmniej lepkiego stopu. Te najwcześniejsze utworzone tektyty uzyskują także największe prędkości i do-

latują do najdalszych krańców obszaru rozrzutu, np. do Australii. Wśród tych dolatujących najdalej tektytów jest największy procent kulek. Ciekły, najmniej lepki stop najczęściej przybiera kształt kulisty. Gdy stop rozrywa się na izolowane cząstki, to na skraju kosmosu warunki sprzyjają formowaniu się kulek; przypomnijmy sobie krople wody na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Te krople tektytów, które teraz mają zacząć swą podróż, zaczynają stygnąć, ale powoli, głównie poprzez promieniowanie, bo niezwykle rozrzedzona atmosfera zapobiega ochładzaniu przez przewodnictwo ciepłe.

Podczas gdy pierwsze uformowane tektyty podróżują do najdalszych krańców obszaru rozrzutu, kolejne etapy zjawiska zderzenia produkują bliżej lądujące tektyty. W przypadku australoazjatyckiego obszaru rozrzutu zderzenie nastąpiło najprawdopodobniej w Zatoce Tonkińskiej, między środkowym Wietnamem i Hainanem, lub nieco na północ od tego miejsca. Wszystkie tektyty tworzą się na samym początku procesu zderzenia z warstw skał położonych blisko powierzchni. Wysokie energie wymagane do uformowania się i wyrzucenia tektytów, występują tylko w najwcześniejszych etapach zderzenia. Wśród Indochinitów jest znacznie więcej tektytów w kształcie hantli czy łez niż wśród dalej lądujących ich kuzynów. Jest tak dlatego, że stop utworzony przez zderzenie miał już niższą temperaturę, bo energia uderzającego ciała rozeszła się już na większą objętość ziemskiej skały. W dodatku, z powodu niższej energii, te tektyty nie mogły zostać wyrzucone tak wysoko do atmosfery i mogły dlatego stygnąć szybciej wskutek przewodzenia ciepła. Niższa temperatura i stop o większej lepkości faworyzują formowanie się hantli i łez (Chapman 1964). Hantle tworzą się wskutek szybkiego wirowania, a łzy formują się przy jeszcze szybszym wirowaniu, gdy hantle są rozrywane. Taki sam proces występował w stopie o małej lepkości przy wysokiej temperaturze, ale te ciała po prostu rozlatywały się wskutek wirowania

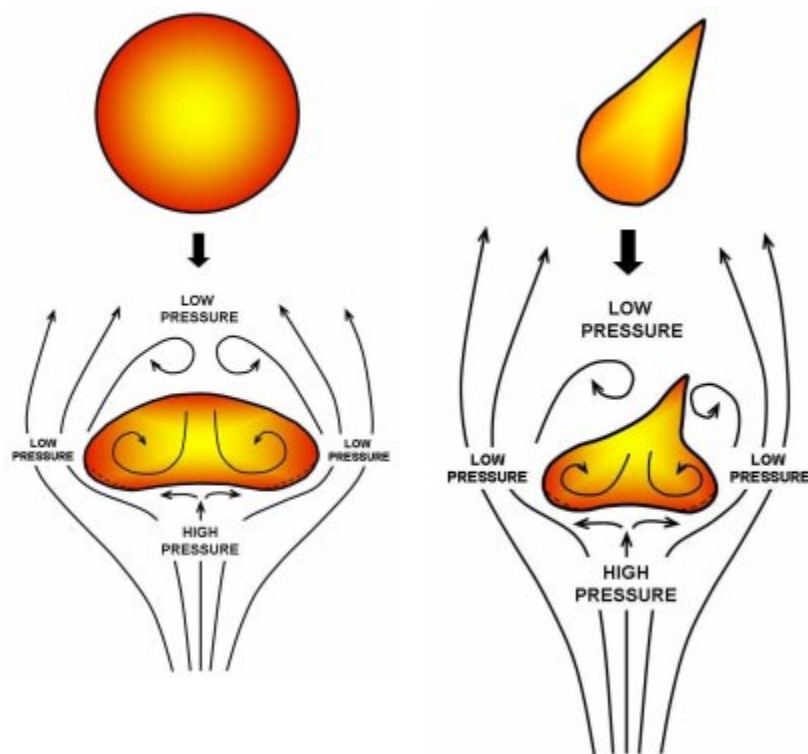


Fot. 1. Artystyczne przedstawienie australoazjatyckiego zderzenia. Zauważmy, jak warstwa stopu rozrywa się na dużej wysokości na poszczególne stopione tektyty.

i tworzyły mniejsze kulki. Tu, w niższej temperaturze, w stopie o dużej lepkości, hantle i łyzy krzepną w porę.

Pierwsze tektyty, które spadają, to są te, które utworzyły się jako ostatnie: najbliższej lądujące Indochinity. Niektóre z tych tektytów mogły zacząć spadać nawet jeszcze zanim się całkowicie ukształtowały. Wiele Indochinitów spadało w postaci ciekłej! Gdy stopione ciała natrafiają na gęstsze warstwy atmosfery, to zostają zdeformowane i dlatego wszystkie stopione ciała wpadające do atmosfery są orientowane. Można porównywać stopione Indochinity do kropli deszczu. Popularne jest błędne mniemanie, że krople deszczu mają kształt łez. W rzeczywistości są one kulkami. Ponadto większe krople deszczu są zdeformowanymi kulkami: zwykle wklęsło-wypukłe z wklęsłą stroną zwróconą ku Ziemi. Pamiętając o tym przyjrzymy się teraz Indochinitom.

Dla uproszczenia wezmę najpierw idealnie kulisty pierwotny kształt wchodzącego ponownie w atmosferę ciekłego ciała. Przy wejściu w atmosferę napotyka ono siłę tarcia, która hamuje jego ruch. Ta hamująca siła powoduje spłaszczenie kuli. Gdy stopione szkło spłaszcza się napotykając gęstą atmosferę, to w tektycie mogą pojawić się zawirowania podobne do tych spotykanych w dymnych pierścieniach. Najwyższe



Fot. 2. Gdy stopione tektyty powracają do atmosfery, siły hamowania zgniatają tektyt, a wysokie ciśnienie wgniata centralną część przedniej strony do wewnątrz. Przerwane linie na czołowej stronie reprezentują materię traconą przez łuszczenie się, jako skutek szoku termicznego.

ciśnienie jest na środku powierzchni zwróconej w kierunku lotu. Ta powierzchnia wygina się do wewnątrz, tak samo jak w deszczowej kropli. Często wklęsnięcie na czołowej powierzchni jest niesymetryczne, z czego wynika, że spадanie nie było pionowe. Ważne, że styczność z atmosferą pozwala na

chłodzenie poprzez przewodnictwo cieplne i zewnętrzna powierzchnia tektytu szybko krzepnie. Na wklęsłej czołowej powierzchni zostaje uwięziona poduszka powietrzna chroniąca tę pierwotną powierzchnię. Zakrzepłe brzożgi mającego teraz kształt wklęsło-wypukły tektytu są wciąż wystawione na działanie atmosfery. Zakrzepłe szkło tektytu nie jest już plastyczne, lecz kruche. Skutkiem szybkich zmian temperatury na przedniej powierzchni brzożkowej jest łuszczenie się cienkiej warstwy szkła i te miejsca nazywane są często „łysymi plamami” (Fig. 2).

Chociaż Indochinity w kształcie wklęsło-wypukłego dysku są bardzo typowe, to istnieje wiele innych kształtów. Niektóre Indochinity mają kształt dysków dwuwklęsłych. Zdarza się to, gdy siła hamowania spłaszcza tektyt maksymalnie i prawdopodobnie w przypadku tektytów nieco silniej stopionych. Są dyski dwuwypukłe i to zdarza się prawdopodobnie, gdy tektyt przy powrocie był słabiej stopiony krzepnąc zanim mógł się wytworzyć idealny kształt. Hantle i owale także są często spłaszczone z „łysymi obszarami” na czołowej powierzchni. Łezki, wchodząc w stanie stopionym w atmosferę, tworzą bardzo ciekawe kształty, jak „cebule” i „Hershey’s Kisses” nazwane tak od gatunku czekolady, który



Fot. 3. Bliskie centrum Indochinity z Wietnamu. A) Ważąca 144 g lezka typu „cebuli” z Północnego Wietnamu. B i C) Ważące 46 g i 25 g zdeformowane lezki z Dalat w Południowym Wietnamie. D i E) Widok z przodu i z boku ważące 127 g, zdeformowanej i złuszczonej lezki. Zdjęcie D pokazuje, jak środkowa część czołowej strony jest wgięta do wewnątrz i jak brzożki czołowej strony są złuszczone na skutek szoku termicznego tworząc „łyse plamy”. F) Ważące 126 g hantle z Północnego Wietnamu, które zachowały swój pierwotny kształt, ale ich czołowa strona się złuszczyła. G) Czołowa strona ważące 497 g dyskowego tektytu typu „pączka” z Dalat w Południowym Wietnamie, który uformował się ze stopionej kuli. Zauważmy, jak środkowa część czołowej strony jest wgięta do wewnątrz, ale jest nieco asymetryczna, co wskazuje na nie całkiem pionowe spадanie. Pasek skali ma 1 cm.

przypominają. Niektóre łezki z Dalat w Wietnamie były całkowicie płynne wracając do atmosfery. Właściwie można się zastanawiać, czy one rzeczywiście opuściły atmosferę, bo granica między uformowaniem się pierwotnego kształtu, a modyfikacją podczas powrotu na Ziemię nie jest wyraźna. Dłgie, rozległe, rozciągnięte formy są spłaszczone i wygięte w kształt zakrzywionych „maczug” czy „rurek”. W innych miejscach cienka szyjka łezki stygnie najpierw z powodu dużego stosunku powierzchni do objętości w porównaniu z bulwiastym końcem. Podczas powrotu ta zestalona „szyjka” może czasem wygiąć się do góry lub zostać częściowo wchłonięta przez wciąż stopiony „bulwiasty” koniec. Rzadko obserwuje się kształt dysku z wystającym cienkim końcem łezki. Łezki, które przybierają kształt cebuli, doznają tej samej siły tarcia co kule i największe ciśnienie jest w środku bulwiastego końca zwróconego w kierunku lotu. Tak samo tworzy się wklęsła strona czołowa, jej środek jest chroniony przez poduszkę powietrza, a brzegi przedniej strony się łuszczą (fot. 3).

Wiele z tych najbliższych spadających tektytów ma promieniste U-kształtne wyżłobienia, które są prawdopodobnie chemicznie wytrawionymi pęknięciami tam, gdzie wyżłobienia ma stałą szerokość, i oryginalnymi pęknięciami skorupy tam, gdzie wyżłobienia jest trójkątne i zwęża się w miarę oddalania od punktu przechwycenia. Te promieniste, U-kształtne wyżłobienia powstały prawdopodobnie nie przy uderzeniu w ziemię, ale z powodu szoku termicznego. Podobne promieniste pęknięcia tworzą się na otoczce aerotermicznego naprężenia guzików Australitów. W Indochinitach zewnętrzna część już zakrzepła gdy wnętrze było wciąż plastyczne i stopione. Indochinit zachowywał się jak bryłka szkła pustego w środku, bo tylko zewnętrzna część była stała, co pozwoliło na tworzenie się tego typu spękań wywołanych szokiem termicznym. Rzadko można spotkać w Indochinitach pęknięcie zewnętrznej powierzchni z wyraźnym, kątowym zniekształceniem. Wewnątrz tego pęknięcia można zobaczyć powolny przepływ wciąż płynnego wnętrza. Te okazy uformowały się prawdopodobnie przy uderzeniu w ziemię, ponieważ eksponowana powierzchnia często nie jest wytrawiona, co sugeruje brak

linii osłabienia i że tektyt nie przelatował przez atmosferę.

Dalej od miejsca uderzenia, ale wciąż w Indochinach, bryłki tektytów o podobnej wielkości w większości zachowują oryginalną, pierwotną morfologię. Te kształty zakrzepły wystarczająco silnie, przynajmniej na powierzchni, by oprzeć się plastycznym deformacjom. To zakrzepnięcie nie oznaczało jednak, że było to kruche szkło. Weszły one ponownie w atmosferę mając stabilną orientację: tępym końcem do przodu, najcięższą stroną w dół. Ich strony zwrócone w kierunku lotu doznały łuszczenia się i wytworzenia „łysych plam”.

W ciągu 780000 lat od utworzenia się tektyty doznały chemicznego trawienia przez wodę gruntową. Woda atakuje wcześniej określone linie osłabienia. Głównie są to termiczne pęknięcia utworzone podczas powrotu przez atmosferę oraz szczeliny i pęknięcia spowodowane naprężeniami przy stygnięciu, które utworzyły się na pierwotnych powierzchniach. Ostatecznym rezultatem jest pokrycie powierzchni tektytów wgłębieniami i wyżłobieniami. Łyse powierzchnie i świeżo odsłonięte powierzchnie na rozłupanych tektytach nie są atakowane w takim samym stopniu, bo nie istnieją osłabienia podatne na atak.

Gdy Indochinity lądowały, Filipinity kontynuowały swą krótką podróż poruszając się z większą prędkością niż Indochinity. Już po chwili Filipinity rozpoczęły powrót przez atmosferę. Podczas ich krótkiego lotu szkło tektytu miało dość czasu, by całkowicie zakrzepnąć. Nawet największe tektyty lądujące na Filipinach były prawdopodobnie zestalone i kruche w całej masie, chociaż mogły wciąż mieć gorące wnętrze. Stopione szkło zachowuje się jak ciało plastyczne. Filipinity, będące zakrzepłym szkłem, zachowywały się jak ciało kruche. W zbiorach tek-

tytów widać, że większość tektytów powraca jako ciała orientowane. Nie wielki procent stałych, idealnych kul, odpornych na deformacje, może powrócić jako ciała nie orientowane. Jednak gdy tylko tracą trochę materii, znajdują stabilną orientację i stają się orientowane.

Znów dla uproszczenia przyjrzymy się najpierw tylko kulistym ciałom tektytowym. Filipinity wywodzące się z pierwotnych kulistych kształtów można podzielić na cztery główne typy: orientowane, małe kule (średnica poniżej ~75 mm); orientowane duże kule (średnica ponad ~75 mm), nie orientowane małe kule (średnica poniżej ~75 mm); nie orientowane duże kule (średnica ponad ~75 mm).

Orientowane małe kule to Filipinity mające klasyczny kształt „biskopta”, bardziej naukowo nazywane „jądrami”. Gdy wracając wchodziły w atmosferę, czołowa strona kuli tektytu była ogrzewana wskutek tarcia w atmosferze. Wielkość ciała powodowała różnicę temperatury między wnętrzem a zewnętrzną powierzchnią tektytu. W szkłe skutkiem tego jest powstawanie spękań i wybuchowa utrata szklanej skorupy. Podobnie skutkiem wiania wrzącej wody do zwykłej szklanki są często pęknięcia, ponieważ podstawa szklanki jest grubsza od reszty. Różnica temperatury między częściami szklanki i różnica w rozszerzaniu się szklanej



Fot. 4. Orientowane Filipinity z regionu Bikol, które zostały następnie w naturalny sposób wytrawione. A) Widok z boku (czołowa strona u dołu) ważącego 218 g jądra typu „hamburgera”, które powstało z dużej kuli; B) Czołowa strona ważącego 294 g rdzenia typu „hamburgera”; C) Widok z boku (czołowa strona u dołu) ważącego 81 g jądra typu „biskopta”, które uformowało się z kuli średniej wielkości; D) Czołowa strona ważącego 73,5 g jądra typu „biskopta” z głęboko wytrawionymi U-kształtnymi wyżłobieniami w miejscach spękań wywołanych szokiem termicznym; E) Tylna strona ważącego 64 g jądra typu „biskopta”. Pasek skali ma 1 cm.

podstawy i boków skutkują rozwojem spękań. Gdy tektyt ponownie wszedł w atmosferę, kolejne ogrzewanie przez tarcie i odłupywanie się szkła, niewątpliwie wspomagane przez intensywną siłę hamowania wywieraną na tektyt, spowodowało, że większość szkła tektytu znikła.

Los orientowanych dużych kul był taki sam, ale jako końcowy rezultat zamiast jądra w kształcie „biskopta” powstawało jądro w kształcie „hamburgera”. Te okazy mają w środkowej części wytrawioną szczelinę, wskutek czego przypominają wyglądem hamburger (fot. 4).

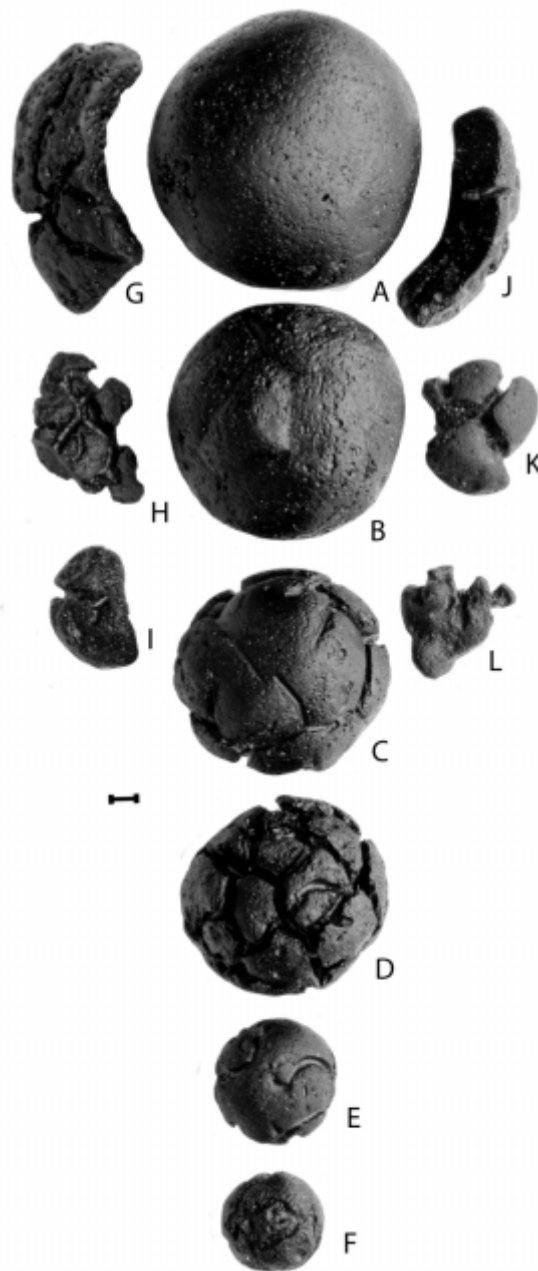
Nie orientowane, małe kule były po prostu małymi, kulistymi tektytami, które koziółkowały lub wirowały podczas spadania. Ogrzewanie w wyniku tarcia odbywało się równomiernie i łagodniej na całej powierzchni tektytu. Z najmniejszych tektytów powstały po prostu kule z wyżłobieniami (po wytrawieniu). Z większych tektytów w tej grupie „nie orientowanych, małych kul”, mających średnicę około 55 — 75 mm, powstały tektyty „skórka chleba”, które są po prostu dużymi kulami, często głęboko, wielokrotnie żłobionymi (gdy wytrawione). W niektórych miejscach na Filipinach można znaleźć okazy, które doznały słabszego ziemskiego trawienia, które doprowadziło do powstania U-kształtnych wyżłobień. Uważa się, że wielokątne spękania skórki chleba powstały wskutek ogrzewania, a nie stygnięcia; gdyby były spowodowane stygnięciem, to wielokątne spękania powinny być obserwowane na Indochinitach, a nie są. Większość „skórek chleba” jest niedoskonałymi kulami z powodu orientacji w końcowym stadium i częściowej utraty otoczki.

Nie orientowane, duże kule koziółkują podczas spadania w taki sam sposób jak mniejsze. W istocie ich zewnętrzna powierzchnia wygląda tak samo, jak forma „skórki chleba”. Największe Filipinity były jednak niestabilne termodynamicznie. W mniejszych ciałach szkło jest ogrzewane bardziej równomiernie. W największych różnica temperatury między wnętrzem i zewnętrzną powierzchnią była po prostu za duża. Zaraz po głównym etapie powrotnego spadania, a może nawet już po spadnięciu, cała zewnętrzna warstwa („skórka chleba”) odpadała pozostawiając gładką kulę czyli jądro. Odłupane fragmenty tej warstwy, o wielkości czę-

sto 2 cm na 2 cm, ale czasem większe, ulegały głębokiemu trawieniu na wypukłej, zewnętrznej powierzchni. Z powodu wyglądu te fragmenty zewnętrznej warstwy nazywane są często lokalnie „Chińskimi literami” (fot. 5).

Stosunkowo rzadkie hantle i łezki znajdowane na Filipinach prawie zawsze mają stabilną orientację, chociaż być może kilka wirowało wokół jednej osi. Tak więc z reguły mają one jedną stronę żłobioną (przednią po wytrawieniu) i jedną gładką (tylną).

U-kształtne wyżłobienia i dolki, które tworzą się na przedniej stronie Filipinitów, reprezentują linie osłabienia, które zostały wytrawione i powiększone przez wodę gruntową. U-kształtne wyżłobienia zwykle tworzą figury wielokątów, które powstały z powodu termicznych naprężeń powierzchni wystawionych na ogrzewanie przy powrocie do ziemskiej atmosfery. Kołowe wgłębienia są prawdopodobnie wytrawionymi stożkami uderzeniowymi, które powstawały, gdy zewnętrzna warstwa na przedniej stronie była wybuchowo odrzucana. Wgłębienia te nie pojawiają w trakcie doświadczeń uwzględniających tylko ogrzewanie i prawdopodobnie powiązane są w części z silnymi ciśnieniami działającymi, gdy tektyt hamuje wpadając do atmosfery. Rzeźba typu tektytów z półwyspu Anda czy V-kształtne wyżłobienia, które mogą występować na wszystkich rodzajach tektytów (Australity, Filipinity, Indochi-



Fot. 5. Nie orientowane Filipinity z regionu Bikol, które zostały wytrawione przez wodę gruntową. A) Ważąca 593 g idealnie gładka kula; B) Kula ważąca 460 g, która jest prawie całkiem gładka; C) Ważący 283 g tektyt typu „skórki chleba”, który utracił część zewnętrznej skorupy; D) Ważący 211 g idealny tektyt typu „skórki chleba”; E i F) Małe, wyżłobione kule; G do L) Fragmenty skorupy czyli „Chińskie Litery”, które odłupały się od większych kul i także od orientowanych okazów. Pasek skali ma 1cm.

nity i inne) atakują głównie oryginalne, pierwotne powierzchnie. Jest to tylna strona wszystkich tektytów i tylna oraz centralna, wklęsła część przedniej strony (nie brzegi przedniej strony) Indochinitów. Głębokie trawienie, takie jak w Moldawitach z Europy środkowej i niektórych tektytach z Pangasinan (Anda) na Filipinach, atakuje w tektycie związki chemiczne takie jak SiO₂. Promienista struktura wynika z tego, że tektyt stygnie szybko od zewnątrz do wewnątrz. Podobny promienisty wzór

można zobaczyć, gdy kostka lodu tworzy się w wyniku chłodzenia wody od zewnątrz (fot. 6).

Jeszcze dalej od centrum pola rozrzutu, najpierw utworzone tektyty, takie jak daleko spadające Australity i inne znajdujące w głębinach oceanów, muszą dopiero wylądować. Te tektyty, które uzyskały największe prędkości początkowe, zaczęły wracać do atmosfery około 10 minut po zderzeniu. Duża prędkość i mały kąt wejścia powodują, że zachodzi ablacja (topnienie i płynięcie). Przy prędkościach poniżej prędkości ucieczki z Ziemi (co jest konieczne, by tektyty spadły z powrotem na Ziemię), aby wystąpiła znacząca ablacja, potrzebny jest mały kąt wejścia w atmosferę. Bliżej miejsca zderzenia, np. w przypadku Filipinitów, mała prędkość wejścia w atmosferę i duży kąt wejścia nie pozwalały na ablację, a tylko na łuszczenie się (wybuchowe, kruche defekty szkła). Ilość ablacji przed łuszczeniem się tłumaczy różne morfologie jądra obserwowane między bliskimi i dalekimi lokalizacjami.

Gdy kulki Australitów wracały przez atmosferę, ich materia topiła się i była zdzierana z przedniej strony tektytów, po czym osiadała na będącej pod niskim

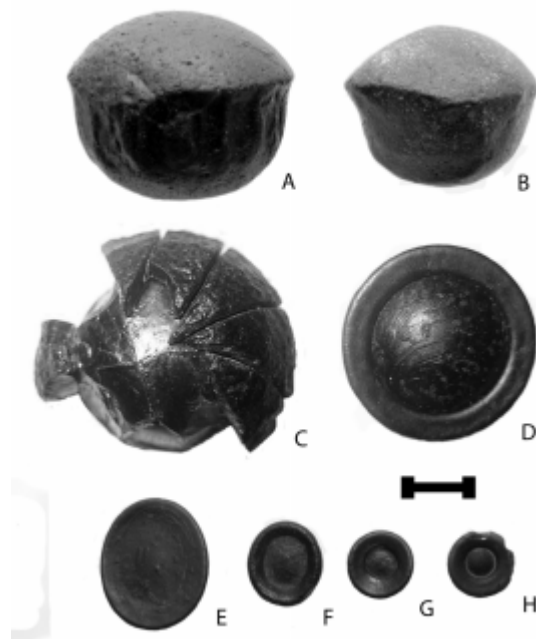
ciśnieniem tylnej powierzchni tworząc kołnierz. Rezultatem tego były klasyczne i najbardziej poszukiwane, guzikowe formy tektytów. Niektóre z małych guzików później traciły tylko kołnierz stając się soczewkowymi formami Australitów. Okazy w kształcie guzików ważące powyżej około 6 g były niestabilne termodynamicznie i zawsze traciły kołnierz i otoczki aerotermalnych naprężeń tworząc jądra. Powierzchnia, która uległa ablacji, stygła i pękała promieniście od środka przedniej powierzchni. Ta przednia powierzchnia potem łuszczyła się pozostawiając wyraźnie widoczną obwódkę i równikową strefę z „płatkowymi” szramami (fot. 7).

Wynikiem ablacyjnego przejścia Australitów przez atmosferę są liczne, unikalne morfologie. Australity są najdokładniej przebadane ze wszystkich tektytów i bardziej szczegółowe informacje dotyczące ich morfologii i formowania się można bez trudu znaleźć w naukowej i popularnej literaturze. Mam nadzieję, że ten artykuł powiększył wiedzę o bliskich i środkowych obszarach australoazjatyckiego obszaru rozrzutu i o tym, jak te formy są powiązane z Australitami. Dalsze badania ze

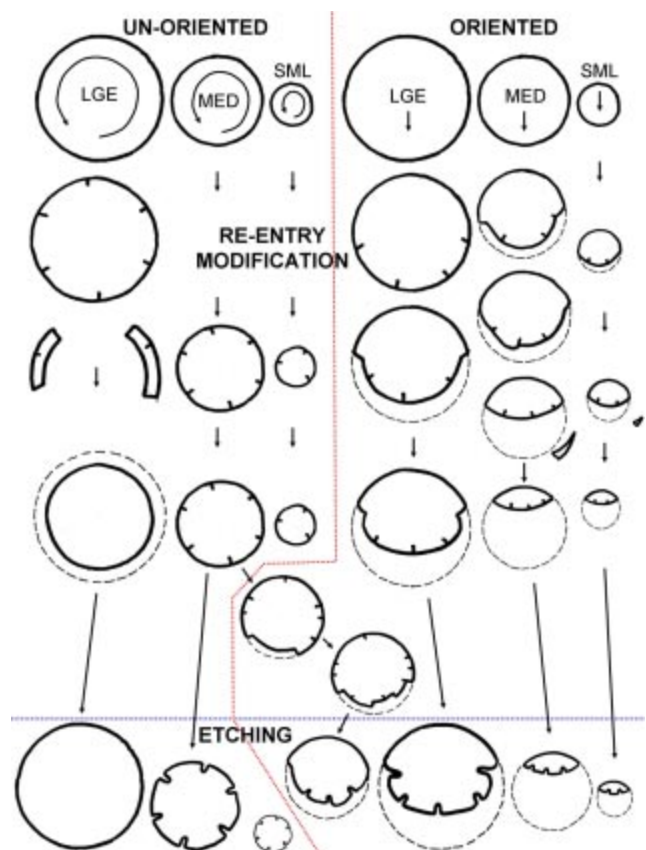
szczegółowymi pomiarami wielkości tektytów w porównaniu z ich morfologią oraz dalsze prace doświadczalne nad zestalonymi i stopionymi kulami szkła o różnych średnicach powinny pomóc ustalić szczegóły dotyczące formowania się bliskich i średnio odległych tektytów.

Można porównać obszar rozrzutu Australitów z obszarami rozrzutu innych tektytów. Moldawity są analogiczne do Indochinitów, które powracały jako stopione ciała. Iworyty wydają się analogiczne do Indochinitów, które powracały mając kruche zewnętrzne części. Północnoamerykańskie Georgiity znow są analogiczne do Indochinitów, które powracały jako stopione ciała. Na koniec północnoamerykańskie Bediazyty są analogiczne do Filipinitów o średniej odległości od miejsca zderzenia, które powracały jako zestalone, szklane ciała. Ciekawe, że Bediazyty są w podobnej odległości od krateru Chesapeake jak Filipinity od proponowanego i jak dotąd nie odkrytego krateru Indochinitów (Zatoka Tonkińska?).

Podziękowania: Chciałbym podziękować mojej żonie, Tere Whymark, za zdjęcia i cierpliwość, Peterowi Sim-



Fot. 7. Australity z Australii Zachodniej. A) Ważące 20,4 g jądro z dobrze określoną strefą równikową z „płatkowymi” szramami; B) Ważące 12,2 g jądro ze słabo zaznaczoną strefą równikową — proszę porównać te jądra z jądrami Filipinitów typu „biskopka” z Fot. 4; C) Ważąca 12,5 g forma wskaźnika pokazuje tworzenie się jądra z tektytu w kształcie guzika przez aerotermiczną utratę skorupy. D) Idealny, ważący 5,92 g guzik, który ma prawie maksymalną wielkość, jaką może osiągnąć doskonały guzik; E do G) Ważące 0,7 g, 0,6 g, 0,3 g i 0,2 g tektyty typu mini-guzików (okaz E zbliża się do tektytu typu miski). Pasek skali ma 1 cm.



Fot. 6. Schemat formowania się Filipinitów z kuli jako wyjściowego kształtu.

mondsowi za dwa zdjęcia Australitów, Desmondowi Leong za podzielenie się wiedzą o Filipinitach i moim licznym dostawcom tektytów, bez których nie miałbym okazji do badań.

E-mail: aubrey@tektites.co.uk

Bibliografia

Obszerny spis bibliografii jest dostępny na www.tektites.co.uk

Artemieva N. A. i Pierazzo E. 2003. Oblique impact and its ejecta—numerical modeling. *Impact Cratering: Bridging the Gap Between Modeling and Observations*: Abstract #8022.

Chapman D. R. 1964. On the unity

and origin of the Australasian tektites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **28** (6):841–880.

McNamara K. i Bevan A. 2001 (trzecie wydanie, poprawione i uzupełnione). *Tektites*. *Western Australian Museum*. pp. 28.

Aubrey Whymark pracuje w przemyśle naftowym jako geolog konsultant przy wierceniach i mikropaleontologii. Pochodzi z Wielkiej Brytanii, ale obecnie mieszka na Filipinach. Interesował się tektytami od 1993 r., ale jego zainteresowanie rozwinęło się w pełni w 2006 r. gdy znalazł się on na Filipinach i zyskał dostęp do wielu Filipinitów. Pomimo obszernej literatury morfologie Filipinitów, i w mniejszym stopniu

morfologie Indochinitów, nigdzie nie są właściwie wyjaśnione. Celem tego artykułu jest rozpoczęcie zapelniania tej luki w wiedzy o powstawaniu tektytów.



MM

Czarny Kamień w Stambule

Wadi i Jan Woreczko

Chcieliśmy odpocząć od meteorytów. Od ładnych kilku lat każde nasze wakacje są z nimi w jakiś sposób związane. Niby pojechaliśmy zobaczyć Moskwę, a i tak wyłądownaliśmy na wiele godzin w Muzeum Fersmana. Zwiedzanie Londynu sprowadziliśmy do przesiadywania w dziale z meteorytami w Muzeum Historii Naturalnej. Nawet w Budapeszcie odnaleźliśmy niedużą kolekcję ‘czarnych kamieni’, a urlop na Lanzarote zaplanowaliśmy tak, by podszkolić się w petrografii i szukać oliwinów (popularnych także w meteorytach). Stwierdzamy z niepokojem, że zbyt często czaruje nas pustynia... Teraz miało być inaczej.

Powrót do przeszłości

Stambułem zachwyciliśmy się przed laty, kiedy stanął na szlaku naszych studenckich wypraw. Czy teraz odnajdziemy tamte obrazy z przeszłości? Czy będą równie fascynujące? Czy nie zamaze ich deszcz, który na cały nasz pobyt przepowiadał serwis BBC Weather!

Miasto nas nie rozczarowało. Bazylika Hagia Sophia wydała się tak samo monumentalna jak przed laty, pałac sułtanów Topkapi wcale nie mniej bogaty, a korzenny bazar równie mocno pachniał przyprawami. No i te tłumy ludzi — handlujące, nawołujące, zaczepiające cię na każdym kroku. Po raz pierwszy popłynęliśmy statkiem wzdłuż Bos-

foru. Dopiero z daleka widać było jak na dłoni ogrom meczetów i dziesiątki strzelistych minaretów.

Niepozorny meczet

Tuż obok naszego hotelu przy wspinającej się pod górę uliczce stał nieduży meczet. Na dziedziniec zapraszała półokrągła brama, a po kilku krokach kolejna. Między nimi wzdłuż chodnika ciągnął się rząd nadszarpniętych zębem czasu muzumuńskich nagrobków. Zajrzeliśmy tam pierwszego dnia, jedynie na chwilę zwabieni tajemniczością i spokojem miejsca. Ale czym był maleńki meczet wobec wspaniałości Stambułu i setek spektakularnych miejsc? Popędziliśmy więc dalej i do głowy nam nie przyszło, że wrócimy

tu znowu, ale już z tym demonicznym meteorytowym błyskiem w oku.

Kilkanaście godzin później, na hotelowym łóżku prostowaliśmy obolałe od chodzenia kości i planowaliśmy trasę na dzień następny. Podczas kartkowania przewodnika wpadła nam w oko informacja o meczecie z sąsiedztwa. Jakże byliśmy zdziwieni, że poświęcono mu aż trzy akapity. Sokollu Mehmed Pasza Camii okazał się bardziej wiekowy niż przypuszczaliśmy. Jak na 439-latkę wyglądał doskonale! Był nawet starszy o 37 lat niż kultowy Błękitny Meczet. W osłupienie wprowadziła nas kolejna informacja. Oto w nim, sto metrów od naszego łóżka, przechowywane są cztery fragmenty magicznego kamienia z Kaaby. Gdyby nie środek nocy, natychmiast pobieglibyśmy tam w piżamach. Od lat myśleliśmy o tym, by dotknąć niezwykłego kamienia. Był nawet czas, że planowaliśmy wyprawę do Mekki. Ale opowieści wytrawnych podróżników, że niewierni nie zobaczą Kaaby, przystopowały nasze zapęły. Rada, aby przebrać się za muzumuńców, też nie przypadła nam do gustu. I oto w Stambule, gdzieś pod niewielką kopułą skapaną w świetle Księżycy, Czarny Kamień — Hadżar mieliśmy prawie na wyciągnięcie ręki.

Dotyk dla wysokich

Rano przekroczyliśmy bramę meczetu i spojrzeliśmy w kierunku wejścia. Ciężka zielona zasłona chronią-



Sokollu Mehmed Pasza Camii — „nasz” meczet

ca modlących się przed chłodnym zimowym wiatrem zrolowana była do połowy, a drewniane skrzydło drzwi otwarte. Kiedy ściągałszy buty przed wejściem, pojawił się miły starszy pan-strażnik meczetu. Upomniął nas, aby nie stać w skarpetkach na zimnym marmurze i zaprosił na dywany do środka.

Od razu przeszedł do rzeczy. Pokazał święty kamień tu, i jeszcze tam i tam, wszystkie wmurowane w ściany. Onieśli biegałszy od miejsca do miejsca. Jeden znajdował się nad wejściem, w falistej złotej obwódce, drugi — w mirhabie (miejsce wskazujące kierunek na Mekkę) także ze złotą obwódką, trzeci — w wieżyczce minbaru (imam wygłasza tu kazania) i czwarty na łuku, pod którym zaczynały się schody do minbaru. Trzy pierwsze „okazy” wmurowano wysoko i ginęły w mrokach kiepsko oświetlonej świątyni, czwarty był niżej. Dostaliśmy kategorię zakaz robienia zdjęć, mogliśmy natomiast kupić gotowy pakiet. Niestety, jakość fotografii pozostawiała wiele do życzenia, a tematyka odbiegała od naszych zainteresowań — detale architektoniczne i fragmenty niebiesko zdobionych kaflów. Wyciągałszy więc szyję pod kopułę, aby napatrzeć się do woli, niestety widać było niewiele.

Woreczko stanął na palcach na drugim schodku minbaru, wyprostował kręgosłup na ile się da i wyciągnął rękę. Jakie szczęście, że Allah dał mu tak wysoki wzrost! Szczęśliwy jak dziecko dotykał, obmacywał przycięty na kształt prostokąta kamień. Ja nie miałam śmiałości na tak bliskie spotkanie ze świętością islamu. Zanim starszy pan zakazał, przyniosłam plastikowy taboret i stanęłam na nim dwa metry od kamienia (schody uniemożliwiały podsuniecie stołka), z nadzieją na wypatrzenie chondry, inkluzji, czegoś co potwierdzi, że przybył z kosmosu. Niestety, jak to ze świętym bywa, setki palców wypozerowały go na błysk. Nikłe światło odbijało się od jego powierzchni jak w lustrze, ale widać było czarno-zielonkawą kolor okazu.

Po tych chaotycznych działaniach, wyszliśmy z meczetu. Zostawiliśmy trochę lirów w domagającej się dłoni i osobno w skarbonce na renowację budynku. Wszystko działo się jak na przyspieszonym filmie i musieliśmy chwilę ochłoniąć, aby dojść do wniosku, że żadne z nas nie wie, co tak na prawdę

widziało. Czy ten niewielki meczet, który świecił pustkami miałby taki skarb? Wreszcie padło zasadnicze pytanie, czy wyblyszczony kamień to w ogóle meteoryt? Wieczorem ustaliliśmy plan działania A, który zakładał, że zrobimy zdjęcia w naszym meczecie. Planu B nie było.

Drugie podejście

Następnego ranka przyszykowaliśmy pieniądze. Odliczyliśmy określoną kwotę, dwa razy większą i trzy razy większą. Żadne z nas nie wiedziało, ile kosztuje życzliwość strażnika. Ruszyliśmy w kierunku meczetu. Zdziwiło nas, że ciężkie drzwi były zamknięte. Kręciliśmy się niespokojnie i oto znikąd pojawił nieznany nam starszy pan. Przy brzęku kluczy myśleliśmy, że może okaże się łaskawszy niż wczorajszymi strażnik. Weszliśmy do środka i zadaliśmy pytanie, czy można fotografować. Znowu dostaliśmy propozycję kupna „gotowców”. Ale my chcieliśmy robić zdjęcia sami! Pierwszy piętorny pakiet rozwiązał problem. Starszy pan rozłożył ręce, spojrzął w niebo jakby szukając aprobaty, uśmiechnął się i pokiwał głową na zgodę. Wręczył nam jeszcze kilka wybranych przez siebie fotografii i cicho stanął z boku. Woreczko zaczął zmagać się z mrokiem i brakiem punktu podparcia dla aparatu, potem błyskał fleszem na prawo i lewo, robił kolejne ujęcia i rzucał ciągle to samo pytanie — do cholery, dlaczego tak ciemno?

Ja weszłam na drugi schodek minbaru, wyprostowałam się jak struna i wyciągnęłam rękę. Opuszką palca dotknęłam czarno-zielonego kamyka. Wydał mi się aksamitny, niezwykły... „No jaki jest?” — zapytał Woreczko celując we mnie obiektyw. „Nie wiem, na pewno miły w dotyku” — pierwsza odpowiedź, jaka mi przyszła do głowy. „Ciekawe, co to jest?” — zastanawiał się głośno Woreczko, a ja w niewygodnej pozycji próbowałam cokolwiek wymacać. Niestety, nie mogłam powiedzieć: H5, węgiel czy żelazny Wabar (datowany jest na ok. 140 lat, więc chyba jednak nie?). Zazwyczaj meteoryty oglądałam w dobrym świetle wspomagając się lupą. Macanie było wartością dodaną. Tutaj stanęłam przed niewykonalnym. Jak na podstawie dotyku sklasyfikować kamień, kiedy widać niewiele? Obydwoje mieliśmy kłopot z analizowaniem szczątkowych infor-

macji. Woreczko obstawiał, że kamyk przypomina mu jakiś rodzaj szkliwa, może tektyt — stąd ten zielonkawy kolor i miły dotyk. Dla mnie mógłby być równie dobrze wyswiechtanym chondrytem. Jednym słowem w klasyfikacji nie posunęliśmy się do przodu. Ale nie to było najważniejsze. Zawsze twierdziliśmy, że wiara zabija naukę, a teraz my, realiści, uwierzyliśmy w magię kamienia!

Zrealizowaliśmy też marzenie, właściwie niemożliwe do zrealizowania. Dotknięcie kamienia z Kaaby stało się faktem i to bez wyjazdu do Mekki!

Z meczetu wyszliśmy spełnieni ale z mnóstwem pytań bez odpowiedzi, a późnym wieczorem wylądowaliśmy w mrocznej i śnieżnej Warszawie.

To jeszcze nie koniec

Następnego dnia wróciliśmy do świata i do... Internetu. Jakie było nasze zdziwienie! Oto w Stambule są jeszcze dwa miejsca, w których znajdują się dużo większe fragmenty Czarnego Kamienia. Pierwsze to Błękitny Meczec. Oczywiście byliśmy w nim, ale naszą uwagę zwracało światło malowniczo wpadające przez okienka pod sklepieniem i ogromne żłobione kolumny podtrzymujące strop. Tymczasem wystarczyło spojrzeć we wnękę mirhabu, którą zdołało kilka ciemnych kamieni i ten właściwy, w złotej obwódce. Co prawda barierka oddzielająca turystów od wiernych uniemożliwia do niego dostęp, ale można go było zobaczyć, a może nawet o jakiejś odpowiedzi porze spróbować podejść bliżej. Ciekawe, że na jednym zdjęciu, przypadkowo kamień z Kaaby załapał się w kadr!

Kolejny wbudowany jest w mauzoleum przy meczecie Sulejmana Wspinałego. Tam z kolei skupiliśmy się na malowanym sklepieniu wysadzonym szmaragdami. Tymczasem Hadżar wmurowano w fasadę tego wielościennego budynku, kilka metrów nad wejściem. Ale i tu przypadek pozwolił mu znaleźć się na zdjęciu, na którym widnieje... kot i spacerująca dziewczyna. Dopiero daleko, daleko na drugim planie jest on.

W niedalekiej przyszłości mamy zamiar wrócić do Stambułu i miejsc, które przegapiliśmy. Chcemy też sprawdzić magnetyczność Czarnego Kamienia. Właśnie, dlaczego nam to nie przyszło do głowy?

HADŻAR — ŚWIĘTOŚĆ ISLAMU

Kaaba [z arabskiego *al-Ka'bah* — sześcian, kostka] to kamienna świątynia w Mekce o wysokości 15 metrów, długości 12 metrów i szerokości 10 metrów. Jej narożniki zwrócone są na cztery strony świata.

Hadżar [z arabskiego *al-hadżar al-aswad* — czarny kamień] wmurowano na wysokości 1,5 metra we wschodni narożnik Kaaby. W 683 roku podczas zamieszek wywołanych przez skłócone plemiona arabskie został on uszkodzony i rozpadł się na co najmniej trzy części, dlatego scalono go srebrną obręczą. Kamień jest czarny i połyskuje czerwonym odcieniem. Podobno pierwotnie był biały, ale pod wpływem wchłaniania grzechów i zmywania win pielgrzymów, którzy składają mu hołd, zmienił barwę na czarną. Uważa się, że Hadżar jest meteorytem lub tektytem, niektóre teorie mówią, że kawałkiem lawy.

Jak głosi tradycja pierwsza Kaabę zbudował Adam po wygnaniu z raju, ale nie przetrwała potopu. Odbudował ją wiec Abraham z synem Izmaelem i to oni umieścili w narożniku Czarny Kamień przyniesiony przez archanioła Gabriela — jednego z najwyższych rangą aniołów zarówno w tradycji chrześcijańskiej, judaistycznej jak i islamskiej. Ale w tej ostatniej jest wysłannikiem Allaha

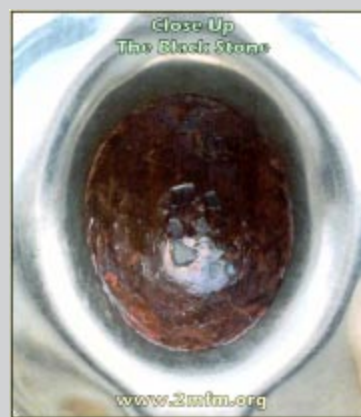


Pielgrzymi okrążający Kaabę. Źródło: Wikimedia Commons

a także przewodnikiem Mahometa, to on wreszcie poddyktował prorokowi Koran. Już Ptolemeusz pisał, że w II w. p.n.e. Kaaba była niewielkim sanktuarium. Ale to Mahomet zrobił z niej miejsce kultu Allaha, nakazał zniszczenie innych 360 bożków plemiennych, Czarny Kamień jednak zostawił. Wokół Kaaby zbudowano meczet. Jest to największa świętość islamu i cel pielgrzymki wielu milionów ludzi.



Mahomet ponownie poświęca Czarny Kamień. Miniatura z „Historii Uniwersalnej” autorstwa Rashida-al-Din Hamadani.



Czarny Kamień w srebrnej obręczy. Źródło: Wikimedia Commons

Epilog — prawda to czy fałsz?

Wielokrotnie zastanawialiśmy się, czy kamienie, które widzieliśmy w Stambule są prawdziwe. Czy możliwe jest, aby od największej świętości islamu ktoś odłamał kawałek (a może nie trzeba było, bo kamień w VII wieku był uszkodzony) i bezkarnie wywiózł. Dlaczego nie? Skoro udało się zgarnąć cały Hadżar i to na dwadzieścia lat. Historia mówi, że od 930 do 950 roku przetrzymywany był przez karmatów („utopijny” odłam islamu) z Bahrajnu. Warto też spojrzeć na mapę Imperium Osmańskiego w okresie świetności. Państwo zajmowało nie tylko tereny Arabii Saudyj-

skiej, ale i Iraku, Izraela, Syrii, Libanu, Afryki Północnej, a nawet sporą część Europy, ciągnęło się pod Wiedeń. O sile mocarstwa mówią też skarby, które zobaczymy w pałacu Topkapi w Stambule. Obok ogromnych ilości złota i drogich kamieni są tu niezwykle cenne dla świata islamu relikwie: trzy jedwabne osłony Kaaby, rynny z Kaaby, miecz i łuk Mahometa, a nawet włos z brody proroka i odcisk jego stopy. Jak tu trafiły i czy były sprezentowane dobrowolnie?

Zastanawiały nas też rozbieżności kolorystyczne między kamieniami w Stambule (czarnozielone) i Mekce (czarno-brunatny). Czy może być aż taka różnica?

Ale żadne z nas nie wie, jak zachowa się kamień dotykany i całowany od czasów... Abrahama. Te w Turcji przynajmniej od kilkuset lat są zdecydowanie mniej narażone.

I kolejne pytanie — jak duży fragment przywieziono do Stambułu? Wycięto z niego w sumie sześć fragmentów i osadzono w ścianach w trzech różnych miejscach. Po cięciu musiały zostać kawałki i co się z nimi stało? Niemożliwe, aby zostały wyrzucone. Zresztą kto wie, może w Stambule są jeszcze jakieś miejsca, do których trafił Hadżar? Turcy najwyraźniej się nim nie chwala.

Więcej na: www.woreczko.pl



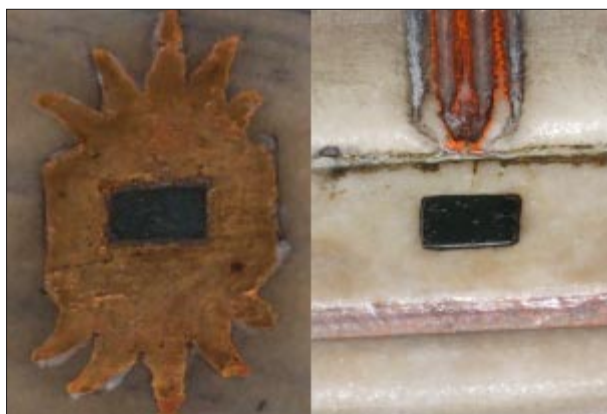
Fragment Black Stone nad wejściem do minbaru meczetu Sokollu Mehmed Pasza Camii



Fragment Czarnego Kamienia nad wejściem do meczetu Sokollu Mehmed Pasza Camii



Wadi dopięła swego — dotknęła Czarny Kamień



Powiększenia dwóch fragmentów Czarnego Kamienia. Tylko tej jakości fotografie udało nam się zrobić



Mauzoleum przy meczecie Sulejmana Wspaniałego. Czarny Kamień wmurowany w fasadę jako przypadkowy bohater zdjęcia... Warto było tu przyjechać!



Woreczko ze „żym strażnikiem” meczetu Sokollu Mehmed Pasza Camii



Jan Woreczko – z wykształcenia astronom, z zawodu informatyk. Pierwszy meteoryt kupił siedem lat temu i od tego czasu udało mu się zgromadzić jedną z większych kolekcji w Polsce. Każdą wolną chwilę poświęca na podróże i tworzenie strony o kamieniach z nieba www.woreczko.pl

Wadi – na co dzień dziennikarz specjalizujący się w tematyce wnętrz, designu i sztuki. W meteorytowym świecie dopiero od trzech lat, więc ostro nadrabia zaległości. Fanka pustynnych wyjazdów i historii meteorityki.

