BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 3 (99) Wrzesień 2016 ISSN 1642-588X

W numerze:

- O meteorytowej skorupie obtopieniowej
- Gujba a powstawanie chondr
- Inkluzje CAI w chondrytach węglistych
- Krótka historia powstania PTMet
- Rutyl w meteorytach
- Do Maroka po meteoryty (cz. II)

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 ab
AGENCJA FOTOGRAFICZNO - WYDAWNICZA

Od Redaktora:

Nadzieja wyrażana w poprzednim numerze nie spełniła się i wrześniowy numer z roku 2016 ukazuje się w styczniu roku 2018. Potwierdza to tylko zasadność decyzji o zakończeniu wydawania „Meteorytu" jako kwartalnika. Kwestia kontynuowania wydawania w postaci publikacji nieperiodycznej pozostaje sprawą otwartą. Najpierw jednak musi ukazać się setny numer, czyli ostatni z roku 2016.

Ten numer zawdzięczamy głównie dwóm autorom. Na szczególne podziękowanie zasługuje Svend Buhl, który zgodził się na opublikowanie swojego znakomitego opracowania na temat skorupy meteorytowej. Przeważająca większość badaczy meteorytów zajmuje się tym, co meteoryt ma w środku. Na temat skorupy można poczytać głównie w starszych publikacjach, często już niedostępnych. W efekcie wielu kolekcjonerów nie bardzo zdaje sobie sprawę, co widzą oni na powierzchni swoich okazów, szczególnie tych pochodzących z pustyń. Sądzę, że ten artykuł wyjaśnia wiele kwestii.

Na niemniejszą wdzięczność zasługuje Jan Woreczko za drugą część relacji z wyprawy do Maroka. Ta część jest poświęcona przede wszystkim meteorytom. Z przyjemnością zapraszam do lektury i oglądania zdjęć. Więcej zdjęć na www.woreczko.pl

Na apel o materiał do „Meteorytu" odpowiedział tylko Andrzej Kotowiecki prezentując swój punkt widzenia na historię Polskiego Towarzystwa Meteorytowego.

Wszystkie te materiały były do mojej dyspozycji już kilka miesięcy temu, więc cała wina za opóźnienie spada na mnie. Wydawało mi się, że z tematem pochodzenia Gujby poradzę sobie dość szybko, ale jak zacząłem nad tym pracować, to temat okazał się nie taki prosty, jak mi się początkowo wydawało, pojawiło się mnóstwo wątków pobocznych i w końcu zacząłem dochodzić do wniosku, że może jednak dać sobie z tym spokój. Ale czym wtedy zapełniłbym dwie strony? Tak więc publikuję coś, co tylko sygnalizuje temat.

Za rok będziemy świętować 50-lecie dwóch deszczy chondrytów węglistych: Allende i Murchison. W numerze Tomasz Jakubowski prezentuje galerię przekrojów tego pierwszego, po pierwsze dlatego, że są, a po drugie, bo przekroje Allende są dużo bardziej efektowne, z bardziej wyrazistymi szczegółami, niż przekroje Murchisona. Teraz mamy już sporo chondrytów węglistych z pustyń, ale wcześniej to te dwa meteoryty pozwoliły i na lepsze przebadanie chondrytów węglistych i na pojawienie się tych meteorytów w prywatnych zbiorach.

Andrzej S. Pilski

Allende CV3, 150 g, dawniej w kolekcji Arizona State University, obecnie u Tomasza Jakubowskiego. Do galerii przekrojów Allende zapraszamy na str. 14–15.

Okładka:
Intrygujące instalacje reklamowe. Przy dużej konkurencji trzeba się czymś wyróżniać. Znowu meteoryty! Zapraszamy do lektury drugiej części relacji z wyprawy do Maroka.

Wyżej: Zakrzepłe strużki rozchodzące się promieniście od apeksu mającego kształt tarczy meteorytu Chergach (chondryt H5).

O meteorytowej skorupie obtopieniowej

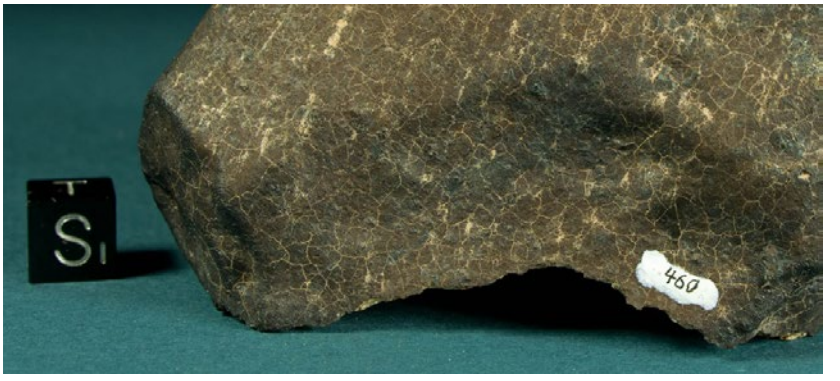
Svend Buhl

Skorupa obtopieniowa na meteorytach jest przedmiotem zainteresowania, odkąd kamienie spadające z nieba są znane ludzkości. Opis powierzchni takiego kamienia jako „szaro-czarny, chropowaty, z wgłębieniami i wystającymi niektórymi krawędziami" przedstawił około roku 275 nubijski mówca Arnobiusz Starszy. W podobny sposób grecki historyk Herodian (170 – 240 n.e.) opisywał między innymi czarny, prawdopodobnie orientowany kamień meteorowy Elagabala. Przypisując posłańcom niebios usmolony wygląd spowodowany spadaniem w płomieniach na Ziemię, starożytni prawidłowo interpretowali czarną powłokę meteorytowych kamieni.

Pierwsze szczegółowe, porównawcze studia skorupy obtopieniowej, do których później dołączyły prace Chladniego (1819), Tschermaka (1885) i Breziny, zawdzięczamy Schererowi i Schreibersowi (1809). Od tego czasu każdy poważniejszy badacz w tej dziedzinie odnosił się do tego problemu przynajmniej marginalnie.

Buchwald przedstawił wyczerpujące studium skorupy obtopieniowej meteorytów żelaznych (1975). Ramdohr (1967) i bardziej niedawno Genge i Grady (1999) podjęli szczegółowe badania z wykorzystaniem mikroskopu i mikrosondy. Jednak w mediach i w Internecie dość powszechne są wciąż błędne pojęcia na temat skorupy obtopieniowej, co było dla nas powodem, by spróbować przygotować krótki, ilustrowany wstęp do zagadnień skorupy obtopieniowej i jej typowej morfologii.

Świeża skorupa obtopieniowa o drobnej teksturze na chondrycie H5 Chergach



Meteoryt z widoczną, umiarkowanie zwietrzałą skorupą, z ilastymi śladami uderzenia i przypominającymi krakelurę spękaniami kontrakcyjnymi wypełnionymi caliche (chondryt Bir Anzarane w trakcie klasyfikowania)

Skorupa obtopieniowa o chropawej teksturze na meteorycie Chelyabinsk (chondryt LL5)

Kształtowanie się

Skorupa czy też skórka obtopieniowa, to cienka, stopiona, powierzchniowa warstwa składająca się z przetworzonych termicznie składników meteorytu. Na meteorytach kamiennych składa się ona głównie z oliwinu, szkliwa, wustytu i innych tlenków żelaza szeregu magnetytu i rzadko przekracza grubość 1 mm. Na meteorytach żelaznych skorupa składa się niemal całkowicie z magnetytu i jest jeszcze cieńsza. Przeważnie ma grubość mniejszą niż ¼ mm.

Skorupa obtopieniowa tworzy się, gdy meteoroidy wpadają w gazową atmosferę naszej planety z prędkością od 15 do 70 kilometrów na sekundę. Przy takiej prędkości przelot nad Ameryką Północną ze wschodu na zachód trwa 4 do 5 minut. Można wyobrazić

sobie, jak ogromna fala uderzeniowa sprężonego powietrza jest wytwarzana przez te kosmiczne pociski.

Od wysokości około 70 km, gdzie gęstość powietrza jest mniejsza niż 1 procent gęstości na poziomie morza, atmosfera zaczyna hamować meteoroid. W tym stadium meteoroid już sprężył przed sobą falę powietrza. Im głębiej wdziera się kosmiczna skała w coraz bardziej gęstą atmosferę, tym bardziej fala powietrza na jego drodze jest sprężona i wzrasta jej temperatura.

W końcu gorące powietrze powoduje topnienie zewnętrznej warstwy meteoroidu. Na temperaturę około 1500°C, litologie planetoid są mało odporne. Gdy tylko skała staje się płynna, jest natychmiast unoszona w strumieniu gazu i plazmy, a pod nią topi się nowa warstwa. W tym procesie ablacji, zależnie od kąta wejścia, prędkości początkowej i składu mineralnego, meteoroid traci do dziewięćdziesięciu procent początkowej masy. Wbrew powszechnemu mniemaniu temperatura procesu ablacji nie przeobraża wewnętrznej części meteoroidu, ponieważ ciepło jest natychmiast odprowadzane przez stopioną materię w strumieniu gazu.

Cienka skorupa obtopieniowa, o grubości 0,3 mm, okalająca przekrój chondrytu LL6 NWA 5882 (W0-1)

Duże regmaglipty na chondrycie L5 Dhofar 1511

Rozbryzgi i warga utworzone na brzegu tylnej strony chondrytu LL5 Noktat Addagmar

Proces ablacji

W tym stadium gorącej ablacji pierwotny kształt meteoroidu ulega przeobrażeniu. Z powodu nieregularnego kształtu większość meteoroidów podczas lotu wiruje czy też koziołkuje w niekontrolowany sposób. W tym przypadku wszystkie powierzchnie ulegają ablacji bardziej lub mniej jednorodnie. Jeśli meteoroid nie przybierze w wyniku ablacji kształtu aerodynamicznego i nie rozpocznie stabilnego lotu, to jedynie niejednorodności jego składu mineralnego powodują lokalne różnice w stopniu ablacji. Składniki o stosunkowo niskiej temperaturze topnienia, takie jak troilit, mają tendencję do topienia się szybciej niż na przykład ubogi w żelazo oliwin. Litologie bogate w wapń topią się jeszcze szybciej. Gdy tylko proces ablacji dociera do skupień o niższej temperaturze topnienia, tworzą się małe dołki i wklęśnięcia, które z kolei powodują mikroturbulencje rzeźbiące te wgłębienia jeszcze bardziej. Powstałe w wyniku tego procesu wyżłobienia nazywane są *regmagliptami*.

Krzepnięcie

Gdy już ziemska atmosfera wyhamuje nasz meteoroid do prędkości, przy której topnienie już nie zachodzi, rozpoczyna się ciemna i zimna faza jego spadania. Nadszedł moment tworzenia się skorupy obtopieniowej. Gdy ostatni stop ochładza się, zastyga w postaci cienkiej często szklistej i matowej powłoki: skorupy obtopieniowej. Tak więc skorupa ta jest czymś w rodzaju zdjęcia utrwalającego określony moment kształtowania się meteoroidu.

Struktury topnienia

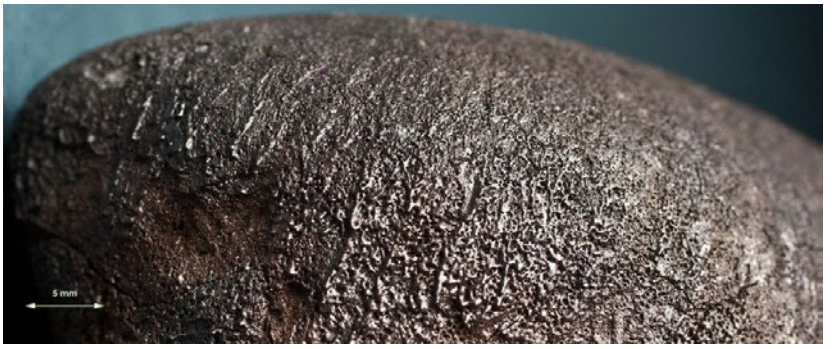
W niektórych przypadkach na powierzchni skorupy pojawiają się delikatne linie zestalonego stopu. Nazy-

wamy je zakrzepłymi strużkami (*flow lines)* i zwykle wskazują one stronę meteorytu przeciwną do kierunku jego lotu w momencie zastygania skorupy. Czasem na powierzchni meteorytu widać rozbryzgi w kształcie łez, też zwrócone w tym samym kierunku. W przeciwieństwie do zakrzepłych strużek zostały one utworzone przez materię, która oderwała się od powierzchni, a następnie znów opadła na wirujący meteoryt.

W innych miejscach, szczególnie z tyłu, na bokach i na częściach chronionych przed przepływem powietrza, stopiona materia gromadzi się i tworzy lokalne obręcze czy też wargi grubszej skorupy. Zwykle występują one na krawędziach powierzchni zwróconych przeciwnie do kierunku lotu. Te obręcze mogą obejmować całą tylną powierzchnię meteorytu i mogą być nazywane *zawiniętymi krawędziami*. Tworzyły się one, gdy półpłynny stop spływał i zawijał się za brzegiem, gdzie krzepł po zawietrznej stronie strumienia gazu.

Jeśli ciekła materia jest chwytana i blokowana przed ucieczką ze strumieniem gazu, to tworzy ona grube brzegi lub wypełnia wklęśnięcia. W pewnych warunkach stopiona materia gromadzi się na tylnej stronie meteoroidów zachowujących stałą orientację względem kierunku lotu i tworzy szereg warstw, jedna na drugiej. W skrajnych przypadkach te *mega skorupy* mogą osiągnąć grubość 1 cm i więcej. Przykładem tego rzadkiego zjawiska są fragmenty głównej masy deszczu meteorytów Tamdakht (Buhl, et al. 2009).

Charakterystyczne *kołnierze,* znane z australijskich tektytów, nie były dotąd obserwowane na meteorytach. Jak uważa Ramdohr (1967) przyczyną jest dość niska lepkość podstawowych stopów meteorytowych w porównaniu z krzemionkowymi stopami australitów.



Wielokrotne warstwy skorupy obtopieniowej zakrzepłej na krawędzi czołowej strony orientowanego meteorytu Chelyabinsk (LL5)

Spieniona, porowata skorupa obtopieniowa jako wynik odgazowania lotnych składników (chondryt LL5 Noktat Addagmar)

Spękania kontrakcyjne powstałe na obtopieniowej skórce ważącego 46 g meteorytu Chelyabinsk (chondryt LL5)

Pienienie się i pęcherzyki

Na tylnej stronie meteoroidów, zachowujących stałą orientację podczas spadania, wytwarza się wysoka próżnia. Sprzyja ona intensywnemu odgazowaniu lotnych pierwiastków, co z kolei wytwarza pęcherzyki i czasem większe bąble lub kratery w skorupie. Im dłużej utrzymuje meteoroid stałą orientację, tym bardziej intensywny jest proces odgazowania i wynikające z niego powstawanie piany.

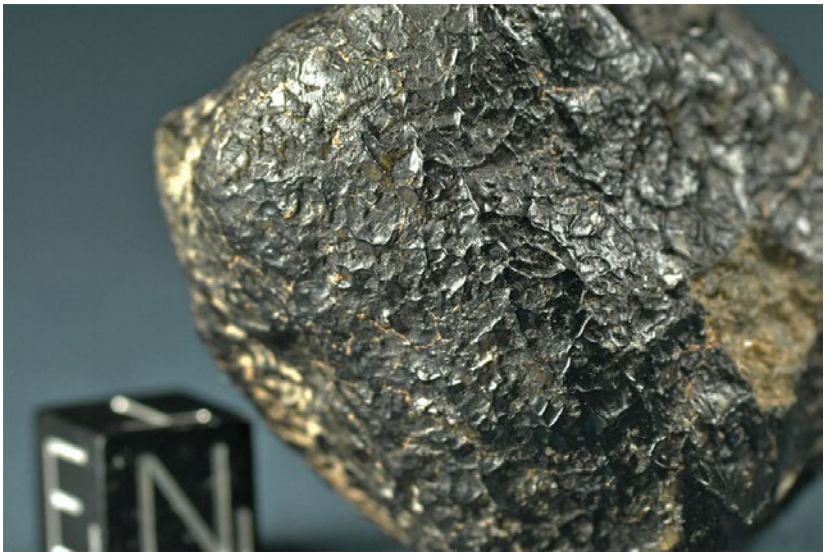
Chociaż bąble i pęcherzyki są najczęściej spotykane na tylnej stronie meteorytów zachowujących stałą orientację, ich tworzenie się nie jest ograniczone do tego. Na przykład gwałtowne uwolnienie siarki z troilitu, H_2O z serpentynitu (w chondrytach węglistych) czy uwolnienie CO_2 podczas spalania grafitu może prowadzić do powstawania bąbli w obszarach, gdzie mniej się ich spodziewano; np. na przedniej stronie czy bokach okazu.

Spękania kontrakcyjne

Kontynuując spadanie w coraz niższe rejony naszej atmosfery meteoroid napotyka niskie temperatury, często znacznie poniżej zera. Prowadzi to do dalszego kurczenia się świeżo zakrzepłej skorupy obtopieniowej. Na meteoroidzie tworzy się szron; w szczególnych warunkach może nawet utworzyć się warstewka lodu. Naprężenia termiczne wywołane przez niskie temperatury często prowadzą do powstania w skorupie siatki drobnych spękań przypominającej pajęczynę. Te delikatne struktury przypominają spękania na spalonych przedmiotach i są nazywane *spękaniami kontrakcyjnymi* (zob. zdjęcie wyżej).

Kolor

Kolor skorupy obtopieniowej na meteorytach kamiennych jest na ogół czarny. Jednak jego odcień zmienia się od smoliście czarnego, lśniącego na bazaltowych achondrytach (z pęcherzykami jak na skorupie bazaltów z mórz księżycowych) do matowego, szarawo czarnego z odcieniami brązu na chondrytach zwyczajnych.



Gładka, szklista skorupa obtopieniowa z nieregularnymi zmarszczkami na bazaltowym achondrycie NWA 5787

Różnice zabarwienia przedniej i tylnej strony chondrytu H4 Buzzard Coulee.

Pierwotna (u góry z lewej) i wtórna skorupa obtopieniowa na powierzchni po późnej fragmentacji (z przodu) na meteorycie Tamdakht (chondryt H5).

Spienione, przezroczyste, oliwkowozielone skorupy takie jak na anortozytowych meteorytach z księżycowych lądów, oraz jasne, białawe i popielate skorupy występujące na przykład na aubrytach, są rzadkimi wyjątkami. Cienkie skorupy na meteorytach żelaznych mają niebiesko-czarny odcień często przechodzący w barwę hartowanego metalu. Ogólnie kolor skórki obtopieniowej jest głównie funkcją zawartości żelaza, składu mineralnego meteorytu i zakresu temperatur topnienia i wynikającej z tego lepkości stopu na powierzchni meteorytu (Schneider, et al. 2000).

Często świeżo spadłe chondryty mają dość czarną skorupę z jednej strony i bardziej brązową z przeciwnej strony. Nie jest to efekt wietrzenia. Różnice barw są spowodowane zmianami zawartości magnetytu w skorupie po przeciwnych stronach. To z kolei jest kontrolowane przez dostarczanie tlenu atmosferycznego i temperaturę procesu oksydacji. Wysoka próżnia na tylnej stronie redukuje na przykład lub blokuje dostarczanie atmosferycznego tlenu do reakcji.

Dojrzałość skorupy

Meteoroidy, szczególnie te o składzie meteorytów kamiennych i żelazno-kamiennych, nie mają budowy zdolnej przeciwstawić się ogromnym naprężeniom mechanicznym podczas przelotu przez atmosferę. Często rozpadają się one na chmurę fragmentów lecących dalej po indywidualnych trajektoriach. Podczas takich rozpadów znaczny procent masy ciała jest przekształcany w pył meteorytowy. Fragmentacja nie jest ograniczona do gorącej fazy lotu i może następować także później podczas całej trajektorii aż do uderzenia w ziemię.

Na okazach, które przelatują przez całą atmosferę w jednym kawałku, wytwarza się dość gruba skorupa obtopieniowa, a znaczna część powierzchni ulega ablacji. Fragmentacja występująca w późniejszych stadiach gorącego lotu wytwarza okazy, które doznały ablacji w znacznie mniejszym stopniu. Często nie są one pokryte skorupą całkowicie lub mają bardzo cienką warstwę skorupy. Czasem widać na nich tylko umiarkowane przydymienie.

Spadek wielokrotny, docierający do ziemi w postaci setek czy tysięcy

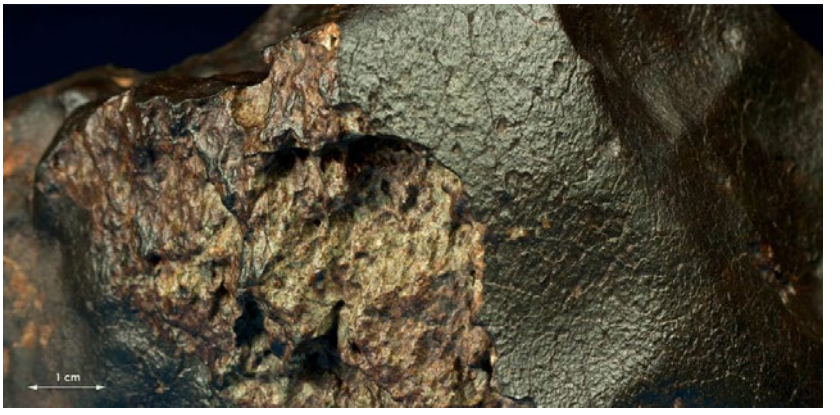
okazów, prezentuje rozmaitość form przejściowych i pośrednich. I kolekcjonerzy i badacze próbują pogrupować różne stopnie rozwoju skorupy określając je jako skorupę *pierwotną*, *wtórną* czy *trzeciego stopnia*. Ma to duży sens, jeśli kilka stopni skorupy obserwuje się na różnych powierzchniach jednego okazu. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że kolejne etapy fragmentacji wytwarzają ciągłe spektrum stopniowo zmniejszających się przejawów skorupy obtopieniowej. W przypadku porównywania okazów z wielokrotnych spadków proponujemy określanie stopnia rozwoju skorupy przez podawanie momentu uformowania się skorupy w odniesieniu do przebiegu spadania meteorytu.

Wewnętrzna i zewnętrzna warstwa skorupy

Jak pokazali Ramdohr (1967) i później Genge i Grady (1999) skorupa obtopieniowa nie jest jednorodną warstwą, ale może być podzielona na zewnętrzną skorupę i warstwę wewnętrzną.

Podczas gdy zewnętrzna skorupa meteorytów kamiennych składa się z całkowicie stopionych składników oryginalnej litologii meteorytu, to warstwa wewnętrzna (w nomenklaturze Genge'a nazywana *podłożem*) doznała stopienia w mniejszym stopniu i jest zdominowana przez żyłki szkliwa krzemianowego i kropelki siarczku. Morfologicznie zewnętrzna skorupa zawiera dużą liczbę bardzo małych pęcherzyków, z których te najbardziej zewnętrzne są otwarte ku powierzchni. Te pęcherzyki mogą stanowić do 50 procent zewnętrznej skorupy. Warstwa wewnętrzna, czyli podłoże, jest dość zwarta i poprzecinana żyłkami metalu i kropelkami. Pod tym podłożem mineralogia meteorytu nie została zmieniona przez ciepło wytworzone podczas przelotu przez atmosferę.

Metalicznie niebieskawa skorupa obtopieniowa, miejscami z zakrzepłymi strużkami, na pokrytej regmagliptami powierzchni meteorytu żelaznego Ziz (NWA 854, IAB).



Skutki mechanicznej abrazji (korazji) spowodowanej nieustannym uderzaniem niesionego przez wiatr piasku w chondryt (L5).

Skutki łuszczenia się powierzchni meteorytu Thuathe (chondryt H4/5).

Płytka cienka ukazująca uwarstwioną skorupę obtopieniową chondrytu H5 Gao Guenie (4×5 mm). Fot. T. Jakubowski

Z powodu lepszego przewodnictwa cieplnego meteoryty żelazne zwykle mają pod skorupą obtopieniową strefę z widocznym termicznym przeobrażeniem krystalicznej struktury. Ta strefa przeobrażona pod wpływem ciepła jest nazywana *strefą* α_2 i może ona sięgać do 2 cm w głąb meteorytu.

Odłupywanie się podczas lotu

Jest jeszcze jedna, często spotykana cecha skorupy rzadko omawiana w literaturze. Szczególnie na meteorytach mających skorupę o grubości 1 mm lub większej często widać łaty pozbawione skorupy. Dobrze znanym przykładem jest chondryt CV3 Allende. Te łatki bez skorupy często pojawiają się na wypukłościach i narożnikach okazów, ale występują też na płaskich powierzchniach. To łuszczenie się nie jest skutkiem uderzenia meteorytu. W rzeczywistości większość łuszczenia się następuje podczas lotu. Innym dowodem łuszczenia się skorupy podczas lotu meteoroidu są obszary pozbawione skorupy z widocznymi śladami osmalenia, co pokazuje, że łuszczenie

się następowało w końcowej fazie gorącego lotu.

Zależnie od kształtu powierzchni meteoroidu, jego przewodnictwa cieplnego, grubości skorupy obtopieniowej, składu i wielkości ziaren znajdującego się pod skorupą ciasta skalnego oraz gradientu temperatury napotkanego przez meteoroid podczas spadania, przyczepność skorupy do meteorytu się zmienia. Tak więc zdarza się, że łatki skorupy są odrywane od meteoroidu przez podciśnienie atmosferyczne w strumieniu powietrza. Jak pokazał Ramdohr (1967), szczególnie podatna na łuszczenie się jest cienka, magnetytowa skorupa meteorytów żelaznych.

Wietrzenie powierzchniowe

Na koniec nasz meteoroid uderza w ziemię i staje się tym, co nazywamy meteorytem. Często skorupa ulega uszkodzeniu podczas uderzenia. Obnażone łatki i przylegająca gleba będą w przyszłości miejscami, gdzie rozpocznie się wietrzenie. Zależnie od twardości powierzchni w miejscu spadku i dzięki niewielkiej prędkości uderzenia jest całkiem możliwe, że skorupa pozostanie nieuszkodzona. W dużych deszczach meteorytów, jak na przykład Pułtusk, Chelyabinsk, Mocs, Millbillillie, Camel Donga, Gao, Bassikounou i Chergach znamy liczne okazy, na których nie ma żadnych śladów odłupania.

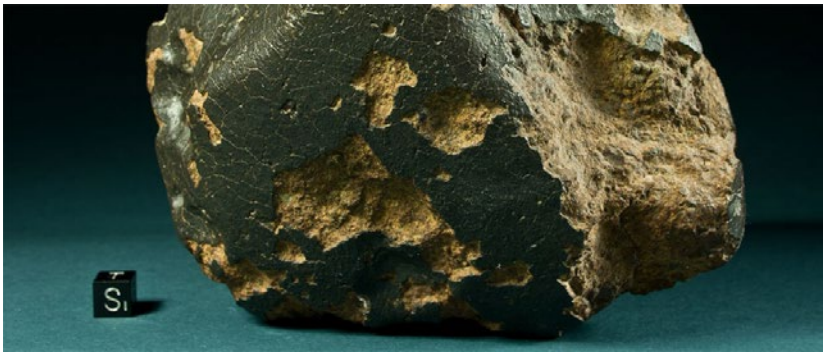
Po wylądowaniu na powierzchni Ziemi skorupa obtopieniowa chroni meteoryt przed ziemskim wietrzeniem. Zarazem jest to najbardziej wyeksponowana część meteorytu i w istocie najbardziej narażona na uszkodzenia.

Oglądając uważnie skorupę meteorytu kamiennego odnalezionego w ciągu godzin czy dni po spadku można zauważyć nierówną, chropawą i gruzełkowatą strukturę, która zwiększa powierzchnię meteorytu narażoną na ataki wietrzenia chemicznego i mechanicznego. Nierówna powierzchnia skorupy ułatwia przyleganie zanieczyszczeń takich jak węglan wapnia, cząsteczki gliny, skupienia nawianego przez wiatr pyłu i rosa. Pomimo stosunkowo dużej twardości, brak zwartości skorupy powoduje jej podatność na abrazję przez niesione wiatrem kryształki lodu i ziarenka piasku.

Korazja

Prócz utleniania jednym z pierwszych, widocznych efektów wietrzenia meteorytu w pustynnym środowisku z obficie występującym piaskiem kwarcowym jest lekkie wypolerowanie czy połysk spowodowany przez saltację. Nieustanne uderzenia ziarenek kwarcu powodują erozję zewnętrznej, pęcherzykowej warstwy skorupy obtopieniowej. Podczas gdy podłoże skorupy jest wciąż nietknięte, cienka, chropawa, górna warstwa ulega do pewnego stopnia abrazji pod działaniem piasku niesionego przez wiatr. Proces ten nazywamy korazją. Na terenach pokrytych obficie piaskiem kwarcowym ten efekt może wystąpić już po kilku miesiącach.

Meteoryty w mroźnych środowiskach są narażone na podobną, szybką metodę erozji. Mimo często długiego przebywania na Ziemi liczne znaleziska na Antarktydzie mają dość świeże wnętrza, podczas gdy ich zewnętrzne warstwy uległy znacznej abrazji, aż do głębokości ponad 1 cm, w wyniku



Abrazja pod działaniem piasku przebiła wypolerowaną wiatrem i pokrytą pustynną polewą skorupę, a minerały caliche wypełniły spękania kontrakcyjne na tym chondrycie L6 z terenu Al Mahbes w Maroku.

Skorupa obtopieniowa zdarta przez korazję na diogenicie oliwinowym NWA 5597

Niesiony wiatrem piasek powoduje erozję meteorytu na miejscu. Można zauważyć ziarnka piasku atakujące meteoryt, który już całkowicie utracił skorupę obtopieniową i ukazuje oznaki zaawansowanego wietrzenia pustynnego.

uderzeń niesionych wiatrem kryształków lodu. W miejscach, gdzie skorupy obtopieniowej już nie ma, odsłonięte fragmenty meteorytu stanowią wrota dostępu dla bombardujących cząstek. Często matriks meteorytu jest głęboko wyżłobiona przez uderzające kryształki lodu czy ziarna kwarcu pomiędzy, a nawet pod płatami nietkniętej skorupy.

Dalsze ataki mechaniczne i chemiczne

Gradient temperatury w miejscu spoczywania meteorytu jest kolejnym ważnym czynnikiem, jeśli chodzi o zachowanie skorupy obtopieniowej. Duże różnice miedzy skrajnymi temperaturami dnia i nocy zwiększają naprężenia między wnętrzem meteorytu a jego skorupą, ponieważ każde z nich ma inny współczynnik rozszerzania się i kurczenia. W końcu wytworzone naprężenia prowadzą do dalszego łuszczenia się skorupy.

W tym samym czasie skorupa obtopieniowa jest narażona na ataki chemiczne i z zewnątrz i od wewnątrz. Głównymi reakcjami powodującymi chemiczne wietrzenie meteorytu wystawionego na działanie żywiołów są utlenianie, działanie wilgoci i rozpuszczanie.

Wilgoć wnika do meteorytu przez szczeliny i spękania. Powoduje ona rozpuszczanie dostępnych chlorków (w zamian za OH) i rozprowadzanie ich po meteorycie. Tworzący się chlorek Fe(II) ($FeCl_2$) utlenia się dalej do chlorku Fe(III) ($FeCl_3$) i razem z wodą tworzy kwas solny, który jeszcze bardziej atakuje meteoryt. Utlenianie żelaza meteorytowego powoduje lokalne zwiększanie jego objętości. Jeśli to zdarza się blisko powierzchni meteorytu, to wynikiem jest łuszczenie się skorupy obtopieniowej.

Podczas gdy żelazo w meteorycie utlenia się tworząc nowe minerały wietrzeniowe takie jak goethyt, to minerały takie jak oliwiny, pirokseny i skalenie przekształcają się w kombinacje minerałów ilastych. Oliwiny są najbardziej podatne na przeobrażenia, a skalenie najdłużej stawiają opór. W miarę postępowania wietrzenia (W2-W3) efektem tego jest brunatna barwa i wnętrza i zewnętrznej powierzchni meteorytu. Czasem, jak w przypadku wielu znalezisk z pustyń Omanu, następuje wyciekanie rozpuszczonych tlenków, czego wynikiem jest narastanie osadów rdzy na powierzchni meteorytu.

Podpowierzchniowe utlenianie w półpustynnym środowisku zaatakowało skorupę obtopieniową tego meteorytu żelaznego Taza (NWA 859). Wzrost objętości, będący skutkiem utleniania pod skorupą, oderwał już płatki skorupy od meteorytu.

Duże pęknięcie wietrzeniowe wychodzące na powierzchnię wypolerowanego piaskiem ureilitu (Dhofar 1623). Zauważmy skórkę obtopieniową w kształcie łusek, typową dla ureilitów.

Ważący 340 g chondryt H5 Aridal 007 w miejscu znalezienia. Wypolerowana przez wiatr powierzchnia świadczy o surowych warunkach środowiskowych w miejscu jego znalezienia na Saharze Zachodniej.

Spękania wietrzeniowe

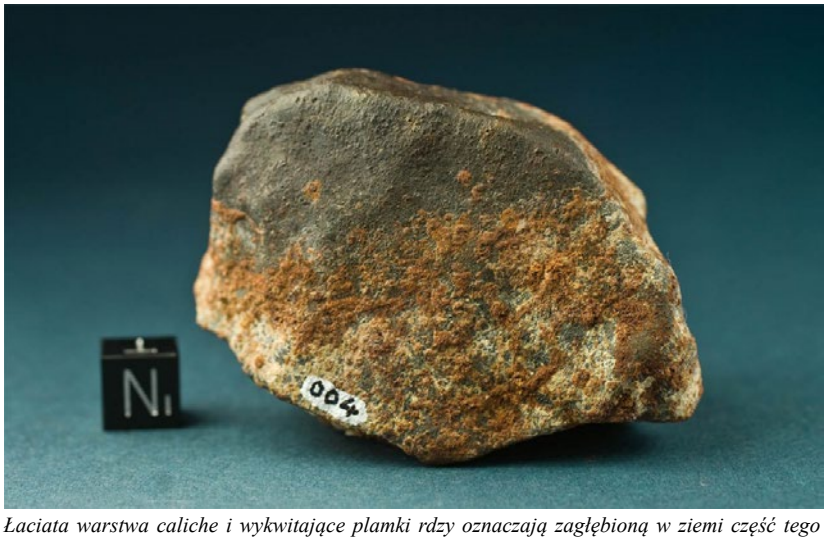
Na meteorytach wystawionych przez długi czas na działanie żywiołów często powstają głębokie spękania wietrzeniowe. Spowodowane przez wzrost objętości utlenianego żelaza te spękania zaczynają się od wnętrza meteorytu. W przeciwieństwie do spękań kontrakcyjnych te przecinają cały meteoryt umożliwiając dalszy dostęp wilgoci i czynników rozpuszczających, a więc przyczyniają się do jeszcze szybszego przeobrażania litologii meteorytu. Wcześniej czy

Pas caliche na tym chondrycie zwyczajnym ukazuje linię podziału między częścią odsłoniętą a schowaną w gruncie. Aby caliche mogła się uformować, okaz musi być zagłębiony w ziemi poniżej strefy parowania. W tym przypadku powłoka caliche utworzyła się 20 mm pod powierzchnią.

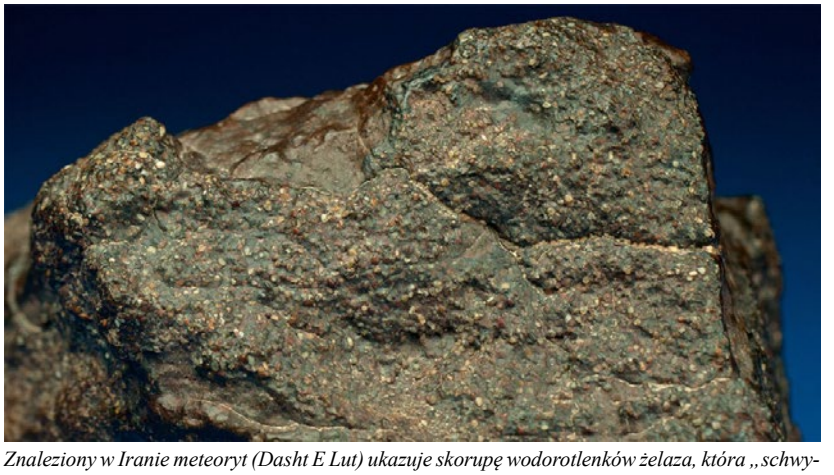
później skutkiem tych spękań będzie całkowita fragmentacja bryły.

Wietrzenie powierzchniowe i podpowierzchniowe

Prędkość i intensywność występowania tych efektów różni się znacznie zależnie od geologicznych i klimatycznych warunków środowiska. Typ efektów wietrzenia rozwijających się na powierzchni meteorytu zależy także od tego, jaki procent powierzchni styka się z glebą. Bez względu na klimatyczne środowisko, części meteorytu zagłębione w ziemi mają skłonność do znacznie bardziej intensywnego i szybszego wietrzenia chemicznego niż te wystające ponad powierzchnię. Z drugiej strony zagłębione w ziemi części meteorytu są w większości chronione przed abrazją mechaniczną. Szczególnie w pustynnych środowiskach nie ma praktycznie żadnego ruchu ścierających cząstek w glebie. W ten sposób meteoryty, które spadły przed tysiącami lat często wciąż mają dobrze zachowaną zewnętrzną skorupę na częściach zagłębionych w ziemi.



Łaciata warstwa caliche i wykwitające plamki rdzy oznaczają zagłębioną w ziemi część tego meteorytu SAU 001 (L5)



Znaleziony w Iranie meteoryt (Dasht E Lut) ukazuje skorupę wodorotlenków żelaza, która „schwytała" i scementowała przylegające ziarnka kwarcu. Ta powłoka w rzeczywistości przyczynia się do zachowania meteorytów, ponieważ chroni okaz przed korazją przez niesiony wiatrem piasek

Wlotzka, et al (1993, 1995), opracowali skalę efektów wietrzenia widocznych w polerowanych płytkach cienkich z meteorytów. Ich skala wietrzenia jest tylko względna, ponieważ nie podaje żadnej uniwersalnej korelacji między wiekiem ziemskim meteorytu, a jego stopniem zwietrzenia. Tak więc stopień zwietrzenia nie jest w żadnym wypadku odpowiednim narzędziem do wnioskowania o stanie, czy nawet obecności skorupy obtopieniowej na danym okazie. Dobrym przykładem jest chondryt L5 Tsarev, który spadł w grudniu 1922 roku. Chociaż jego spadek miał miejsce niedawno, to na okazach znajdowanych od 1978 roku widać skorupę wietrzeniową złożoną z ziemskich minerałów, która zastąpiła w większości, jeśli nie całkowicie, pierwotną skorupę obtopieniową.

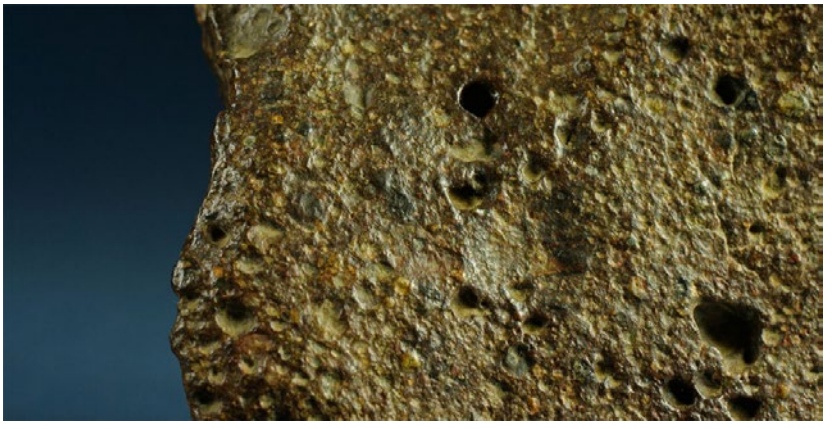
W przeciwieństwie do wspomnianego obok SAU 001, inne meteoryty o stopniu zwietrzenia tak niskim jak W1 (np. NWA 5910 i NWA 5923) nie mają w ogóle skorupy wskutek silnego zewnętrznego zwietrzenia. To samo dotyczy pewnych meteorytów o stopniu zwietrzenia W2, z których wiele nie ma w ogóle dostrzegalnej skorupy, podczas gdy u innych skorupa obtopieniowa jest wciąż widoczna. Jest więc oczywiste, że stopień zwietrzenia nie jest bezpiecznym wskaźnikiem określającym, czy możemy spodziewać się skorupy obtopieniowej na całkowitym okazie czy też nie.

Ziemskie skorupy wietrzeniowe

Meteoryty, które uległy znacznej abrazji lub wietrzeniu, często mają

grube skorupy składające się z tlenków i ziemskich minerałów, które całkowicie zastąpiły skorupę obtopieniową. By móc mówić o jakichkolwiek pozostałościach skorupy obtopieniowej, odcięta lub odłupana powierzchnia danego meteorytu powinna ukazywać przynajmniej znajdującą się pod spodem dolną warstwę zewnętrznej skorupy. Gdy nie ma już żadnej różnicy barwy, tekstury czy składu między cienką zewnętrzną obwódką a wewnętrzną matriks, to można bez większego ryzyka powiedzieć, że cała skorupa obtopieniowa już znikła. Jeśli jest delikatna powłoka pokrywająca poszarpaną i nieregularną powierzchnię i jeśli ta powłoka jest cała gładka, lśniąca, bez szczegółów i jasno- lub ciemnobrązowa, jak można zobaczyć na wielu NWA, to niemal na pewno patrzymy na warstwę polewy pustynnej.

Chondryt H5 w miejscu znalezienia (Dhofar 1451). Meteoryt ten uległ silnej abrazji i jego skorupa obtopieniowa już znikła. Okaz ma stopień zwietrzenia W4, co wskazuje na całkowite utlenienie metalu i troilitu (>95%), ale bez przeobrażenia krzemianów.



Pomimo niskiego stopnia zwietrzenia W1 ten chondryt L3 (NWA 5923) uległ abrazji, tak że jego nieprzeobrażone chondry są teraz widoczne na wypolerowanej piaskiem i pokrytej pustynną polewą powierzchni.

Polewa pustynna i powłoka caliche

Polewa pustynna lub patyna pustynna, to cienka i lśniąca, ciemnobrązowa do czarnej patyna, która tworzy się na powierzchniach w środowiskach pustynnych i półpustynnych, a składa się głównie z minerałów ilastych. Stanowią one ponad 70 procent polewy, przy czym najważniejszym minerałem jest krzemionka. Tlenki żelaza i manganu stanowią główną część pozostałości i są rozsiane równomiernie w całej warstwie iłu. Polewa pustynna charakteryzuje się brakiem tekstury i jest półprzezroczysta, gładka i połyskująca. Zwykle jej warstwa na meteorytach ma grubość mniejszą niż 0,25 mm.

Jeśli meteoryt ma brązową, szarą lub jasną powłokę, która jest rozpuszczalna w kwasie, to skorupa obtopieniowa została zastąpiona przez, lub wzbogacona w, minerały ilaste czyli caliche. Caliche składa się z warstw utwardzonych osadów węglanu wapnia, utworzonych przez minerały wyciekające z górnych warstw gleby, które przylegają do stykających się z nimi powierzchni.

W przypadku całkowitych okazów często nie ma dostępnej przeciętej powierzchni, by porównać matriks i zewnętrzną powłokę. Jednak niemal wszystkie meteoryty, które uległy w pewnym stopniu wietrzeniu, ukazują uszkodzone powierzchnie, które można rozpoznać po bardziej chropowatej strukturze niż na powierzchniach będących wynikiem ablacji. Jeśli nie ma różnicy barwy między jednymi i drugimi, to jest to oznaka, że polerowanie piaskiem i tworzenie się polewy pustynnej są już w zaawansowanym stanie.

Jeśli nie można zauważyć żadnych śladów struktury ani różnicy składu między powłoką i wnętrzem, to okaz prawdopodobnie uległ wietrzeniu poza dolną warstwę skorupy i żadnych śladów skorupy obtopieniowej już nie ma. W tych meteorytach często troilit został całkowicie zastąpiony przez siarczan żelaza, a wszystek pierwotny metal został całkowicie rozpuszczony. Stopień zwietrzenia takiego materiału byłby co najmniej W4.

Nawet jeśli pod silnie utlenioną warstwą zwietrzeliny są ukryte jakieś pozostałości dolnej warstwy skorupy obtopieniowej, to w żadnym wypadku nie można mówić, że jest to meteoryt ze skorupą obtopieniową. Jeśli zewnętrzną, widoczną powłoką meteorytu jest skorupa produktów ziemskiego wietrzenia, to opisując meteoryt trzeba dokładnie właśnie to stwierdzić.

Dr Svend Buhl, poszukiwacz meteorytów, miłośnik pustyni, autor książek popularnonaukowych i fotograf, prowadzi stronę http://www.meteorite-recon.com/ na której opisuje meteoryty i swoje wyprawy. W „prawdziwym życiu" pracuje jako konsultant do spraw kontaktów z rządem w Hamburgu, w Niemczech.

Moje 15 lat
w Polskim Towarzystwie Meteorytowym i krótka historia powstania PTMet z mojej perspektywy

Andrzej Kotowiecki

W 1986 roku w lipcu, przebywając w USA, odwiedziłem Meteor Crater w Arizonie. Wtedy jeszcze można było chodzić po okolicy i samemu szukać okazów. Znalazłem wtedy osobiście 2 sztuki, kilka innych zakupiłem w sklepiku przy Muzeum i kilka dalszych od Indian Navajo i Hopi na terenie rezerwatu przy przydrożnym kramiku.

Od tego momentu zacząłem interesować się meteorytami bardzo serio i poważnie, tak że meteoryty, a później tektyty, którymi się zafascynowałem z uwagi na ich tajemnicze nie rozgryzione do tej pory pochodzenie, stały się moim hobby. W sierpniu 1991 roku, kiedy mieszkałem na terenie Kanady w Prowincji Ontario, wybrałem się z kolegami na ryby do miejscowości Niagara-on-the-Lake , tj. miejscowości położonej w miejscu, gdzie rzeka Niagara wpływa do Jeziora Ontario, na granicy z USA. Tam też byłem świadkiem upadku meteorytu do Jeziora Ontario. Opisałem tę obserwację i inne w Meteorycie Nr 1 z maja 2011 roku. Jednak zawsze mam w pamięci również pewną historię z moich wędrówek po wioskach na terenie Powiatu Wadowickiego. Otóż w lipcu 1974 roku wędrowałem po okolicach Lanckorony. Wstąpiłem do wioski Jastrzębia, gdzie zastała mnie burza, dlatego też schroniłem się w dawnych zabudowaniach folwarcznych, w otwartym zakładzie kowalskim. Czas upływał na słuchaniu bardzo ciekawych historii o wiosce i dawnych właścicielach tej wioski. Kowal w pewnym momencie opowiedział mi historię, którą usłyszał od poprzedniego, nieżyjącego już kowala. Otóż w okresie międzywojennym ktoś znalazł na pobliskim polu bryłę metalu. Metal koloru czarnego z wierzchu, był bardzo twardy, twardszy niż normalna ruda, mimo to kowalowi udało się wykuć kilka podków. Historia ta prześladuje mnie do tej pory, tj. gdzie obecnie mogą być te podkowy?

W związku z tą historią po latach zainteresowałem się również zabytkami wykonanymi z żelaza meteorytowego, (m.in. przypomnienie w artykule w Nr 1 z 2016 roku), odkryłem ponownie te zabytki, których w Polsce jest kilka, a przez okres kilkudziesięciu lat były nieznane i niektóre zaginęły.

Należy podkreślić, że zainteresowanie meteorytami w Polsce bardzo wzrosło dzięki niestrudzonej pracy popularyzatorskiej prowadzonej przez Andrzeja S. Pilskiego — astronoma z Fromborka, którego śmiało można nazwać „Ojcem współczesnego polskiego ruchu meteorytowego". Duże znaczenie miało także odnalezienie dwóch nowych polskich meteorytów — Baszkówki (1994) oraz Zakłodzia (1998).

Miłośnicy meteorytów spotykali się najpierw na Seminariach Meteorowo-Meteorytowych organizowanych przez Janusza Kosińskiego, czyli imprezach o charakterze popularnonaukowym, połączonych z wykładami i referatami. Pierwszy dzień zazwyczaj poświęcony był meteorom, a drugi w całości meteorytom. Ich kontynuacją są Seminaria Meteorytowe w Olsztyńskim Planetarium. Miejscem spotkań były też giełdy minerałów. Natomiast od 1998 r. odbywają się tzw. Pikniki Meteorytowe — dwa pierwsze zorganizował Grzegorz Pacer w miejscowości Rudnik Wielki koło Częstochowy (w sumie cztery), a dwa następne Stanisław Jachymek w Guciowie koło Zamościa. Do organizacji pikników włączył się w późniejszych latach również Marcin Cimała z Dzięgielowa (niedaleko Cieszyna), który podtrzymuje tę tradycję do chwili obecnej. Miłośnicy meteorytów spotykają się też nadal na giełdach minerałów w Polsce, na giełdach meteorytów za granicą oraz na wyprawach poszukiwawczych w miejsca spadków meteorytów.

Równocześnie w kilku instytutach badawczych (m.in. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie, Państwowy Instytut Geologiczny we Wrocławiu, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie) i uczelniach wyższych (m.in. Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu, Zakład Mineralogii, Petrografii i Geochemii AGH w Krakowie, Wydział Fizyki UMCS w Lublinie, Wydział Górniczy, Zakład Geologii i Wód Mineralnych Politechniki Wrocławskiej, Wydział Fizyki Politechniki Łódzkiej), prowadzono badania meteorytów, dzięki czemu powstało wiele prac naukowych na ten temat.

Koncepcja powstania Towarzystwa narodziła się przed wyjazdem dużej grupy kolekcjonerów na zagraniczne targi meteorytów w **Gifhorn**, które odbywały się jesienią 2001 r. Pojawił się wtedy pomysł, aby polska grupa miała jakiś wspólny znak rozpoznawczy np. w postaci znaczka wpinanego w ubranie. Pierwszym jego posiadaczem został burmistrz miejscowości, w której odbywały się wspomniane targi meteorytowe. Wykonawcą znaczka jest Sławomir Derecki, natomiast pomysł graficzny to wspólne dzieło Sławomira Dereckiego i Andrzeja S. Pilskiego. Znaczek przedstawiał bolid, w którego smugę wpisany był napis Meteorite Club. Wykonany był ze złota oraz meteorytu Gibeon, który stanowi jądro bolidu.

W kwietniu 2002 r. doszło do formalnego powołania do życia Polskiego Towarzystwa Meteorytowego. Jestem szczęśliwy, że brałem czynny udział w opracowaniu statutu i przygotowaniu podłoża do prawnego powstania Towarzystwa, które w założeniu

początkowym miało być **Klubem Meteorytowym**, ale udało mi się przekonać wszystkich zebranych, aby powstało **Polskie Towarzystwo Meteorytowe**. Po dokonaniu przeze mnie odpowiednich zmian w statucie, statut ten został przegłosowany. Od tego momentu zaczęła się moja prawnicza przygoda z meteorytami. Powstały liczne publikacje dot. „Statusu prawnego znalezionych meteorytów" i wiele innych. Wtedy też zacząłem walkę o odpowiednie uhonorowanie i zapisy dotyczące meteorytów w prawie polskim. Brałem czynny udział w Międzynarodowych Konferencjach Polarnych; m.in. w Krakowie w trakcie XXIX Międzynarodowego Sympozjum Polarnego w roku 2003 wygłosiłem referat na temat „Statusu prawnego meteorytów znajdowanych na obszarach polarnych" w trakcie której postulowałem, aby wszystkie ekspedycje naukowe w rejony polarne uwzględniały poszukiwania meteorytów. Okazją do szerszego zainteresowania były też prace nad nową ustawą o przyrodzie i następną o zabytkach. Prace nad ustawą o zabytkach miały zmienić dotychczasową ustawę o dobrach kultury, gdzie był jedyny mglisty zapis ochrony meteorytów, zgodny z Konwencją UNESCO, ratyfikowaną przez Polskę w dniu 10 stycznia 1974 roku (Dz. U. 74.20.106), który mówi, że według „Artykułu 1 konwencji — Dla celów niniejszej Konwencji za dobra kultury uważane są dobra, które ze względów religijnych lub świeckich uznane są przez każde Państwo za mające znaczenie dla archeologii, prehistorii, literatury, sztuki lub nauki i które należą do następujących kategorii: a) rzadkie zbiory i okazy z dziedziny zoologii, botaniki, mineralogii, anatomii, przedmioty przedstawiające wartość paleontologiczną (…)". Dalej jest jeszcze wyliczenie ponad 10 punktów i podpunktów, ale dla nas istotnym jest podkreślenie „(…) rzadkie zbiory i okazy z dziedziny (…) mineralogii, (…)", bo w tej dziedzinie oczywiście mieszczą się meteoryty. Takie też ujęcie ogólne dotyczące meteorytów było w ustawie o dobrach kultury z dnia 15 lutego 1962 r. o ochronie dóbr kultury (Dz. U. z 1999 r., Nr 98, póz. 1150 z późn. zm.). Ustawa o ochronie przyrody z dnia 19 października 1991 r. o ochronie przyrody (Dz. U. Nr 114, poz. 492 z późn. zm.), regulowała natomiast jedynie kwestie związane z ochroną przyrody szeroko rozumianej, w tym przyrody nieożywionej, zawierała więc przepisy stanowiące, czego nie wolno robić w parkach krajobrazowych i parkach narodowych.

Autor przed planetarium w Puttaparthi w stanie Andra Pradesh w Indiach

Biorąc pod uwagę ten stan prawny podjąłem próby, aby ustawodawcę, w tym przypadku Sejm, a także pośrednio Ministerstwa i Kancelarię Prezydenta zaznajomić i zainteresować szczególną ochroną meteorytów (Darmowych Sond Kosmicznych, cennych próbek kosmicznych). Nie wiem, jaki wpływ miał szereg pism wysłanych do posłów, Kancelarii Prezydenta, szeregu Ministerstw i urzędów, ale po raz pierwszy zapis o meteorytach ukazał się w Ustawie z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody Dz.U 2004 Nr 92 poz. 880. I tak w **Art. 121 pkt** 2. znalazł się zapis — „Wywóz za granicę **meteorytów** i kopalnych szczątków roślin i zwierząt wymaga zezwolenia ministra właściwego do spraw środowiska", jednak zabrakło zapisu w następnym artykule, który powinien mieć zapis — **Art. 122.**

*1. Kto dokona odkrycia **meteorytu**, kopalnych szczątków roślin, zwierząt, jest obowiązany powiadomić o tym niezwłocznie regionalnego dyrektora ochrony środowiska, a jeżeli nie jest to możliwe — właściwego wójta, burmistrza albo prezydenta miasta.*

2. Wójt, burmistrz albo prezydent miasta jest obowiązany przekazać niezwłocznie regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska zawiadomienie, o którym mowa w ust. 1.

3. Jeżeli regionalny dyrektor ochrony środowiska ustali, że odkryte kopalne szczątki roślin lub zwierząt są cenne dla nauki, przekazuje je do muzeum lub placówki naukowej.

Cóż moja walka o to, by meteoryty były chronione prawem, a jednocześnie aby za znaleziony meteoryt była odpowiednio duża nagroda, tak aby nie były one sprzedawane i wywożone nielegalnie poza granice naszego kraju, nie kończy się…

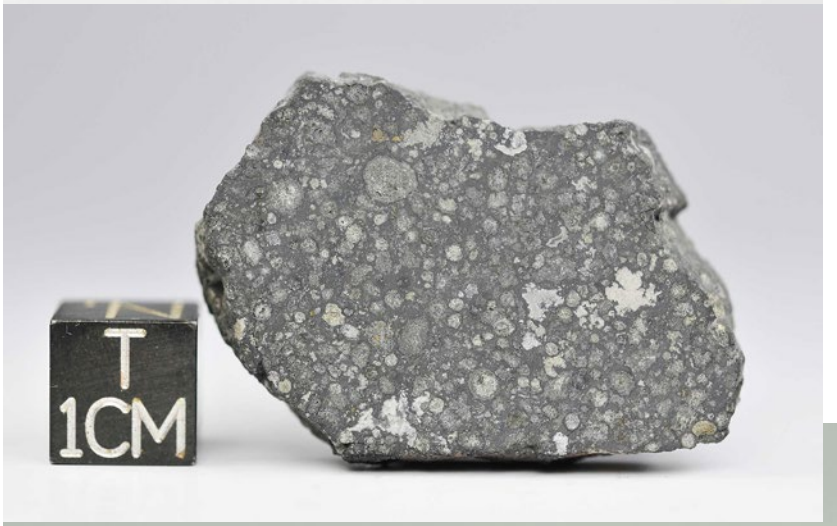
Andrzej Kotowiecki — Prokurator w stanie spoczynku, członek założyciel Polskiego Towarzystwa Meteorytowego i Przewodniczący Sądu Koleżeńskiego.

Inkluzje CAI w chondrytach węglistych

Tomasz Jakubowski (fotografie), Andrzej S. Pilski

W roku 2019, 8 lutego, minie 50 lat od owej nocy, gdy krótko po północy nad stanem Chihuahua w Meksyku przemknęła ognista kula, po czym na wioskę Pueblito de Allende i jej okolicę posypały się z nieba czarne kamienie. Uważane są one za najbardziej pierwotną materię z samych początków formowania się Układu Słonecznego, a nawet trafiają się w nich mikroskopijne ziarenka minerałów starszych niż Układ Słoneczny. Ponieważ materia ta nie uległa przeobrażeniom zacierającym granice między chondrami a matriks, na przekrojach bardzo wyraźnie widoczne są i chondry i CAI czyli inkluzje wapniowo-glinowe. Prezentowane okazy są w kolekcji Tomasza Jakubowskiego, który jest autorem zdjęć.

Allende CV3. Przekrój piętki ważącej 11 g. Z lewej strony widoczna jest tzw. ciemna inkluzja, czyli fragment o bardziej drobnoziarnistej strukturze, jak w chondrytach typu CM2 takich jak Murchison. Kostka ma bok 1 cm.



Allende, CV3. Płytka ważąca 12 g. Białawe wrostki o nieregularnych kształtach, to CAI.

Allende CV3. Ważąca 25 g częściowa płytka z dwiema ciętymi krawędziami i jedną naturalną, ukazuje dużą, wydłużoną inkluzję CAI.

Allende CV3. Na ważącej 32 g częściowej płytce widać u góry ciemną inkluzję o drobnoziarnistej budowie.

Allende CV3. Płytka ważąca 14 g.

Allende CV3. Fragment okazu ważącego 150 g. Widoczne są białe CAI i duża chondra nad nimi. Z prawej widoczna skorupa.

Gujba dostarcza argumentów za powstawaniem chondr na planetoidach

Andrzej S. Pilski

Meteoryt Gujba intrygował mnie odkąd zobaczyłem go po raz pierwszy w Muzeum Ziemi PAN w Warszawie ponad 20 lat temu. Wtedy jeszcze nie był oficjalnie sklasyfikowany i miałem wątpliwości, czy to w ogóle jest meteoryt, bo wyglądał jak śrut scementowany jakimś lepikiem. Przekonały mnie fragmenty świeżej skorupy widocznej na kamiennych fragmentach. Gdy po paru latach mogłem zobaczyć przekrój, przyszło mi na myśl, że jest to metalowy chondryt, ponieważ przeważały w nim kuliste ziarna metalicznego żelaza niklonośnego. Ostatecznie został zaliczony do bencubbinitów, czyli chondrytów CB.

Także ponad 20 lat temu, gdy w Baszkówce spadł chondryt zwyczajny L5, nabrałem wątpliwości, czy obowiązująca wówczas koncepcja, że chondry formowały się w wyniku gwałtownego stopienia zlepków ziaren pyłu w mgławicy słonecznej, jest słuszna. Wygląd chondrytu Baszkówka sugerował, że jego składniki zlepiały się na gorąco, a metal był tak płynny, że rozpływał się po opadnięciu na chondry. Do takiego rozpływania się niezbędna była grawitacja, więc materia Baszkówki musiała formować się raczej na powierzchni jakiejś planetoidy, a nie w mgławicy krążącej wokół młodego Słońca.

W opublikowanej w 2003 roku pracy (Przylibski et al.) zaproponowaliśmy, że w wyniku zderzenia częściowo stopionych planetozymali wytworzyła się chmura zawierająca pokruszone fragmenty skorupy i krople, z których tworzyły się chondry. Wszystko to opadło stopniowo na powierzchnię większego ciała uczestniczącego w zderzeniu. Proces ten przypominał lityfikację skał piroklastycznych po wybuchu wulkanu.

Nasza koncepcja wywołała oczywiście zastrzeżenia recenzentów przywiązanych do mgławicowego modelu powstawania chondr, ale ponieważ już wcześniej pojawiały się sugestie (np. Sanders 1996), że chondry mogły powstawać w wyniku zderzeń stopionych planetozymali, recenzenci zgodzili się w końcu, że taka interpretacja dla Baszkówki jest możliwa.

Od tego czasu pojawiało się stopniowo coraz więcej prac wskazujących na możliwość powstawania chondr na planetoidach. Poważnym argumentem było stwierdzenie, że chondry uformowały się około 2 miliony lat później niż inkluzje wapniowo-glinowe (CAI), więc nie mogły razem z nimi powstawać w mgławicy. W czasie formowania się chondr istniały już pierwsze planetozymale. Stwierdzono też, że w początkach formowania się Układu Słonecznego ilość promieniotwórczego izotopu glinu-26 była wystarczająca, by stopić nawet niewielkie planetozymale. Liczba zwolenników koncepcji formowania się chondr na planetoidach wciąż rośnie.

Na początku roku została opublikowana praca (Oulton et al., 2016) przedstawiająca dodatkowe dowody, że krzemianowe i metalowe chondry Gujby powstały w wyniku kondensacji z chmury powstałej po zderzeniu planetoidy zawierającej dużo metalu z planetoidą krzemianową. Już od pewnego czasu podejrzewano, że chondryty CB mogą być efektem zderzeń planetozymali. W meteorycie Gujba występują dwa rodzaje chondr: belkowe oliwinowe i skrytokrystaliczne. Stwierdzono, że te pierwsze zawierają więcej wapnia, glinu i pierwiastków ziem rzadkich, a te drugie mniej niż przeciętnie w chondrach (Krot et al. 2001). Autorzy uważali, że te różnice są wynikiem frakcyjnej kondensacji w obłoku wytworzonym w wyniku zderzenia metalowej planetoidy z chondrytową. Opracowany kilka lat temu model takiej kondensacji (Fedkin et al. 2015) pokazał jednak, że nie da się w taki sposób uzyskać obserwowanych różnic składu chemicznego. Twórcy modelu doszli więc do wniosku, że obłok, w którym kondensowały chondry, musiał powstać w wyniku zderzenia metalowej planetoidy z planetoidą, na której w wyniku dyferencjacji wytworzyła się już skorupa i płaszcz. Analizując zawartość lan-

Bencubbinit Gujba. Płytka o grubości 2 mm i wadze 2,31 g z kolekcji autora

tanowców w krzemianowych fragmentach Gujby Oulton potwierdził, że planetoida, w którą uderzył metalowy pocisk, musiała już mieć skorupę i płaszcz.

Ponadto wyniki analizy pierwiastków syderofilnych w metalowych „chondrach" Gujby sugerowały, że te kulki metalu powstawały w wyższej temperaturze i przy wyższym ciśnieniu niż panujące w mgławicy słonecznej, a więc metal musiał kondensować z chmury wytworzonej wskutek zderzenia planetoid.

Kilkanaście lat temu Wang i jego współpracownicy zauważyli, że w trakcie parowania krzemianów do próżni cer jest przekształcany do bardziej lotnej postaci (Wang et al. 2001). W efekcie utworzona w wyniku odparowania krzemianów z powierzchni planetoidy chmura gazu jest wzbogacona w cer w porównaniu z innymi pierwiastkami ziem rzadkich. Na tej podstawie przyjmuje się, że fragmenty skały zubożone w cer są pozostałościami po odparowaniu, a fragmenty z nadmiarem ceru powstały w wyniku kondensacji z chmury gazu. Oulton zauważył, że wiele chondr z Gujby, zarówno belkowych, oliwinowych, jak i skrytokrystalicznych, cechuje się nadwyżką ceru. Znalazł też oliwinowe fragmenty z niedoborem ceru. Wywnioskował więc, że część chondr Gujby powstała drogą kondensacji z obłoku gazu wytworzonego w wyniku zderzenia planetoid.

Potwierdzeniem formowania się chondr z obłoku gazu jest zwiększona zawartość pierwiastków trudno lotnych w porównaniu z zawartością tych pierwiastków w chondrytach CI. Występują jednak dość duże różnice niedoboru pierwiastków lotnych pomiędzy poszczególnymi chondrami.

W pracy omawiającej występowanie makrochondr, czyli chondr o średnicach większych niż 3 mm, w różnych typach chondrytów (M. Weyrauch and A. Bischoff, 2012) autorzy zwrócili uwagę, że duże chondry Gujby i innych chondrytów CB mają budowę bardzo podobną do budowy makrochondr w innych typach chondrytów. Są one drobnoziarniste z wydłużonymi kryształami, a ich oliwin zawiera niewiele fajalitu, a więc niewiele żelaza. Ich skład sugeruje, że powstawały one w dość wysokich temperaturach.

Autorzy doszli do wniosku, że makrochondry dłużej pozostawały w wysokich temperaturach, całkowicie stopione, niż chondry typowej wielkości, dzięki czemu był czas na zderzenia stopionych chondr, w wyniku których krople stopionej materii łączyły się tworząc większe chondry. Potwierdzeniem, że taki proces miał miejsce, są chondry zespolone, gdzie łączenie się chondr zachodziło, gdy przynajmniej jedna z nich zaczynała już krzepnąć, więc nie mogły się one połączyć w pełni bez widocznej granicy między nimi. Miejscem dającym dość czasu na zachodzenie tych procesów mógł być obłok pary i stopionych kropel powstały w wyniku zderzenia częściowo stopionych planetozymali, co proponował już Krot et al. (2005).

Wyniki badań Oultona i jego współpracowników potwierdzają koncepcję Fedkina et al. (2015), że chondry w chondrytach CB powstały w wyniku rekondensacji obłoku pary wytworzonego w zderzeniu ze zdyferencjowaną planetoidą. Ponadto nowe dowody wskazują, że pozostałości po odparowaniu przetrwały zderzenie i że obłok pary był wzbogacony w składniki materii chondrytowej takie jak bar, cez i uran, chociaż zubożony w lotne składniki takie jak gal, german i cynk. W ziarnach metalu w Gujbie także zaobserwowano cechy wskazujące na formowanie się ich z obłoku pary.

Zderzenie, które doprowadziło do uformowania się Gujby, nie mogło być jednak zderzeniem częściowo stopionych planetoid. Obie planetoidy uczestniczące w zderzeniu musiały już być w stanie stałym, a stopienie i odparowanie części materii nastąpiło wyłącznie kosztem energii zderzenia. Wskazuje na to dość młody wiek krystalizacji chondr Gujby — 5 mln lat po CAI, podczas gdy chondry w większości chondrytów formowały się około 2 mln lat po CAI. Po 5 milionach lat aktywność promieniotwórczego glinu-26 była już dużo mniejsza i nie wystarczała do utrzymywania planetoid w stanie stopionym.

* * *

Zderzenia planetoid odegrały prawdopodobnie ważną rolę w formowaniu się chondr, chociaż zakres tego procesu wciąż trzeba dopiero określić. Obserwowane przejawy wcześniejszej chemicznej dyferencjacji w chondrach z chondrytów zwyczajnych tłumaczono przeważnie jako skutek recyklingu chondr, ale mogą one być też skutkiem zderzeń chondrytowych pocisków z planetoidami, które uległy już dyferencjacji. Obecność znacznej liczby zdyferencjowanych planetoid w epoce formowania się chondr sugeruje, że mogło dochodzić do częstych kolizji między zdyferencjowanymi ciałami.

Literatura

Fedkin A. V., Grossman L., Humayun M., Simon S. B. and Campbell A. J. (2015) Condensates from vapor made by impacts between metal-, silicate-rich bodies: comparison with metal and chondrules from CB chondrites. Geochim. Cosmochim. Acta 164, 236–261.

Krot A. N., McKeegan K. D., Russell S. S., Meibom A., Weisberg M. K., Zipfel J., Krot T. V., Fagan T. J. and Keil K. (2001) Refractory calcium-aluminum-rich inclusions and aluminum-diopside-rich chondrules in the metal-rich chondrites Hammadah al Hamra 237 and Queen Alexandra Range 94411. Meteorit. Planet. Sci. 36, 1189–1216.

Krot A. N., Amelin Y., Cassen P. and Meibom A. (2005) Young chondrules in CB chondrites from a giant impact in the early Solar System. Nature 436, 989–992.

Oulton J., Humayun M., Fedkin A. and Grossman L. (2016) Chemical evidence for differentiation, evaporation and recondensation from silicate clasts in Gujba. Geochim. Cosmochim. Acta 177, 254–274.

Przylibski T. A., Pilski A. S., Zagożdżon P. P., and Kryza R. (2003) Petrology of the Baszkówka L5 chondrite: A record of surface-forming process on the parent body. Meteorit. Planet. Sci. 38, 927–937.

Sanders I. S. (1996) A chondrule-forming scenario involving molten planetesimals. In Chondrules and the Protoplanetary Disk (eds. R. H. Hewins, R. H. Jones and E. R. D. Scott).

Cambridge University Press, Cambridge, pp. 327–334.

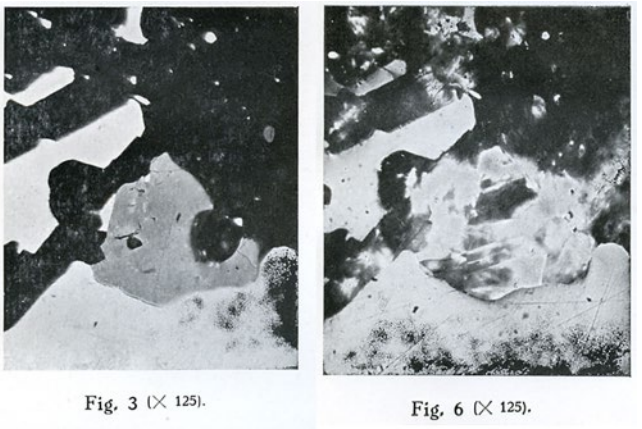
Wang J., Davis A. M., Clayton R. N., Mayeda T. K. and Hashimoto A. (2001) Chemical and isotopic fractionation during the evaporation of the FeO–MgO–SiO2–CaO–Al2O3–TiO2 rare earth element melt system. Geochim. Cosmochim. Acta 65, 479–494.

Weyrauch M. and Bischoff A. (2012) Macrochondrules in chondrites—Formation by melting of mega-sized dust aggregates and/or by rapid collisions at high temperatures? Meteorit. Planet. Sci. 47, 2237–2250.

Doniesienia z Wiki

Rutyl — obserwacja Jaskólskiego

Jan Woreczko



Jaskólski (1938) (fragment tablicy IV):
Fig. 3. ***Nieznany minerał „X", stalowo-szary, otoczony krzemianami i żelazem niklowym. Imersja. (×125).***
Fig. 6. ***Taż fig. 3 widziana pomiędzy nikolami skrzyżowanymi. Anizotropia wyraźna. W głębi preparatu silne brunatno-czerwone refleksy (szare na zdjęciu) jak w rutylu. Część anizotropowych krzemianów zlewa się z kryształem. Nikole +. Imersja. (×125).***

Już w XIX wieku zidentyfikowano podstawowe minerały meteorytów. Są to krzemiany: pirokseny (ortopirokseny: enstatyt, bronzyt i hipersten; klinopirokseny: diopsyd, augit i pigeonit), oliwiny, plagioklazy (albit, anortyt), siarczki (troilit, oldhamit), fosforki (schreibersyt), węgliki (cohenit), stop żelazo-niklowy (kamacyt, taenit), tlenki (ilmenit, magnetyt, chromit), grafit i serpentyn. Pozostałe kilkadziesiąt minerałów stwierdzonych w meteorytach stanowi fazę akcesoryczną. Obecnie dzięki zaawansowanym technikom badawczym dokonuje się szeregu odkryć nowych minerałów nie znanych w skałach ziemskich (np. krotyt, tistaryt, moraskoit, czochralskit, wassonit czy ostatnio reidyt).

Wiele popularnych minerałów zidentyfikowano w meteorytach stosunkowo późno. Popularna na ziemi ruda tytanu – minerał **rutyl (tlenek tytanu, TiO_2)**, został zidentyfikowany w meteorytach dopiero na początku lat 60. XX wieku. W swoich spisach minerałów meteorytów Mason (1962) i Ramdohr (1963) nie wymieniają rutylu (chociaż Ramdohr opisał podobną fazę w meteorycie Farmington (chondryt L5), jako „unidentified minerals" i zasugerował poprawnie, że może być to rutyl). W 1963 roku Ramdohr zidentyfikował rutyl w chondrycie Mount Browne (chondryt H6) i w kilku mezosyderytach (Buseck et al. 1966).

Odkrycie rutylu w meteorytach przypisuje się Paulowi Ramdohrowi, ale to **prawdopodobnie prof. Stanisław Jaskólski (1938), jako pierwszy badacz zaobserwował rutyl w meteorycie już w latach 30. XX wieku!** W swojej publikacji (Jaskólski 1938) opisał w meteorycie Łowicz nieznany minerał, który identyfikował jako rutyl:

(…)*Bliżej nieokreślony minerał X został napotkany kilkakrotnie w charakterze wrostka, mianowicie w krzemianach, w chromicie oraz na granicy kamacytu z krzemianami. Niestety jego nikłe wymiary i skąpy bardzo zapas uniemożliwiły rozpoznanie jego natury. Jego anizotropia, ksenomorfizm i wielka siła przy odbijaniu światła dowodzą, że należy on do kategorii minerałów kruszcowych. Słabo zaznaczona absorpcja światła ułatwia przy użyciu imersji wgląd w głąb preparatu, połączony z odbiciem wewnętrznym koloru czerwonawego, podobnie jak w rutylu (tabl. IV, fig. 3, 6).* (…)

Jest to prawdopodobnie pierwsze doniesienie o obserwacji rutylu w meteorytach, wyprzedzające oficjalne doniesienia o całe dziesięciolecia! Należałoby przyjąć, że odkrywcą rutylu był jednak Stanisław Jaskólski, a nie Ramdohr. Na początku XX wieku językami nauki był język niemiecki i francuski. Obecnie rolę tę pełni język angielski, więc zapewne uczeni amerykańscy nie wiedzieli nic o pracy Jaskólskiego z 1938 roku, napisanej nie dość, że po niemiecku, to w dodatku w polskim czasopiśmie? Pech!

Bibliografia

Buseck Peter R., Keil Klaus, (1966), **Meteoritic rutile**, *American Mineralogist*, 51, 1966, s. 1506–1515.

Jaskólski Stanisław, (1938), **Badania składników nieprzeźroczystych meteorytu łowickiego w świetle odbitym (*Untersuchung undurchsichtiger Bestandteile des Meteorits von Łowicz im auffallenden Lichte*)**, *Archiwum Mineralogiczne*, vol. XIV, 1938, p. 15–46.

Mason Brian Harold, (1962), **Meteorites**, John Wiley and Sons, Inc., 1962, s. 274.

Ramdohr Paul, (1963), **The opaque minerals in stony meteorites**, *Journal of Geophysical Research*, 68(7), 1963, s. 2011–2036.

Więcej informacji na portalu
http://wiki.meteoritica.pl/

Profesor Stanisław Jaskólski urodził się w 1896 roku we Lwowie. Studia ukończył na Uniwersytecie Jagiellońskim, ale niemal całą swoją naukową karierę związał z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie. Jego główne zainteresowania dotyczyły geologii złóż i petrografii kruszców. Zmarł w 1981 roku w Krakowie.

Do Maroka po meteoryty

Część II

Jan Woreczko

Maroko to nie tylko El Dorado dla kolekcjonerów meteorytów. Przede wszystkim jest to raj dla kolekcjonerów minerałów i skamieniałości. Góry Atlasu to Mekka geologów i paleontologów. Poszukiwania minerałów i skamieniałości, ich wydobycie i handel nimi to znacząca gałąź gospodarki Maroka. Całe wsie, dzielnice w miastach zajmują się tymi skarbami ziemi. Przemierzając w drugim tygodniu górzyste tereny Maroka co rusz napotykaliśmy reklamy sklepów, przydrożne kramy, a nawet wystawne centra handlowe zapełnione tymi cudeńkami. Wielokrotnie zaglądaliśmy do nich w poszukiwaniu meteorytów. Niemal zawsze, gdzieś na półkach można było znaleźć jakieś chondryty lub coś o czym uprzejmi sprzedawcy przekonywali, że meteorytem jest. W sklepach nastawionych na turystów lub kolekcjonerów minerałów wiedza sprzedawców na temat meteorytów nie odbiegała zasadniczo od tej, jaką mieli o nich pasterze na pustyniach.

Przydrożny sklep z minerałami i skamieniałościami. Zapowiedź meteorytów!

Owszem odwiedzaliśmy handlarzy minerałów, których polecali nam dealerzy meteorytów, bo u tych poleconych można było znaleźć sporo fajnych i rzadkich okazów. Tylko tu znowu okazywało się, że sprzedawać minerały i skamieniałości, a bycie zawodowym dealerem to dwa światy. Bywało, że narajeni handlarze skamieniałościami i minerałami mieli okazy meteorytów przyprawiające o zawrót głowy. Ale wyglądało, że ten zawrót głowy dotyczył też ich samych. Mieli towar, o którym prawdopodobnie mało wiedzieli, a zapewne słyszeli o jego kosmicznych cenach. I takich też cen żądali za swoje okazy! Ponieważ meteoryty to był tylko dodatek do ich oferty, nie mieli silnego parcia na ich sprzedaż, a zapewne również obawa, by nie oddać ich „za bezcen", wykluczała jakiekolwiek negocjacje i kompromis. Kończyło się to tylko na ochach i achach nad częstokroć wyjątkowymi okazami oraz pewną irytacją. Jednym słowem najlepiej robić interesy z zawodowcami w danej dziedzinie, więc najmilej wspominam zakupy u prawdziwych dealerów.

Typowy sklep ze skamieniałościami w jednej z bocznych uliczek.

Jest jeszcze jeden aspekt, który odróżniał prawdziwego dealera meteorytów od większości innych handlarzy minerałami i skamieniałościami. Większość dealerów, z którymi się spotkaliśmy, to inna półka niezależności. Nie rozpisując się za bardzo o współczesnych relacjach pomiędzy mieszkańcami Afryki Północnej (potencjalni imigranci?!), a Europejczykami. Większość mieszkańców Maroka może tylko marzyć o podróży do Europy czy też USA. I nie chodzi tylko o koszt takiego wyjazdu, ale o niemożliwość otrzymania wiz. Trzeba sobie uświadamiać, że możliwość przyjazdu do Europy na targi w Ensisheim, we Frankfurcie lub w St. Marie-Aux-Mines, a już do Tucson w USA, to luksus dostępny nielicznym! Tacy dealerzy-szczęściarze znają wartość swojego towaru i reguły biznesu obowiązujące w świecie zachodnim. To też ma znaczenie przy robieniu z nimi dealów.

Kupowanie

Dosyć szybko dotarło do nas, że musimy opracować jakiś sposób wymiany naszych opinii między sobą podczas oglądania i kupowania okazów. Gdy przyszło do wyboru i targowania się o okazy byliśmy w gorszym położeniu od sprzedawców. Oni mogli komentować, i tak czynili, nasze miny, zachwyty i opinie, gdyż rozmawiali między sobą po arabsku. Ja z Tomkiem też byliśmy w dobrej sytuacji, gdyż rozmawialiśmy po polsku — nie było ryzyka, że nas ktoś zrozumie. Kłopot był z Jarkko i Tuomasem. Oni między sobą rozmawiali, owszem w języku chyba jeszcze gorszym niż polski, po fińsku, ale gdy zaszła konieczność konsultacji z Tomkiem, musieli przejść na angielski. I tu pojawiał się problem. Uprzejmości, uprzejmościami, ale jak to w handlu, trzeba dojść do porozumienia pomiędzy kupującymi i sprzedającymi, nie ujawniając całkowicie swoich preferencji i stopnia determinacji. Więc szybko Tomek i Jarkko opracowali stosowny system gestów i specyficznych haseł, które nie zdradzały przed podsłuchującymi Marokańczykami, co myśli Tomek o danym okazie i na ile Jarkko jest skłonny za niego zapłacić żądaną cenę.

Po niezbędnych i niewątpliwie bardzo miłych początkowych rozmowach i prezentacji towaru przez gospodarzy, gdy już było wiadomo, co nam proponują, przychodziła pora wybierania i targowania cen. Warto zaznaczyć, że dla większości marokańskich dealerów meteorytów handel nimi nie jest ich podstawowym zajęciem. Każdy z nich miał jakiś inny biznes, który zapewniał mu środki do życia. Więc my nie mieliśmy wielkiej presji na kupowanie, a bardzo często widać było, że również Marokańczykom sprawia wielką frajdę spotkanie z kolekcjonerami, których często znali tylko z internetowej korespondencji lub portali społecznościowych.

Bez pośpiechu i pod czujnym okiem sprzedawców zaczynaliśmy wyszukiwać okazy, które warto byłoby kupić. Jak już pisałem, oferta często przyprawiała o zawrót głowy i tylko zasobność portfela nas ograniczała. Również nie należało swoimi gestami i wyborami dawać do zrozumienia, że ten czy inny okaz jest dla nas atrakcyjny. Owszem, wybiera się to co najlepsze, ale z drugiej strony wypadałoby to kupić w dobrej cenie. Więc z kamienną twarzą odkładałem to, co mnie interesowało, ale równocześnie dokładałem okazy, które nie koniecznie musiałem mieć, a do tego jeszcze takie, które miały mi pomóc później w zbijaniu ceny. W czym rzecz? Wiadomo, że ceny zależą od atrakcyjności okazów. Od ich typów, wielkości i stopnia zachowania. Często było tak, że ten podział był już dokonany przez dealerów. Na jednym stole leżały okazy mało atrakcyjne, zwietrzałe lub bardzo popularne — ich cena była najniższa — powiedzmy 200$/kg. Na innym stole już te ładniejsze. Na przykład duże, o ładnych kształtach i w lepszym stanie, ale nadal popularnych typów, więc trochę droższe — 300$/kg.

Jarkko kupuje trylobity na prezenty.

W innym miejscu leżały wyselekcjonowane okazy, które można by śmiało postawić na półce i pokazywać znajomym, że meteoryty wyglądają tak! Ich cena była odpowiednio wyższa. Osobną grupę stanowiły chondryty, ale tych rzadszych typów — węglaki. Cena tych była już podawana w dolarach za gram. Osobno były również wyeksponowane te meteoryty, które uchodzą za cenne i bardzo pożądane przez kolekcjonerów — czyli achon-

Można by pomyśleć, że Maroko dla meteorytów, to jak Arabia Saudyjska dla ropy.

Tomek umówionym kodem przekazuje swoją opinię o okazach (Bachikh, Asmara na Saharze Zachodniej).

dryty. Tak jak chondryty były w ilościach liczonych w dziesiątkach kilogramów, tak tu oferta była już skromniejsza (choć nie dotyczy to wszystkich dealerów, ale o tym piszę gdzie indziej); achondryty spadają rzadziej, więc było ich odpowiednio mniej. Ich cena? Większa, ale nadal dużo atrakcyjniejsza niż w ofertach europejskich i amerykańskich dealerów czy na eBayu. No i na końcu to, co wywołuje u kolekcjonerów przyspieszone tętno i otwiera ich portfele szeroko — cymesy. Wszędzie, gdzie zawitaliśmy, z różnych, czasem dziwnych pudełek i zawiniątek, wydobywali dealerzy swoje najcenniejsze skarby — „lunary" i „marsy", przepiękne okazy chondrytów, okazy ze świeżych spadków, wyjątkowo rzadkie achondryty lub po prostu duże, bardzo duże okazy, jakich nie powstydziłoby się żadne muzeum! Tu akurat dobrze na wzajemne relacje wpływał nasz szczery (!) podziw dla wielu okazów, ale nasze finansowe zasoby ograniczały nas niestety do tych ze średniej półki (stołu).

Tak musi wyglądać niebo meteoryciarzy.

Ale co z tym kupowaniem? Tu już każdy z nas działał na własną rękę i myszkował po stołach, pudełkach i koszyczkach. Gdy, często z wielkim żalem, że nie na wszystko mnie stać, już zgromadziłem moje skarby, nadchodziła chwili ważenia, wyceny i targowania. I tu warto poczynić pewną uwagę. Bo ważeniu i wycenie towarzyszył często „arab-style". Czy jest to wpisane w kulturę czy wynika z beztroski, ale zdarzało się, że w tym momencie okazywało się, iż ceny są trochę inne od tych deklarowanych na początku. Taki chwilowy chaos. Zbyt wiele krajów arabskich odwiedziłem i miałem wiele okazji coś ustalać z arabami, by być takim rozwojem wypadków zaskoczonym. Wszystko jest dynamiczne i to, na czym człowiek stoi, to wie, jak już jest krok dalej. Trzeba się do tego przyzwyczaić i zaakceptować. Po wycenie przychodziła kolej na targowanie. Bez targowania w krajach arabskich nie ma dealu, więc bez skrępowania należało proponować swoje ceny i co nas interesuje. Tu zaczynał działać mój plan zakupów. Rezygnując z części wybranych okazów, tych „na górkę", których cena stanowiła tylko kilka procent wartości mojego wyboru, można było zbijać cenę o kilkadziesiąt procent. Psychologicznie to działało. Rezygnując np. z części tanich okazów, można było sporo urwać z ceny początkowej. Po wielu roszadach, to biorę to zostaje, ucieraliśmy końcową cenę, która była dla mnie do zaakceptowania, a również mam nadzieję, nie była krzywdząca dla sprzedawcy?

W atmosferze westchnień zadowolenia przychodziło do mniej miłego płacenia. Walutą były dolary, euro i marokańskie dirhamy. I ponowny chaos z przeliczaniem, gdyż nie zawsze Marokańczycy orientowali się w kursach. Ale miało to swój urok, gdyż dobicie targu jest zawsze miłą chwilą dla obu stron. Po spakowaniu nabytków kontynuowaliśmy celebrowanie meteorytów. Ponownie piliśmy mocną, miętową herbatę, zajadaliśmy wyjątkowo słodkie arabskie słodycze i ciasta.

Wieczorem w hotelu, już między sobą, chwaliliśmy się i ocenialiśmy swoje zakupy. Wówczas na spokojnie

Podano do stołu (Bachikh i jego brat, Asmara na Saharze Zachodniej).

można było ocenić sensowność wydatków i zaplanować strategię na czas następnej wizyty. Ponieważ nikt z nas nie dysponował nieograniczonymi środkami, zawsze był dylemat, czy warto było wydać już teraz większość pieniędzy na zakupy, czy też czekać z inwestowaniem na wizytę u następnego dealera? Bo nigdy nie wiadomo, co nam zaproponują kolejni sprzedawcy. Całe szczęście plan był taki, że podróżowaliśmy „od południa". To znaczy nasz szlak zakupów prowadził od dealerów z pierwszej linii zaopatrzenia światka meteorytowego do dealerów, którzy handlowali już tylko bardziej wyselekcjonowanym towarem. Ci z południa i Sahary Zachodniej są najczęściej bezpośrednimi odbiorcami znalezisk z pustyń. W ich ofercie jest sporo materiału słabej jakości i popularnych typów. Ci „na północy" to już pośrednicy materiału wyselekcjonowanego, drogiego i skierowanego do innych, bogatszych nabywców. Choć to nie reguła bo u każdego z nich widzieliśmy okazy które wywoływały szybsze bicie serca i żądzę posiadania.

Materiał już posortowany i wyeksponowany (Rachid Chaoui, Zagora).

Targowanie cen i przeliczanie kursów (Mohamed Aid, Ouarzazate).

Dealerzy

Plan naszego wyjazdu, poza poszukiwaniem meteorytów na pustyni, zakładał przede wszystkim objazd po tamtejszych dealerach meteorytów. Na wyjazd każdy z nas przygotował sobie pewne kwoty dolarów i euro, które były przeznaczone na zakupy. Nie jechaliśmy w ciemno. Tomek znał wszystkich przewidzianych w trasie dealerów. Od wielu lat prowadzi intensywny handel z nimi, kupuje od nich wiele okazów, w większości z założeniem odsprzedania ich na rynku europejskim i amerykańskim. Oczywiście cały deal jest też tak pomyślany, by poza zarobkiem pozostały mu w kolekcji jakieś fajne meteoryty. To w uproszczeniu cała idea, bo jak zwykle diabeł tkwi w szczegółach. Poza znajomościami, na które trzeba zapracować, trzeba wyłożyć czasami spore pieniądze, nieraz ryzykując. Bo nie każdy ma tyle odwagi, by wysłać do arabskiego kraju sporą sumę dolarów za kamienie. Ale jak zwykle w takich okolicznościach, podstawa to zaufanie. Wiadomo przecież było, że mamy przy sobie sporo gotówki, a miejsca i okoliczności, w których przyszło nam oglądać i kupować meteoryty, nie zawsze wyglądały na bezpieczne.

Meteoryty są wszędzie (Rissani).

Kiedy już przyszło nam rozstać się z pustynią i zamieniliśmy w Agadirze samochód na zwykłe Kangoo (nasi fińscy przyjaciele poruszali się mniej obciachowym białym Loganem), ruszyliśmy z Agadiru na wschód do Erfoud. Kolejne dni naszego wyjazdu miały podobny do siebie schemat. Wieczorem lub rano Tomek telefonował do kolejnego znajomego dealera i umawialiśmy się z reguły na spotkanie na głównej ulicy i dalej na kolejny telefon. Po dotarciu do miasta wyszukiwaliśmy jakiś charakterystyczny obiekt — często hotel i pod nim czekaliśmy na umówionego sprzedawcę. Nie miało sensu umawianie się, tak jak to się czyni np. w Polsce, że spotkamy się w konkretnym punkcie lub pod zadanym adresem. Pewnie większość ulic w Maroku na swoje nazwy, ale dla nas brzmiały one i tak obco lub nie do wymówienia. Próbowaliśmy kilka razy zapytać o jakąś ulicę lub nazwę, ale widać było, że wymawiane przez nas nazwy, albo nic nie mówią tubyl-

com, albo, co jest bardziej prawdopodobne, brakowało w naszej wymowie tego charakterystycznego gardłowego zaśpiewu, więc i tak nas nie rozumiano. Również pokazywanie na mapie punktów, o które pytaliśmy, nie miało sensu. Na nich figurowały nazwy w transkrypcji na litery łacińskie, które dla większości tubylców były „krzaczkami". Taka patowa sytuacja: my wymawiamy arabskie nazwy odczytane z europejskich map, oni słyszą jakieś dziwne dźwięki i mają je skojarzyć z równie dziwnymi napisami. Skazani byliśmy zatem na kontakt telefoniczny i nadzieję, że nas znajdą. Ale z tym nie było nigdy problemu, bo ulica główna jest zawsze jedna, nie za długa i białasków łatwo na niej wypatrzyć.

Po bardzo serdecznych powitaniach, gdyż większość sprzedawców, to internetowi znajomi Tomka, a tu taka okazja spotkać się na żywo, padało hasło: to jedźcie za mną i do wozów. Najczęściej były to już godziny mocno popołudniowe, więc na ulicę wracał charakterystyczny harmider i trzeba było sporo determinacji kierowcy, by podążać za samochodem pilotem.

Aziz Habbibi i jego królestwo.

Aziz

Organizując wyjazd do Maroka po meteoryty nie można pominąć w planach wizyty u jednego z największych tamtejszych dealerów, Aziza Habibi. Większość liczących się marokańskich dealerów nie zajmuje się tylko meteorytami, lecz każdy z nich ma jakiś biznes i on stanowi jego główne źródło dochodu. Aziz ma na przedmieściach Erfoud hotel. Właściwie kompleks w stylu marokańskiego resortu. Reprezentacyjny budynek z recepcją, restauracjami, barem i biurami. Kilka osobnych budynków z pokojami gościnnymi oraz nieodzowny basen. Tomek jest w takich relacjach z Azizem, że mogliśmy skorzystać z jego gościny za darmo w pakiecie z all inclusive. Oczywiście korzystaliśmy w pełni i za jego akceptacją; była to nasza baza na wypady po okolicznych dealerach.

Przy pewnej pozycji na rynku mierzonej liczbą i wartością transakcji, znajomościami z największymi dealerami i kolekcjonerami świata zachodniego, może sobie Aziz pozwolić na gościnność bez zobowiązań. Oczywiście byliśmy zainteresowani kupnem okazów z jego oferty, ale widać było, że samo prezentowanie swoich skarbów sprawiało Azizowi wielką frajdę i nie miało na celu tylko dobicia targu. A miał czym się pochwalić! W swoim biurze-magazynku, w głównym budynku kompleksu, przechowywał istne skarby. Oczywiście było to wszystko w arab-style. Zakurzone półki z okazami, walające się wszędzie sporej wielkości, często wyjątkowe meteoryty, zabytkowa szafa pancerna, w której niekoniecznie znajdowały się najcenniejsze okazy. Prezentując nam swoje zbiory często wyciągał z niej okazy, które z racji swej wartości,

Tomek i Aziz podziwiają olbrzymi okaz mezosyderytu.

Wyjęty ze skarpety Tissint Aziza Habibi.

powinny raczej leżeć na półkach obok, gdzie dla odmiany leżały meteoryty, które każdy z nas zamknął by w tej szafie, a nie pozwolił im walać się po kątach. Widać było też pewną beztroskę Aziza w traktowaniu swoich okazów. Bywało, że chcąc nam coś pokazać, sam nie za bardzo wiedział, gdzie szukać. Zawartość masy nieopisanych różnych pudełek i zawiniątek dla niego samego czasami stanowiła zagadkę. Często szukając czegoś sam natrafiał na coś innego, co stawało się w zamian obiektem zainteresowania. W tym, w sumie urokliwym i niegroźnym, chaosie dane nam było oglądać okazy ze świeżych spadków, węglaki wszelkiej maści, olbrzymie piękne chondryty zwyczajne, mezosyderyty i HEDy. Mając spory zapas gotówki w kilka minut można by było stworzyć kolekcję, jaką wielu nawet zasobnych kolekcjonerów tworzy latami.

Czasami okoliczności zakupów były mocno egzotyczne.

Nie sposób opowiedzieć, co tam było. Miłośnicy meteorytów, bywalcy giełd w Ensisheim, Tucson, Monachium , St. Marie wiedzą, co znajduje się tam na i pod stołami sprzedawców z Maroka. Wymienianie typów, numerów NWA czy nazw spadków byłoby jak cytowanie MetBulla. Meteoryty, to nie zapis w katalogu, ale realny kamień trzymany w ręku. Jego kolor, waga, tekstura i struktura i okoliczności z nim obcowania, to jest clou kolekcjonowania meteorytów!

Nie mogę się jednak powstrzymać i muszę opisać jeden meteoryt z sejfu Aziza. Gdy już wydawało nam się, że widzieliśmy wszystkie gwiazdy Hollywood defilujące przed nami po czerwonym dywanie, Aziz zrobił tajemniczą minę, zawiesił głos i teatralnym ruchem zaczął coś wygrzebywać z sejfu. Po chwili wyjął z niego czarną skarpetę, nie nową, ale na pewno upraną, a z niej wyturlał kilkuset gramowy kompletny, pokryty połyskującą, czarną jak noc skorupą — okaz Tissinta! Marsjanin naprawdę wyglądał, jak skała nie z tego świata! Po chwili, gdy już oniemiali i zauroczeni wróciliśmy na ziemię, zaczęliśmy robić sobie z nim zdjęcia. Tylko na tyle mogliśmy sobie pozwolić.

W zasadzie u wielu dealerów doświadczaliśmy uczucia, że tylko (czy też aż) zawartość portfela ogranicza nas w stworzeniu kolekcji marzeń. Niebywałe jest to, że rzeczy, które nas fascynują — meteoryty — są w takiej ilości i jakości, są w obrocie i znajdą swojego właściciela. Może trochę na wyrost jest wieszczenie przez niektórych kolekcjonerów nadejścia końca ery meteorytów pustynnych?

Kupowanie fejków, trzeba to zaakceptować

Chyba nikt, kto kupuje i kolekcjonuje meteoryty, nie padł choć raz ofiarą swoich wygórowanych ambicji i własnej nieomylności. Jeśli twierdzi, że nie, to znaczy, że to jeszcze przed nim.

Zaryzykuję twierdzenie, że Tomek bardzo, ja trochę mniej, jesteśmy obeznani z meteorytami. Na 99% procent jesteśmy w stanie stwierdzić, w wyniku pobieżnych oględzin, czy podejrzany kamień jest meteorytem. Jest to kwestia doświadczenia i opatrzenia. A co z tym 1%? Bywa, że w terenie, na pustyni, zabieramy kamień, który wydaje nam

W hotelu — wieczorne oglądanie i ocena zakupionych meteorytów. Kolorystyka wnętrza niestandardowa, ale Jarkko się dopasował.

się być meteorytem, ale nim nie jest. Zdarzało mi się, że znaleziony przeze mnie meteoryt okazywał się później fejkiem. Cóż, nikt nie jest nieomylnym specjalistą. Bez badań laboratoryjnych wiele rzadkich typów meteorytów jest nie odróżnialnych od skał ziemskich.

Na tym wyjeździe dwa razy padłem ofiarą swej niewiedzy. Gdy gościliśmy u pary dealerów w Tantan, przeglądałem stolik z węglakami. Zwrócił moją uwagę ładny okaz ze skorupą. Widziałem, że wzbudził on również zainteresowanie Tomka. Wahałem się, ale Tomek przyjrzał się jeszcze raz okazowi i powiedział bym brał — ładny okaz CK, zrobię mu klasyfikację i będę miał swojego CK NWA. Po takiej rekomendacji trudno było odłożyć go z powrotem na stolik. Kupiłem.

Trudny wybór (Mohamed Aid, Ahmad Bouraga, Ouarzazate).

Drugi nietrafiony zakup zrobiłem w Erfoud. Po dilach u Saida Haddany wybraliśmy się na objazd po mniejszych lokalnych dealerach. Trafiliśmy wieczorem do ubogiego kramiku sprzedawcy… no właśnie, nie bardzo wiadomo czego. Pomieszczenie ni to warsztat ni to sklep. Oświetlony gołą żarówką składzik wypełniony był jakimiś kamieniami o trudnej do określenia wartości kolekcjonerskiej. Nie były to meteoryty lub szczotki minerałów, agaty, kruszce czy coś, co mogło stanowić obiekt zainteresowania kolekcjonerów. Wiele z nich to były po prostu polne kamienie. Owszem było kilka skamieniałości. Wszystko w strasznym nieładzie i pokryte grubą warstwą kurzu. Przywiózł nas Said, więc należało się spodziewać, że meteoryty też będą. Po rytualnym przygotowaniu tradycyjnej herbaty gospodarz wyjął małe pudełko, w którym znajdowało się kilkanaście fragmentów chondrytów i zwykłe kamienie. Czy to sposób przygotowywania herbaty przez sędziwego gospodarza czy perspektywa jej wypicia, tak nami zakręciły, że każdy z nas poczuł potrzebę kupienia od niego jakiegoś okaziku. Bo trzeba wiedzieć, że tradycyjną marokańską herbatę parzy się długo i skrupulatnie. Nim będzie akuratna, należy ją wielokrotnie przelewać do szklanki, dosładzać, próbować, ponownie zlewać do czajniczka, przelać, dosłodzić, próbować… Dość powiedzieć, że nikt z nas nie odmówił wypicia szklaneczki herbaty tak wysmaczonej dogłębnie. Później, żegnając się serdecznie, każdy z nas wyszedł z jakimś okazem. Ja z czymś, co według mnie było małym orientowanym marsjaninem bez skorupy. Już zaraz po wyjściu i minach kolegów wiedziałem, że wydałem kilka dolarów na ziemski kamień. Bywa. Nie kolekcjonuję pseudometeorytów, ale ten kamień zachowałem, jako memento.

A co z pierwszym zakupionym niby CK? Po przecięciu okazu w Polsce okazało się, że jest to ziemianin wyglądający na 102% węglaka. Ale tylko wyglądający. Jak już pisałem, marokańscy dealerzy są zawodowcami i ludźmi godnymi zaufania, więc nie było problemu z wymianą fejka. Dostałem za niego później ładny okaz eukrytu — prawdziwego eukrytu NWA 10333.

Dlaczego nie pojechaliśmy na lunara

Część meteorytów oferowanych przez dealerów była nam znana. Były to współczesne spadki: Bensour, Bassikounou, Tamdakht, Tissint, Amgala, Taza oraz wiele NWA, które mają znane lokalizacje. Skąd pochodziła reszta, to była tajemnica Marokańczyków. Z reguły podawali, że przywieźli je z Sahary Zachodniej, Mali , Mauretanii lub Algierii. Opowiadali o niebezpieczeństwach towarzyszących ich wyjazdom w jeszcze bardzie egzotyczne i niedostępne dla nas rejony Afryki. Większość z nich nie zajmowała się osobiście poszukiwaniami, może czasami dla rozrywki, ale gros towaru odkupywali od innych dealerów i poszukiwaczy z pierwszej linii. Czasami prowokacyjnie pytali nas, dlaczego nie pojechaliśmy na ten czy inny rejon spadku. Czemu nie szukaliśmy w obszarze Tazy lub Agoudal? Czy byliśmy na najnowszym węglaku lub czemu nie próbowaliśmy znaleźć swojego Tissinta lub jakiegoś znanego lunara? Wiedzieli, że szukaliśmy na Saharze i w lekko złośliwy sposób dawali nam do zrozumienia, że poszukiwania tam nie mają dużej szansy powodzenia. Już przed wyjazdem, studiując mapy znalezisk na SZ, wiedzieliśmy, że szanse na znaleziska są znikome, a na miejscu, po odwiedzeniu punktu NWA 7831, definitywnie pogodziliśmy się z myślą, że samo szukanie musi nam wystarczyć. Miejsce, gdzie znaleziono NWA 7831, wyglądało jak poligon, na którym testowano nowe sita do przesiewania pustyni. Stopień i skala ingerencji w pustynię była porażająca. Wyglądało to tak, jakby przez kilka tygodni kilkadziesiąt osób przesiało przez sita kilka ton piachu. Cud, że cokolwiek znaleźliśmy, a były to okruch do 2 mm średnicy! Już to doświadczenie zweryfikowało nasze plany odwiedzania miejsc z lunarami i marsami. Od wielu lat Maroko jest dostarczycielem tego cennego materiału, więc co było do znalezienia, zostało praktycznie znalezione.

W sklepie z Bensourem

Moje możliwości finansowe powodowały, że myszkowałem w tańszych sektorach. Towarzyszył mi jednak cały czas dylemat (chłopakom chyba też?), czy kupić więcej różnych mniejszych okazów, czy może przywieść z wyjazdu jeden lub dwa okazy większe, bardziej spektakularne. Ponieważ nigdy nie kręciły mnie lunary i marsy — te większe, więc myślałem o jakimś świeżym spadku lub ładnym achondrycie. Bardzo podobał mi się np. duży okaz meteorytu Bensour u Ismaila w Erfoud. Ale był dla mnie za drogi. Wiele razy oglądałem spore węglaki ze skorupami i zastanawiałem się, czy nie zaszaleć. Ceny achondrytów też były bardzo atrakcyjne, ale w końcu zawsze wygrywała chęć posiadania wszystkiego po trochu. *C'est la vie*.

Olbrzymy w garażu

Wspominałem już o olbrzymich meteorytach w garażu. Oczywistym jest, że znajdowane meteoryty reprezentują nie tylko różne ich typy, ale są też różnej wielkości. Najczęściej są to kilkusetgramowe okazy, czasami kilkukilogramowe. Ale przecież spadają też okazy naprawdę duże. U Mohameda Aida w Ouarzazate było nam dane zobaczyć te naprawdę wielkie. Po wizycie w jego domu, zakupach i zwyczajowych słodkościach gospodarz i jego siostrzeniec Ahmad Bouraga zaprosili nas i innych towarzyszy na nocny wypad do swoistego magazynu. Wyszliśmy na ciemną noc i klucząc pomiędzy słabo oświetlonymi cichymi uliczkami dotarliśmy do jakiegoś domu, który, a jakże, był oczywiście nieukończony — na parterze miał zwyczajowy magazyno-warsztat. Gdy gospodarz otworzył bramę i zapalił rachityczne światło, ujrzeliśmy zawalony dobrem wszelakim garaż. Obok zaparkowanego srebrnego samochodu terenowego resztę pomieszczenia zajmowały puszki, worki pełne i puste, opony i zdezelowany sprzęt. Pierwsze wrażenie? Oj, będzie się działo. Aby podkręcić napięcie gospodarz powoli i systematycznie zaczął odsłaniać tkwiące pod workami skarby, dla których tam przyszliśmy. Na pierwszy ogień wyłonił się ok. 40 kg kompletny okaz eukrytu. Nikt z nas wcześniej nie widział tak dużego okazu achondrytu. Ten miał jeszcze widoczne regmaglipty i można było go sobie turlać i oglądać ze wszystkich stron. Po chwili spod sfilcowanego koca wyłonił się 150 kg okaz chondrytu zwyczajnego. Bardzo ładny, niewiele zwietrzały okaz był nie tylko duży, ale wyglądał na orientowany. Oczywiście nie zaprzątaliśmy sobie głowy, jak my je przetransportujemy do kraju, bo ich ceny były daleko poza naszymi możliwościami. Ciężkie meteoryty kamienne są duże, więc gdy spod kolejnych kocy wygrzebaliśmy „tylko" 40 kg okaz meteorytu żelaznego Agoudal, nie wydawał się wielki. Z nim zrobiliśmy sobie zdjęcia, bo był bardziej poręczny oraz można było go wziąć do ręki i udawać przed obiektywem, że bez problemu go dźwigamy. Chyba też z racji większej poręczności tego okazu Jarkko zaczął gdybać, za ile uda mu się go utargować. Później, gdy Tuomas zaczął robić zdjęcia olbrzymów w tej nieprawdopodobnej scenerii, na zakończenie wieczoru Mohamed Aid pojawił się z ponad 2 kg okazem meteorytu księżycowego. Taka wisienka na koniec!

Szok

Przyznam, że były sytuacje, które nas szokowały. Jako kolekcjonerzy, czyli ostatnie ogniwo szlaku meteorytowego, gdy już posiądziemy jakieś okazy meteorytów, często traktujemy je jak relikwie. I nie chodzi tylko o ich wartość i niepowtarzalność, ale przede wszystkim o obawę, by nic im się nie stało. Wkładamy je do wymoszczonych gąbką pudełek lub w specjalne

Skarby w garażu (Mohamed Aid, Ouarzazate).

ramki, w których ładnie wyglądają i nie są narażone na udary i oddechy rozemocjonowanych miłośników. Boimy się, by skorupa nie zmatowiała od dotykania, by nie wykruszały się chondry od przekładania, by rdza ich nie zeszpeciła. Na początku szlaku meteorytowego — u dealerów — wygląda to zgoła inaczej.

Trzeba naprawdę zacisnąć zęby i z kamienną twarzą obserwować, jak są przechowywane i traktowane meteoryty w Maroku. W większości przypadków oferta bywała już ładnie porozkładana na stołach, ale z innych obserwacji wiemy, że meteorytom w Maroko nie jest komfortowo. Wszędobylski kurz i pył to nic w porównaniu z plastikowymi reklamówkami zapełnionymi okazami luzem. Wszelkiej maści plastikowe pojemniczki wypełnione achondrytami i węglakami, w których grzebie się jak w zębach rekinów lub kolorowych koralikach na giełdzie minerałów w Warszawie. Na widok przekładania i przesypywania okazów serce podchodzi do gardła. Popularne i w dużej ilości chondryty rzadko opuszczają 20-kilogramowe worki po ryżu lub kaszy, czekają pokornie np. pod schodami na swoją szansę. Okazy zbyt duże, by trzymać je w domu, spoczywają w garażach na podłodze w towarzystwie puszek po farbach i olejach, przywalone oponami by na nie nie wjechać. Trochę dramatyzuję, ale żaden meteoryt w Maroku nie ma tak dobrze, jak np. mały NWA 869 w polskiej kolekcji. No, może Tissint u Aziza miał swoją skarpetę, a 2 kg lunar był skrupulatnie zawinięty w kilka płachetek gazet. Można powiedzieć arab-style, a może to my przesadzamy z estymą, z jaką traktujemy, bądź co bądź, tylko fragmenty skał? Nie wiem, co sobie myśleli o nas Marokańczycy, obserwując, jak zawijamy kupione okazy, każdy osobno w swój gałganek kilku serwetek. Chyba umiar opuścił obie strony?

Duży okaz meteorytu Bensour, ponad 1160 g (Ismail Mohammed, Erfoud).

Ponad 2 kilogramy Księżyca (Mohamed Aid, Ouarzazate)!

Konkurencja

Nie można dokładnie oszacować, ilu Marokańczyków trudni się handlem meteorytami. Tych największych, jeżdżących po świecie na targi, jest kilkunastu. Na miejscu w Maroku jest jeszcze zapewne kilkudziesięciu liczących się dealerów. Pozostaje jeszcze niezliczona rzesza handlarzy minerałów i skamieniałości, u których niejednokrotnie widzieliśmy również meteoryty. Śledząc od wielu lat internetowy rynek meteorytów śmiało mogę zaryzykować stwierdzenie, że roczny obrót na tym rynku liczony jest w milionach dolarów. Spora jego część przypada na Maroko. Pomimo, że w grę wchodzą duże pieniądze, nie widać na miejscu, by pomiędzy dealerami panowała jakaś zażarta rywalizacja. Praktycznie większość z nich zna się osobiście i nie słyszeliśmy, by któryś z nich wypowiadał się niepochlebnie o kolegach. Wielokrotnie, gdy gościliśmy u któregoś z bardziej znanych, zapraszali oni pomniejszych dealerów czy nawet pasterzy ze swoimi skromnymi zawiniątkami, by przy okazji mogli oni nam zaprezentować swoje meteoryty. Gdy na stołach leżały kosmiczne skarby, pozostali bez zażenowania prezentowali swoje skromne okazy i targowali się jak prawdziwi dealerzy. Taka solidarność widoczna jest też podczas zakupów przez Internet. Zdarza się, że jak dostajemy ofertę od jakiegoś mniej znanego sprzedawcy, bardzo często można skorzystać z pośrednictwa tych znanych. Jeśli obawiamy się o wysłane pieniądze lub czy to co dostaniemy będzie tym, za co zapłaciliśmy, można skorzystać z pośrednika i jego rękojmi, że transakcja będzie uczciwa. To też jest miłe doświadczenie.

Epilog

Dwa tygodnie spędzone w Maroku wspominam z wielką przyjemnością. Znowu mogliśmy jeździć po pustyni w poszukiwaniu meteorytów. I nie jest ważne, że ich praktycznie nie znaleźliśmy. Samo szukanie jest wielce emocjonujące i relaksujące. Zapomina się o problemach dnia codziennego. Taki samodzielny wyjazd

40 kg okaz eukryta.

40 kg okaz meteorytu żelaznego Agoudal.

Blisko 150 kg chondryt zwyczajny.

Tuomas w akcji. Swoje zdjęcia zaprezentował Tuamas później na specjalnej wystawie w Helsinkach.

jest też niebywałą okazją, by zobaczyć inny świat bliżej niż z okna hotelu czy turystycznego autobusu. Doświadczyć rzeczywistych zapachów, smaków i dźwięków oraz otrzeć się o problemy ludzi tam żyjących. Przywieźliśmy sporo okazów meteorytów, które mają w sobie coś więcej niż te kupione via Internet. Z każdym z nich wiąże się jakieś wspomnienie. Bo to, co nas kręci w meteorytach, to nie tylko ich kosmiczne pochodzenie, ale również ich ziemska historia.

Post scriptum

Od pokoleń rzesze naukowców głowią się nad pochodzeniem meteorytów. Są teorie, że pochodzą one z pasa planetoid, z Marsa lub Księżyca. Identyfikuje się ciała macierzyste, które utożsamia się z różnymi typami meteorytów.

Odpowiedź na te pytania leży niedaleko… po tej podróży już wiem:
— Skąd się biorą meteoryty?!?

Meteoryty pochodzą… z Maroka!

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