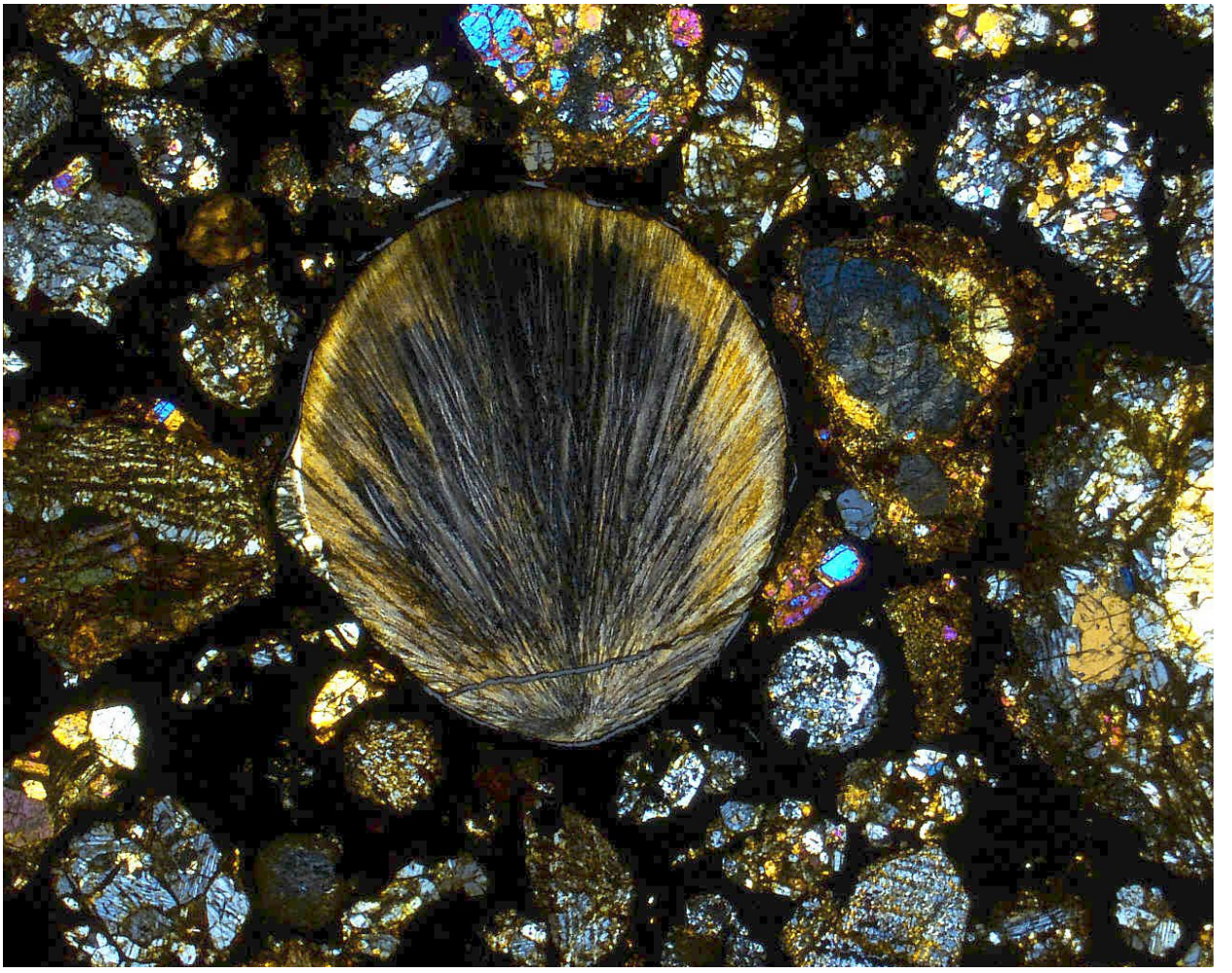
BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

# METEORYT

Nr 4 (96) Grudzień 2015 ISSN 1642-588X

## W numerze:


- Porównanie spadków Campo del Cielo i Morasko
- Chondry nieporfirowe promieniste piroksenowe
- Obecność wody w historii Marsa
- Gdzie spadł meteoryt Tennasilm?
- Spotkanie w Guciowie
- Ciekawe znaleziska Moraska
- Wyjątkowe okazy Pułtuska



**METEORYT**
**kwartalnik**
**dla miłośników meteorytów**

ISSN 1642-588X

Wydawca:
Olsztyńskie Planetarium
i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn
tel. (89) 533 49 51
opioa@planetarium.olsztyn.pl

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

Kwartalnik jest dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2016 roku 48 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto wydawcy nie zapominając o podaniu czytelnego imienia, nazwiska i adresu do wysyłki. Wydawca dysponuje także numerami archiwalnymi.

Redaguje i tłumaczy większość tekstów:
Andrzej S. Pilski
skr. poczt. 6
14-530 Frombork
tel. kom. 696 805 247
aspmet@wp.pl

Redakcja techniczna
i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Druk cyfrowy: Studio Martin,
Lidzbark Warmiński

***Okładka: Chondra promienista piroksenowa (RP) z chondrytu zwyczajnego typu L3.00, NWA 8276, światło przechodzące, skrzyżowane nikole (fot. Tomasz Jakubowski).***

***Wyżej: Nowe znalezisko z obszaru rozrzutu meteorytu Pułtusk — dwa pasujące do siebie okazy znalezione przez Piotra Kusia.***

## *Od Redaktora*:

*Przepraszam za rekordowe opóźnienie. Powód ten sam, co poprzednio: coraz większe trudności z zapełnieniem numeru. W końcu jednak się udało, za co dziękuję autorom. Tym razem na wdzięczność zasłużyli: niezawodna Agata Krzesińska, Wiesław Czajka, Tomasz Jakubowski, Piotr Kuś, Andrzej Owczarzak, Tadeusz Przylibski i Marek Woźniak (Jan Woreczko),. Do autorów musieli dołączyć także redaktorzy: Jacek Drążkowski i Andrzej S. Pilski. W ten sposób dobrnęliśmy do końca roku, z trzymiesięcznym opóźnieniem.*

*Rok zakończył się niestety smutnym wydarzeniem. 25 grudnia odszedł od nas na zawsze profesor Ryszard Kryza. Z powodu dzielącej nas odległości znałem Go głównie korespondencyjnie i dopiero w ostatnich latach mogłem poznać osobiście podczas wspólnej pracy nad meteorytami Morasko. Wciąż jestem pod wrażeniem Jego skromności, energii i chęci działania. Nigdy nie dał mi odczuć, że mam do czynienia z wybitnym profesorem, a gdy przy pisaniu wspólnej publikacji pojawiały się problemy, niestrudzenie podsuwał propozycje rozwiązań. Jego brak odczuliśmy natychmiast, gdy pojawiła się potrzeba zbadania nowego meteorytu i nie było już do kogo iść na mikrosondę. Więcej o Profesorze wewnątrz numeru.*

*Chciałbym zwrócić uwagę na ciekawy artykuł Wiesława Czajki. Wspominałem już w pierwszym tegorocznym numerze, że warto porównać deszcz Morasko z deszczem meteorytów Campo del Cielo oraz z meteorytem Whitecourt, ponieważ są to przykłady lądowania meteorytów na gruncie o podobnych właściwościach, jak w Morasku. Autor pokusił się o takie porównanie i wnioski wydają mi się godne rozważenia.*

*Polecam także doniesienia poszukiwaczy meteorytów. Cieszę się, że są szczęściarze, którym nie tylko udaje się znaleźć interesujące okazy, ale jeszcze chcą i potrafią podzielić się swymi sukcesami z innymi. Mam nadzieję, że inni poszukiwacze wezmą z nich przykład.*

*Do setnego numeru i 25 lat wydawania „Meteorytu" zostały jeszcze 4 numery i będziemy próbować je wydać, choć mam poważne obawy, czy nam się to uda. Oczywiście zależy to od autorów. Niedostatek materiałów nie oznacza jednak, że zgodzę się publikować cokolwiek. Nie chciałbym obniżyć poziomu, więc proszę o teksty, których autorzy mają coś ciekawego do powiedzenia i robią to w interesujący sposób. Tak jak do tej pory.*

*Warunki prenumeraty na rok 2016 nie ulegają zmianie. Rozważane jest udostępnienie wszystkich dotychczas wydanych numerów na modernizowanej stronie internetowej Olsztyńskiego Planetarium. Nie omieszkam poinformować, gdy się to uda.*

*Andrzej S. Pilski*

# Wybrane zagadnienia porównawcze spadków Campo del Cielo i Morasko

**Wiesław Czajka**

## Wprowadzenie

Deszcz meteorytów żelaznych *Campo del Cielo*[1] (prowincja Chaco, Argentyna), datowany na około 4500 lat wstecz, utworzył wzdłuż 18-kilometrowej osi ponad 20 kraterów (mapka patrz METEORYT 1(93) 2015, s. 25). Począwszy od XVI wieku znajdowane są w ich pobliżu nawet kilkunastotonowe okazy meteorytów. Ten wykopany w 1980 roku ważył ponad 30 ton. Meteoryty Campo del Cielo są tego samego typu, co Morasko, o bardzo podobnej strukturze, spadły na podobny grunt, więc mogą stanowić dobry materiał porównawczy dla analizowania deszczu Morasko. Tym, co decyduje o ważności spadku z Gran Chaco, jest dobrze udokumentowany kąt dolotu względem ziemi określany na 8°—9°. Dość płaski lot spowodował, że w momencie zetknięcia z gruntem zostały utworzone charakterystyczne formy terenu. Ich badanie przypada na okres po 1996 roku zgodnie z cyklem związanym z kolejnymi znaleziskami. Ostatnie z nich pochodzi z 2006 roku. Rzadkość tego rodzaju form geomorfologicznych przekłada się na skąpy ich opis w podręcznikach geologicznych. Generuje to różne problemy nomenklaturowe w definiowaniu zjawisk kolizji ciał kosmicznych z gruntem[2] ziemskim.

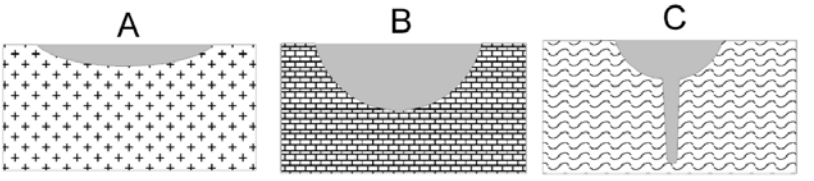
Uderzenie ciała kosmicznego zwykle wytwarza krater uderzeniowy (ang. *impact crater*). Problem w tym, że pojęcie to rozciąga się na wszystkie struktury utworzone przez uderzenie dowolnego ciała w powierzchnię Ziemi. Najlepszym tego przykładem są uderzenia bomb wulkanicznych, nawet znacznych rozmiarów, które w sposób niemal doskonały mogą imitować uderzenia ciał nadlatujących z Kosmosu. Dobrym tego przykładem jest krater uderzeniowy zarejestrowany 1 sierpnia 2004 roku podczas wybuchu wulkanu Asama[3] w Japonii. Miał on około 6 m średnicy, około 1m głębokości, zaś uderzenie utworzyło około półmetrowy wał wokół struktury.

Zdając sobie sprawę, że nie damy rady wyeliminować nieprecyzyjnych określeń zarówno z literatury polskiej, jak i zagranicznej, do celów niniejszego artykułu stworzymy najprostsze definicje tak, aby lepiej rozumieć zaproponowaną analizę porównawczą. Sprowadza się to do następujących skojarzeń. O ile uderzenie, to kolizja dwóch ciał, którą generalnie rządzi III zasada dynamiki Newtona, to eksplozja jest wynikiem wyzwolenia energii potencjalnej sprężonych gazów, co z kolei opisują prawa termodynamiki.

Jedno określenie „krater impaktowy" dla struktur utworzonych zarówno pierwszym, jak i drugim sposobem, wydaje się niewystarczające. Następstwa geologiczne ich powstania są zgoła odmienne. W zagadnieniu porównawczym Campo i Moraska szczególnie przydatne jest zdefiniowanie „małego krateru uderzeniowego" oraz „leja meteorytowego". Oba pojęcia należy postrzegać jako przejaw dynamiki newtonowskiej.

## Mały krater uderzeniowy

Małym kraterem uderzeniowym będziemy nazywać wklęsłe formy morfologiczne będące efektem dynamicznego oddziaływania ciała kosmicznego na grunt. Innymi określeniami dla tego rodzaju struktur mogą być: zagłębienia krateropodobne, doły (dołki) krateropodobne (ang. *crater-like pits*). Trzeba wyraźnie podkreślić, że ich powstawanie jest wynikiem zjawisk, w których energia ruchu ciała kosmicznego jest zbyt mała, aby zamienić się w energię skumulowanej fali uderzeniowej, która ma zdolność do spowodowania wybuchu sprężanego ośrodka. Zatem za mały krater uderzeniowy, bez względu na jego rozmiary, będziemy uważali wyłącznie ten utworzony impetem ciała kosmicznego[4].




***Rys. 1. Kształty małych kraterów uderzeniowych w zależności od skał podłoża (właściwości mechanicznych gruntu): A — podłoże krystaliczne; B — podłoże ze skał osadowych zdiagenezowanych; C — podłoże ze skał luźnych i niespoistych (piaski, gliny, rumosz i ich mieszaniny). Rysunek nie uwzględnia wielkości padającej bryły. [opr. autora]***

Mechanizm tworzenia tego rodzaju struktur polega na przekazywaniu energii kinetycznej ciała kosmicznego ziarnom tworzącym grunt. Bryła kosmiczna uderza w ziarna gruntu rozpędzając je. Te zaś, posiadając różne wektory prędkości, swą energię przekazują kolejnym ziarnom. Mate-

[1] Nazwa ta tłumaczona jest jako *Pole Nieba*.

[2] Grunt — utwór skalny krystaliczny, sypki lub spoisty rozpatrywany w inżynierii jako podłoże budowlane, także jako utwór przypowierzchniowy, do którego wniknęły meteoryty.

[3] Strona internetowa: http://volcano.si.edu/reports_bgvn.cfm?IssueYear=2004&IssueMonth=08 , ryc. 17, data wejścia 25 października 2015 r.

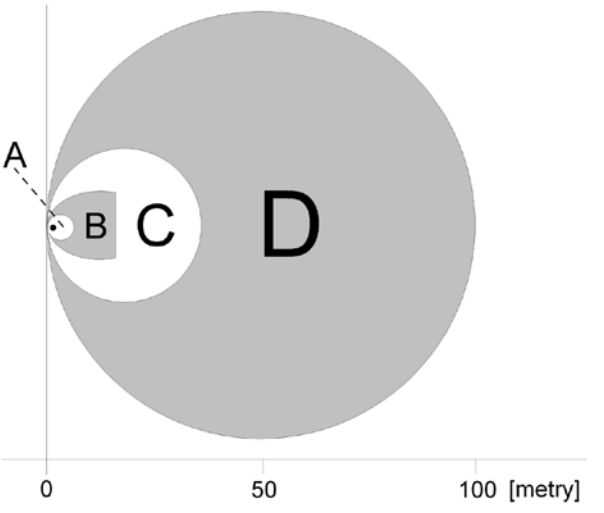
[4] Za ciało kosmiczne możemy uważać również bombę wulkaniczną, wynik procesu geologicznego.

ria przemieszcza się, zmienia swoje pierwotne położenie, otwierając przestrzeń w miejscu upadku. Tworzy się nowa struktura morfologiczna — mały krater. Przemieszczony (wyrzucony) materiał tworzy depozyt zarówno we wnętrzu struktury, jak i poza nią. Są to nazywane z angielska „*ejecta*". Ejekta małych kraterów meteorytowych nie noszą cech zniszczenia wewnętrznego ziaren, cechuje je niski pozom zszokowania[5].

Należy zwrócić uwagę na to, że dynamiczne procesy takich spadków odbywają się na głębokościach nie większych niż kilka metrów. Mają miejsce w warstwie powierzchniowej skorupy ziemskiej będącej warstwą gleby oraz jej skały macierzystej, najczęściej zbudowanej jako stosunkowo luźny osad typu piasek, glina, kamienie, rumosz, bądź ich mieszaniny.

Aby dopełnić obraz analizy dodajmy, że istnieją grunty jeszcze mniej zwarte, na przykład torfy, namuły, których skrajnym przypadkiem jest warstwa wody. Te przypadki, jako wyjątkowo specyficzne, pominiemy w naszych rozważaniach, choć „chlupnięcia" meteorytów zdarzały się częściej niż wszystkie pozostałe przypadki. Niestety nie pozostawiają one śladów na powierzchni Ziemi. Bez bezpośredniej obserwacji upadku ich tropienie jest niemożliwe.

W najtwardszych gruntach skalistych proces tworzenia się małego krateru uderzeniowego, choć przebiega gwałtownie ze znacznym wyzwoleniem energii, trudno porównywać z kraterami wybuchowymi. Takie kratery mają kształt płytkich mis, ze znaczną ilością rozkruszonego materiału, ale dynamika zjawiska jest zbyt mała, aby wywołać w materiale kraterowym efekty szokowe wyższych ciśnień. Dla ilustracji tego przypadku wykorzystamy krater Kaali z estońskiej wyspy Sarema o średnicy zaledwie 110 m. Utworzony w podłożu paleozoicznych skał osadowych nosi już cechy krateru wybuchowego, choć materiał poddany presji uderzenia znajduje się jeszcze na niskim poziomie zszokowania. Wytworzona fala uderzeniowa musiała być jednak potężna, gdyż potencjalny sprawca, oktaedryt o wadze około 450 Mg[6], rozsypał się na kawałki, a największy dotychczas znaleziony okaz ma zaledwie 30 g [VESKI S. i inni, 2001]. Reszta przeszła do środowiska jako pył metaliczny. W literaturze przedmiotu krater Kaali z nominacji historycznej uważany jest za krater wybuchowy, natomiast z definicji wybuchu, poza falą uderzeniową nie wskazano ośrodka prężności gazów, które stanowią elementarny czynnik eksplozji. Wymienioną wyżej falę uderzeniową wywołał jedynie pęd meteoroidu, dlatego, biorąc pod uwagę definicję wybuchu, krater Kaali nie powinien być traktowany jako krater wybuchowy. W każdym razie jest to dyskusyjne. To nie wybuch rozbił niemal na pył żelazną bryłę kosmiczną. Wyjaśnieniu tego problemu nie pomaga luka w piśmiennictwie dotycząca ważnego, nie analizowanego czynnika, jakim jest temperatura wewnętrzna meteoroidu. Jest ona ciągle bliska tej panującej w przestrzeni kosmicznej, nieco powyżej zera bezwzględnego. Ciało takie jest tak kruche, jak róża zanurzona w ciekłym azocie pokazywana nierzadko w czasie licznych współcześnie spektakli popularyzujących nauki fizyczne. Zamrożony kwiat po uderzeniu rozsypuje się na setki fragmentów. Podobny proces towarzyszy rozbijaniu niemal na pył meteoroidów uderzających w „twarde podłoże". Czas trwania przelotu w środowisku ziemskim (atmosfera i litosfera) jest tak krótki, że jeśli obiekt dociera do gruntu (nie rozpadł się) posiada ciągle kruchość przynależną ciałom przemrożonym. Kluczem tego rodzaju rozpadu jest prędkość obiektu w końcowej fazie lotu. Jeśli jest ona większa od 6000 m/s, to odpowiada to prędkości detonacji[7] materiałów wybuchowych typu trotyl, używanych do niszczenia konstrukcji stalowych. Podczas uderzenia przez bryłę przechodzi szybki niszczący impuls objętościowy (fala detonacyjna). Wielkość odłamków zależy od energii (prędkości) pocisku. Prawdopodobnie meteoryty z Campo, oraz największy znany meteoryt Hoba, podczas spadania (uderzania) nie osiągnęły takich wartości, dlatego nie uległy roztrzaskaniu. Prędkość taką mógł za to osiągnąć meteoroid z Whitecourt. W 2007 roku odkryto mały krater uderzeniowy w Kanadzie, w prowincji Alberta, niedaleko miasta o wymienionej wyżej nazwie. Wewnątrz wybitego kolistego zagłębienia o średnicy nieco ponad 36 m oraz w najbliższym otoczeniu (do 500 m) znaleziono ponad 4000 szrapneli oktaedrytów. Największy z nich miał niecałe 0,5 kg, zaś 95% z nich miało mniej niż 100 g. Najciekawsze jest jednak to, że oprócz znalezisk zdeformowanych (rwanych z calizny bryły), można wyróżnić ostrosłupowe okazy rozbite wzdłuż ścian krystalizacyjnych oktaedrytu [NEWMAN 2014]. O ile pierwsze mogą pochodzić z warstwy ogrzanej przelotem, o tyle te drugie z zimnego jeszcze wnętrza. Ich utworzenie można przypisać przejściu fali uderzeniowej o prędkości detonacji potrzebnej do zniszczenia struktury żelazoniklu, która odpowiada prędkości więcej niż 400 m/s. Prędkość detonacji dla trotylu (TNT) wynosi 6900 m/s (6 km/s), co odpowiada mniejszym prędkościom meteoroidów docierających do Ziemi.




***Rys. 2. Proporcje wielkości kraterów uderzeniowych o których mowa w artykule: czarna kropka — potencjalny rozmiar krateru dla meteorytu MeMorSS w Morasku; A — wulkaniczny krater uderzeniowy, Asama, Japonia; B — symetryczny osiowo krater 13 Campo del Cielo; C — krater Whitecourt; D — krater Kaali, największy kocioł w Morasku. [opr. autora]***

[5] Stopień zszokownia — zespół cech ciała stałego wyróżnianych na podstawie oddziaływania sił zewnętrznych, szczególnie krótkotrwałego ciśnienia fali podłużnej (akustycznej).

[6] 1 Megagram odpowiada 1 tonie

[7] Detonacja — przejście fali uderzeniowej (akustycznej), której prędkość wynosi

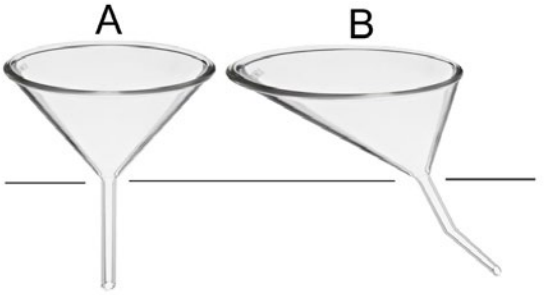
ści meteoroidu w końcowej fazie lotu. Oktaedrycznych szrapneli z Moraska jak dotąd nie opisano.

Krater Whitecourt wybity jest w czwartorzędowych osadach lodowcowych. Jest to niemal wzorcowy model małego krateru uderzeniowego, w którym ciało kosmiczne w kontakcie z gruntem ziemskim nie tylko wybiło nieckę, ale dezintegrując się zdeponowało w najbliższym otoczeniu swój rozerwany materiał.

W postawionym zadaniu porównawczym spadków: Campo i Morasko, przypadek Kaali został przytoczony ze względu na geometryczny rozmiar krateru, odpowiadający największemu zagłębieniu bezodpływowemu w rezerwacie Morasko (uważanemu przez niektórych za krater meteorytowy), zaś Whitecourt z powodu podobieństwa genetycznego miejscowych osadów, do tych znajdujących się na morenie moraskiej. Cechy te omówione zostaną w dalszej części artykułu.

Kontynuując rozważania dotyczące interakcji meteoroidu z gruntem ziemskim zauważmy, że o ile w gruntach skalistych ruch ciała kosmicznego przerywa zwarte podłoże (Kaali), o tyle w gruntach luźnych jego ruch nie musi od razu być zakończony. Rozpędzona bryła ma szansę dalszego lotu w gruncie. Nam się wydaje to przeszkodą, lecz dla „kosmity", ze względu na jego impet, ciągle jest to ośrodek przenikliwy. Porowatość i plastyczność gruntu wygasza energię meteorytu, zatrzymując go. To tak, jakby rzucić kamieniem w warstwę błota.

W przypadku takim nie występuje typowa dla ośrodków sprężystych drgająca fala uderzeniowa. Grunt ulega jedynie rozepchnięciu, budując strukturę morfologiczną, którą najlepiej określają słowa „lej meteorytowy". Na jego końcu zawsze znajduje się meteoryt.



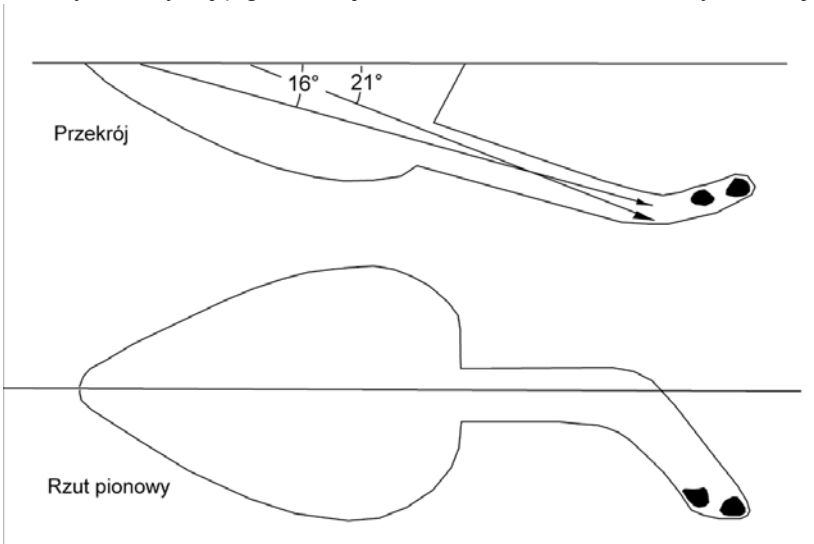

*Rys. 3. Lejek jako idealny model małych kraterów uderzeniowych z lejami meteorytowymi: górna część lejka imituje nieckę krateru; część dolna to właściwy lej meteorytowy. A — lej prosty, pionowe zagłębianie obiektu; B — lej skośny, zakrzywienie odpowiada penetracji wzdłuż najsłabszych warstw. [opr. autora]*

## Lej meteorytowy

Lej meteorytowy, całkiem często nazywany jest kanałem wlotowym (ang. *funnel*). Z punktu widzenia definicji geologicznych lepszym jest określenie pierwsze, uwzględniające rozmiary i proporcje tych dosyć nieforemnych struktur. Pojecie „kanał wlotowy" lubiane jest szczególnie przez kryminalistykę, w której kanałem jest proporcjonalnie długie, owalne w przekroju zniszczenie ośrodka przez penetrujący pocisk.

Kształtowanie się leja rozpoczyna się wtedy, gdy ciało kosmiczne ma dostateczną energię, aby nie zatrzymane twardym podłożem kontynuować lot w gruncie. Uderzane ziarna ośrodka, ze względu na ich tłumienie (spowalnianie), nie są w stanie dostatecznie się rozpędzić. Grunty spoiste i sypkie, takie jak piaski, gliny czy rumosz, a także ich naturalne mieszaniny, zawierają puste przestrzenie. Podczas otwierania drogi przez przemieszczający się meteoroid pustki te są zagęszczane, a domieszka wilgotnej frakcji ilastej działa jak naturalny smar. Po przejściu obiektu następuje reakcja odprężenia i wtórnego zaciskania gruntu. Uzyskana w ten sposób mieszanina jest jednak dużo luźniejsza, mniej zagęszczona niż grunt naturalny. Leje meteorytowe najczęściej wypełnione są skałą macierzystą z rumoszem powstałym w trakcie ich tworzenia, jeśli warunki ku temu sprzyjają. Rumoszu takiego nie znajdziemy na przykład w iłach lub lessach, natomiast w glinach zwałowych rozkruszonej materii już powinno się szukać.

Leje meteorytowe, te subtelne, nie zawsze widoczne wprost struktury, cechują się wydłużonym kształtem o średnicy zbliżonej do średnicy padającej bryły. Na początkowym odcinku zachowują one pierwotny kierunek lotu ciała kosmicznego. Potem ze względu na cechy mechaniczne ośrodka oraz własny kształt i rotację meteoroidu, są rozwijane w kierunku warstw o najsłabszym oporze gruntu. Pędząca bryła może ślizgać się poziomo, po gęstszym ośrodku, a nawet odbić się od niego, podnosząc w pionie swe położenie. Taki przypadek zauważono w jednym z argentyńskich kraterów. Ze względu na skryty charakter tych struktur, ich badanie wymaga szczególnej wiedzy i dyscypliny wykonawczej.




*Rys. 4. Bezskalowy szkic leja meteorytowego w kraterze nr 9 wykonany na podstawie obserwacji z krateru nr 10 z Campo del Cielo [CASSIDY, RENARD 1996]. Szkic ukazuje złożoność struktury, jednocześnie sygnalizuje ostrożność z jaką należy podchodzić do wydobywania meteorytu. W kraterze nr 9 podczas kopania pewne dane utracono, stąd jedynie przedstawiona interpretacja.*

## Leje meteorytowe z Gran Chaco

Spadek Campo del Cielo zajmuje szczególne miejsce w badaniu formowania się małych kraterów uderzeniowych, gdyż należą one do największych znanych i przebadanych impaktów z utworzonymi lejami mete-

orytowymi. Istotnym czynnikiem ich tworzenia był grunt, na tyle „elastyczny", że był w stanie wygasić prędkość wielotonowych brył żelazoniklu, nie rozbijając ich. Leje powstały w tak zwanych ziemiach laterytowych (czerwonoziemach), czyli silnie zażelazionych równinnych osadach lessopodobnych. Czerwonoziemy ścielą się przez starą równinę Niecki Patagońskiej, na której proces tworzenia się gleb rozpoczął się miliony lat wstecz i trwa do dzisiaj w prawie niezmiennych warunkach. Miąższość tego rodzaju osadów sięga kilku metrów. Gdybyśmy mieli grunty te porównywać pod względem mechanicznym do tych występujących w Polsce, to byłyby to gliniaste lessy o lekkim zawilgoceniu. Podobne osady, lecz z większą częstością występowania piasków i żwirów, tworzą morenę moraską. Dominującym czynnikiem tworzącym południowoamerykańskie osady powierzchniowe był deszcz i wiatr; w Wielkopolsce lód i spływająca woda. Mimo tych różnic w obu przypadkach skutki ewentualnego uderzenia meteoroidu w miejscowy grunt powinny być bardzo podobne.

Mówimy o „uderzeniach", gdyż *Campo* nie „spadał" w powszechnym rozumieniu tego słowa. Pędził z prędkością niemal kosmiczną. Mimo to powstałe kratery są bardzo słabo zaznaczone w terenie. Mają genetycznie stosunkowo płytki charakter, a wraz z upływem 4000 lat zostały przykryte przez pyły przewiewane nad Niecką Patagońską. To naturalne maskowanie powodowało trudności w ich lokalizowaniu od ponad 60 lat. Pewnie nie o wszystkich jeszcze wiemy.

W niniejszym artykule na przedstawienie zasługują kratery o numerach 10, 13 i 17 [WRIGHT i inni, 2007], ponieważ znaleziono w nich meteoryty. Znalezienie ich w terenie nie było sprawą łatwą. Utworzone struktury morfologiczne są nie większe niż 30 m, dosyć płytkie, z bardzo słabo zaznaczonymi podniesionymi krawędziami, bez wyraźnego osadu typu *ejecta*. Kratery charakteryzuje symetryczność osiowa ze względu na mały kąt, pod jakim uderzały poszczególne bryły, kształtowana współcześnie słabym wałem. Samo wskazanie potencjalnego miejsca spadku było potwierdzane bardzo skrupulatnymi badaniami magnetycznymi. Anomalie potwierdzały obecność rozproszonych

| | krater 10 | krater 13 | krater 17 |
|---|---|---|---|
| Rok wydobycia meteorytu | 1972 | 2005 | 2006 |
| Długość leja (aktywnej penetracji przez meteoroid) | 3 0 m | >5() m ? | 24 m |
| Głębokość zalegania meteorytu | 6 m | 7,6 m | 4,6 m |
| Masa wydobytego meteorytu | 36000 kg | 14850 kg | 7850 kg |
| Kąt padania | 8° | 8° | 11° |
| Azymut nalotu meteoroidu liczony od północy N | N75°E | N64°E | N56°E |

***Tabela 1 Parametry wybranych kraterów z lejami meteorytowymi [WRIGHT i in. 2007]***

ferromagnetyków w zasięgu struktur krateropodobnych. Badania terenowe nie tylko zaowocowały wydobyciem „kosmicznych gigantów", ale doprowadziły do stwierdzenia obecności lejów meteorytowych, na podstawie których można wnioskować o całym zjawisku, a także o scenariuszu wydarzeń z Moraska.

## Czy największe zagłębienie bezodpływowe w Morasku może być małym kraterem uderzeniowym?

Zadane pytanie zawiera w treści założenie, że największy kocioł moraski nie jest „dużym kraterem meteorytowym", czyli wybuchowym. Zawarte w poprzednim zdaniu założenie jest zasadne, gdyż pomimo 100 lat badań nie zostały odkryte żadne przesłanki lub dowody charakterystyczne dla kraterów uderzeniowych tego typu [porównaj Kosinski 2011]. Stąd konkluzja: jeśli nie duży to może mały, czyli bez zjawiska klasycznego wybuchu. W artykule powyżej omówiono szereg przypadków małych kraterów uderzeniowych i od nich przyjęto modele, które nazwiemy typ Kaali, typ Whitecourt oraz typ lej meteorytowy z Campo.

Rozmiary i głębokość największej struktury morfologicznej w Morasku odpowiadają kraterowi Kaali, który uznaliśmy w swych rozważaniach za graniczny, zatem porównanie obu tworów można przedyskutować. Pierwszą zasadniczą różnicą obu przypadków jest rodzaj skał budujących podłoże struktur. „Saremska niecka" pod nieznaczącą warstwą luźnych osadów lodowcowych ma silnie zdiagenezowane[8], stare wapienie sylurskie[9], zaś moraski kocioł utworzony jest w glinach czwartorzędowych i iłach trzeciorzędowych. Zadajmy pytanie, czy ciało niebieskie z Kaali byłoby w stanie w osadach moraskich wykonać podobną strukturę. Okazuje się, że w warunkach powietrznosuchych gliny i iły typowe dla Wielkopolski są niezwykle odporne na działanie mechaniczne, odpowiadające gruntom skalistym, czyli tym z Estonii. Uderzenie ciała kosmicznego w taki grunt powinno mieć wtedy skutki podobne do tych z Kaali. Analogie lub ich brak powinny być następujące:

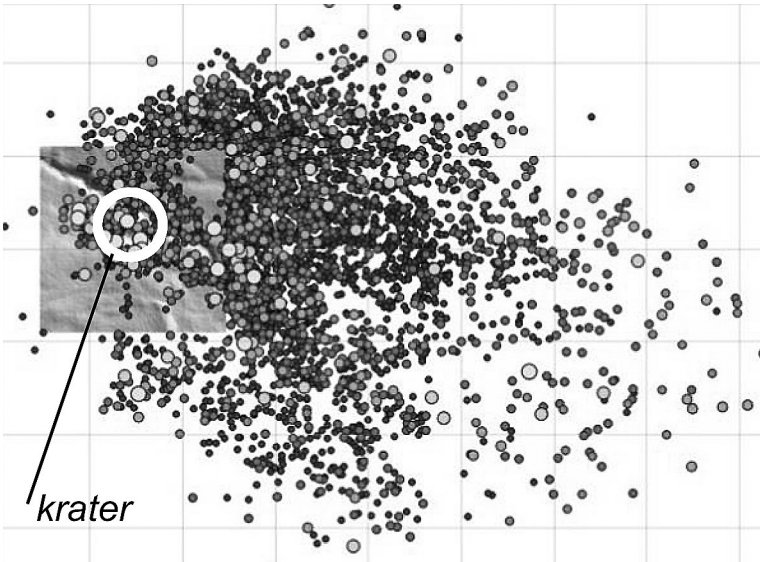
1. Masa kosmiczna powinna pod wpływem uderzenia rozsypać się (rozprysnąć się) na drobne kawałeczki. Sytuacja w Morasku jest w tej materii wyjątkowo złożona. Liczne fragmenty meteorytów różnej wielkości jednak się znajduje, ale ich rozkład nie tworzy charakterystycznej chmury, jak np. w kraterze Whitecourt i w większości nie są one szrapnelami. Zatem nic nie wskazuje, aby podpoznańskie znaleziska meteorytów były związane ze tą strukturą. Najlepiej o tym świadczy miejsce znalezienia meteorytu Rudy[10] w ścianie już istniejącego zagłębienia. Zatem jego spadek, musiałby być poprzedzony utworzeniem się największego zagłębienia, co samo w sobie jest sprzeczne. Żadne obserwacje nie potwierdzają takiego scenariusza.
2. W moraskim rezerwacie brak jest jakichkolwiek naruszeń struktury gruntu (warstw skalnych) odpowiadających tym w Kaali. Fala uderzeniowa powinna odspajać duże płaty twardoplastycznych glin i iłów, pomiędzy które powinna być wciśnięta mieszanina tychże skał. Takich przemieszczeń w Morasku próżno szukać. Niezgodność geologiczna w tak zwanych „wałach uderzeniowych"[11], gdzie na młodszych osadach leżą starsze, nie nosi cech gwałtownego działania fali uderzeniowej, a jedynie wskazuje na przemieszczanie mieszaniny wodnej miejscowych skał z separacją dużych głazów, które

[8] Diageneza — proces wiekowego zagęszczania skał osadowych.

[9] Sylur — trzeci okres ery paleozoicznej, zakończył się około 400 mln lat temu.

[10] Waga 164 kg, rok znalezienia 2006.

[11] Według opisu Pokrzywnickiego; „kołnierzy" [porównaj CZAJKA 2015a].




*Rys. 5. Obraz rozkładu znalezionych meteorytów wokół krateru Whitecourt [NEWMAN 2014].*

pozostały w dnie kotła. Procesy takie towarzyszą recesji lodowca. Podkreślmy, w skałach moraskich brak jest jakichkolwiek oznak dynamiki zjawiska charakteryzującego estońską katastrofę kosmiczną, co potwierdzają nie tylko obserwacje powierzchniowe, ale i wiercenia geologiczne [porównaj STANKOWSKI 2010].

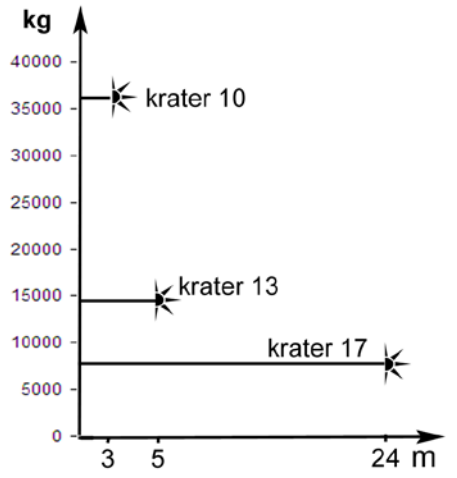
Jak zauważamy, największe zagłębienie bezodpływowe w rezerwacie moraskim nie może być kraterem uderzeniowym typu Kaali. Do podobnych wniosków dojdziemy rozpatrując typ Whitecourt. Przejdźmy zatem do typu „lej meteorytowy z Campo". Uznajmy, że gdyby w Morasku w podłożu występowały warunki wilgotnościowe (np. znaczne ilości opadów), w których gliny i iły uplastyczniały się, osłabiając własności mechaniczne gruntu, mogły zaistnieć warunki do pełnego rozwinięcia się małego krateru meteorytowego z lejem meteorytowym. Byłby to jednak niezmiernie ciekawy przypadek. Uderzające ciało niebieskie nie rozbija się, lecz penetruje w głąb skał, wygaszając własną energię. Byłoby nie lada gratką, gdyby taki obiekt spoczywał gdzieś w morenie moraskiej. Ten tryb myślenia przyjęli już eksploratorzy krateru Barringera w Arizonie w XIX-tym wieku, ponieśli niestety porażkę. Nie potrafili sobie wyobrazić skali tamtego wybuchu. Podobnie jest w Morasku, z tym, że zwolennicy teorii kraterów, nie są w stanie sobie wyobrazić, jaki on musiałby być, aby utworzyć największy kocioł. Kluczem jest proporcja struktur. Korzystając z opisanych rozmiarów lejów meteorytowych z Campo, przy średnicy niecki moraskiej rzędu 100 m, średnica leja znajdującego się pod nim musiałaby być szacowana na około 20 m, zaś któraś z diagonalnych[12] meteoroidu znacznie powyżej 10 m. Tu już nie ma żartów, waga takiego kolosa odpowiada wadze dziesiątek tysięcy ton. Nie potrzeba wielkiej wyobraźni, żeby zdać sobie sprawę, że taka bryła wywołałaby potężny kataklizm, którego ślady obserwowalibyśmy na co dzień. Sprzeczność sama jest w sobie. Takiej bryły nie byłby w stanie wyhamować nawet najbardziej plastyczny grunt podpoznańskich wzgórz.

## Czy pozostałe zagłębienia bezodpływowe w Morasku mogą być małymi kraterami z lejami meteorytowymi?

Kontynuując rozważania na temat mniejszych kotłów z rezerwatu Morasko jako kraterów meteorytowych, warto je porównać do krateru uderzeniowego Whitecourt, utworzonego w podobnych gruntach polodowcowych. Jego średnica około 36 m przy głębokości 6 m odpowiada mniejszym strukturom z Moraska. Tym co szczególnie go wyróżnia, jest wielka liczba znalezisk drobnych meteorytów, o kształtach szrapneli, integralnie związana z tą strukturą. Wniosek z tego płynący wskazuje na rozpad (rozpryśnięcie) się metoroidu pod wpływem uderzenia. Wyzwolona fala wytworzyła nieckę i spowodowała dezintegrację pocisku kosmicznego. Obserwacje znalezisk z rezerwatu moraskiego nie dają żadnych sygnałów świadczących o tym, że wokół mniejszych zagłębień bezodpływowych istnieje chmura odłamków tak charakterystyczna dla przywołanego wyżej przypadku Whitecourt. Koncentracje meteorytów moraskich znajdują się kilkaset metrów od kotłów, a ich rozkład trudno z nimi skojarzyć. Pomimo wielu lat badań takich związków nie wykazano. Nie ma żadnych przesłanek, aby koncentracje te stanowiły integralną część zagłębień.

Oceńmy, czy mogą to być jednak kratery z lejami meteorytowymi, a na ich dnie spoczywają meteoryty jak w przypadku Campo. Wielkość moraskich kotłów odpowiada strukturom z Gran Chaco. Grunty w obu lokalizacjach mają pod względem mechanicznym podobne własności. Zanim poszukamy odpowiedzi na te pytania, zauważmy jednak zasadnicze różnice w strukturach morfologicznych z półkuli zachodniej i wschodniej. Amerykańskie posiadają symetrię osiową, zagłębienia moraskie są idealnie okrągłe, choć dla pieszego obserwatora uwzględniającego zróżnicowaną rzeźbę może się to wydać złudne. Podłużny charakter kraterów Campo wynika z małego kąta padania oscylującego pomiędzy 8° a 11°, a meteoryty giganty leżały poza powierzchniowym obrysem struktur. To ważna przesłanka. W przypadku kotłów moraskich ich kolisty charakter mógłby wskazywać na prawie pionowe uderzenie. Potencjalne znaleziska powinny zatem znajdować się w obrysie struktur. I tu występuje sprzeczność objawiająca się w budowie geologicznej zagłębień. W ich dnach nie zaobserwowano zmian warstw geologicznych poniżej poziomu ich wykształcenia [STANKOWSKI 2010], tak jak zostało naruszone podłoże w przestrzeni rozwoju lejów w kraterach Campo. W miejscach wydobycia amerykańskich gigantów przekrój zmian na początku leja miał wartość około 1,5 średnicy znalezionych meteorytów. Ich fizyczna wielkość to od około 3 do 5 metrów. Oznacza to, że jest mało prawdopodobne, aby je pominięto podczas prac badawczych w zagłębieniach moraskich. Ich tam po prostu nie ma. Ponadto źródła opisujące struktury moraskie nie odnoszą się do faktu występowania w ich dnach licznych głazów lodowcowych, o średnicach

[12] Diagonalna — jedna ze średnic bryły nieregularnej.




***Rys. 6. Wykres ilustrujący odcinki penetracji (długości leja właściwego) [w m] w zależności od masy [w kg] wybranych kraterów z Campo del Cielo [opr. autora na podstawie WRIGHT i in. 2007]. Zagłębienie w grunt największego znanego meteorytu Hoba odpowiada najpłytszemu i największemu z Campo (krater 10).***

nawet do pół metra. W dyskusjach słownych towarzyszących spotkaniom środowiska meteorytowego sugeruje się, jakoby ich obecność była wynikiem zrzucania ich przez miejscową ludność. Proste wyjście w teren i sprawdzenie tego faktu wskazuje jednoznacznie, że większość z nich stanowi materiał *in situ*[13]. Wyobrażając sobie uderzenie meteorytu w takie głazy możemy łatwo wyciągnąć wniosek, że w poszczególnych zagłębieniach powinniśmy znajdować roztrzaskane ich fragmenty, tak jak znajdujemy rozerwane meteoryty. Jak powszechnie wiadomo takiego rozbitego materiału w Morasku nie znaleziono, choć prawdopodobieństwo ich pojawienia się powinno być tożsame z rzadkimi, ale jednak znajdowanymi meteorytami.

O ile kotły moraskie, jak wynika z porównań, nie mogą być strukturami wytworzonymi przez ciała kosmiczne, o tyle małe kratery z lejami meteorytowymi gdzieś w Morasku są lecz nie zostały zidentyfikowane, zachowując swój dyskretny charakter.

## Jak w Morasku wyglądają leje meteorytowe?

Odpowiedź na tak zadane pytanie na dzień dzisiejszy nie istnieje, choć niewątpliwie gdzieś się one zaznaczyły. Znalezienie meteorytów, chronologicznie: Rudego, MeMorSSa[14] i Boboli[15], nie potwierdziło ich obecności w miejscu ich kopania, bezpośrednio w przestrzeni nad ich wystąpieniem.

Przypatrzmy się bliżej lejom z Campo. Na ich podstawie wyznaczono mały kąt, pod jakim uderzały poszczególne bryły meteoroidu. Ciekawsza jest jednak zależność długości leja (odcinka penetracji) od masy bryły. Zależność jest prosta, im większa bryła, tym lej jest krótszy. Wiadomo, że dla ciała przemieszczającego się w powietrzu opór rośnie wraz z kwadratem prędkości. W luźnym gruncie jest podobnie, z tym, że występują tu dodatkowe czynniki, takie jak rotacja, kształt bryły, opór ośrodka. To one decydują o długości leja. Najważniejsze jest jednak to, że w Gran Chaco widać to zróżnicowanie w zależności od masy bryły.

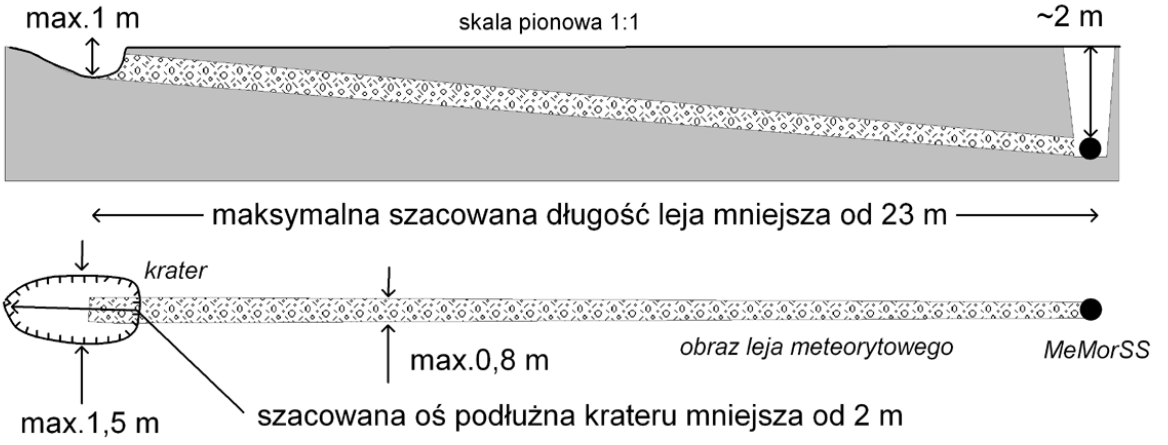
Wkraczając ponownie do Wielkopolski zwróćmy uwagę na dwa czynniki, które mogą wpływać na kształtowanie się tam lejów meteorytowych. Pierwszym z nich jest koncepcja bolidu wielkopolskiego, w której meteoryty moraskie doleciały pod bardzo niewielkim kątem, nawet 5° w fazie przyziemnej, oraz znajdowanych tam maksymalnych mas, około 100 razy mniejszych od tych z Campo. Dodajmy do tego, że największy znaleziony meteoryt MeMorSS został wydobyty z około 2 m[16]. Konstatując całość, możemy wyciągać następujące wnioski:

1. Leje meteorytowe w Morasku prawdopodobnie mają mocno ukośny charakter, co jest przyczyną ich niedostrzegania podczas pionowego wkopywania się czasie wydobywania największych meteorytów. Jednocześnie mają one subtelny, dyskretny charakter, którego przyczyną są niewielkie, w porównaniu z Campo, rozmiary naszych meteorytów.
2. W już odkrytych miejscach deponowania meteorytów MeMorSS i Bobola odcinki penetracji w lejach mogą sięgać nawet kilkunastu metrów, co sugeruje obserwacja krateru 17 z Campo. Nie znamy miejsca wydobycia Boboli, jednak zakładamy, że wydobyty został z miejscowego wypłaszczenia podobnego jak w miejscu znalezienia MeMorSSa. [porównaj CZAJKA 2015b]
3. Ze względu na znaczną prognozowaną długość lejów tor, które tworzą, nie musi być liniowy, ale podążać warstwami gruntu o najmniejszym oporze, tak jak miało to miejsce w kraterze nr 12 z Campo. Głębokość zalegania w takich przypadkach może być bardzo różna.
4. W lejach meteorytowych powinna być znajdowana materia organiczna na podstawie której można datować spadek, tak jak uczyniono to w Campo. W warunkach Moraska materii organicznej powinno być wystarczająco dużo ze względu na lesiste pokrycie terenu w okresie ostatnich paru tysięcy lat.
5. Porównując przypadki z Campo, wytworzona przez największe meteoryty z Moraska (Rudy, MeMorSS, Bobola) część kraterowa (miejsce wnikania meteorytu w grunt), musiała być niewielka. Maksymalna średnica tych struktur to 1,5 m. Miejsc tych dzisiaj nie jesteśmy w stanie pokazać. Nie oznacza to, że nie powinno się prowadzić obserwacji w tym zakresie. Sprawny obserwator, terenowiec, znawca osadów czwartorzędu ma szansę typować takie miejsca do weryfikacji.

## Podobieństwo spadków Morasko i Campo del Cielo

Wydaje się, że spadki Campo i Morasko noszą wiele podobieństw, choć różnice mas poszczególnych odkrywanych fragmentów materii pozaziemskiej są znaczne. Istotą podobieństwa jest rozpad meteoroidu Campo del Cielo po wejściu w atmosferę ziemską, tak jak stanowi hipoteza wskazująca również na rozpad atmosferyczny naszego gościa z Kosmosu. Kluczową przesłanką do takiego wniosku jest nowe spojrzenie na zjawisko w Morasku w kontekście modelowego krateru Whitecourt, któremu towarzyszy wyraźnie zaznaczona chmura znalezisk małych okazów z rozpryśniętego meteoroidu. Statystyczny rozkład ich wielkości (mas) sugeruje, że kompletna bryła dotarła do powierzchni Ziemi i dopiero uderzając w grunt została rozbita, deponu-

[13] W geologii *in situ* (na miejscu) oznacza, że dana skała nie ulegała przemieszczeniu po jej osadzeniu lub zdeponowaniu.
[14] Waga 261kg, rok znalezienia 2013
[15] Waga 174 kg, rok znalezienia 2015
[16] Głębokość znalezienia Boboli jest autorowi nie znana.




***Rys. 7. Prawdopodobne parametry leja meteorytu MeMorSS. Należy zwrócić uwagę na subtelny charakter struktury, trudny do zauważenia i łatwy do zniszczenia w przypadku nieumiejętnego jej badania.***

jąc chmurę jednorodnych odłamków, tuż za kraterem. Analizując obszar pod Poznaniem nie jesteśmy w stanie potwierdzić podobnego scenariusza. Być może, któryś z uderzających fragmentów Moraska uległ rozbiciu jak ten Whitecourt. Obecnie znany rozkład znalezisk i morfologia terenu jednak na to nie wskazuje.

W Morasku możemy mówić jedynie o małych kraterach z lejami meteorytowymi, towarzyszących meteorytom Rudy, MeMorSS i Bobola, choć ich części kraterowe mają charakter dyskretny, nie zweryfikowany jeszcze szczegółowymi badaniami geologicznymi. Na równinach Gran Chaco tworzyły się zarówno małe kratery z lejami meteorytowymi, jak i małe kratery meteorytowe, traktowane jako wybuchowe, ale mające cechy krateru Whitecourt. Wydaje się, że jest to jedyna istotna różnica w spadkach Campo i Morasko, przy czym wynika ona z wskazanej wcześniej większej masy argentyńskiego meteoroidu.

Przypadek Campo del Cielo, wraz ze znajdowanymi olbrzymami oktaedrytów, pokazuje, że oddziaływanie uderzającej masy, która nie jest w stanie wytworzyć dostatecznej fali uderzeniowej, daje niewielkie przestrzennie rozmiary kraterów. Jeszcze mniej materii kosmicznej znajdujemy w Morasku, co potwierdza, że kotły moraskie z rezerwatu, ze względu na ich stosunkowo duże rozmiary, nie mogą być z założenia uderzeniowymi. Ich wielkość przekracza te z Campo i Whitecourt. Wodnolodowcowa geneza kotłów moraskich lepiej tłumaczy ich wielkość, jako tworów wielkich przepływów [CZAJKA 2015a].

Obecnie, najwyższym priorytetem powinno być przebadanie metodami archeologicznymi miejsc znalezienia meteorytów MeMorSS i Bobola pod względem prześledzenia tamtejszych lejów meteorytowych. Ich wystąpienie jest niemal pewne, a ich przeanalizowanie może otworzyć przed nami kolejne tajemnice Moraska.

**Minimalna podstawowa literatura dotycząca przedstawionego tematu.**


CASSIDY W.A., RENARD M.L., 1996: *Discovering research value in the Campo del Cielo, Argentina, meteorite craters*, Meteoritics & Planetary Science 31,433-448 (1996)

CZAJKA W., 2015a: *Mechanizm tworzenia się zagłębień bezodpływowych na morenie moraskiej, tak zwanych „kraterów meteorytowych”*, kwartalnik METEORYT 1 (93) 2015

CZAJKA W., 2015b: *Skąd nadleciały meteoryty moraskie?*, kwartalnik METEORYT 2 (94) 2015

KOSINSKI J.W., 2011: *Wybuchowe kratery meteorytowe*, Acta Societatis Metheoriticae Polonorum Volumin 2, Polskie Towarzystwo Meteorytowe Sosnowiec 2011, ISSN 2080-5497

NEWMAN J.D., 2014: *Detailed examination of iron meteorites and impact generated carbonaceous spherules associated with the Whitecourt Meteorite Impact Crater, Alberta, Canada*, https://era.library.ualberta.ca/downloads/rr171z20s

PILSKI A.S., 2015: *Morasko a inne kraterotwórcze meteoryty żelazne*, kwartalnik METEORYT 1 (93) 2015

STANKOWSKI W., 2010 *Meteoryt Morasko. Osobliwość obszaru Poznania*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2010, ISBN 978-83-232-2113-5

VESKI S. i inni, 2001: *Ecological catastrophe in connection with the impact of the Kaali meteorite about 800–400 B.C. on the island of Saaremaa, Estonia*, Meteoritics & Planetary Science 36, 1367–1375 (2001)

WRIGHT S.P i inni, 2006: *Revisiting the Campo del Cielo, Argentina crater field: A new data point from a natural laboratory of multiple low velocity, oblique impacts*, Lunar and Planetary Science XXXVII (2006) 1102.pdf

WRIGHT S.P i inni, 2007*: Explosion craters and penetration funnels in the Campo del Cielo, Argentina crater field*, Lunar and Planetary Science XXXVIII (2007) 2017.pdf



**Autor wyraża wdzięczność Redaktorowi A.S. Pilskiemu za to, że namówił go do zmierzenia się z przedstawionym tematem.**

*Wiesław Czajka, członek PTMet, z wykształcenia geodeta o specjalności geodezyjne pomiary podstawowe. W 1980 r. w ramach przedmiotu „Górnictwo” odbył ćwiczenia z użycia materiałów wybuchowych na poligonie AGH w Alwerni, zaś w roku 1986 ukończył Szkołę Podchorążych Rezerwy w specjalności startowej przeciwlotniczych rakiet dalekiego zasięgu „Wołchow”.*

# Wyjątkowe okazy Pułtuska

**Piotr Kuś**

Od dzieciństwa pasjonowała mnie astronomia. Ciekawiły wszelkie zjawiska na niebie, między innymi spadające gwiazdy. Pamiętam, jak w jakichś starych książkach oglądałem zdjęcia różnych meteorytów. Potem widziałem niektóre przez szybę na wystawie w planetarium w Olsztynie. Z zapartym tchem śledziłem błyszczące ślady meteorów na niebie. Dwa czy trzy lata temu z letargu wyrwała mnie seria Meteorite Men, gdzie dwóch niestrudzonych poszukiwaczy przemierza cały świat w poszukiwaniu kosmicznych skarbów. Obejrzałem wiele odcinków i pomyślałem.... właśnie, czemu by nie...

Moje prawdziwe szukanie rozpocząłem niedawno — jakieś dwa lata temu kupiłem swój pierwszy wykrywacz metali firmy Teknetics. Sprzęt zmieniłem po około pół roku na Minelaba 305, którym znalazłem swoje pierwsze meteoryty. Były to dwa stugramowe okazy Moraska. Przy okazji z pola wyniosłem też kilka kilogramów gwoździ, śrub, a nawet podkowy. Konia tylko brakowało.

Czego to się nie zrobi, by znaleźć kosmicznego przybysza.

Chodząc po pułtuskich łąkach stwierdziłem jednak, że będę potrzebował czegoś innego. Czegoś, co pozwoli mi trafniej zidentyfikować znalezisko, czegoś znacznie lepszego. I tak trafiłem na wykrywacz naszej rodzimej produkcji. Rutus Argo, bo o nim mowa, to sprzęt niezwykły. Dobrze wykonany, solidny, czuły na najmniejsze drobiny, o dużym zasięgu oraz wyposażony w liczne funkcje i ustawienia pozwalające dobrze go nastroić do celu poszukiwań, terenu a nawet motoryki użytkownika. Sprzęt ten przyniósł mi szczęście już na pierwszym wypadzie. Ale o tym za chwilę.

Do Pułtuska, a raczej północnej części elipsy, na której szukam, mam niecałe 200 km, czyli 3 godziny jazdy samochodem. To sporo, ale poszukiwania są dla mnie tak fascynujące, a okolice tak piękne, że bez większego grymaszenia znoszę niedogodności dojazdu. Narew przecinająca elipsę tworzy niezwykły spektakl przyrodniczy. Pełno tam bagienek i zarośli zamieszkanych przez ptactwo. Rzeka utworzyła liczne rozlewiska, zakola i starorzecza, które są rajem dla wędkarzy. Można tam odetchnąć pełną piersią, odpocząć od cywilizacji i... znaleźć kosmicznego przybysza.

Przed każdym wyjazdem przeglądam mapy google i wybieram obszar poszukiwań. Są to najczęściej skraje licznych łąk, nieużytki i wszelakie miejsca, które w moim mniemaniu mają dać szansę na sukces. Nie stosuję jakichś wyszukanych technik; po prostu staram się w miarę dokładnie przeszukać wyznaczony przez siebie teren. Oczywiście wszelkie wykopane dołki zasypuję starannie, a na terenach zielonych dokładnie przykrywam je darnią uprzednio wyciętą za pomocą niewielkiej łopaty. Poszukiwania nie są łatwe, a teren mocno przeszukany, jednak nie tracę nadziei. Jeżdżę niezbyt często. Średnio mam czas na jeden, najwyżej dwa wypady w miesiącu, więc jak już jadę, to staram się wykorzystać każdą minutę.

Czasami na łąkach spotyka się „miejscowego". Szczególnie utkwiło mi w głowie jedno spotkanie.

W sierpniowe popołudnie, gdy żar lał się z nieba, podjechał do mnie na rowerze starszy pan.

Zatrzymał się i krzyknął — Kamieni szukasz?

Tak, odparłem ale ciężko w taką pogodę.

Różni tu szukali — powiedział — i Amerykanie i Łukasz (Smuła zapewne, bo nie wymienił nazwiska). Po chwili rozmowy stwierdził, że już czas na niego. Na odchodne rzucił na pocieszenie: **trzeba szukać, bo kto szuka ten znajduje**. To zdanie stało się dla mnie mottem poszukiwań na Pułtusku i okazało się niezwykle prawdziwe.

## Dzień w którym znalazłem meteoryt

23 listopada 2015 r. wstałem nieco przed budzikiem ustawionym na godz. $5^{00}$. Szybka kawa, kanapki i termos gorącej herbaty na cały dzień. Potem ruszyłem w długą trasę. W drodze jak zwykle towarzyszyła mi moja przyjaciółka, Agnieszka, która wspiera mnie w poszukiwaniach oraz motywuje mnie do dalszych wypraw, przygotowuje pyszne kanapki, a w drodze powrotnej pozwala odpocząć siadając za kółkiem. Trzy godziny później dotarliśmy na łąki po północnej stronie elipsy, w okolicy Starego Sielca, tuż nad rzeką. Dostroiłem sprzęt i rozpocząłem poszukiwania. Oczyma wyobraźni widziałem ślady wydeptane przez niezliczone rzesze poszukiwaczy ogarniętych meteorytową gorączką.

Tego dnia szukałem na skraju łąk i nieużytków, które zostały wyjątkowo podkoszone z powodu panującej suszy. Gleba tam jest bardzo zmineralizowana i bogata w związki żelaza. Nie ułatwia to poszukiwań, ale też nie czyni ich niemożliwymi. Po kilku godzinach bezowocnego dreptania postanowiłem przenieść się nieco dalej od Narwi. Łąki są tak rozległe, że każdy znajdzie swoje miejsce. Przemierzałem skraj wysuszonego pastwiska i kierowałem się w stronę niewielkiego bagienka, oczka wodnego, jakich tu pełno między muldami naniesionymi przez rzekę. Po kilkudziesięciu metrach bez sygnału do kopania, niedaleko bagnistego zagłębienia mój wykrywacz wydał stanowczy dźwięk oznaczający jedno: możliwy meteoryt. Teren nie wskazywał na to, żeby mogły znajdować się tam jakiekolwiek meteoryty. Nie było żadnych zagłębień ani też nierówności. Miejsce nie wyglądało też na stare pole czy w jakikolwiek inny sposób użytkowane rolniczo poza wypasem bydła i wykaszaniem traw w celu zebrania siana. Zacząłem kopać i na głębokości ok. 18–20 cm natrafiłem na spory kamień. Wziąłem go do ręki, a w głowie kłębiły się różne myśli. Po chwili dotarło do mnie, że tak, to TO, znalazłem! Żeby nie zauroczyć, schowałem go do kieszeni i ruszyłem dalej. Jak się okazało, to nie było wszystko. Dosłownie niecały metr dalej, nieco niżej i bardziej w szuwarach drugi sygnał. Wykrywacz precyzyjnie wyświetlił znajomą cyfrę VDI, która to określa rodzaj metalu jaki rozpoznał wykrywacz. Kilka ruchów szpadlem i z głębokości ok. 16–17 cm wyciągnąłem drugi okaz! Powiem szczerze. Tego było za wiele i już nie szukałem dalej. Nie byłem w stanie. Zresztą zbliżał się wieczór i trzeba było ruszyć już do domu. Spakowałem sprzęt, napiłem się ciepłej herbaty i ruszyłem w drogę powrotną.

Ale to nie był koniec niespodzianek i radości tego dnia.

W domu po umyciu okazów okazało się, że to nie są dwa okazy ale JEDEN rozłupany. Oczywiście zauważyła to Agnieszka. Coś niesamowitego! Oba fragmenty pasują do siebie idealnie! Nie słyszałem o czymś takim, jeśli chodzi o Pułtusk. Na powierzchni większego okazu widać ciemną skorupkę obtopieniową, regmaglipty i bardzo niewyraźne, jakby równoległe kreski powstałe z zastygniętej spływającej materii. Na mniejszym okazie widać regmaglipty jak pajęczyna. Położyłem je razem na stole i chodziłem dookoła podziwiając. Po tylu latach znowu razem...

Tak więc nie znalazłem dwa meteoryty, tylko jeden rozłupany. Większy waży 380 g, a mniejszy 290 g, czyli razem mam okaz o masie 670 g.

Niebiosa tym razem były łaskawe.

*Piotr Kuś ze swoim znaleziskiem. Fot. D. Prokopczuk*

# Prof. dr hab. Ryszard Kryza (1950–2015)

Profesor Ryszard Kryza, geolog, petrolog, mineralog dla wielu osób zajmujących się lub interesujących się meteorytami i meteorytyką w Polsce i w świecie pozostanie być może osobą niepoznaną. Niepoznaną osobiście, ponieważ liczne zainteresowania i obowiązki Profesora nie pozwalały na częste Jego uczestniczenie w spotkaniach, seminariach, konferencjach, czy piknikach meteorytowych. Mimo, że rzadko brał w nich udział osobiście, to jednak zawsze uczestniczył w przygotowaniach konferencji odbywających się we Wrocławiu, a także w przygotowywaniu referatów i posterów prezentowanych niemal na każdym seminarium i konferencji w Polsce i wielu w świecie. Dlatego też nazwisko Profesora Kryzy jest znane każdemu miłośnikowi meteorytów, meteorytyki, czy też osobom zawodowo zajmującym się tą dyscypliną naukową. Każdy, kto chce wiedzieć o tym, jaką informację o Układzie Słonecznym i materii, z której rozwijały się planety, niosą chondryty, achondryty i meteoryty żelazne musi spotkać się z artykułami, których współautorem jest Profesor Ryszard Kryza. Profesor brał udział w kompleksowych badaniach polskich chondrytów Baszkówka i Sołtmany, achondrytu enstatytowego Zakłodzie, a także meteorytu żelaznego Morasko. Badał materię chondrytów znalezionych na terenie Afryki: Werdama oraz NWA 7915, które również klasyfikował.

Profesor Ryszard Kryza był wybitnym geologiem, członkiem Polskiego Towarzystwa Meteorytowego, a także innych towarzystw naukowych, w tym Polskiego Towarzystwa Mineralogicznego, w którym przez dwie kadencje, w latach 2008–2012 był Prezesem Zarządu Głównego. Otrzymał wiele odznaczeń, wśród których wymienić należy Nagrodę Naukową im. Ignacego Domeyki Polskiej Akademii Nauk, czy Nagrodę Indywidualną Ministra Edukacji Narodowej za rozprawę habilitacyjną oraz Złoty Krzyż Zasługi, Złoty Medal Uniwersytetu Wrocławskiego i wiele nagród rektorskich macierzystej uczelni, ale będąc człowiekiem skromnym nigdy nie dbał o zaszczyty. Profesor był wieloletnim kierownikiem Zakładu Mineralogii i Petrologii w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Sprawował wiele funkcji w różnych organizacjach naukowych, redakcjach czasopism naukowych, był członkiem zespołu redakcyjnego czasopisma *Meteorites* oraz *Mineralogia*. Profesor Kryza opublikował kilkaset artykułów naukowych, a wielu geologom, mineralogom, petrologom i geochemikom pomagał jak najlepiej publikować wyniki ich własnych badań poprzez udzielane rady, wskazówki i zawsze życzliwe recenzje i opinie. Prace naukowe Profesora Kryzy są i zapewne jeszcze długo będą cytowane przez wielu uczonych zajmujących się różnorodnymi aspektami tworzenia i przeobrażenia skał i minerałów tak na Ziemi, jak i w obrębie innych ciał Układu Słonecznego. Swoją wiedzę przekazywał także młodszym adeptom geologii, petrologii i mineralogii, był jednym z zaledwie kilku w Polsce promotorów prac magisterskich z zakresu meteorytyki, dbając tym samym o rozwój tej wciąż raczkującej w naszym kraju dyscypliny naukowej.

W pierwszym zdaniu tej noty napisałem, że Profesor Ryszard Kryza dla wielu osób pozostanie niepoznany osobiście. Bardzo tego żałuję, ponieważ moja osobista z Nim znajomość pozwala w pełni docenić kim był Profesor. Dla mnie pozostanie On przede wszystkim niesłychanie życzliwym człowiekiem, uczonym mądrym i taktownym, odnoszącym się zawsze z szacunkiem do innych osób. To te cechy, których można doszukać się w artykułach naukowych autorstwa Profesora Kryzy, a przede wszystkim w Jego recenzjach i opiniach, są miarą Jego dokonań. Patrząc na prace innych, młodszych kolegów z pozycji mistrza nigdy się nie wywyższał, a swoją mądrością starał się dzielić w sposób zachęcający do dalszej pracy i zgłębiania wiedzy. Jego opinie, jeśli musiały być krytyczne, były zawsze życzliwie krytyczne i konstruktywne. Dzięki temu, że dane mi było poznać Profesora Kryzę osobiście, mam tę przyjemność, że będę o Nim pamiętał jako o człowieku niezwykle życzliwym. Zapewne zawsze będzie mi bardzo brakowało naszych długich, rozmów w uniwersyteckim gabinecie Profesora przy ulicy Cybulskiego we Wrocławiu, z oknem wychodzącym na Odrę. Rozmowy te przedłużały się z mojej winy. Chciałem bowiem rozmawiać z Profesorem o różnych sprawach, nie tylko ściśle związanych z prowadzonymi wspólnie badaniami, gdyż Jego postawa i opinie w różnych kwestiach życia naukowego i życia w ogóle były dla mnie ważne. Ceniłem sobie możliwość skonfrontowania moich własnych opinii, poglądów, interpretacji, analiz i ocen ze zdaniem Profesora Kryzy. Tych rozmów już teraz bardzo mi brakuje.

W Boże Narodzenie, 25 XII 2015 roku, odszedł od nas na zawsze człowiek skromny i życzliwy, który zyskał szacunek wielu osób, zwłaszcza tych, którym było dane poznać Profesora osobiście. Wkład Profesora Kryzy w rozwój, szczególnie polskiej, meteorytyki wart jest pamięci i trudno byłoby go przecenić. Związany z badaniami przede wszystkim polskich meteorytów Profesor Ryszard Kryza już zawsze pozostanie w życzliwej pamięci nas wszystkich, którzy zafascynowani jesteśmy „kamieniami z nieba". Możliwe, że już teraz ma okazję poznać wszystkie ich sekrety i docenić ich piękno, jak nikt z nas tutaj, na Ziemi.

*Tadeusz A. Przylibski*
*Prezes Polskiego Towarzystwa Meteorytowego*

## WYBRANE WAŻNIEJSZE PUBLIKACJE PROFESORA KRYZY Z ZAKRESU METEORYTYKI


Przylibski T.A., Pilski A.S., Zagożdżon P.P., **Kryza R.**: Petrology of the Baszkówka L5 chondrite: A record of surface-forming processes on the parent body. *Meteoritics & Planetary Science*, **2003**, Vol. 38, No. 6, pp. 927-937.

Przylibski T.A., Zagożdżon P.P., **Kryza R.**, Pilski A.S.: The Zakłodzie enstatite meteorite: Mineralogy, petrology, origin, and classification. *Meteoritics &Planetary Science*, **2005**, Vol. 40, No. 9, Supplement, pp. A185-A200.

Karwowski Ł., **Kryza R.**, Przylibski T.A.: New chemical and physical data on keilite from the Zakłodzie enstatite achondrite. *American Mineralogist*, **2007**, Vol. 92, No. 1, pp. 204-209.

Abu Anbar M., **Kryza R.**, Przylibski T.A., El Bahariya G.: Nowy chondryt z Libii. *Acta Societatis Metheoriticae Polonorum*, **2009**, Vol. 1, ss. 9-12.

Karwowski Ł., Muszyński A., **Kryza R.**, Helios K.: Phosphates in the Morasko meteorite. *Mineralogia. Special Papers*., **2009**, Vol. 35, pp. 90-91.

**Kryza R.**, Przylibski T.A., Łuszczek K.: The Zakłodzie and alike achondrites: mineral chemistry (preliminary data). *Mineralogia. Special Papers*., **2012**, Vol. 40, pp. 33-35.

Muszyński A., **Kryza R.**, Karwowski Ł, Pilski A.S., Muszyńska J., (eds.):. Morasko. The largest iron meteorite shower in Central Europe. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, **2012**, 111 p.

***Profesor Ryszard Kryza w laboratorium Zakładu Mineralogii i Petrologii przy „mikrosondzie" wraz z kierownikiem laboratorium Henrykiem Siagło (w białym fartuchu). Temu narzędziu pracy Profesor poświęcił wiele serca i czasu. Prawdopodobnie tylko dzięki Jego determinacji „mikrosonda" w Instytucie Nauk Geologicznych była wciąż modernizowana i pracowała, dając wartościowe wyniki analiz chemicznych minerałów, w tym minerałów wchodzących w skład meteorytów. Przy „mikrosondzie" Profesor był w swoim żywiole. Często można było go spotkać w tym miejscu, w którym zawsze sprawiał wrażenie ożywionego nowymi wynikami analiz lub nowymi modernizacjami wprowadzanymi w aparaturze lub oprogramowaniu, które pozwalały uzyskiwać lepsze lub niemożliwe do uzyskania wcześniej wyniki analiz chemicznych minerałów. Stołek przy „mikrosondzie" chyba każdemu, kto znał Profesora kojarzy się z Jego postacią, z której w tym miejscu emanował dobry humor i zadowolenie, optymizm. To zawsze dodawało ochoty do wspólnej pracy.***


Pilski A.S., Wasson J.T., Muszyński A., **Kryza R.**, Karwowski Ł., Nowak M.: Low-Ir IAB irons from Morasko and other locations in central Europe: One fall, possibly distinct from IAB-MG. *Meteoritics & Planetary Science*, **2013**, Vol. 48, No. 12, pp. 2531-2541.

Brawata M., **Kryza R.**, Jakubowski T., Przylibski T.A., Ćwiąkalski J., Łuszczek K.: Northwest Africa 7915: A new approved LL5 chondrite from Morocco. *Meteorites*, **2014**, Vol. 3, Nos. 1-2, pp. 45-58.

Karwowski Ł., Kusz J., Muszyński A., **Kryza R.**, Sitarz M., Galuskin E.V.: Moraskoite, $Na_2Mg(PO_4)F$, a new mineral from the Morasko IAB-MG iron meteorite (Poland). *Mineralogical Magazine*, **2015**, Vol. 79(2), pp. 387–398.


# Chondry nieporfirowe promieniste piroksenowe


**Tomasz Jakubowski (zdjęcia), Marek Woźniak**


W poprzednim numerze METEORYTU (3/2015) prezentowaliśmy obrazy mikroskopowe chondr porfirowych. Tym razem chcemy pokazać kilka przykładów, jak wyglądają chondry nieporfirowe. Z kilku ich typów wybraliśmy **chondry nieporfirowe promieniste (radialne) piroksenowe** (w skrócie RP).

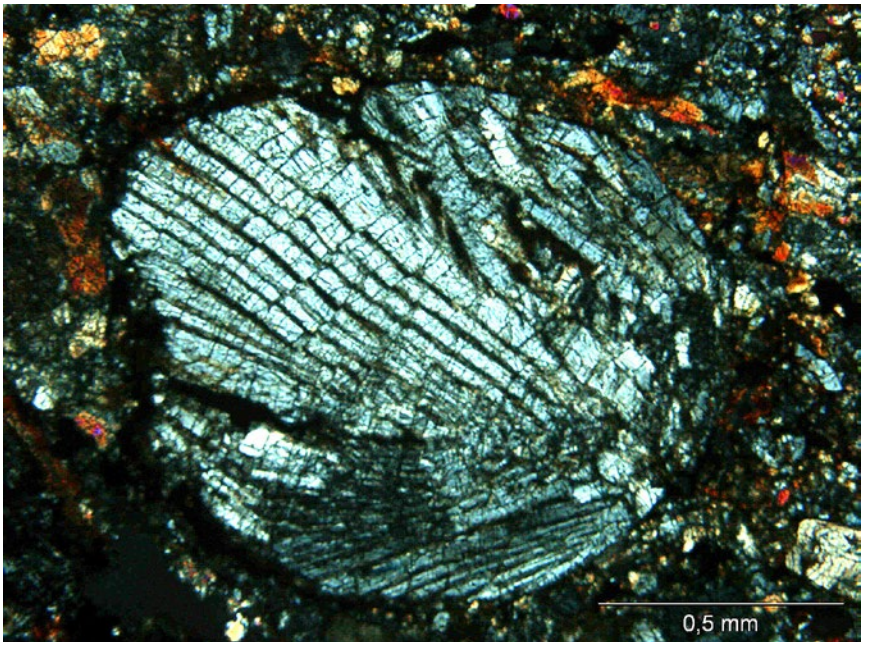
Chondry nieporfirowe stanowią średnio tylko kilkanaście procent wszystkich chondr obserwowanych w chondrytach. W procesie nagłego ogrzania kondensującej mgławicy drobiny mineralnego pyłu uległy całkowitemu stopieniu. W zależności od składu stopu i procesów inicjujących uległy one ponownie krystalizacji formując m.in. chondry nieporfirowe.

**Promienista piroksenowa (ang. *radial pyroxene*).** Blisko połowę chondr nieporfirowych stanowią radialne chondry piroksenowe. Stosunek oliwinu do piroksenu jest mniejszy niż 1:10. Mają one postać wachlarzowato (ang. *fan-like*) (promieniście) rozmieszczonych bardzo cienkich włókien (ang. *fibers*) lub listewek (ang. *laths*) kryształów

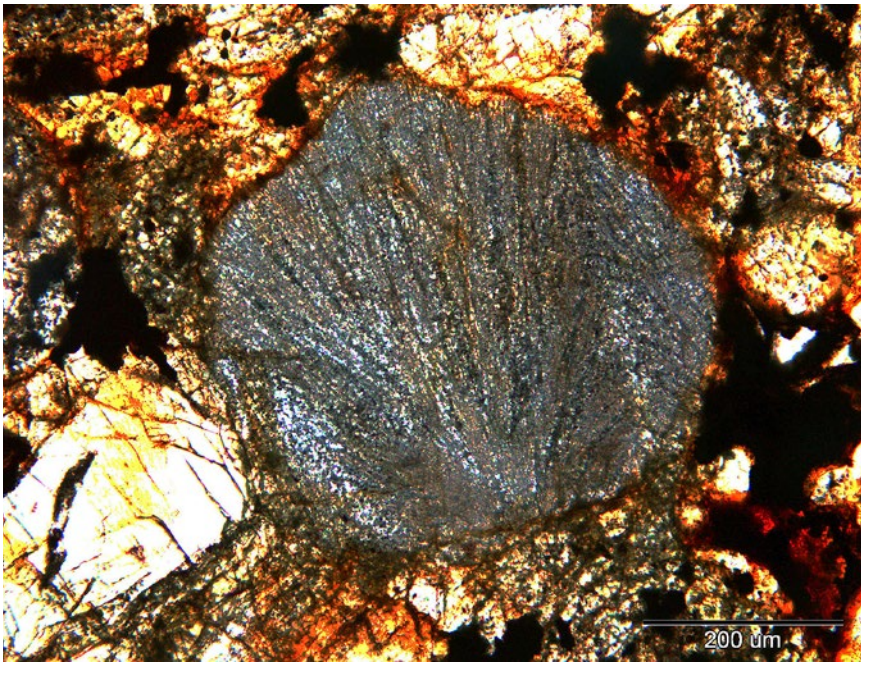
ubogiego w wapń ortopiroksenu (bronzytu) rozchodzących się promieniście z punktu na brzegu chondry (takich punktów może być więcej i wtedy mamy wiele wachlarzy wypełniających chondrę). W wielu wypadkach listewki są tak cienkie (1–10 μm), że nie można ich praktycznie rozróżnić w mikroskopie świetlnym. W świetle spolaryzowanym widoczne pociemnienie w piroksenie przemieszcza się wewnątrz chondry w trakcie obracania płytki cienkiej. Czasami, zwłaszcza w typach petrograficznych 4 i 5, chondra nie jest owalna lecz bardziej przypomina muszlę, co jest wynikiem chemicznego wietrzenia. Spokrewnione z chondrami typu RP są chondry z promieniście układającymi się dużymi płytkami (ang. *blade*) kryształów bronzytu wychodzącymi z jednego punktu, kryształy są tam łatwo dostrzegalne. Chondry RP są łatwo rozpoznawalne i najefektowniejsze z chondr. Ich średni rozmiar jest większy od średniego rozmiaru wszystkich chondr.

Więcej zdjęć chondr RP i wyjaśnienia wielu pojawiających się tu terminów na stronie

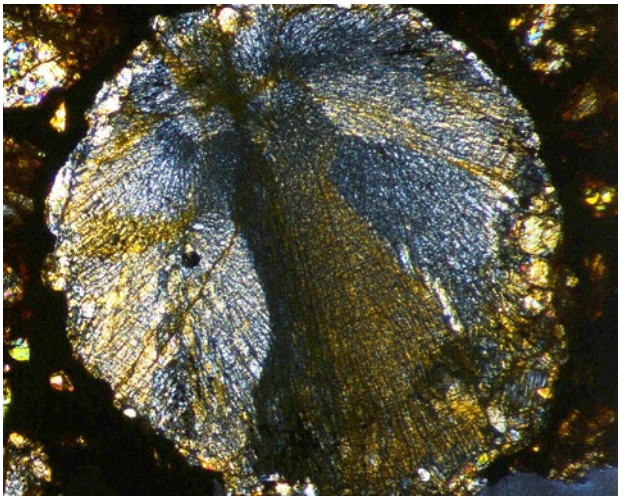
http://www.woreczko.pl



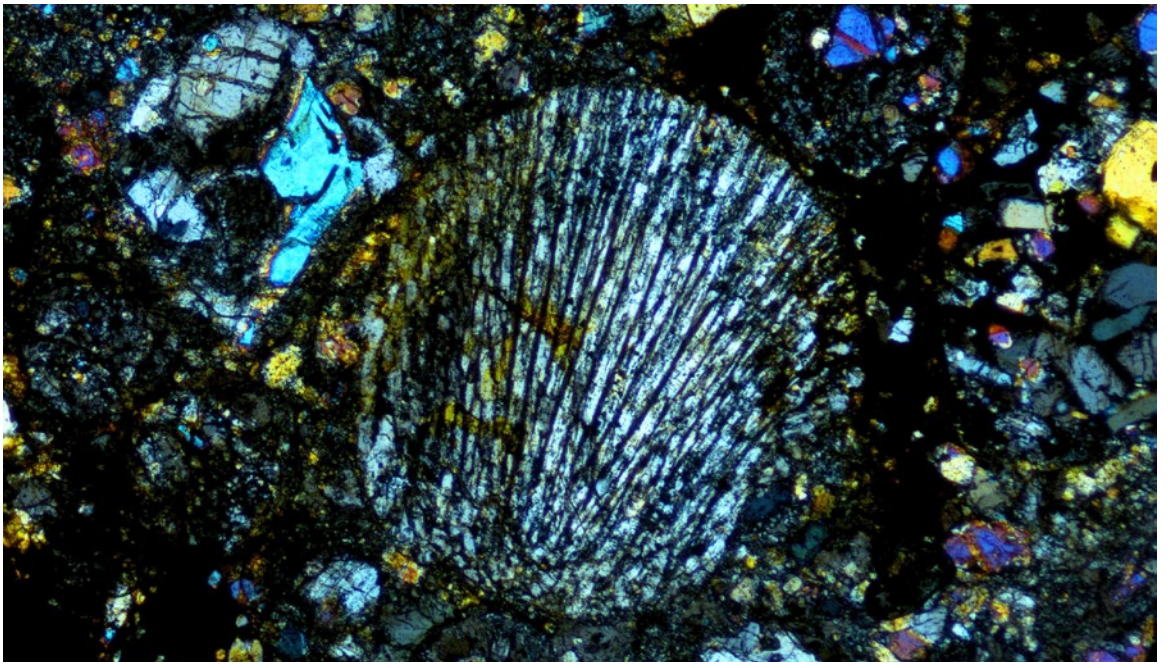

***Chondra promienista piroksenowa (RP) z chondrytu zwyczajnego typu H5, Pułtusk, światło przechodzące, skrzyżowane nikole (fot. Ł. Karwowski).***



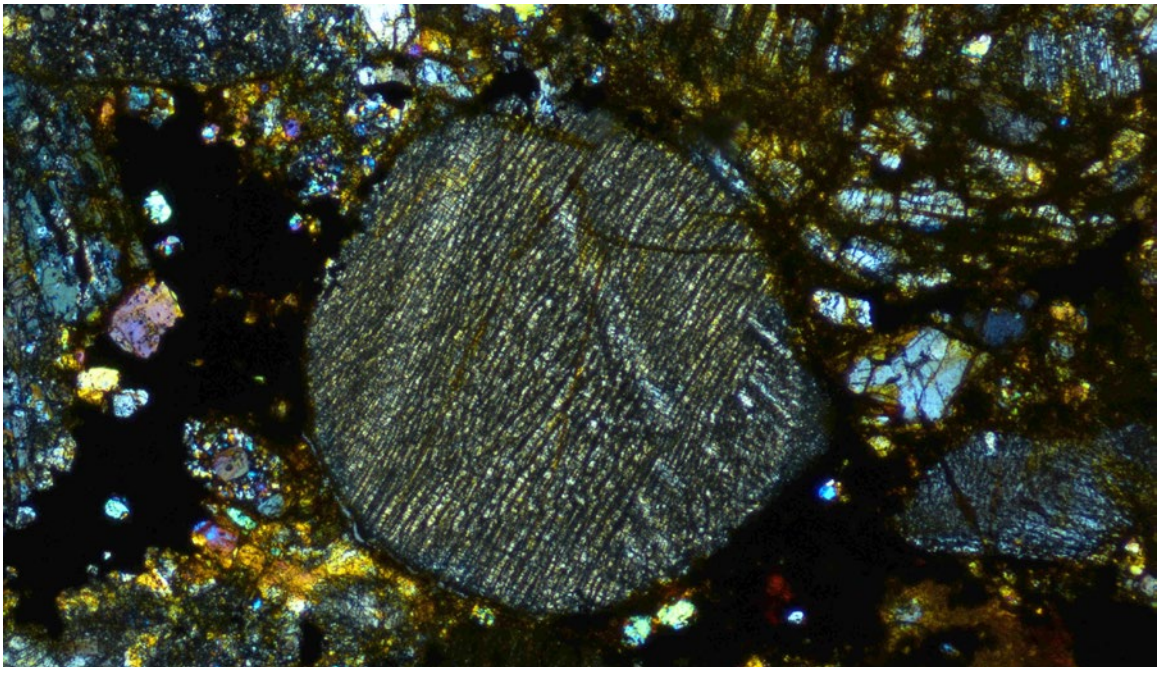
***Chondra promienista piroksenowa (RP) z chondrytu zwyczajnego typu L3.00, NWA 8276, światło przechodzące, skrzyżowane nikole.***

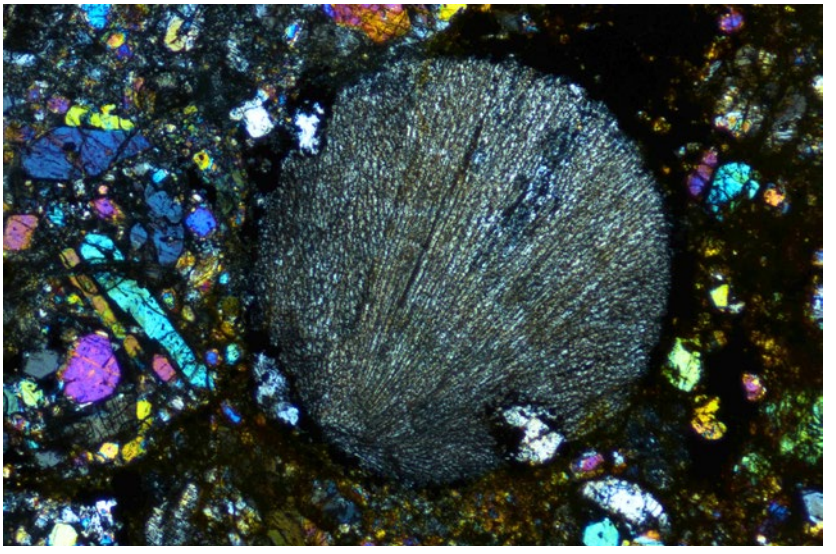


***Chondra promienista piroksenowa (RP) z chondrytu zwyczajnego typu L3.2, NWA 4560, światło przechodzące, skrzyżowane nikole.***



***Chondra promienista piroksenowa (RP) z chondrytu zwyczajnego typu LL5, NWA 5929, światło przechodzące, skrzyżowane nikole.***





*Dr Tomasz Jakubowski — kolekcjoner meteorytów, członek zarządu PTMet, autor strony www.collectingmeteorites.com Naukowo zajmuje się węglem w meteorytach.*

*Marek Woźniak — z wykształcenia astronom, z zawodu informatyk. Każdą wolną chwilę poświęca na podróże i tworzenie strony o kamieniach z nieba:*
*www.woreczko.pl*

# Ciekawe znaleziska Moraska

**Andrzej Owczarzak**

Poszukiwania meteorytów wiążą się z poświęceniem i zaangażowaniem, obojętnie czy robi się to na małą, czy większą skalę. Im więcej ludzi zaangażowanych jest w jedną sprawę, tym większe szanse są na sukces. Wystarczy wziąć pod uwagę naukowców, którzy skrupulatnie sporządzają wiadomości, skrzętnie dokumentują ważne informacje, wysuwają różne tezy i przypuszczenia. Bardzo ważne są też różnego rodzaju doniesienia, które m.in. prowadzi Woreczko, rzetelnie wszystko publikując na różnego rodzaju stronach internetowych (wiki.meteoritica.pl itp.). Istotne jest bowiem gromadzenie i zdobywanie wiedzy. Nie tylko Woreczko działa dla dobra sprawy bezinteresownie niosąc pomoc, taką osobą jest też Tomek Jakubowski, który z wielką życzliwością dzieli się swoją wiedzą i doświadczeniem. Kolejnym autorem bez wątpienia jest Piotr Ducki. Jego wiedza w zakresie meteorytyki i geologii jest ogromna i również on chętnie oraz bezinteresownie dzieli się z nią z innymi. Wiedza ta jest niezbędna żeby poznać np. procesy jakie zachodzą w momencie zderzenia meteorytów z ziemią i dalej — jak prowadzić poszukiwania meteorytów w specyficznych danych warunkach glebowych. Bardzo ważny jest również sprzęt do poszukiwań meteorytów, szczególnie wtedy gdy to poszukiwanie odbywa się w terenie mocno przeczesanym przez poszukiwaczy terenie. Takim sprzętem dysponuje Michał Nebelski. Michała spotkałem na polach w Morasku, zmagającego się z każdym odcinkiem ziemi. Okazało się, że kolega ogarnięty jest prawdziwą pasją, cechującą się nieustępliwością i niespotykanym wręcz zapałem. Jest taka krótka, ciekawa anegdota dotycząca pewnego poszukiwacza o podobnym zapale. Opowiada ona o szukaniu meteorytu w śmieciach. Przez dwa dni szukał on meteorytu przenikając przez różne przedmioty na małym wysypisku śmieci, żeby dopiąć swego. Wielkie brawa! Gdyby ktoś mi powiedział, że meteoryt jest zanurzony w szambie na dwa metry we fekaliach, to nie zastanawiałbym się ani chwili i myślę, że Michał zareagowałby podobnie! Śmiało można stwierdzić, że mania, a wręcz przysłowiowa „szajba" na punkcie meteorytów, to nasza wspólna cecha. Po spotkaniu i kilku rozmowach na pasjonujący nas obu temat, postanowiliśmy połączyć siły.

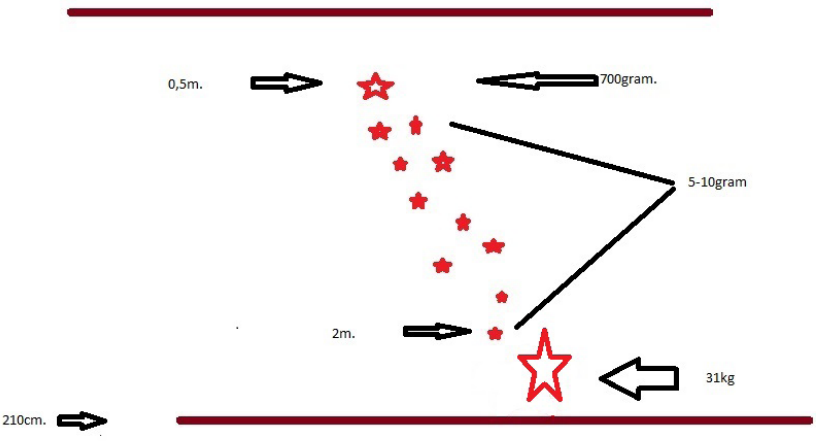
Od tego momentu wiele ciekawych znalezisk przypadło nam w udziale. Dwoma z nich chciałbym podzielić sie w szczególności. Jednym z nich jest okaz ważący 210 kg, po oczyszczeniu 174 kg. Dzień rozpoczęliśmy wcześnie i już po kilku chwilach Michał miał ładny sygnał i po kilku godzinach wytężonego kopania dołu, na głębokości 270 cm, ukazał się wierzchołek meteorytu! Meteoryt znaleźliśmy na polu przy rezerwacie, w miejscu doskonale znanym wszystkim poszukiwaczom, 20 metrów od ul. Krakowiaków i Górali. Genialne znalezisko, przepiękny, wręcz wzorcowy i indywidualny okaz z regmagliptami na całej powierzchni i dość dobrze zachowaną skorupą obtopieniową, na około 40% powierzchni. Fakt, że znaleźliśmy małą roślinę przylegającą do skorupy obtopieniowej pod grubą warstwą zwietrzeliny, czyni go już wyjątkowym. Mamy nadzieję, że uda się ustalić datę spadku przy pomocy badań metodą węglową.

Meteoryt „Bobola", bo taką właśnie nazwę otrzymał, jest w naszej kolekcji i jest nadzieja, że docelowo będzie można go podziwiać w Muzeum Ziemi na UAM. Nazwa „Bobola" wzięła się od św. Andrzeja Boboli, który zginął śmiercią męczeńską.

Wiele lat po śmierci Boboli przypominał on o sobie, ukazując się pewnemu księdzu w każdą noc o godzinie 4 nad ranem. Trwało to tak wiele nocy, aż do momentu kiedy Bobola przekazał pewną informację dotyczącą historii ze swojego życia. Wiele tygodni przed znalezieniem okazu 210 kg miałem chroniczny problem ze snem. Praktycznie co noc budziłem się około godz 3–4 nad ranem. Gdy już znaleźliśmy meteoryt, pomyślałem, że gdybyśmy nazwali go Meteorytem św. Andrzeja Boboli, problem ze snem minie. Pewnie trudno w to uwierzyć, ale muszę przyznać, że zdecydowanie lepiej śpię od tego czasu. Andrzej Bobola zwany był także „łowcą dusz". Miał wyjątkowe zdolności w nawracaniu na drogę chrześcijaństwa. Kto wie, może historia związana z życiem św. Andrzeja Boboli złowi jeszcze niejedną zagubioną duszę?

*Okaz 31 kg po wydobyciu z ziemi.*

Drugie znalezisko to grupa meteorytów, 14 okazów, w tym największy z nich o wadze 31 kg, znaleziony na głębokości około 210 cm. Znalezisko pięknie oddaje pełen obraz linii wlotu w ziemię pozostawiającego za sobą fragmenty pozostałych okazów. Są to okazy o masach od 5 do 700 gramów. Pierwszy był na głębokości 50 cm i kolejno znajdowane (pod kątem 60 stopni od północnego wschodu), do 10 cm od masy głównej, czyli na około 2 metrach. Ułożenie tak dużej masy na tak dużej głębokości, nasuwa przypuszczenie że okres lotu był długi. O jego indywidualności świadczy także dobrze zachowana skorupa obtopieniowa i regmaglipty. Nie jest to dowód na to, że wszystkie meteoryty spadły pod takim kątem, ale jest to niewątpliwie kolejny element układanki, który może w przyszłości pomóc w pracy nad spadkiem moraskim. Wszystkie szczegóły i dane zostały przekazane profesorowi Muszyńskiemu.




***Rysunek obrazujący przestrzenne rozłożenie opisanych w tekście 14 okazów wykonany przez autora.***

***Na zdjęciu Michał Nebelski i Andrzej Owczarzak z największym znalezionym okazem zaraz po wydobyciu. Fot. Katarzyna Michałek.***

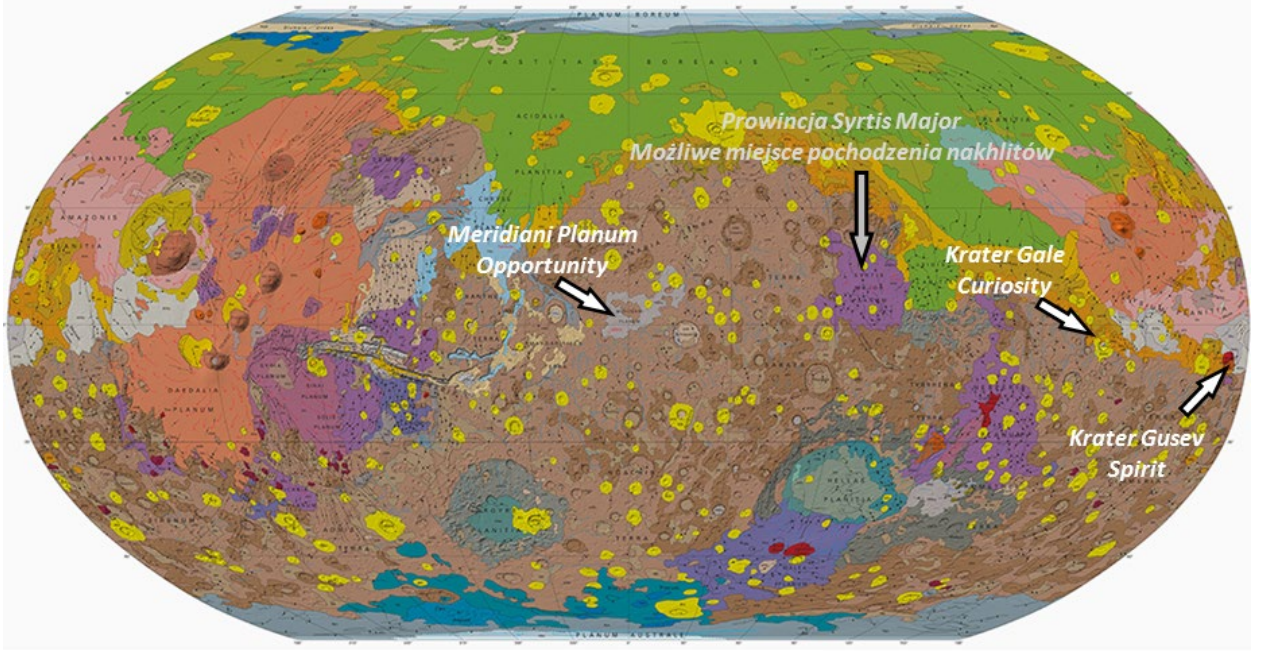
*Andrzej Owczarzak poszukuje meteorytów Morasko od wielu lat. M. in. jego znaleziska przysłużyły się znacznemu poszerzeniu elipsy rozrzutu.*

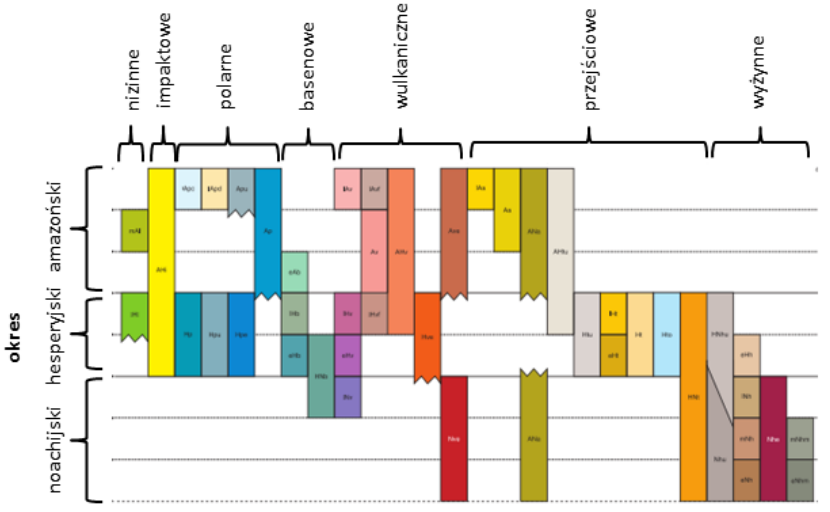
# Badania meteorytów
## Obecność wody w historii Marsa

**Agata Krzesińska**

We wrześniu 2015 roku NASA ogłosiła przełomowe odkrycie, dokumentując obecność ciekłej wody na Marsie. Już we wcześniejszych latach zaobserwowano, że w pewnych miejscach Czerwonej Planety (np. w miejscu lądowania łazika Curiosity w kraterze Gale) późną wiosną pojawiają się ciemne ślady, które rosną latem i zanikają wraz ze spadkiem temperatury jesienią. Struktury tworzące na obrazie takie ślady miały zwykle 4-5 m szerokości i do kilkuset metrów długości i swoim wyglądem przypominały spływy gruntu na Ziemi utworzone przez spływające wody gruntowe (McEwen i in., 2014; Ojha i in., 2014). Przyjęcie tej analogii wydawało się jednak nieprawdopodobne, bo temperatura gruntu na Marsie to około -60°C zimą i -20°C latem, więc woda w stanie ciekłym nie powinna się tam pojawiać. Dlatego też przez długi czas próbowano tę obserwację wytłumaczyć poprzez obsypywanie się miałkiego pyłu, albo przez aktywność dwutlenku węgla. Dzięki obserwacjom orbitera Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) udało się ustalić jednak, że ślady spływającej substancji są bogate w sole, które podczas lata są nasączane wodą (Ojha i in., 2015). Dzięki dużej zawartości soli w powstałym roztworze, jego temperatura zamarzania obniża się na tyle, że nawet w warunkach marsjańskich może on występować w postaci cieczy. I to właśnie taka solanka jest obecna na Marsie w stanie ciekłym!

Wiadomość ta, jakkolwiek przełomowa, ma raczej charakter dowodu,




***Rys. 1. Mapa geologiczna Marsa według Tanaki i in., 2014.***

***Na tle wyróżnionych jednostek geologicznych naniesiono miejsca, w których wykonywane były badania przez łaziki Opportunity, Spirit i Curiosity. Zaznaczono także prowincję Syrtis Major, która może być (lecz wcale nie musi) miejscem, z którego pochodzą nakhlity. Miejsce to wyznaczono jako potencjalne źródło nakhlitów na podstawie młodego wieku skał wulkanicznych, jakie tworzą tę prowincję, oraz dowodów na aktywność hydrotermalną w tym rejonie (Tornabene i in., 2006).***

***Legenda mapy. Wyróżnione jednostki sklasyfikowane są pod względem wieku utworzenia oraz procesu, jaki prowadził do ich powstania. Szersze objaśnienia dostępne są w oryginale mapy.***

którego naukowcy od dawna szukali, będąc pewnymi, że gdzieś go znajdą. Od dawna wiadomo bowiem, że Mars posiada czapy lodowe oraz występują na nim minerały, których powstanie musiało nastąpić w obecności wody. Ponadto z badań meteorytów wynika jasno, że skały te były przeobrażone w warunkach takich jak ziemskie skały, w których spękania i szczeliny wdarły się wodne fluidy. Zatem wiadomo było, że woda musiała istnieć i zmieniać powierzchnię i podpowierzchnię Marsa przynajmniej w przeszłości planety.

Pomocny w odszyfrowaniu historii Marsa jest fakt, że możemy łączyć dane z orbiterów i łazików marsjańskich z danymi laboratoryjnymi z marsjańskich meteorytów. I choć nie jest łatwe łączenie informacji uzyskanych z badań meteorytów wykonanych w skali mikrometrów z informacjami z urządzeń, których rozdzielczość przestrzenna pomiaru wynosi kilka metrów (spektrometr HiRISE orbitujący na pokładzie MRO przesyła na Ziemię zdjęcia z rozdzielczością ~1m/piksel), dane pobrane 'bezpośrednio' na Marsie dostarczają pewnego kontekstu geologicznego, który z oczywistych względów jest utracony w przypadku meteorytów. A z kolei badania meteorytów pozwalają na uzyskanie dużo większej pewności interpretacji niż jest to możliwe w przypadku analizy obrazów wykonanych zdalnie za pomocą ograniczonych jednak technik.

Dzięki badaniom orbiterów uzyskaliśmy obraz ukształtowania terenu Czerwonej Planety, który na zasadzie podobieństwa pewnych struktur do tych na obszarach ziemskich pozwala interpretować, jakie procesy wpływały na powierzchnię Marsa (rys. 1) i w jakim czasie. To doprowadziło do wstępnego podziału historii Marsa na okresy, które różniły się między sobą pod względem panujących warunków klimatycznych, w tym także obecności wody.

Historia Marsa dzieli się na trzy okresy: noachijski, hesperyjski i amazoński (rys. 2; Carr i Head, 2010). Najstarszy z nich, noachijski, trwał do około 3,7 mld lat temu i wiemy na pewno, że obfitował w wodę. Z analiz wykonanych przez marsjańskie łaziki wyłania się obraz młodego Marsa jako planety o gęstej atmosferze i powierzchni pokrytej oceanami oraz rzekami. Najlepiej znanymi skałami z tego czasu są osady na Meridiani Planum analizowane przez łazik Opportunity (rys. 1). Są to okruchy przeobrażonych skał bazaltowych scementowane przez osady ewaporatowe (czyli takie jak w historii Ziemi wytrącały się ze słonych wód, np. sól czy gips). Ponadto stare osady marsjańskie zawierają konkrecje hematytowe (tlenek żelaza), które utworzyły się prawdopodobnie wskutek oddziaływań zmieniającego się poziomu zwierciadła wód podziemnych. Z kolei osady badane przez Curiosity w kraterze Gale (rys. 1) zawierają minerały ilaste, które w warunkach ziemskich powstają tylko na kontakcie z wodą. Łazik odkrył ponadto obecność otoczaków, które powstają wtedy, gdy odłamki skały transportowane są przez płynącą wodę.

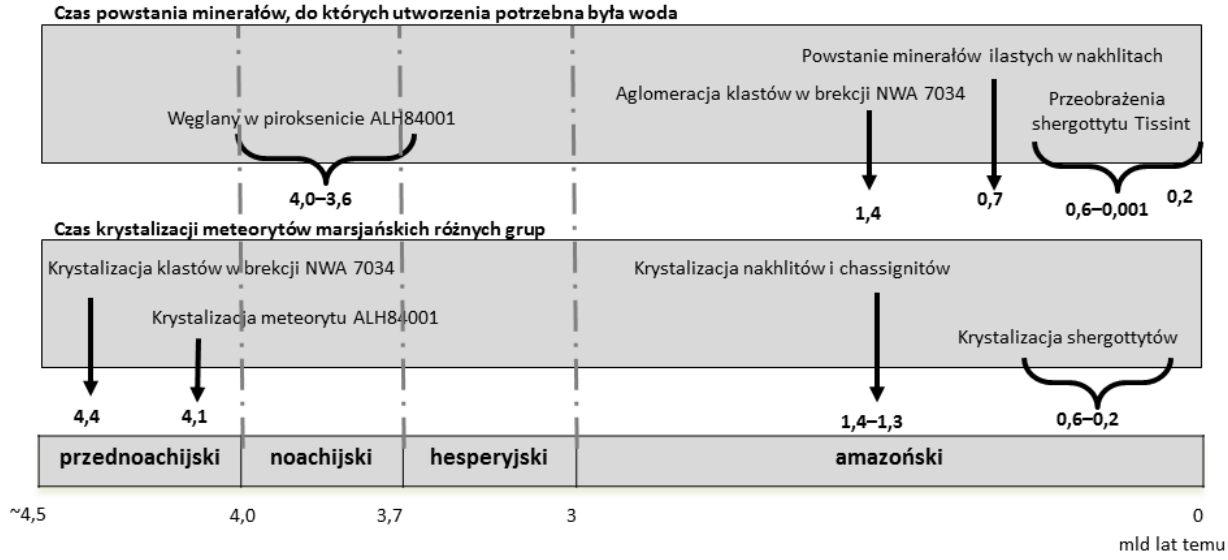
O wczesnym okresie w historii Marsa możemy też dowiedzieć się z badań meteorytów ALH 840001 i brekcji NWA 7034 (oraz sparowanych meteorytow NWA 7533, NWA 7475, NWA 7906, NWA 7907, NWA 8114, NWA 8171; Beck i in., 2015). Wiek krystalizacji minerałów meteorytu ALH 84001 to 4,1 mld lat (Papike i in., 2009 i referencje tam cytowane). Krótko po powstaniu meteoryt ten był poddany wpływowi wody, dzięki któremu dochodziło do rozpuszczania tworzących go minerałów i w zamian powstały w nim węglany. Geneza tych węglanów była przedmiotem licznych badań i kontrowersji w przeszłości, jednak uważa się, że powstały one w niskich temperaturach wskutek wytrącania się z roztworów wodnych około 3,6–4,0 mld lat temu.

Z kolei brekcja NWA 7034 zawiera bazaltowe klasty, które powstawały w różnym czasie historii Marsa, 4,4–1,4 mld lat temu (Agee i in., 2013; Beck i in., 2015) i zostały ostatecznie scalone w późniejszej historii Marsa. I ta skała doświadczyła wpływu wodnych roztworów, o czym świadczy obecność w niej uwodnionych tlenków i wodorotlenków żelaza i prawdopodobnie także uwodnionych krzemianów warstwowych (Beck i in., 2015).

Około 3,7 mld lat temu, prawdopodobnie za przyczyną wystygnięcia jądra planety, a tym samym wskutek zaniku pola magnetycznego, atmosfera marsjańska zaczęła zanikać, a Mars zaczął powoli przekształcać się w czerwoną pustynię z zachowanymi czapami lodowymi w okolicach biegunowych. Okres tej transformacji, zwany okresem hesperyjskim, zakończył się około 3 mld lat temu. Nadal występowały wybuchy wulkanów, którym towarzyszyły typowe zjawiska, jak np. aktywność gorących wód wokół wulkanów. Choć oceany zniknęły z powierzchni i doliny rzeczne nie powstawały już tak łatwo, miały miejsce duże powodzie, prawdopodobnie związane z wypływami na powierzchnię wód podziemnych. Łazik Spirit badający skały marsjańskie z tego czasu przysłał wiele analiz dowodzących wietrzenia skał bazaltowych z udziałem wody w obszarach krateru Gusev. Są to głównie zwietrzałe skały bazaltowe scementowane przez siarczany (np. gips) oraz krzemionkę. Niektóre ze skał zawierają do 90% krzemionki i interpretuje się je jako powstałe przy udziale procesów hydrotermalnych (czyli aktywności gorących fluidów powstałych np. w okolicach aktywnych wulkanów, Squyres i in., 2008). Natomiast łazik Curiosity, pracujący w kraterze Gale, dostarczył dowodów istnienia tam hesperyjskich osadów rzecznych, jeziornych, jak również eolicznych (powstałych przy udziale wiatru). Wśród skał tych spotykamy mułowce z konkrecjami i zmineralizowanymi gipsowymi spękaniami (Grotzinger i in., 2015).

W najmłodszym okresie marsjańskim — amazońskim — zmalała znacznie aktywność wulkaniczna, która ograniczała się generalnie do prowincji Tharsis i Elysium (rys. 1). W związku z niemal zanikiem aktywności wewnętrznej Czerwonej Planety, zmalało tempo erozji i wietrzenia na powierzchni, a osady tworzyły się głównie przy udziale wiatru (lub także procesów impaktowych) ale już nie wody.

Z obrazem pustynnego Marsa w ostatnich 2–3 mld lat nie zgadzają się badania meteorytów, przede wszystkim nakhlitów. Jak wynika z badań wieku radiometrycznego tych skał, krystalizowały one z lawy wylanej na powierzchnię (lub płytko pod powierzchnią) Marsa około 1,3 mld lat temu, a zatem w okresie znikomej aktywności geologicznej Marsa (rys. 2; Papike i in., 2009 i referencje tam cytowane). Pomimo krystalizacji już na niemal pustynnym Marsie, nakhlity




***Rys. 2. Historia Marsa podzielona na cztery okresy: przednoahijski, noahijski, hesperyjski i amazoński. Okres przednoahijski to czas tworzenia się planety, z którego — podobnie jak z najwcześniejszych eonów w historii Ziemi — nie zachowały się skały.***
***Okres noachijski to czas do 3,7 mld lat temu. W tym czasie Mars prawdopodobnie pokryty był oceanami, a na lądach płynęły rzeki, o czym wiadomo z badań skał wykonanych przez orbitery i łaziki. Pod koniec okresu noahijskiego Mars utracił część atmosfery i jego klimat zmienił się bezpowrotnie. W okresie hesperyjskim nie powstawały już tak licznie doliny rzeczne, ale częste były powodzie spowodowane podsiąkaniem wód podziemnych. W tym czasie nadal trwał silny wulkanizm. Okres ten zakończył się między trzema a dwoma mld lat temu. W kolejnym okresie — amazońskim znacząco zmalała aktywność wulkaniczna, ograniczona tylko do większych prowincji takich jak Tharsis, Elysium, Syrtis Major. Nie zdarzały się już tak często powodzie, a brak powierzchniowej wody oznaczał, że osady mogły tworzyć się wyłącznie wskutek działalności wiatru. Wówczas utworzyły się czapy polarne i osady lodowcowe na Marsie. Pomimo niskiej już aktywności geologicznej Marsa w okresie amazońskim, to właśnie w tym czasie powstała większość znanych nam meteorytów marsjańskich. Co więcej, Mars nie mógł być w tym czasie całkowitą pustynią, bo w tym czasie powstawały minerały wymagające obecności wody, które obserwujemy np. w nakhlitach oraz wybranych shergottytach. Pochodzenie wody (fluidów) dla utworzenia tych minerałów nie jest jeszcze do końca jasne.***
***Utworzone na podstawie wybranych danych literaturowcyh (Papike i in., 2009; Carr i Head, 2010; Changela i Bridges, 2011; Velbel, 2012; Agee i in., 2013; Beck i in., 2015; Chen i in., 2015; Lee i in., 2015; McSween, 2015).***

zawierają licznie minerały, które wymagały obecności fluidów wodnych (np. Changela i Bridges 2011; Lee i in., 2015): chlorki, siarczany, węglany oraz uwodnione krzemiany warstwowe (minerały ilaste). Datowanie tych minerałów nie jest łatwe, ale było możliwe przynajmniej dla minerałów ilastych i wiadomo, że prawdopodobnie powstały one około 700 mln lat temu (rys. 2; także Changela i Bridges).

Nie do końca jednak wiadomo, dlaczego i jak doszło do działalności wulkanicznej oraz działania fluidów, które doprowadziły do wytrącenia sie wtórnych minerałów w nakhlitach. Jako możliwą przyczynę podawano poimpaktową działalność hydrotermalną, czyli uderzenie meteoroidu było tak silne, że doprowadziło np. do stopienia głęboko pogrzebanego podpowierzchniowego lodu. Alternatywnie wysnuwano teorie, że minerały te powstały w interakcji z wodą gruntową i podziemną wsiąkającą w obręb zastygłej lawy nakhlitowej, co z kolei rodziło spekulacje, że może jednak lokalnie występowała woda powierzchniowa, która infiltrowała (może wielokrotnie) podpowierzchniowe warstwy Marsa (np. Changela i Bridges, 2011; McSween, 2015). Pomocnym faktem dla badania historii nakhlitow i wtórnych minerałów w nich występujących jest to, że minerały te występują głównie w spękaniach, a zatem historia powstania spękań w nakhlitach i materiału mineralnego, który je wypełnia, musiała być jakoś związana. Mogło być bowiem tak, że fluidy cementowały spękania i pustki w nakhlitach (np. powstałe wskutek wcześniejszej deformacji impaktowej), ale mogły też wkraczać w skałę, rozpuszczać ją i wytrącać wtórne minerały (jak to powszechnie dzieje się na Ziemi w przypadku podpowierzchniowych skał bazaltowych).

Jedne z najnowszych badań (Lee i in., 2015a) pokazują, że spękania kryształów w nakhlicie Lafayette formowały się pod wpływem rozpuszczania przez wpływające fluidy. Powierzchnie tych spękań nie są gładkie, jak to zazwyczaj jest w przypadku spękań utworzonych przez siły mechaniczne (w tym impaktowe). Przeciwnie, większość spękań ma 'ząbkowane' ścianki. Ponadto spękania zlokalizowane są głównie w oliwinie, minerale dobrze znanym z tego, że na Ziemi rozpuszcza się pod wpływem działania wody. Spękania rzadziej występują w augicie, który jest głównym minerałem budującym nakhlity. Przestrzeń do depozycji wtórnych minerałów powstała więc prawdopodobnie głównie z rozpuszczania oliwinu.

Co więcej, minerały wtórne w spękaniach występują w formie swoistych nanowarstewek uwodnionych krzemianów i węglanów. Wskazuje to, że minerały tworzyły się w pewnej sekwencji, a ta oczywiście powinna odzwierciedlać różne epizody napływających fluidów (Lee i in., 2015b). I tak prawdopodobnie najpierw wytrącała sie uwodniona krzemionka, która zachowana jest w formie nanocząstek (domen) opalu. Ze skał ziemskich wiadomo, że opalowa amorficzna, uwodniona masa wytrąca się z kwaśnych roztworów, które w przypadku nakhlitow musiały powstać z rozpuszczania oliwinu. Ważną implikacją wychodzącą z tych obserwacji (Lee i in., 2015b) jest to, że niewiele wody musiało już infiltrować skały nakhlitowe po powstaniu opalu. Minerał ten ma bowiem dużą łatwość do przeobrażania się w inne postacie krzemionki, gdy obecna jest woda w otoczeniu. Zdaniem

Lee i in. (2015b) możliwe jest jednak, że po pierwszym pulsie prowadzącym do rozpuszczania oliwinu, wytrącania wtórnych minerałów i utworzenia uwodnionych krzemianów, nastąpiło wydarzenie, które doprowadziło do powstania spękań w skałach nakhlitowych. Możliwe, że było to wydarzenie impaktowe. W późniejszej historii w te spękania prawdopodobnie wniknęły fluidy bogate w dwutlenek węgla, z których wytrąciły się węglany. Co istotne, węglany nakhlitów mają skład izotopowy wskazujący na pochodzenie dwutlenku węgla z atmosfery marsjańskiej (Lee i in., 2015b). Przyjmując wcześniejsze datowania, można założyć więc, że w obszarach, w których występowały na Marsie nakhlity, woda powierzchniowa i podpowierzchniowa nie oddziaływała na skały przez ostatnie 600 mln lat.

Nakhlity zostały wyrzucone z powierzchni Marsa około 11 mln lat temu. To dość dawno, nawet licząc w skali czasu geologicznego. Na tyle dawno, że zapis przeobrażeń w nakhlitach nie może być traktowany jako sugestia, że być może woda gdzieś jeszcze przetrwała na Marsie. Jednak jedno z nowszych badań meteorytu Tissint (Cheng i in., 2015) wskazuje, że i ten meteoryt był poddany przeobrażeniom z udziałem fluidów. Jest to ważne o tyle, że shergottyt Tissint powstał około 600 mln lat temu, a z powierzchni Marsa został wyrzucony raptem 1 mln lat temu. Jakie są dowody na działanie wody w skale tego shergottytu? Kieszenie stopu impaktowego, bardzo powszechne w tym meteorycie, zawierają podwyższone ilości substancji lotnych takich jak dwutlenek węgla, woda, fluor, chlor. Co wiecej, wyższe koncentracje wody skorelowane są z podwyższonymi proporcjami izotopów wodoru: deuteru do protu. Ponieważ stosunki izotopów deuteru i protu są cechą charakterystyczną zmienną dla różnych środowisk geologicznych, zmiana tych poporcji w meteorycie Tissint musi oznaczać, ze dochodziło do mieszania się wody z dwóch różnych źródeł. Pierwszym źródłem była oczywiście skała bazaltowa, z której utworzył się stop impaktowy. Drugim źródłem były prawdopodobnie minerały powstałe z udziałem wody pochodzenia gruntowego lub atmosferycznego, osadzone np. w pustkach skalnych i stopione razem ze skałą bazaltową w czasie impaktu (Chen i in., 2015). A zatem, choć nie zachowane, wtórne uwodnione minerały musiały tworzyć się jeszcze w dość niedawnym czasie na Marsie (możliwe że raptem 1 mln lat temu).

**Literatura:**


Agee C.B., Wilson N.V., McCubbin F.M., Ziegler K., Polyak V.J., Sharp Z.D., Asmerom Y., Nunn MH., Shaheen R., Thiemens M.H., Steele A., Fogel M.L., Bowden R., Glamoclija M., Zhang Z., Elardo S.M., 2013: Unique Meteorite from Early Amazonian Mars: Water-Rich Basaltic Breccia Northwest Africa 7034. Science 339: 780–785.

Beck P., Pommerol A., Zanda B., Remusat L., Lorand J.P., Gopel C., Hewins R., Pont S., Lewin E., Quirico E., Schmitt B., Montes-Hernandez G., Garenne A., Bonal L., Proux O., Hazemann J.L., Chevrier V.F., 2015: A Noachian source region for the "Black Beauty" meteorite, and a source lithology for Mars surface hydrated dust? Earth and Planetary Science Letters 427: 104–111.

Carr M.H., Head J.W. III, 2010: Geologic history of Mars. Earth and Planetary Science Letters 294: 185–203.

Changela H.G., Bridges J.C., 2011: Alteration assemblages in the nakhlites: Variation with depth on Mars. Meteoritics and Planetary Science 45: 1847–1867.

Chen Y., Liu Y., Guan Y., Eiler J.M., Ma C., Rossman G.R., Taylor L.A., 2015: Evidence in Tissint for recent subsurface water on Mars. Earth and Planetary Science Letters 425: 55–63.

Grotzinger J.P. Crisp J.A., Vasavada A.R., MSL Science Team, 2015: Curiosity's Mission of Exploration at Gale Crater, Mars. Elements 11: 19–26.

Lee M.R., Tomkinson T., Hallis L.J., Mark D.F., 2015a: Formation of iddingsite veins in the martian crust by centripetal replacement of olivine: Evidence from the nakhlite meteorite Lafayette. Geochimica et Cosmochimica Acta 154: 49–65.

Lee M.R., MacLaren I., Andersson S.M.L., Kovács A., Tomkinson T., Mark D.F., Smith C.L., 2015b: Opal-A in the Nakhla meteorite: A tracer of ephemeral liquid water in the Amazonian crust of Mars. Meteoritics and Planetary Science 50: 1362–1377.

McEwen A.S., Dundas C.M., Mattson S.S., Toigo A.D., Ojha L., Wray J.J., Chonacki M., Byrne S., Murchie S.L., Thomas N., 2014: Recurring slope lineae in equatorial regions of Mars. Nature Geoscience 7: 53–58.

McSween H.Y., 2015: Petrology on Mars. American Mineralogist 100: 2380–2395.

Ojha L., McEwen A.S., Dundas C., Byrne S., Mattson S., Wray J., Masse M., Schaefer E., 2014: HiRISE observations of recurring slope lineae (RSL) during southern summer on Mars. Icarus 231: 365–376.

Ojha L., Beth W.M., Murchie S.L., McEwen A., Wray J.J., Hanley J., Massé M., Chojnacki M., 2015. Spectral evidence for hydrated salts in recurring slope lineae on Mars. Nature Geoscience 8(11): DOI: 10.1038/ngeo2546.

Papike J.J., Karner J.M., Shearer C.K., Burger P.V., 2009: Silicate mineralogy of martian meteorites. Geochimica et Cosmochimica Acta 73: 7443–7485.

Squyres S.W., Arvidson R.E., Ruff R.E., Gellert R., Morris R.V., Ming D.W., Crumpler L., Farmer J., Des Marais D.J., Yen A., 2008: Detction of silica-rich depositis on mars. Science 320: 1063–1067.

Tanaka K.L., Skinner J.A., Jr., Dohm J.M., Irwin, R.P. III, Kolb E.J., Fortezzo C.M., Platz T., Michael G.G., Hare T.M., 2014: Geologic Map of Mars. USGS.

Tornabene L.L., Moersch J.E., McSween H.Y. Jr., Mcewen A.S., Piatek J.L., Milam K.A., Christensen P.R., 2006: Identifiaction of large (2-10 km) rayed craters on Mars in THEMIS themal infrared images: Implications for possible Martian meteorite source regions. Journal of Geophysical Research 111: E10006.

Velbel M.A., 2012: Aqueous alteration in martian meteorites: Comparing mineral relations in igneous-rock weathering of martian meteorites and on the sedimentary cycle on Mars. Sedimentary Geology of Mars Special Publication 102: 97–117.


Link do materiałów wideo z konferencji NASA, podczas której ogłoszono odkrycie płynącej wody na Marsie: Liquid Water on Today's Mars. September 28, 2015 at 4:22pm on Curiosity Cam. http://www.ustream.tv/recorded/74355422

*Dr Agata Krzesińska pracuje w Instytucie Nauk Geologicznych PAN i w Natural History Museum w Londynie. Zajmuje się badaniami meteorytów i swoją uwagę kieruje ku rekonstrukcji procesów i wydarzeń impaktowych. W szczególności interesuje się wpływem tych wydarzeń na tworzenie się planetoid i dalszą ewolucję planet.*

# Spotkanie w Guciowie AD2015

**Jacek Drążkowski**

O planowanym na wrześniowy weekend spotkaniu w Guciowie dowiedziałem się od Andrzeja, który namawiał mnie na przyjazd. Ucieszyłem się na wspólny wyjazd, jednak okazało się, że on chce pojechać tam kilka dni wcześniej z żoną. Ja, ze względu na pracę, mogłem wyjechać najwcześniej w piątek po południu, jednak jechać samochodem samemu 550 km zdało się wysoce nieekonomiczne. Rozważyłem podczepienie się na wspólną jazdę z kimś z Warszawy, bo do stolicy mam dobrą i niezbyt drogą komunikację autobusową. Nawet wstępnie zmówiłem się z Wadi i Woreczką, że dołączę do nich w sobotę rano, tuż przed ich wyjazdem do Guciowa. Jednak niespodzianie na horyzoncie pojawiło się inne rozwiązanie: przypadkiem zgadałem się z kolegą planującym wyjazd do Lublina, że pojedzie ze mną i pokryje połowę kosztów paliwa. Szybka kalkulacja wykazała, iż to nie wiele więcej niż kosztowałaby go podróż autobusem i pociągiem.

Ponieważ obaj lubimy podobną muzykę, a w moim autku może nie ma wielu wygód, ale sprzęt audio jest całkiem przyzwoity, ucieszyliśmy się na myśl o czekającym nas muzycznym maratonie. Pozostało tylko dokonać odpowiedniego wyboru płyt CD. Siedem godzin jazdy do Lublina upłynęło miło na słuchaniu na przemian naszych muzycznych propozycji.

W Lublinie zostałem mile ugoszczony przez znajomych kolegi, a że na kawie się nie skończyło, do Guciowa dotarłem dość późno. Stachowa gospoda świeciła już pustkami. Jedynie suto zastawione stoły i liczna zastawa świadczyły o dopiero co zakończonej uczcie. Po serdecznym przywitaniu z Gospodarzem i zapoznaniu z jego najbardziej wytrwałymi gośćmi (sympatyczną para geologów z Lublina) obowiązkowo popróbowałem guciowskich specjałów i jeszcze ponad godzinę pogadałem ze Stachem zanim zaprowadził mnie do jedynej wolnej izby.

Następnego dnia dołączył do mnie Wiesław Czajka z towarzyszem, a gdy po południu dotarli Woreczkowie, limit miejsc noclegowych w Stachowej Zagrodzie został chyba wyczerpany.

Sobotni ranek przywitał mnie jednak najpierw odgłosami krzątającego się w obejściu towarzystwa. Za oknem widzę znajome twarze: Jarek Bandurowski, Marcin Cimała (albo jego sobowtór — jeszcze ich mylę), jest i Jerzyk ... Jak jest Jerzyk to są astroobserwacje. Zdaje się, że obserwują plamy słoneczne. Jest i pierwszy akcent meteorytowy. Marcin przynosi do pokazania najnowsze krajowe znalezisko — meteoryt Siewierz. Przyjemnie jest potrzymać w ręku kawał dość świeżo wyglądającej skały z kosmosu. Proszę Jarka o zrobienie zdjęcia. Niestety, ostre światło słoneczne daje zbyt mocny kontrast, z jakim mój kompakcik nie umie sobie poradzić. Ale pamiątka jest.

Zbliża się pora śniadania. Gospoda pracuje już na pełnych obrotach. Ładna wrześniowa pogoda, pomimo dość niskich temperatur, ściągnęła do Guciowa kilka wycieczek i musimy trochę poczekać na swoją kolej. Rześkie wiejskie powietrze tylko zaostrza apetyty. Wyborne wędliny, sery, pasztety i pyszna jajecznica znikają w zastraszającym tempie.

Po obfitym śniadaniu wszyscy dają się namówić Stachowi na spacerek po okolicy. Przy okazji niektórzy zaliczają całkiem obfite grzybobranie.

Po powrocie część wnętrza gospody zamienia się w stoiska meteorytowe, ale nie tylko. Edith Pilska ujawnia się jako autorka książki historycznej o Tolkmicku i na brak zainteresowania wcale nie narzeka. W koledze Wiesławie odnajduje wręcz bratnią duszę.

Z przyozdobioną dedykacją książką pod pachą patrzę, co serwuje kol. Mazurek. Ledwo wstrzymuję się od popełniania zakupów, wszak z premedytacją zabrałem ograniczone środki finansowe, by nie ulegać pokusom. Na nic jednak zdało się to zabezpieczenie, gdy ujrzałem ładny a niedrogi okaz w ofercie Marcina. Rozmiar słuszny, wygląd klasyczny — idealny okaz do pokazywania i dawania do ręki ludziom na spotkaniach, podczas których popularyzuję wiedzę o meteorytach. Doświadczenie nauczyło mnie, że nie należy osobom, które pierwszy raz kontaktują się z „kosmitami", pokazywać (oprócz żelaźniaków) czegoś odmiennego od niezbyt zwietrzałych chondrytów, jeśli chcemy później uniknąć masowego rażenia wszelkimi bazaltoidami i innymi pseudometeorytami.

Pora na część oficjalną spotkania. Zebranych powitał gospodarz. Pierwsze wystąpienie przypadło ks. dr. Franciszkowi Kościelskiemu i dotyczyło występowania kamieni w Biblii. Prelegent ujął temat doprawdy szeroko i ciekawie, ukazując bardzo rozległe

***Wyglądają jak grzyby, pachną jak grzyby, to musza być grzyby!***

spektrum symboli i znaczeń kamienia na kartach starego i nowego testamentu. Nam, meteoryciarzom, zabrakło jednak do szczęścia stricte meteorytowych odniesień, wiec dorzuciliśmy i swoje trzy grosze, mile zaskakując księdza znajomością tematu.

Drugim mówcą był geolog dr Józef Gazda opowiadający o swoich badaniach pokładów lubelskiego bursztynu i znalezionej w nich materii meteorytowej.

Trzecie zaplanowane wystąpienie należało do kol. Marcina Cimały, który podzielił się z obecnymi jeszcze ciepłymi wrażeniami z niefortunnego wyjazdu do Omanu. Konkludując, wyprawy po skarby Kosmosu do tego kraju przestały być bezpieczne.

Atmosferę miłego rozluźnienia wprowadziło wystąpienie kol. Kazia Mazurka prezentującego swoje limeryki poświecone wielu znanym w naszym środowisku osobom. Mam nadzieję, że w niezbyt odległej przyszłości te małe dziełka ukażą się drukiem, chociażby na łamach niniejszego kwartalnika.

Po wystąpieniach przyszedł czas na część artystyczną. Trochę obawiałem się, że usłyszę typowe wiejskie granie, jak to w karczmach ongiś bywało. Tymczasem, pianista, po krótkim słownym nawiązaniu do odbywającego się właśnie Międzynarodowego Konkursu Chopinowskiego zagrał utwory Chopina. I to jak zagrał! Jeśli pierwszy utwór był rozgrzewką dla palców, to brawurowe wykonanie Etiudy Rewolucyjnej było już godne wspomnianego Konkursu.

*Kazimierz Mazurek czyta swoje limeryki.*

Drugi artysta — skrzypek — zaczął swój występ od znanego motywu „Skrzypka na dachu" i w krótkim, ale jakże urozmaiconym repertuarze również w pełni ujawnił swą klasę solisty-filharmonika.

Trzeci wykonawca, przedstawiony jako mistrz gry na pile, dopełnił tę muzyczną ucztę urzekając wszystkich swym kunsztem opanowania tego niezwykłego instrumentu.

Po strawie duchowej przyszedł czas na małe co nieco dla ciała. Na środek sali wjechało płonące prosię. Kto nie był, może tylko żałować.

Po obfitym ucztowaniu chętnie skorzystałem z okazji zwiedzenia guciowskiej kolekcji meteorytów urządzonej ze smakiem w jednej z zabytkowych izb. Zgromadzonych tam okazów może pozazdrościć Stachowi niejedna instytucja popularyzująca meteorytykę. Kto miał jeszcze siły i ochotę, mógł pozachwycać się pięknym czystym rozgwieżdżonym roztoczańskim niebem. Jerzy Strzeja sam był mile zaskoczony, jak dobrze widać było przez jego mały teleskop słabe obiekty mgławicowe, trudne do wypatrzenia gdzie indziej nawet przez znacznie silniejsze teleskopy.

Po tak atrakcyjnie spędzonym dniu raczej mało kto miał jeszcze siły na tradycyjne Polaków nocne rozmowy i towarzystwo dość szybko udało się na nocny spoczynek. W niedzielę, po śniadaniu, zaczęło się już stopniowe rozjeżdżanie do domów. Miło jednak będzie powrócić w to magiczne miejsce znowu.

*Autor z meteorytem Siewierz przywiezionym przez Marcina Cimałę. Obok drobny fragment guciowskiej ekspozycji meteorytów.*

# Doniesienia z Wiki

# Gdzie spadł meteoryt Tennasilm?

**Jan Woreczko**

W porze obiadowej w piątek 28 czerwca 1872 roku w okolicy wsi Tennasilm (est. *Tännassilma*) w Estonii, wielu znajdujących się w pobliży chłopów słyszało odgłosy podobne do dzwonienia i grzmotu. Chłopi wypatrywali źródła grzmotu, ale całe niebo było bezchmurne. Inny świadek znajdujący się w okolicy wsi *Kärevere* widział mały obłok, który szybko jednak zniknął. Nikt ze świadków nie widział spadku meteorytu. Można przyjąć, że leciał on z południa na północ na zachód od wsi *Kärevere*. Kilka dni po tym wydarzeniu, około 300 kroków od gospodarstwa *Sikkensaare* (ok. 1 wiorsty od *Tännassilma*) zauważono, że ziemia w jednym miejscu jest naruszona i w otworze o głębokości około 1 stopy i takiej też średnicy leży czarny kamień. Kamień został umieszczony na stercie innych kamieni w pobliżu gospodarstwa, ale okoliczni Cyganie pokruszyli go i pozabierali jego fragmenty. Przypuszcza się, że początkowa waga meteorytu wynosiła blisko 28,5 kg (69-70 funtów). Największe z odzyskanych fragmentów ważyły 24 funty i 9¾ funta (Schilling 1873).

Panowało spore zamieszanie co do dokładnej lokalizacji miejsca spadku meteorytu. W katalogu Grady (2000) podano współrzędne wskazujące na inną wieś, również o nazwie Tennasilm. Natomiast wiarygodna lokalizacja znajduje się chociażby w tytule artykułu Schillinga (1873, 1882) „**... beim Dorfe Tennasilm, im Kirchspiel Turgel des Kreises Jerwen in Estland niedergefallenen Steinmeteoriten**", to znaczy: „*we wsi Tennasilm, w parafii Turi (Türi) powiat Jerwen (Järva, Järvamaa) w Estonii*". Istnieją w Estonii trzy wsie o nazwie brzmiącej **Tännassilma**, jedna w prowincji ***Põlva*** (to obok niej podano lokalizację w katalogu Grady (2000)), druga wieś leży w prowincji ***Puhja***. W rzeczywistości, według Schillinga (1873), meteoryt spadł niedaleko wsi Tännassilma w prowincji ***Türi***.

W katalogu Grady (2000) i Meteoritical Bulletin Database (MBD) dotychczas podawano współrzędne miejsca spadku (58°02'N, 26°57'E) oddalone o około 115 km na południowy-wschód od rzeczywistej lokalizacji!

Dnia 20 grudnia 2015 roku dokonano w MBD, na wniosek Tõnu Pani z *Tartu Ülikooli loodusmuuseum* (University of Tartu Natural History Museum, TNHM), korekty współrzędnych (*pisownia oryginalna*):

**Tennasilm**: Corrected fall location

Tõnu Pan, *TNHM*, reports that the geographic coordinates for the Tennasilm fall, listed in most modern databases, are incorrect by >100 km. The actual location, as reported by Schilling (1873), is very close to the farm „Sikkensaare" (now „Sikkansaare"), which is about 1 km away from the village „Tennasilm", now „Tännassilma". The coordinates of the farm are 58°44'07'"N, 25°29'37'"E.

Według ustaleń Tõnu Pani (za Schilling 1873) meteoryt spadł w miejscu o współrzędnych 58°44'07"N, 25°29'37"E, w okolicy wsi **Sikkansaare** około 1 km od **Tännassilma**.

*Redakcja* portalu skontaktowała się z Tõnu Pani i otrzymała od niego szczegółowe wyjaśnienia i informacje. Według oryginalnego źródła, relacji Schillinga (1873), meteoryt spadł w punkcie o współrzędnych: 58°43'50" Br. 42°34'30" L.O.v.F.[1]:

(...) vom Allenküllschen Dorfe Tennasilm etwa eine Werst entfernten Bauerhofe oder Gesinde Sikkensaare, in dessen Nähe (s. die Karte) der Meteorit seinen Fallort in 58°43'50" Breite und 42°34'30" Länge O. v. F. und somit nur 3' nördlich und 50' östlich oder etwa 48 Werst (51,2 Kilometer) vom nördlichsten und östlichsten der 1863 am 8. August gefallenen Pillistfer-Meteoriten* gehabt hatte.

Schilling (1873) podaje dokładne współrzędne miejsca spadku (wg systemu O.L.v.F), które po przeliczeniu na współczesny układ wynoszą: **58°43'50"N 24°54'30"E**. Czyli dokładnie, tak jak pisze Schilling: „3' na północ i 50' na zachód od miejsca spadku meteorytu Pillistfer — co daje 48 wiorst (51,2 km)". **Punktu ten leży około 33 km na zachód od wsi Tennasilm!** Rejon w którym lokuje spadek Schilling leżał wówczas w granicach innej prowincji, mało tego, leżał na terenie ówczesnej Łotwy! Więc podana przez niego w tytule jego publikacji lokalizacja stoi w sprzeczności z podanymi w artykule współrzędnymi. Zweryfikowane przez Tõnu Pani miejsce (współrzędne) spadku znajdują dodatkowo swoje potwierdzenie w lokalizacji zaznaczonych na mapie Schillinga gospodarstw. We wskazanym miejscu znajdują się gospodarstwa: ***Sikkansaare*** i ***Tisleri***.

Co było przyczyną podania przez Schillinga błędnych współrzędnych, nie wiadomo?! Według jego mapy meteoryt spadł ok. 300 kroków od gospodarstwa o nazwie ***Sikkensaare***.

**Poprawka zgłoszona do MBD przez Tõnu Pani, weryfikuje błąd Schillinga!**

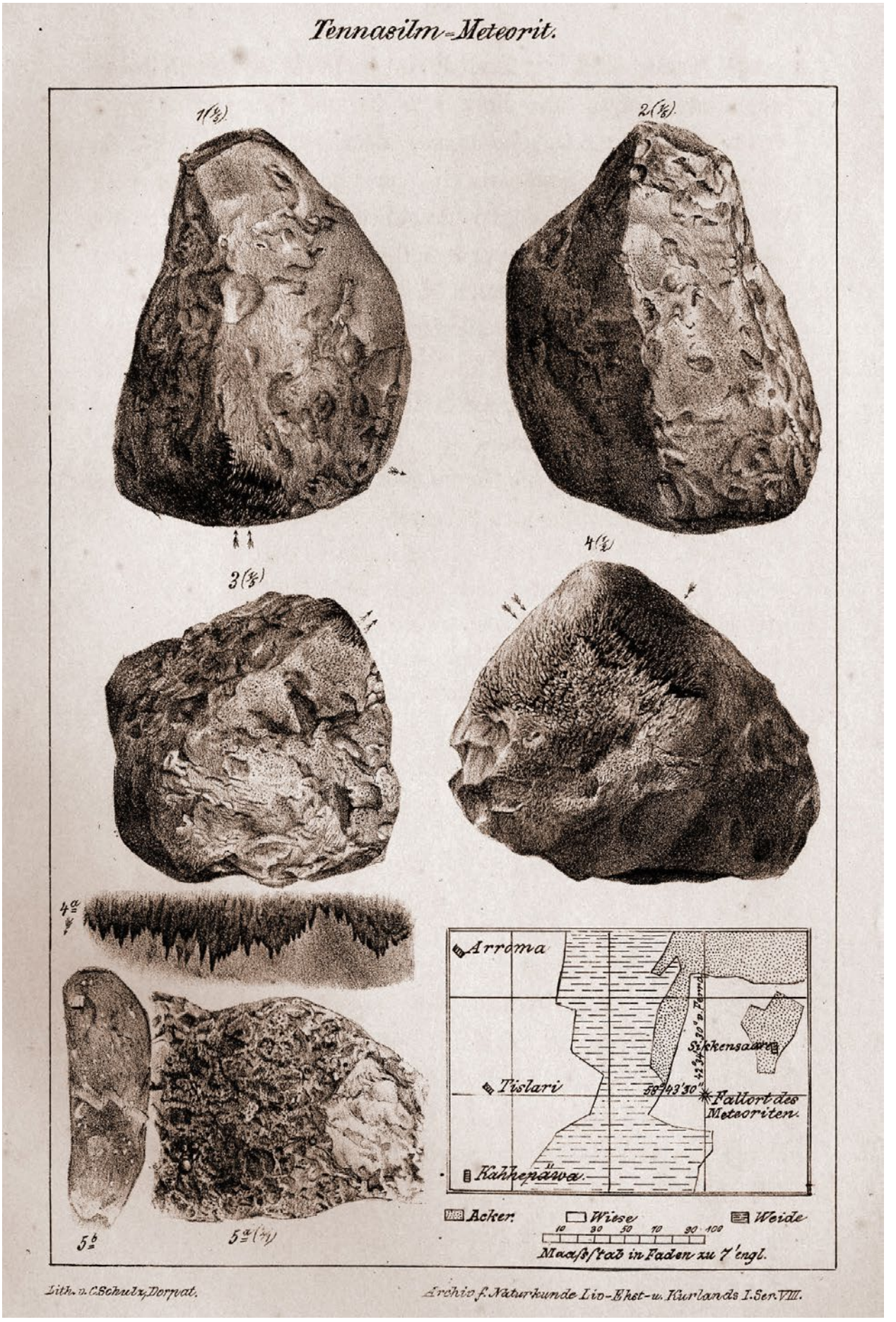
Więcej szczegółów i ilustracji na portalu
http://Wiki.Meteoritica.pl

**Bibliografia**

Koblitz Jörn, **MetBase. Meteorite Data Retrieval Software**, Version 7.3 (CD-ROM), Ritterhude, Germany 1994–2012.

Schilling G. Baron, (1873), **Mittheilungen über den am 16./28. Juni 1872 Mittags, beim Dorfe Tennasilm, im Kirchspiel Turgel des Kreises Jerwen in Ehstland niedergefallenen Steinmeteoriten**, (Mit einer Tafel.), Dorpat 1873 (Laakmann), s. 20+plansza.

[1] **O.L.v.F.** (*östliche Länge v. Ferro*) — historyczny układ współrzędnych geograficznych, w którym południk zero było liczony od najdalej wysuniętego punktu (najdalszy punkt *znanego świata*) na wyspie El Hierro (Ferro) w archipelagu Wysp Kanaryjskich; aby otrzymać współrzędne we współczesnym układzie należy od wartości długości geograficznej odjąć wartość 17°40', szerokość geograficzna pozostaje bez zmian




*Okaz meteorytu Tennasilm i mapa rejonu spadku z błędnymi współrzędnymi punktu spadku (Schilling 1873)*

# A skąd wiadomo, że to meteoryt?

**Andrzej S. Pilski**

Na podstawie prezentacji przedstawionej w listopadzie na Giełdzie Minerałów w Gliwicach.
Zdjęcia autora z jednym, podpisanym wyjątkiem.

Tytułowe pytanie można niejednokrotnie usłyszeć na giełdach minerałów przy stoiskach z meteorytami. Odpowiedź nie jest łatwa, zwłaszcza gdy ton pytającego sugeruje powątpiewanie w autentyczność prezentowanych okazów. Jak przekonać takiego niedowiarka?

W przypadku niektórych okazów można odwołać się do doniesień medialnych o bolidach, po których spadały z nieba kamienie. Zdarzeniem, o którym wszyscy słyszeli, był niedawny bolid i deszcz meteorytów kamiennych w okolicy Czelabińska w Rosji. Bolid może jednak zobaczyć wiele osób, ale spadające meteoryty tylko niektórzy. Inni, nawet gdy wiedzą, że w tej okolicy niedawno spadły meteoryty, muszą je jakoś rozpoznać. Z czelabińskimi meteorytami było dość łatwo, bo wpadały one w głęboki śnieg i można było je wygrzebać szukając tam, gdzie były widoczne dziurki w śniegu. W tych dziurkach były kolumienki bardziej zbitego śniegu zakończone czarnym kamykiem. Wiosną, gdy śnieg stopniał, meteoryty osiadły na ziemi, na trawie, czy na liściach i też łatwo je było odróżnić od ziemskich kamieni, które tkwiły głębiej w ziemi.

50 lat temu, w wigilijny wieczór 1965 roku, deszcz kamieni z nieba spadł na angielskie miasteczko Barwell w hrabstwie Leicester. Też nietrudno było te kamienie rozpoznać, bo spadały ludziom pod nogi, na ulice czy do przydomowych ogródków. Po podniesieniu pierwszych meteorytów wiadomo było, że trzeba szukać podobnych do nich. Zachęceni nagrodami mieszkańcy odnaleźli ponad 44 kg kamieni z nieba.

*Fot. 1. Ważący 27 g okaz meteorytu Chelyabinsk z kolekcji prof. Wiesława Wojnowskiego.*

*Fot. 2. Autor z meteorytem Barwell wystawionym w National Space Centre w Leicester, UK. Fot. Graham Ensor.*

Nie zawsze spadanie meteorytów poprzedza ognista kula na niebie. We wsi Sołtmany, koło Giżycka, nikt bolidu nie widział, tylko mieszkańcy gospodarstwa nad jeziorem usłyszeli huk. Po wyjściu z domu zobaczyli dziurę w daszku nad schodkami i odłamki szarego kamienia z czarną skorupą leżące przy schodkach. Trudno, by ktoś rzucił kamień z taką siłą, więc domyślili się, że to spadł meteoryt.

Takich przypadków jest jednak niewiele. Częściej meteoryty wbijają się w ziemię, nie zostają szybko znalezione i wtedy trzeba je jakoś odróżnić od ziemskich kamieni.

Meteoryty, które spadły niedawno, można odróżnić po wyglądzie. Dobrze jednak obejrzeć wcześniej prawdziwy meteoryt, by wiedzieć, ja-

*Fot. 3. Fragment meteorytu Sołtmany z kolekcji Kazimierza Mazurka.*

*Fot. 4. Spieniona skorupa na fragmencie meteorytu Baszkówka. Kolekcja Kazimierza Mazurka.*

kiego wyglądu się spodziewać. Wiele osób, wiedząc, że meteoryty spadają po ognistych kulach, spodziewa się czegoś całkowicie stopionego od gorąca, więc często myśli, że meteorytami są kawałki żużla. Tymczasem przelot przez atmosferę odbywa się tak szybko, że ciepło z rozgrzanej powierzchni nie zdąży przeniknąć w głąb. Po wyhamowaniu kamienia stopiona warstewka na powierzchni krzepnie, tworząc skorupę, pod którą jest nie zmieniona, oryginalna skała z kosmosu.

Potwierdzeniem kosmicznego pochodzenia bywa wygląd samej skorupy. Niejednokrotnie widać na niej zakrzepłe strużki stopionej skały, oraz płytkie wgłębienia, zwane regmagliptami, przypominające odciski kciuka, wytworzone przez zawirowania powietrza podczas spadania meteorytu. Czasem i strużki i regmaglipty rozchodzą się promieniście od centralnego punktu. Mówimy wtedy o meteorycie orientowanym, który nie koziołkował podczas spadania i widać, którą stroną był zwrócony w kierunku lotu. Na jego tylnej stronie skorupa często jest spieniona.

Po dłuższym pobycie meteorytu na Ziemi jego skorupa ulega wietrzeniu: staje się rdzawa, a potem zaczyna się złuszczać. Meteoryt zaczyna przypominać zewnętrznym wyglądem ziemskie bazalty czy gabra. Wtedy jedyną szansę na rozpoznanie daje jego budowa.

Najłatwiej zauważyć meteoryty żelazne, ponieważ żelazo rodzime występuje na Ziemi niezwykle rzadko i nigdy w postaci większych brył. Jeśli więc odnajdujemy bryłę żelaza o nieregularnym kształcie, to pochodzi ona z kosmosu, albo z… huty. Meteoryty żelazne muszą zawierać domieszkę niklu. Jeśli niklu nie ma, żelazo można spokojnie oddać na złom. Po wytrawieniu powierzchni przekroju rozcieńczonym kwasem azotowym w większości meteorytów żelaznych pojawiają się dość regularne figury nazywane figurami Widmanstättena.

W meteorytach żelazno-kamiennych metaliczne żelazo z niklem jest wymieszane z krzemianami. Są to albo oliwiny w pallasytach, albo pirokseny w mezosyderytach. Jeśli skład kamiennych dodatków jest inny, a zwłaszcza gdy są to topniki używane w metalurgii, taki pseudometeoryt też można skierować na złom.

Przeważająca większość spadających na Ziemię meteorytów składa się z kulistych ziarenek krzemianów,

*Fot. 5. Meteoryt żelazny Henbury z figurami Widmanstättena na przekroju. Kolekcja Kazimierza Mazurka.*

które nazywamy chondrami, a te meteoryty chondrytami. Między chondrami tkwią ziarenka metalicznego żelaza z niklem i ziarenka siarczku żelaza — troilitu. W ziemskich skałach takie zestawienie minerałów nie występuje. Żelazo w formie metalu występuje w ziemskich skałach niezwykle rzadko i nie zawiera niklu. Struktura chondrytów przypomina ziemskie piaskowce, ale w piaskowcach metalu nie ma, a ziarenka piasku są z kwarcu, a nie z krzemianów. Kwarc występuje tylko w niektórych meteorytach i w śladowych ilościach, więc obecność w kamieniu większej ilości kwarcu oznacza jego ziemskie pochodzenie.

Najtrudniejsze do rozpoznania są achondryty, ponieważ są najbardziej podobne do ziemskich kamieni bazaltowych. W niektórych przypadkach dopiero bardzo wnikliwe badania pozwalają udowodnić, że taki kamień pochodzi z kosmosu.

Meteoryty prezentowane na giełdzie zostały już znalezione i rozpoznane. Na pytanie, skąd wiadomo, że to meteoryty, można więc krótko odpowiedzieć powołując się na analogię z dowodem osobistym. Skąd wiadomo, że to Kowalski? Ponieważ ma dowód tożsamości, w którym są zapisane najważniejsze informacje, a resztę można sprawdzić w bazie danych. Meteoryty prezentowane na giełdach też mają nazwy i etykietki z podstawowymi danymi, a resztę danych można sprawdzić w bazie danych i tą drogą upewnić się, że prezentowane meteoryty są autentyczne.

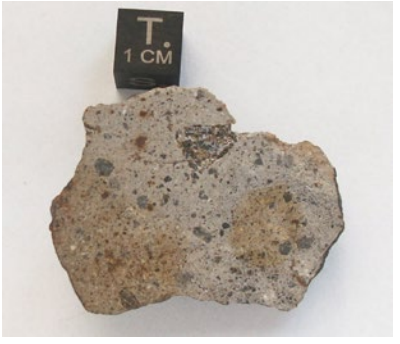
Nadawaniem nazw meteorytom zajmuje się Komisja Nazewnictwa Meteoritical Society. Wniosek o nadanie nazwy musi zawierać dokładne informacje o okolicznościach spadku i znalezienia meteorytu, jego klasyfikację i uzasadnienie, dlaczego został tak właśnie sklasyfikowany. Do sklasyfikowania meteorytu niezbędne są szczegółowe badania wymagające specjalistycznej aparatury. Badania te są w stanie przeprowadzić tylko niektóre ośrodki badawcze.

Dobry system klasyfikacji pozwala coś powiedzieć o pochodzeniu meteorytów. Klasyfikacja meteorytów kamiennych wskazuje, czy mogą one

*Fot. 6. Chondryt przypomina wyglądem kawałek zaprawy murarskiej z czarną skorupą. NWA 5510 z kolekcji Kazimierza Mazurka.*

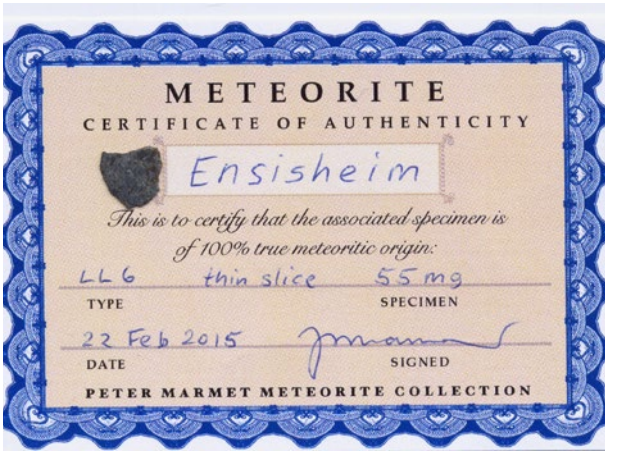
pochodzić z jednego ciała czy z różnych i czy ich ciało macierzyste jest duże czy małe. Klasyfikacja meteorytów żelaznych pozwala wnioskować, czy pochodzą one z wnętrza czy z powierzchniowej strefy planetoidy i jak duża mogła być ich macierzysta planetoida. Badanie meteorytów pozwala też określić, jak dawno się one uformowały, ile czasu krążyły w kosmosie i kiedy spadły na Ziemię.

W niektórych przypadkach, gdy udało się dość dokładnie zaobserwować zjawisko bolidu poprzedzające spadek meteorytu, możliwe było obliczenie, po jakiej orbicie poruszało się ciało, którego spotkanie z Ziemią zakończyło się deszczem meteorytów. Kształt wszystkich orbit wskazuje, że meteoryty pochodzą z ciał krążących wokół Słońca niezbyt daleko od Ziemi. W grę wchodzi więc Księżyc, Mars i planetoidy, a być może też niektóre komety. Powiązanie meteorytów z konkretnymi ciałami wymaga jednak wiedzy o budowie tych ciał.



***Fot. 8. Meteoryty z Westy: Howardyt NWA 4934 (powierzchnia), eukryt Dho 007 (warstwa podpowierzchniowa), diogenit NWA 4473 (głębsza warstwa). Kolekcja Kazimierza Mazurka.***

Nie zaobserwowano dotąd spadania meteorytu pochodzącego z Księżyca. Rozpoznanie meteorytów, które spadły niezauważone, mogło nastąpić dopiero, gdy astronauci z programu Apollo przywieźli z Księżyca próbki skał. Dzięki porównaniu składu chemicznego i mineralnego można było stwierdzić, że dość dużo meteorytów znalezionych na pustyniach przybyło z Księżyca.




***Fot. 7. Czasem dealerzy oferują certyfikaty autentyczności, ale najważniejszą gwarancją autentyczności jest nazwa umieszczona w oficjalnym katalogu wraz z pełnym opisem. Kolekcja Kazimierza Mazurka.***

Spadanie meteorytów z Marsa obserwowano kilkakrotnie. Argumentem, że mogą one pochodzić z tej planety, był ich młody wiek. Nie było innego miejsca w pobliżu Słońca, gdzie mogłyby się uformować skały tak niedawno. Ostateczny dowód uzyskano jednak dopiero, gdy sondy kosmiczne przekazały wyniki badań gruntu i atmosfery Marsa.

Meteoryty pochodzące z Westy zidentyfikowano dzięki analizie widma światła słonecznego odbitego od powierzchni tej planetoidy. Westa ma wyjątkowe widmo, więc gdy stwierdzono, że światło odbite od niektórych sproszkowanych meteorytów ma takie samo widmo odbiciowe, to nie było wątpliwości, skąd one pochodzą. Sonda Dawn, która przez rok krążyła wokół Westy, potwierdziła te przypuszczenia.

Pewne poszlaki wskazują, że ciałem macierzystym chondrytów typu H, których deszcz spadł między innymi koło Pułtuska, może być planetoida Hebe. Krąży ona wokół Słońca w pasie planetoid, ale jej orbita jest dość blisko rezonansu 3:1 z Jowiszem, więc fragmenty odłupane od niej w wyniku zderzeń z fragmentami innych planetoid mogą dość szybko trafić do obszaru rezonansu i zostać przekierowane na orbity prowadzące ku Ziemi.

O większości meteorytów wiemy tylko, że pochodzą z planetoid, ponieważ podobne skały ma na powierzchni wiele planetoid, więc trudno powiązać poszczególne meteoryty z konkretnymi planetoidami. Pył przywieziony na Ziemię przez japońską sondę Hayabusa z planetoidy Itokawa pozwolił na stwierdzenie, że na powierzchni tej planetoidy są takie same kamienie, jakie spadły koło Czelabińska, ale orbita czelabińskiego meteoroidu przed zderzeniem z Ziemią sugeruje jego pochodzenie z innej planetoidy. Sam fakt, że planetoid jest dużo więcej niż typów meteorytów, wskazuje, że meteoryty tego samego typu mogą pochodzić z wielu różnych planetoid.

***Fot. 9. Scementowany gruz z Hebe: przekrój meteorytu Juancheng. Kolekcja Kazimierza Mazurka.***

Wraz z moim przyjacielem, Kazimierzem Mazurkiem, wystawiamy meteoryty na giełdach minerałów po to, by popularyzować wiedzę o nich, dlatego staram się unikać najbardziej oczywistej odpowiedzi na tytułowe pytanie, choć nieraz ciśnie się ona na usta. Stąd wiadomo, że to meteoryty, bo uzyskałem je z pewnego źródła, ponadto znam się na nich, więc mogłem zweryfikować ich autentyczność, a leżą tu właśnie po to, by zainteresowani mogli zobaczyć, jak meteoryty wyglądają.