

BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 1 (89)

Marzec 2014

W numerze:

- 200 lat meteorytu Limerick
- Chondryty L
- Różnice w stopniu utlenienia
- Meteoryty marokańskie

100 lat
meteorytu
Morasko

METEORYT

kwartalnik
dla miłośników meteorytów

Wydawca:

Olsztyńskie Planetarium
i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn

tel. (0-89) 533 4951

opioa@planetarium.olsztyn.pl

konto:

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

Kwartalnik jest dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2014 roku 44 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto wydawcy nie zapominając o podaniu czytelnego imienia, nazwiska i adresu do wysyłki. Wydawca dysponuje także numerami archiwalnymi.

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

Redaguje i tłumaczy większość tekstów:

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

Redakcja techniczna i skład komputerowy: Jacek Drążkowski

Druk: Drukarnia Jan, Lidzbark W.

Od Redaktora:

Mamy rok 2014. Pierwszy okaz meteorytu Morasko wykopano w roku 1914. Mamy więc stulecie. Kulminacja obchodów nastąpi w listopadzie, ale zaczynamy już teraz mapą na okładce, którą zawdzięczamy benedyktyńskiej pracy dr Moniki Nowak z Instytutu Geologii UAM. Tło do gwiazdek przygotował Mariusz Noculak. Każda gwiazdka na tej mapie jest owocem trudu poszukiwacza i cieszę się, że w tym numerze przedstawia nam się jeszcze jeden poszukiwacz, którego wkład w powstanie tej mapy jest ogromny, choć z powodu mniej spektakularnych znalezisk pozostaje on w cieniu poszukiwaczy znanych z rekordowych okazów.

W sierpniu przypada mniej efektowna rocznica, bo tylko dwudziestolecie spadku meteorytu Baszkówka. Z myślą o nim zachęcam do przeczytania interesującego opracowania o chondrytach L. Wciąż pamiętam, jak znany dobrze czytelnikom dr Alan Rubin, który był recenzentem artykułu o Baszkówce do *Meteoritics and Planetary Science*, próbował nas przekonać, że nie mamy racji sugerując, że chondryt Baszkówka mógł powstać w wyniku zderzenia stopionych planetoid, bo przecież wiadomo, że chondry i chondryty powstawały w mgławicy słonecznej. Minęło niewiele ponad 10 lat (artykuł o Baszkówce ukazał się w 2003 roku) i w tym numerze czytamy, że chondry i chondryty L powstawały podczas zderzeń stopionych planetoid. Niestety nie potrafiliśmy wypromować naszego meteorytu i twórcy tej teorii o Baszkówce nie pamiętają. Meteoryt Baszkówka ma jednak inną historię i albo oderwał się od macierzystej planetoidy przed jej katastrofalnym rozbićciem, albo pochodzi z innej planetoidy macierzystej niż większość chondrytów L.

Jeszcze jedna rocznica minęła jesienią ubiegłego roku i cieszę się, że autor rocznicowego artykułu zgodził się na udostępnienie go czytelnikom „Meteorytu”. 200 lat temu spadł w Irlandii deszcz meteorytów Limerick. Tak, to jest to miasto, od którego pochodzą limeryki, więc aż się prosi o jakiś limeryk z tej okazji. A przy okazji dowiedziałem się, że Limerick też opanowali Polacy. Meteorytu chyba jednak nie zauważyli, bo nie ma go wśród atrakcji polecanych na polskich stronach w Limerick.

Chciałbym jeszcze zwrócić uwagę na pierwszy w historii „Meteorytu” tekst o meteorytach po śląsku. Aktualny, bo to i Popielec był niedawno i Morasko przed nami. W przypadku trudności ze zrozumieniem proszę kontaktować się z autorem.

Andrzej S. Pilski

Na okładce:

Mapa znalezisk meteorytu Morasko, którą zawdzięczamy benedyktyńskiej pracy dr Moniki Nowak z Instytutu Geologii UAM. rozmiar gwiazdek symbolizuje wielkość znalezionych okazów. Tło do gwiazdek przygotował Mariusz Noculak.

METEORITE

THE INTERNATIONAL QUARTERLY
OF METEORITES
AND METEORITE SCIENCE

Arkansas Center for Space
and Planetary Sciences
FELD 202

University of Arkansas
Fayetteville, AR 72701, USA

Email: metpub@uark.edu

http://meteoritemag.uark.edu

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

Do artykułu obok:
Trzy okazy Moraska znalezione na wschodniej granicy obszaru rozrzutu (czarne gwiazdki na okładce): u góry z lewej 376,1 g 69×8×49 mm; u góry z prawej 38,6 g 34×24×16 mm; na dole 59,9 g 88×47×36 mm.

Fot. Autor.



Wydłużanie elipsy rozrzutu Moraska

Andrzej Owczarzak

Moja przygoda z poszukiwaniem meteorytów zaczęła się zapewne tak jak u większości z was. Czyli fascynacja i ciekawość świata, kosmosu, sił natury, itd. Początki nie były łatwe. Zupełnie nie wiedziałem, gdzie mam szukać meteorytów w Morasku; nie było wtedy żadnych informacji w internecie. Musiałem zatem wybrać metodę na „chylbił-trafił”. W pewnym sensie wyszło mi to na korzyść. Okazało się bowiem, że znajdowałem okazy w dziwnych i zupełnie nieprzewidywalnych miejscach, daleko wykraczających poza tereny najczęściej przeszukiwane. Już na samym początku dało mi to wiele do myślenia. Szybko zorientowałem się, że meteorytów jest być może jeszcze dość dużo. Późniejszy kontakt z dr Stanisławem Koszelą z Instytutu Geologii UAM zaowocował skrupulatnym dokumentowaniem poszukiwań i znalezisk, a także wszystkim tym, co jest niezbędne w kolekcji i wieloma innymi cennymi informacjami.

Meteoryty Morasko bardzo różnią się od siebie. Są to okazy indywidualne, często z pięknymi regmagliptami, wyglądające jak gdyby spadły całkiem niedawno. Są też takie, które mają dużo więcej zwietrzeliny, bardziej skorodowane. O dziwo, meteoryty znajdowane blisko siebie często różnią się stopniem zwietrzienia, a przynajmniej teoretycznie takie różnice nie powin-

ny występować! Być może ma na to wpływ głębokość zalegania i różnice w składzie chemicznym, co przyczyniło się do ich tak różnego wyglądu. Są również „szrapnele” — porozrywane fragmenty meteorytów, nie mniej również ciekawe i ładne, uświadamiające wielką energię ujawniającą się przy upadku. Niektóre okazy dosłownie rozpadają się w dłoniach.

Wśród meteorytów Morasko są też okazy (moje ulubione), które posiadają dwie wspomniane cechy meteorytów: ze strony zewnętrznej ujawniają piękne regmaglipty, natomiast ze strony wewnętrznej mają cechy „szrapneli” i właśnie takie okazy udało mi się zlokalizować! Meteoryty te, znalezione na terenie Moraska, przesunęły granicę tzw. elipsy rozrzutu na wschód. Jest to o tyle interesujące znalezisko, że leżały one na terenach „dziewiczych”, do tej pory nie przeszukiwanych przez poszukiwaczy. Można było zatem liczyć na to, że meteoryty te mogą tworzyć jakąś całość, zwłaszcza że leżały bardzo blisko siebie, na obszarze ok. 10 m² i zdają się pasować do siebie idealnie. Meteoryty te wykopałem na polu, dwa większe położone były na głębokości 35 – 40 cm, mniejszy na głębokości 15 cm. Ponieważ leżały pod gruntem ornym, przypuszczam, że fragmentacja nastąpiła jeszcze w powietrzu, nisko nad ziemią, a nie, jak można też przypuszczać, już na polu w skutek

zwietrzienia. Jak widać na zdjęciach, do pełnego (całego) okazu brakuje 1 – 2 fragmentów, których pomimo kilkudniowych poszukiwań, nie udało mi się odnaleźć.

Do poszukiwań niezbędny jest dobry sprzęt. Choć udało mi się również znaleźć okazy leżące na powierzchni, wyrzucone przez pługi, to takie przypadki należą już do rzadkości i trzeba

mieć naprawdę dużo szczęścia aby coś takim sposobem znaleźć. Niezależnie jednak od tego, jakim sprzętem się operuje, trzeba mieć zapał i cierpliwość, ponieważ prawdopodobnie większość okazów została już wykopana. Łatwo można się zrazić po całotygodniowych poszukiwaniach bez sukcesu. Sprzętu jest w ofercie rynkowej dużo i można dopasować go ze względu na indywidualne preferencje i możliwości finansowe. Moje „XLT” odpowiada mi ze względu na szeroki zakres nut i „melodii” wydobywających się z urządzenia. Mam dobry słuch, więc w moim przypadku jest to strzał w 10. Choć „Garrett 250” jest najmilej wspomnianym przeze mnie wykrywaczem, ze względu na prostotę i niezawodność.

Świat ziemskich minerałów i kosmicznych kamieni stał się moim sposobem na życie. Satysfakcja płynąca z samych poszukiwań meteorytów, nie mówiąc już o ich znalezieniu i wykopywaniu, jest dla mnie wspaniałym, euforycznym przeżyciem. Trudno mi nawet porównać to do czegoś innego, być może strzelenie decydującej bramki na mistrzostwach świata w piłce nożnej byłoby trafnym porównaniem!

Gdyby nie wyrozumiałość najbliższych i pomoc ze strony ludzi życzliwych, być może pasja mojego życia pozostałaby jedynie w sferze marzeń. Dlatego korzystając z okazji chciałbym podziękować wszystkim tym, którzy mnie wspierają. Chciałbym też serdecznie pozdrowić załogę z sekcji meteorytowej PKiM.

✍



Te same trzy okazy Moraska złożone w jeden. Fot. Autor.



Autor ze sprzętem. Fot. Tomasz Wojcieszak.

Niezwykła historia najbardziej „zwyczajnych” meteorytów: chondryty L

Mike Simms

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 4. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Obecna klasyfikacja wyodrębnia ponad 120 różnych typów meteorytów, ale przeważająca ich większość — 75% wszystkich meteorytów — to tylko trzy podobne typy. Są to chondryty zwyczajne, nazywane tak właśnie dlatego, że jest to najbardziej pospolity typ meteorytów spadających na Ziemię. Chondryty to meteoryty kamienne charakteryzujące się licznymi, małymi (milimetrowej wielkości) krzemianowymi kuleczkami zwanymi chondrami. Uważa się, że każdy typ chondrytu pochodzi z odrębnej macierzystej planetoidy w pasie planetoid. Najliczniejsze są chondryty L (L oznacza małą zawartość żelaza, 4-10% metalicznego Fe w porównaniu z chondrytami H ~15-19% metalicznego Fe i chondrytami LL, 0,3-3% metalicznego Fe), które stanowią około 48% spadków chondrytów zwyczajnych, i do których należy wiele słynnych spadków i znalezisk, jak Bovedy i Crumlin (Irlandia Północna), Ghubara (Oman), Barratta (Australia), Gold Basin (USA) i NWA

869 (Algieria). Mimo że jest to najbardziej pospolity typ meteorytu, historia chondrytów L należy do najbardziej fascynujących, obejmując miliony kilometrów i miliardy lat oraz przechowując zapisy niektórych naprawdę ważnych zdarzeń.

Początki

Układ Słoneczny miał swój początek w rozległej chmurze, czy też mgławicy z pyłu i gazu trochę przed 4567 milionów lat temu, co jest wiekiem inkluzji wapniowo-glinowych czyli CAI, które są najstarszą, datowaną radiometrycznie, materią znajdującą w meteorytach. Gdzieś w pobliżu masywna gwiazda, może nawet supernowa, wysłała przez mgławicę fale uderzeniowe zapoczątkowując jej zapadanie się do wewnątrz. Zapadając się chmura zagęszczała się, w jej centrum „zapaliła” się synteza jądrowa i zrodziło się nasze Słońce. Ta sama gwiazda obsiała także mgławicę różnymi izotopami promieniotwórczymi, w szczególności glinem-26 (czas

połowicznego rozpadu 0,73 miliona lat). Pył mgławicy, wirujący wokół pierwotnego Słońca, zlepił się w bryłki — najpierw w wyniku przyciągania elektrostatycznego, a potem coraz bardziej wskutek grawitacji i zderzeń — tak że w ciągu zaledwie miliona lat uformowała się ogromna liczba małych planet czy planetozymali o średnicach od dziesiątków do tysięcy kilometrów. Ogrzewane przez glin-26 w pyłe, z którego się zlepiły, suche, pozbawione lodu planetozymale, nawet mające tylko 20 km średnicy, stopiły się niemal całkowicie, a ich składniki rozseparowały się, czyli uległy dyferencjacji — w wyniku działania chemii i grawitacji. Żelazo, nikiel i inne cięższe pierwiastki opadły w głąb tworząc metalowe jądro, a lżejsza materia krzemianowa wypłynęła do góry tworząc koncentryczne warstwy kamiennej materii. Próbkami tych zdyferencjowanych planetozymali są meteoryty żelazne, diogenity, pallasyty i eukryty, ale wszystkie one bardzo różnią się od chondrytów. Istotnie, niektóre nazywane są achondrytami, właśnie dlatego, że nie zawierają chondr. Jak wobec tego i kiedy uformowały się chondryty i jakie jest ich miejsce w historii młodego Układu Słonecznego?

Chondry i pochodzenie chondrytów

Chondry z oliwinu i plagioklazu, osadzone w drobnoziarnistej matriks z podobnych minerałów i ziaren metalicznego żelaza z niklem, są podstawowymi składnikami chondrytów, a więc są kluczem do zrozumienia formowania się tych meteorytów. Intrygującą cechą chondrytów jest to, że ich skład chemiczny dobrze pasuje do składu chemicznego Słońca. Na tej podstawie



Dziewięciogramowa płytka chondrytu L3 Sprucefield na wystawie w Ulster Museum w Belfaście. Achondrytowy okruch gnieździ się wśród ostro ograniczonych chondr. Jest to pierwotny utwór, odmienny od zbrekejowanych chondrytów utworzonych znacznie później przez zderzenia, i jest graficznym dowodem, że niektóre zdyferencjowane planetoidy uformowały się już i uległy rozbiciu przed końcowym stadium akrecji ciała macierzystego chondrytów L. Pasek skali ma 5 cm.

przez długi czas przyjmowano, że chondry formowały się bezpośrednio z materii mgławicy słonecznej i potem łączyły się tworząc pierwsze planetozymale, które potem ulegały ogrzaniu i stopieniu tworząc zdyferencjowane planetozymale, z których pochodzą meteoryty żelazne i achondryty. Już dawno zrozumiano, że chondry krzepły ze stopionych kropeł przy braku grawitacji i, by to wyjaśnić tworzono dziesiątki teorii, publikowano liczne prace, a nawet całe książki poświęcone temu tematowi (Sears 2004). Wiele teorii odwoływało się do „ogrzania przez błyskawice” lub fal uderzeniowych w mgławicy przekształcających zlepki krzemianowego pyłu w te stopione krople. W tych „mgławicowych modelach” chondry należałyby do najstarszej materii w Układzie Słonecznym, ale coraz dokładniejsze datowanie składników meteorytów pokazuje, że większość chondr jest w rzeczywistości o dwa czy trzy miliony lat młodsza od najstarszych, zdyferencjowanych meteorytów. Tę podstawową obserwację trudno pogodzić z obrazem zdyferencjowanych planetozymali ewoluujących z chondrytowych poprzedników.

Całkowicie odmienna teoria, która zyskuje rosnące poparcie, proponuje, że chondry tworzyły się podczas zderzeń stopionych planetoid w młodym Układzie Słonecznym (Sanders and Scott 2006). Silna, turbulentna konwekcja mogła utrzymywać skład chemiczny stopu zbliżony do słonecznego, podczas gdy zderzenia między tymi planetozymalami tworzyłyby ogromne chmury kropeł, które potem by stygły tworząc chondry. Takie zderzenia byłyby nieuchronne i powszechne, tak że trudno sobie wyobrazić, dlaczego ten mechanizm nie mógłby tworzyć większości, jeśli nie wszystkich chondr. Po 2-3 milionach lat od narodzin Układu Słonecznego, kiedy to stężenie glinu-26 znacząco się zmniejszyło, mogły chondry łączyć się w znaczących ilościach, tworząc planetozymale bez przetapiania, co tłumaczy młodszy wiek chondr niż najstarszych, zdyferencjowanych meteorytów. Znacznie bardziej wymowny dowód pochodzi z meteorytów, takich jak Bovedy/Sprucefield i Barwell, gdzie występują obok siebie achondrytowe fragmenty i przyłączone do nich chondry. Pokazuje to, że w czasie, gdy



Dwudziestopięciogramowa płytka chondrytu L5 Crumlin na wystawie w Ulster Museum w Belfast. Zarysy przeobrażonych termicznie chondr są niewyraźne w porównaniu z tymi w płycie L3 Sprucefield. Pasek skali ma 5 cm.

tworzyło się ciało macierzyste chondrytów L, około 4565 milionów lat temu, stałe, zdyferencjowane skorupy planetarne były już uformowane i były rozbijane przez zderzenia.

Chociaż stężenie glinu-26 szybko spadało, inne izotopy promieniotwórcze (np. żelazo-60, mangan-53) wytwarzały dość ciepła we wnętrzu planetoidy chondrytów L, której średnicę ocenia się na 200 km, by pozostało ono gorące przez dziesiątki milionów lat. Chondry głęboko wewnątrz planetoidy, w temperaturze ponad 850°C, stawały się chemicznie „ujednorodnione” z matriks i ich zarysy stawały się ledwie widoczne; tak powstawały chondryty L6, najbardziej pospolite ze wszystkich typ meteorytów. Blisko powierzchni chondry szybko stygły poniżej ~500°C i zachowały swe indywidualne cechy chemiczne i wyraźne zarysy; są to dość rzadkie chondryty L3, takie jak Bovedy.

Zderzenia w kosmosie i na Ziemi

Po około 100 milionach lat wolnego stygnięcia ciało macierzyste chondrytów L było zimną, martwą planetą. Dalsze zmiany mogły nadejść tylko z zewnątrz. Wokół Słońca krążyło wtedy znacznie więcej planetoid niż obecnie i zderzenia musiały następować dość często. W wielu chondrytach L widoczne są uderzające dowody tych zderzeń w postaci brekcji i ciemnych żyłek i plam drobnoplamistej materii utworzonych przez szokowe topnienie wskutek zderzeń. Różne zderzenia można zidentyfikować mierząc ilość gazu szlachetnego argonu-40

wytwarzanego w wyniku rozpadu promieniotwórczego potasu-40 (czas połowicznego rozpadu 1,25 miliarda lat) uwięzionego w sieci krystalicznej niektórych minerałów. Jeśli meteoryt zostaje rozbity, część lub cały ten argon ucieka, skutecznie zerując argonowy zegar. Dobrze znany chondryt L, NWA 869, jest brekcją regolitową uformowaną przez zderzenia na powierzchni planetoidy. Zawiera ona fragmenty chondrytów L różnych stopni petrologicznych od L3 do L6, a także pociemnione szokowo fragmenty, które świadczą o zderzeniach około 4400, 2200 i 1800 milionów lat temu (Metzler 2011). Inna brekcja regolitowa, Ghubara, zarejestrowała bardziej niedawne zderzenie, około 470 milionów lat temu, które jest niemal powszechne wśród chondrytów L i znane jest badaczom meteorytów od dziesięcioleci (Korochantseva 2007). Ciekawe, że śladów tego zderzenia nie widać w NWA 869, co być może sugeruje, że ciało macierzyste tego ostatniego rozstało się z główną planetoidą chondrytów L podczas wcześniejszego zderzenia. To zderzenie sprzed 470 milionów lat jest tak powszechnie widoczne w chondrytach L, że przypisuje się je rozbiciu ciała macierzystego chondrytów L w wyniku katastrofalnego zderzenia (Haack et al. 1994). Pozostałoby ono jedynie meteorytową ciekawostką, gdyby nie przypadkowe odkrycie, w odstępie kilkudziesięciu lat, dwóch skamieniałych meteorytów w pochodzących z wczesnego ordowiku (~467 milionów lat temu) wapieniach w Szwecji. Pierwszy, znaleziony w roku 1952, w kamieniołomie Gärde

koło Brunflo w środkowej Szwecji, nie został zidentyfikowany jako meteoryt aż do roku 1979. Drugi został znaleziony w roku 1988 w kamieniołomie Thorsberg, koło Kinnekulle, 500 km dalej na południe. O tym nowym znalezisku donosiła lokalna prasa, dzięki czemu zobaczył to miejscowy geolog amator, Mario Tassinari, który był przekonany, że musi być więcej takich meteorytów. Mario znalazł braci Thor, właścicieli kamieniołomu Thorsberg, i wraz z nimi szukał nowych, meteorytowych skamieniałości. Ich sukcesy wkrótce doprowadziły do owocnej współpracy z profesorem Birgerem Schmitzem z Uniwersytetu w Lund, który odkrył jeden z najbardziej niezwykłych aspektów historii chondrytów L.

Meteority, ogólnie biorąc, są dużą rzadkością, a meteorytowe skamieniałości jeszcze bardziej, tak że pierwszym przypuszczeniem jest zawsze, że wiele meteorytów znalezionych w jednym miejscu, to fragmenty jednego meteoroidu, który rozpadł się podczas spadania. Schmitz zauważył jednak, że nie jest to dobre wytłumaczenie dla tych meteorytów z ordowiku, ponieważ znajdowane są one na różnych poziomach, w różnych warstwach wapienia obejmujących okres około 2 milionów lat, przy czym nie wykazują żadnych śladów erozji (czyli nie mogły wydostać się w wyniku erozji ze starszego pokładu wapienia i trafić do młodsze). Pozostaje więc wniosek, że reprezentują one wiele różnych spadków. Przy obecnym tempie spadania meteorytów



Trzydziestosześciogramowa płytka chondrytu L z widocznymi żyłkami szokowymi i powstającym zbrekcjowaniem. Niesklasyfikowany okaz NWA z kolekcji autora. Pasek skali ma 5 cm.

jest nieprawdopodobne, by na dość niewielką powierzchnię kamieniołomu spadło więcej niż jeden czy dwa meteority dowolnego typu na milion lat, a jednak Tassinari i Schmitz znaleźli dowody na może i tuziny spadków w ciągu tylko dwóch milionów lat. Co więcej zdołali je zidentyfikować i wszystkie okazały się chondrytami L! Ślady wielkiego zderzenia w ciele macierzystym chondrytów L około 470 milionów lat temu i nagłe pojawienie się licznych chondrytów L w osadach geologicznych 467 milionów lat temu nie są przypadkową zbieżnością. Jest to bezpośredni dowód, że rozbitcie ciała macierzystego daleko w pasie planetoid spowodowało ogromny wzrost — o czynnik ponad 100 — liczby meteorytów docierających do Ziemi w porównaniu z dniem dzisiejszym (Schmitz et al. 2001). Związane to było

i z podobnym wzrostem globalnego strumienia mikrometeorytów (Alwark et al. 2012) i ostrym wzrostem tempa powstawania kraterów, z ośmioma dużymi kraterami datowanymi na lata między 470 a 450 milionów lat temu, z których przynajmniej jeden można definitywnie powiązać z chondrytem L (Schmitz et al. 2011). Skutki tego katastrofalnego zderzenia są wciąż odczuwalne nawet dziś, około pół miliarda lat później, jako że chondryty L są wciąż najliczniejszym typem meteorytów, jaki spada na Ziemię.

Związek między tym kosmicznym zderzeniem i późniejszym bombardowaniem Ziemi nie ulega wątpliwości, ale jedna zagadka jest wciąż nie rozwiązana. Gdzie są fragmenty ciała uderzającego? Do tanga trzeba dwojga, mówiąc planetoidalnie, a dotychczasowe dowody są wyraźnie jedno-stronne. Jednak to pozorne zafałszowanie jest mniej zaskakujące, gdy rozważymy względne ilości meteorytów różnych typów na Ziemi i w kosmosie. Chondryty zwyczajne mogą być najliczniejszym typem meteorytów na Ziemi, ale w kosmosie to chondryty węgliste dominują (co pokazały meteority znajdowane na Marsie, gdzie brak atmosfery, by odfiltrować bardziej kruche typy). Jeśli pocisk, który rozbił ciało macierzyste chondrytów L, był chondrytem węglistym typu CI lub CM, to jest prawdopodobne, że bardzo niewiele fragmentów przetrwało przejście przez atmosferę i w dodatku te nieliczne fragmenty zostały by szybko zniszczone przez zanurzenie w wodę.



Ważka 102 gramy płytka brekcji regolitowej chondrytu L5 Gubara z jasnymi chondrami i ksenolitami w ciemnej matriks. Kolekcja autora. Pasek skali ma 5 cm.

Szybkie i wolne tempo dostarczania

W ziarnach chromitu z meteorytowych skamieniałości zapisany jest wiek ekspozycji meteorytów na promieniowanie kosmiczne (CRE), to znaczy czas od wyrzucenia z ciała macierzystego do przybycia na Ziemię. Wysokoenergetyczne promieniowanie kosmiczne wnika do meteorytu na głębokość do metra rozszczepiając atomy, na które natrafi, by wytworzyć nowe takie jak neon-21 z magnezu-24. Ziemską atmosferę zatrzymuje to promieniowanie kosmiczne, a więc ilość neonu-21 w meteorycie jest miarą czasu spędzonego w kosmosie w postaci ciała kilkumetrowej wielkości. Te z ordowickich meteorytowych skamieniałości, które przybyły najwcześniej, czyli znajdujące się w najniższych warstwach wapienia zawierających meteoryty, mają najkrótszy wiek CRE, mniej niż 100 tysięcy lat. Wiek ten stopniowo rośnie do nieco ponad milion lat dla meteorytów znajdujących w młodszych warstwach wapienia (Heck et al. 2004). W przeciwieństwie do tego niemal wszystkie chondryty L, docierające do Ziemi obecnie, spędziły w kosmosie znacznie więcej czasu mając wiek CRE od około 5 do 60 milionów lat. Skąd więc taka ogromna

różnica między czasem dostarczania chondrytów L wtedy i obecnie?

Sieci kamer bolidowych pokazują nam, że chondryty L pochodzą z wewnętrznej części pasa planetoid, ale jak katastrofalne by nie było to dawne zderzenie, to samo ono nie byłoby w stanie dostarczyć tych meteorytów na Ziemię. To silne przyciąganie grawitacyjne Jowisza przyczyniło się do ich ucieczki z pasa planetoid. Pewne okresy obiegu w tym pasie są prostymi wielokrotnościami okresu obiegu Jowisza, jak 3:1, 5:2 czy 7:3, co oznacza, że orbity materii wchodzącej w te obszary są systematycznie zaburzane i wydłużane, aż w końcu te ciała zostaną wyrzucone z pasa planetoid. Te rezonanse orbitalne pokrywają się ze strefami ubogimi w planetoidy, zwanymi lukami Kirkwooda od amerykańskiego astronoma Daniela Kirkwooda, który pierwszy je zauważył. Fragmenty, które w wyniku zderzeń trafiają do luk Kirkwooda, są szybko wyrzucane z pasa planetoid i te, które trafiają na orbity przecinające ziemską, przybywają tu w ciągu kilkuset tysięcy lat.

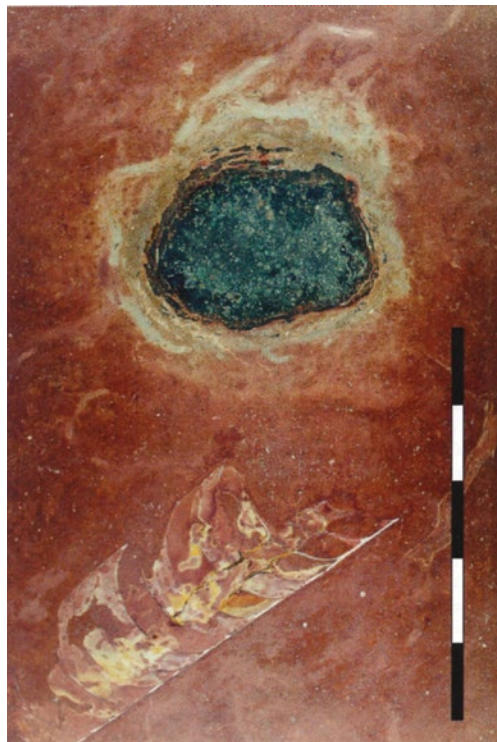
Krótki czas dostarczania meteorytowych skamieniałości wskazuje, że ich macierzysta planetoida znajdowała się blisko rezonansowej luki Kirkwooda. Rezonans 3:1 jest chyba najbardziej wydajny, jeśli chodzi o dostarczanie na Ziemię, i uważany jest za miejsce startu większości chondrytów zwyczajnych. Długi wiek CRE większości chondrytów zwyczajnych przybywających do nas obecnie nie pasuje do tego modelu, ale wskazuje dwie rzeczy. Po pierwsze nie powieniały się one w pasie planetoid jako metrowej wielkości obiekty od czasu ordowickiej katastrofy 470 milionów lat temu, ale musiały zostać odłupane od znacznie większych fragmentów bardziej niedawno i stąd ich wiek CRE jest mniejszy niż 100 milionów lat. Po drugie możemy przypuszczać, że luka Kirkwooda sąsiadująca z macierzystą planetoidą jest bardzo mało wydajna pod względem kierowania meteoroidów na orbity przecinające

ziemską, i większość chondrytów L docierających do nas obecnie musiały powoli wędrować przez pas planetoid do innej, bardziej korzystnej luki Kirkwooda. Ta powolna część ich wędrówki jest napędzana przez efekt Jarkowskiego (Hartmann et al. 1999) nazwany tak od rosyjskiego inżyniera Iwana Osipowicza Jarkowskiego, który pierwszy sformułował te koncepcje w czasie wolnym od zajęć. Kamienne obiekty w kosmosie pochłaniają ciepło od Słońca, po czym, ponieważ się obracają, wypromieniowują to ciepło w innym kierunku. To wytwarza niewielką, ale stałą siłę, wystarczającą, by powoli zmieniać orbity obiektów o wielkości do kilku kilometrów średnicy. Gdy te wolno dryfujące obiekty docierają do luki Kirkwooda, bardziej potężne siły wysyłają je na znacznie szybszą podróż poza pas planetoid.

Lokalizowanie ciała macierzystego

Ponieważ macierzysta planeta uczestniczyła w katastrofalnym zderzeniu, to jest prawdopodobne, że jej fragmenty tworzą teraz „rodzinę” planetoid. Ponieważ bardzo mało chondrytów L dociera teraz do Ziemi w czasie krótszym niż pięć milionów lat, wydaje się także nieprawdopodobne, że członkowie tej rodziny znajdują się blisko dogodnej luki Kirkwooda, takiej jak rezonanse 3:1 albo ν_6 . Na koniec widmo odbiciowe światła potencjalnej macierzystej planetoidy można porównać z widmem sproszkowanej próbki chondrytu L, by ocenić podobieństwa mineralogiczne. Dwie często wymieniane kandydatury, to pojedyncza planetoida Eros i rodzina Flory, ale obecnie najbardziej prawdopodobnym kandydatem wydaje się być rodzina Gefiona znajdująca się blisko rezonansu Kirkwooda 5:2 i mająca widmo odbiciowe dobrze pasujące do chondrytów L (Nesvorný et al. 2009). Modelowanie losu cząstek w różnych rezonansach Kirkwooda pokazuje, że ponad 90% fragmentów trafiających do rezonansu 5:2 jest wyrzucanych z Układu Słonecznego. Zaledwie 1% fragmentów trafia na orbity, które mogą przecinać ziemską (Morbidelli and Gladman 1998), co jest dość podobne do dowodów z wieku CRE chondrytów L.

Te nieliczne szczęśliwe meteoryty mogą dotrzeć do Ziemi w ciągu tylko



Starożytny chondryt L tkwiący w wypełnionym skamieniałościami wapieniu ordowickim sprzed 467 milionów lat. Kamieniołom Thorsberg, południowa Szwecja. Pasek skali ma 5 cm. Reprodukacja za zgodą prof. Birgera Schmitza.

kilku tysięcy lat, jak to było w przypadku meteorytów z ordowiku i wciąż jest dla garstki niedawno spadłych chondrytów L, takich jak Bovedy/Sprucefield z wiekiem CRE tylko 1,2 miliona lat. W przeciwieństwie do nich większość chondrytów L docierających do Ziemi obecnie, odbyła znacznie wolniejszą wędrówkę do rezonansu 3:1, który dostarcza znacznie większą część na orbity przecinające ziemską. Biorąc pod uwagę, jak mało wydajny jest rezonans 5:2 jeśli chodzi o kierowanie chondrytów L ku Ziemi, ich ogromnie zwiększony strumień w ordowiku świadczy o naprawdę gigantycznym wstrząśnięciu gruzu do tego rezonansu bezpośrednio po zderzeniu. Chociaż ordowickie skamieniałości meteorytowe są godne uwagi, to gdyby zdarzenie porównywalne z tym nastąpiło w sąsiedztwie rezonansów 3:1 albo ν_6 , to przynajmniej przez kilka milionów lat strumień meteorytów na Ziemi mógłby być zwiększony dziesięć tysięcy razy. Wtedy moglibyśmy znajdować w ordowiku całe gromady meteorytów zamiast rozproszonych, pojedynczych okazów, jakie w rzeczywistości mamy.

Dalsze lektury:

Ten artykuł korzysta z różnych publikacji ale w szczególności z wymienionych niżej.

Alwmark, C. et al.. 2012. Meteoritics and Planetary Science, 47, 1297-1304.

Haack, H. et al. 1994. Lunar and Planetary Science, 25, 495-496.

Hartmann, W.K. et al. 1999. Meteoritics and Planetary Science, 34, A161-A167.

Heck, P.R. et al. 2004. Nature, 430, 323-325.

Hutchison, R. 2004. Meteorites: A petrologic, chemical and isotopic synthesis. Cambridge Planetary Science, 506 pp.

Korochantseva, E.V. et al. 2007. Meteoritics and Planetary Science, 42, 113-130.

Metzler, K. et al. 2011. Meteoritics and Planetary Science, 46, 652-680.

Morbidelli, A. and Gladman, B. 1998. Meteoritics and Planetary Science, 33, 99-1016.

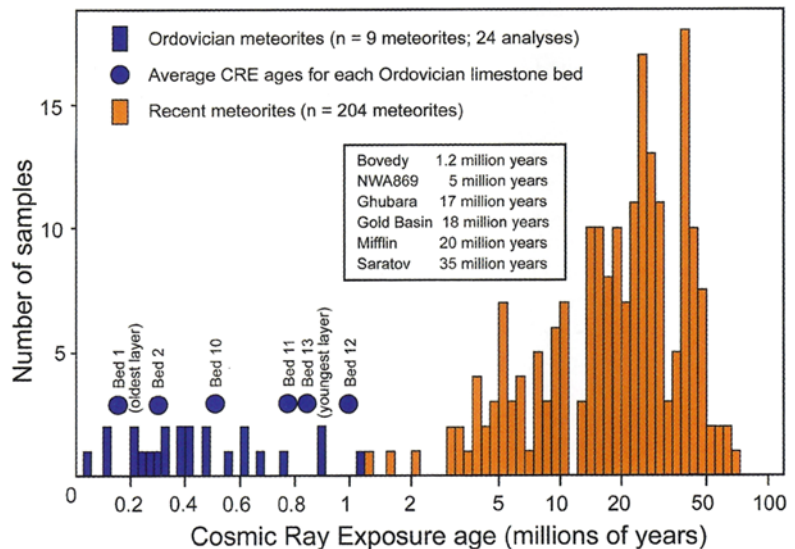
Nesvorný, D. et al. 2009. Icarus, 200, 698-701.

Patzer, A. and Schulz, L., 2001. Meteoritics and Planetary Science, 36, 947-961.

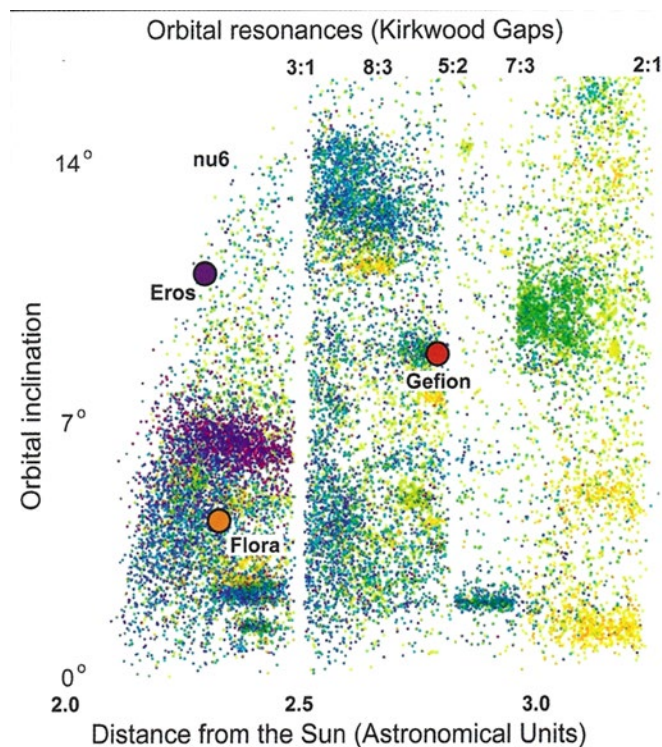
Parker, A. et al. 2008. Icarus, 198, 138-155.

Sanders, I.S. and Scott, E.R.D. 2012. Meteoritics and Planetary Science, 47, 2170-2192.

Schmitz, B. et al. 2001. Earth and Planetary Science Letters, 194, 1-15.



Wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne dla 204 niedawnych chondrytów L i 9 skamieniających chondrytów L ze Szwecji. Dla niedawnych meteorytów istnieje luka między tymi z wiekiem CRE <2Ma, dostarczonymi bezpośrednio z rezonansu 5:2, a tymi z wiekiem CRE > 3Ma prawdopodobnie wysłanymi z rezonansu 3:1 po okresie dryfu Jarkowskiego od ciała macierzystego do wewnątrz pasa. Dane z Heck et al (2004) i Patzer and Schultz (2001).



Lokalizacja planetoid proponowanych na ciała macierzyste chondrytów L i ich związek z głównymi lukami rezonansowymi Kirkwooda. Rezonanse 3:1 i ν_6 są najkorzystniejsze dla dostarczania na Ziemię. Rezonans 5:2 tylko rzadko wysyła materię na orbity przecinające ziemską. Ilustracja opiera się na Parker et al. (2008).

Schmitz, B. et al. 2011. Earth and Planetary Science Letters, 306, 149-155.



Mike Simms jest kustoszem geologii w Narodowym Muzeum Irlandii Północnej w Belfaście i od prawie dziesięciu lat pasjonuje go meteoryty. Utworzył galerię meteorytową w odnowionym Muzeum Ulsteru, które zostało ponownie otwarte w 2009 r. i przygotował katalog kolekcji meteorytów Muzeum Ulsteru (<http://www.bimsociety.org/article-museums-ulster.shtml>).

Marokańskie meteoryty — spadki i znaleziska

Abderrahmane Ibhi

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 4. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Maroko jest ważnym źródłem meteorytów. Na jego ziemi zebrano wiele meteorytów, głównie w południowych prowincjach. Niektóre z nich okazały się bardzo ważnym źródłem informacji naukowych, takie jak ostatni marsjański meteoryt Tissint czy NWA 7325, który może być pierwszym znanym meteorytem z planety Merkury. Od czasu pierwszego, zapisanego znalezienia meteorytu w roku 1937, koło wioski Mrirt, w Khenifra, w Maroku, zarejestrowano w sumie 941 znalezionych w Maroku meteorytów o potwierdzonej autentyczności. Włącznie z 10 obserwowanymi spadkami są to: 913 meteorytów kamiennych, 13 żelaznych i 15 żelazno-kamiennych. Spadki stanowią tylko 0,01% wszystkich marokańskich meteorytów, czyli

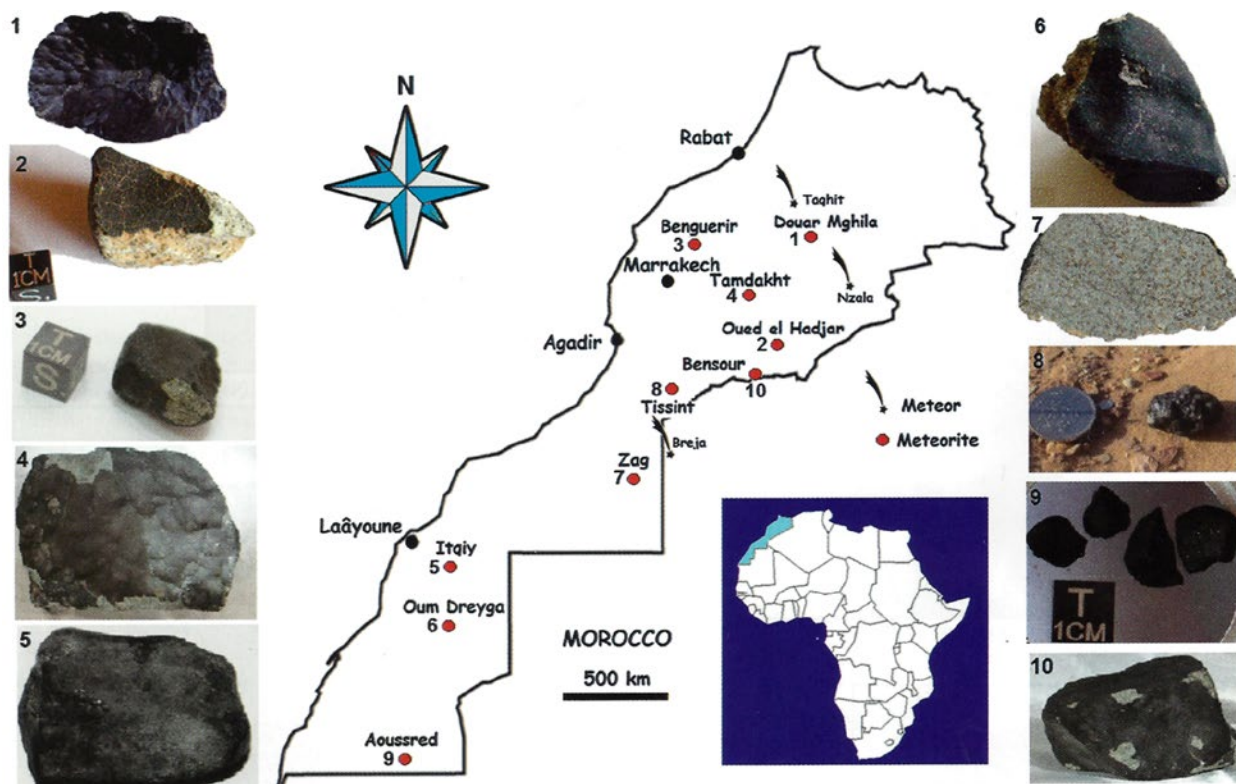
bardzo mało w porównaniu z innymi krajami, takimi jak USA z 14,3%. Jednak tempo odnajdywania meteorytów (spadki + znaleziska) w Maroku jest wyższe niż w większości innych krajów o podobnej wielkości i podobnych warunkach klimatycznych.

Wstęp

Jako próbki z małych planet meteoryty są unikalnym źródłem informacji o dużej różnorodności zjawisk występujących na samym początku historii Układu Słonecznego. Statystyki spadków meteorytów często są wykorzystywane przez badaczy planet do oceny rzeczywistego strumienia meteorytów docierających do Ziemi. Dobrze udokumentowane meteoryty dostarczają najlepszej miary względnych ilości różnych typów me-

teorytów, które przeżyły spadanie na Ziemię. Celem badań statystycznych jest uzyskanie wiarygodnych wartości dopływu spadków meteorytów i ich masy i składu meteorytowego strumienia [1].

W ciągu ostatnich osiemdziesięciu lat zanotowano w Maroku trzynaście spadków meteorytów, z których dziesięć jest dobrze udokumentowanych i nazwanych. Należą do nich Douar Mghila, Oued el Hadjar, Itqiy, Zag, Bensour, Oum Dreyga, Benguerir, Tamdakht, Tissint i Aoussred. Te spadki stanowią tylko 0,011% znanych marokańskich meteorytów. Te udowodnione obserwowane spadki reprezentują trzy typy różnych meteorytów: osiem chondrytów zwyczajnych, jeden chondryt węglisty i jeden shergottyt, achondryt bazaltowy.



Mapa przedstawia geograficzne rozmieszczenie meteorów i spadków meteorytów w Maroku. 1. Douar Mghila (640,85 g. ©MNHNP); 2. Oued el Hadjar (24,78 g. ©Meteorite.fr); 3. Benguerir (17 g. ©Ibhi A.); 4. Tamdakht (210 g. ©Langheinrich meteorites); 5. Itqiy (475,25 g. ©Labenne meteorites); 6. Oum Dreyga (52 g. ©Allmeteorite); 7. Zag (45 g. ©Michel Franco); 8. Tissint (5,3 g. ©Ibhi A.); 9. Aoussred (24 g. ©Ibhi A.); 10. Bensour (342 g. ©Langheinrich meteorites).

Marokańskie spadki meteorytów

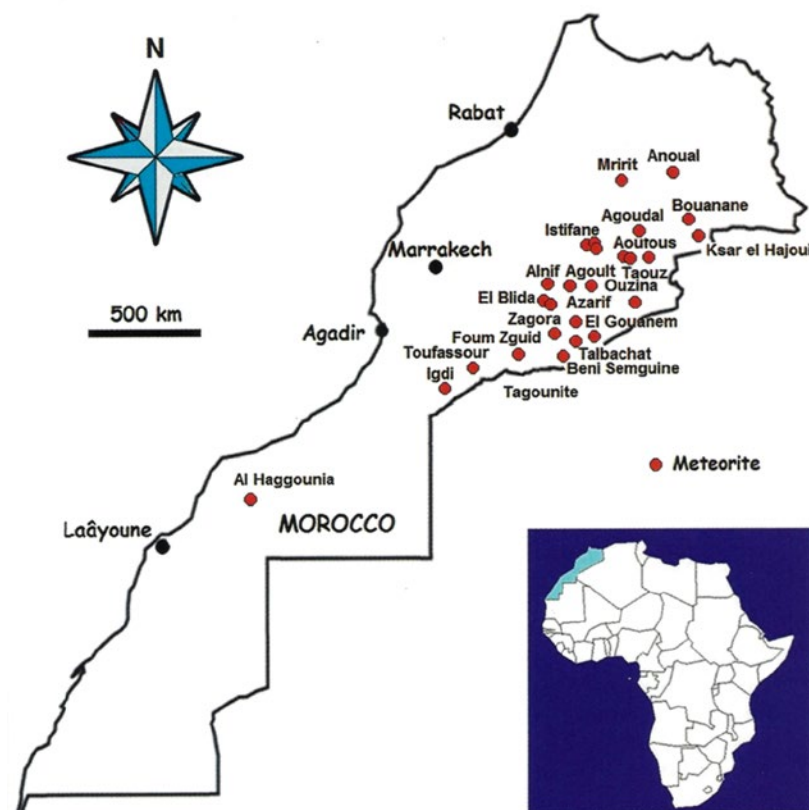
Zanotowano w Maroku dziesięć obserwowanych spadków. Najwcześniejszy, dobrze udokumentowany spadek meteorytu, po którym zebrano setki kamieni, nastąpił w 1932 roku koło Douar Mghila [3]. Najnowszy spadek, po którym znaleziono jeden kamień ważący 270 gramów, nastąpił 20 maja 2012 roku w Aoussred, w marokańskiej Saharze Zachodniej [4]. Niski stopień odnajdywania spadków w Maroku, 0,1 spadku na rok, na 71085 km² przekłada się na około jeden spadek na dziesięć lat. Wszystkie te obiekty były obserwowane przez świadków gdy poruszały się w atmosferze lub w momencie zetknięcia z gruntem. Na koniec maja 2012 r. było trzynaście oficjalnych zapisów obserwowanych spadków meteorytów w Maroku.

Zapisy Nzala, Taghit i Breja, w przeciwieństwie do innych obserwowanych spadków, są mniej dokładne. Pomimo obecności świadków w zanotowanych opisach każdego z tych spadków brak zasadniczych informacji dotyczących dokładnych współrzędnych i dokładnego dnia spadku.

Znaleziska meteorytów

Ponad 50% Maroka pokrywają pustynie lub ziemie półpustynne, które tworzą warunki do długotrwałego przechowywania meteorytów [7]. Zapisana liczba odrębnych meteorytów (931) z Maroka, z których ponad 90% znaleziono w suchej strefie, jest prawdopodobnie jedynie niewielkim ułamkiem wszystkich dostępnych do zbierania. Niemal wszystkie meteoryty znalezione na pustyniach spadły dużo wcześniej, zanim ludzie zaczęli ich aktywnie poszukiwać.

Znaleziska meteorytów w Maroku można podzielić na dwie grupy. Po pierwsze wszystkie znaleziska, których dokładne pochodzenie nie jest właściwie zanotowane (i część tych obiektów prawdopodobnie pochodzi z sąsiednich krajów — Algierii, Mali, Mauretanii itd.). Komisja Nazewnictwa Meteoritical Society przyjęła zasady nazewnictwa dla wszystkich okazów takiego pochodzenia. Meteoryty te otrzymują nazwę według schematu NWA xxx, gdzie skrót NWA pochodzi od Northwest Africa (Afryka północno-zachodnia). Druga grupa,



Mapa przedstawia rozmieszczenie meteorytów zebranych przez naukowców z Maroka. Ponad 95% udokumentowanych meteorytów z Maroka znaleziono we wschodnim Maroku (Wschodnia Sahara Marokańska). Ten region okazał się jednym z najbardziej wydajnych obszarów na świecie jeśli chodzi o znaleziska meteorytów.

meteoryty zebrane przez naukowców, z danymi z GPS, są nazywane według lokalizacji i akceptowane przez Komisję Nazewnictwa Meteoritical Society. Rozmieszczenie znalezisk meteorytów generalnie koncentruje się na pustyni na wschodzie Maroka, przy granicy z Algierią. Niewiele meteorytów znaleziono wokół centrów zaludnienia lub na terenach intensywnej uprawy ziemi.

Najwcześniejszym, dobrze udokumentowanym znaleziskiem meteorytu w Maroku była duża bryła żelaza, ważąca 79,9 kg, którą znaleziono w 1937 r. koło wsi Mrirt (25 km na północny wschód od Khenifra) [8]. Jeszcze wcześniejszym znaleziskiem mógł być meteoryt kamienny Douar Mghila, znaleziony, jak zapisano, w 1932 r. w regionie Douar Mghila, 4 km na wschód od Béni Mella [3]. Opis tego meteorytu przez Lacroix oznacza początek badań marokańskich meteorytów. Największym znalezionym okazem jest ważąca 100 kg bryła chondrytu H5 Bou Azarif na równinie Zagora we wschodnim Maroku (Meteoritical Bulletin, No. 100, MAPS 46, in preparation). Ponadto 75 kg mezosyderytu zebrano wokół małego krateru uderzeniowego w regionie Toufassour [9, 10].

Dyskusja i statystyka

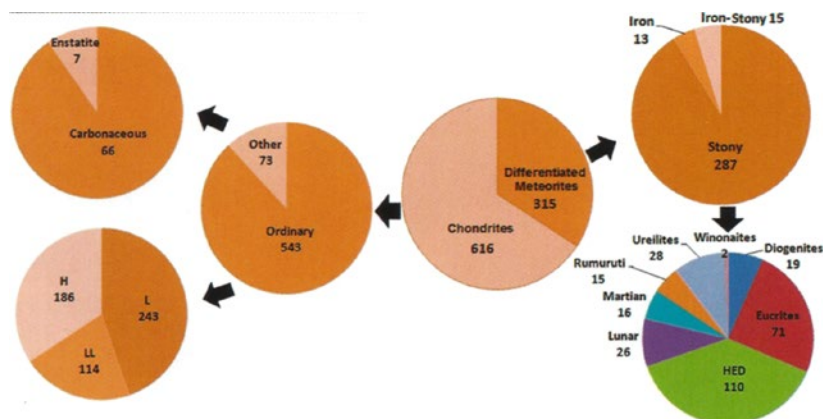
W Maroku odnaleziono wiele rzadkich, a czasem dotąd nieznanych typów meteorytów i ich badanie odegrało ważną rolę w poszerzeniu naszej wiedzy o początkach Układu Słonecznego. Szczególnie wybijają się trzy niedawne odkrycia. Z nich prawdopodobnie najbardziej znaczący jest spadek ponad 20 kg kamieni w Tissint, w regionie Tata, 18 lipca 2011 r. W szczególności badanie meteorytów Tissint potwierdziło istnienie pozaziemskich związków organicznych [11]. Obfitość materiału ze spadku Tissint pozwoliła na szeroko zakrojone badania, które zostały podsumowane przez Ibhi [12].

Jednym z najbardziej godnych uwagi ze znanych meteorytów jest NWA 7325, który znaleziono w 2012 r. w marokańskiej Saharze Zachodniej [13]. NWA 7325 ma szereg osobliwych cech. Magnetyzm, mała zawartość żelaza i wysoka zawartość magnezu sugerują, że oryginalnym domem tego meteorytu jest Merkury. Jednak inni naukowcy nie są co do tego przekonani.

Trzeci meteoryt, NWA 7034, przewany „Czarna piękność”, jest drugim

najstarszym ze 110 sklasyfikowanych meteorytów pochodzących z Marsa, jakie odnaleziono na Ziemi. Ten meteoryt, który został zakupiony od marokańskiego dealera w 2011 r., ma 2,1 miliarda lat. Oznacza to, że uformował się we wczesnej erze amazońskiej historii geologicznej Marsa. Różni się od wszystkich innych, marsjańskich meteorytów. Ten meteoryt zawiera stosunkowo dużo wody, około 6000 części na milion, wobec typowych meteorytów marsjańskich zawierających około 200 do 300 części na milion [14]. Znaczenie, jeśli jest, tej koncentracji rzadkich typów meteorytów, trzeba jeszcze zbadać, ale może to być związane z przedziałem czasowym populacji meteorytów znajdowanych na marokańskiej pustyni.

Wszystkie obserwowane spadki meteorytów w Maroku są meteorytami kamiennymi, a łączna ich masa wynosi 406,6 kg. W sumie jest to 10 spadków meteorytów w przedziale czasu od roku 1932 do 2012. Te spadki reprezentują tylko 0,011% znanych marokańskich meteorytów. Potwierdzone obserwowane spadki to osiem chondrytów zwyczajnych (cztery typu LL, trzy typu H i jeden



Liczba meteorytów znalezionych w Maroku w różnych okresach czasu między rokiem 1932 a 2012 pokazuje okres stagnacji w latach 1932 do 1994 i jednolity wzrost liczby znalezisk w okresie 1997 do 2008 do przeciętnie 45 nowych meteorytów na rok. Jest także znaczny wzrost liczby (255) znalezisk (głównie meteorytów kamiennych) między rokiem 2009 a 2012. Większość tych nowych meteorytów znaleziono w regionach Zagora, Errachidia i Erfoud.

EH), jeden chondryt węglisty i jeden bazaltowy shergottyt. Maroko zgromadziło w sumie 931 znalezisk meteorytów o łącznej masie 1656,6 kg. Tylko 1,39% tych meteorytów stanowią meteoryty żelazne, a 1,60% meteoryty żelazno-kamienne.

Wnioski

Do dziś znaleziono w Maroku 941 (323 achondryty i 618 chondrytów) sklasyfikowanych i odrębnych meteorytów. Składają się one z 913 mete-

orytów kamiennych, 13 żelaznych i 15 żelazno-kamiennych. W sumie chondrytowe meteoryty (w szczególności chondryty zwyczajne) są najliczniej występującymi typami stanowiąc 90% obserwowanych spadków i 97,01% znalezionych meteorytów. Meteoryty żelazne i żelazno-kamienne są rzadszymi typami stanowiąc odpowiednio 1,39% i 1,60% populacji.

W Maroku widać niski stosunek spadków do znalezisk (tylko 0,01% zgłoszonych, marokańskich meteory-

Obserwowane meteory* i spadki meteorytów w Maroku

Name	GPS	Date	Type	Weight
Douar Mghila	32° 20'N / 6° 18'W	20 August 1932	LL6	1161 g
Oued el Hadjar	30°10'48"N / 6°34'38"W	March 1986	LL6	1216 g
Itqiy	26°35'27"N / 12°57'8"W	March 1990	EH7	4.72 kg
Zag	27°20'N / 9°20'W	August 4 or 5, 1998	H3-6	175 kg
Benssour	30°N / 7°W	February 11 at 4:30 GMT, 2002	LL6	~45 kg
Oum Dreyga	24°18'N / 13°6'W	16 October 2003	H3-5	17 kg
Benguerir	32°13'52.9"N / 8°8'56.7"W	November 22, at ~11:45 GMT, 2004	LL6	25-30 kg
Tamdakht	31°9'48"N / 7°0'54"W	December 20, at 22:37 GMT, 2008	H5	~100 kg
Tissint	29°28.917"N / 7°36.674"W	July 18, at 2:10 GMT, 2011	Shergottite	20 kg
Aoussred	22°18'34"N / 14°06.293"W	May 20, at 22 :45 GMT, 2012	CH	270 g
Nzala*	-	November 13th at 21:00 GMT, 2009	OC?	~1200 g
Taghit*	-	May 19th at 4:00 GMT, 2010	-	-
Breja*	-	May 1st, at 3:00 GMT, 2010	LL6	16 kg

Ta tabela przedstawia dobrze udokumentowane spadki meteorytów, podając nazwę meteorytu, datę spadku, miejsce spadku i typ meteorytu. Meteory mają nazwy miejsc, gdzie spadły. Wydatny okres jest widoczny między rokiem 2003 a 2012 z 5 odnalezionymi meteorytami w przedziale 9 lat. Część tego wzrostu jest wynikiem utworzenia na Uniwersytecie Ibn Zohr Pracowni Geodziezictwa i Geomaterialów. Zespół badaczy terenowych pracowni, kierowany przez geologa A. Ibhi, bezpośrednio uczestniczył w odnajdywaniu okazów z kilku spadków meteorytów [4, 5, 6].

Moroccan meteorite fall and find statistics*				
Type	Fall %	Find %	Fall Weight (kg)	Find Weight (kg)
Stony	100	97.01	406.60	11,242.45
Stony-Iron	0	1.60	0	85.30
Iron	0	1.39	0	328.85

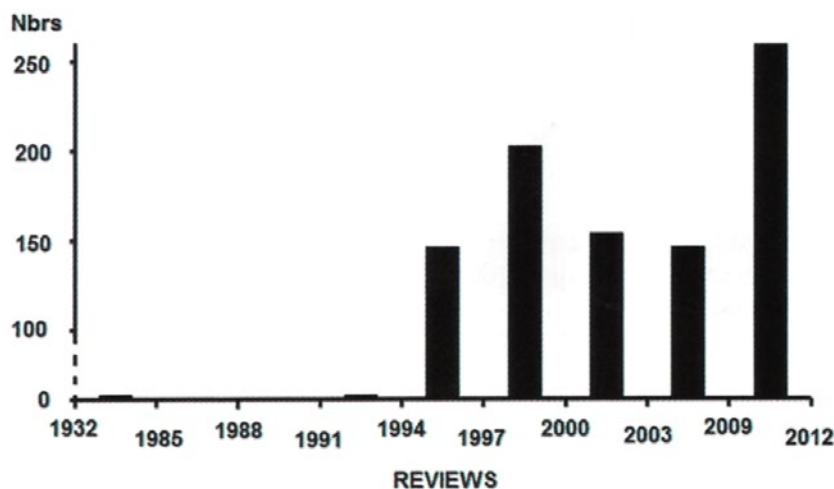
*Based on all known meteorites

tów) w porównaniu z innymi krajami (np. USA 14,3%, Australia 5,0%). Jednak tempo odnajdywania meteorytów (spadków i znalezisk) w Maroku jest większe niż w większości innych krajów podobnej wielkości i o podobnych warunkach klimatycznych. W przedziale czasowym od 1932 roku do 2012 było w sumie 10 spadków meteorytów. Liczba spadków w ciągu tych 80 lat jest niska, przeciętnie 0,11 spadku na rok (lub w przybliżeniu jeden spadek na 10 lat, albo 0,1 spadku na rok na 71085 km²). Powody, dla których tak mało meteorytów ze spadków jest odnajdywanych, są niewątpliwie liczne i złożone.

Rasmussen [15] omawiał pewną liczbę możliwych powodów, dla których liczba odnajdywanych meteorytów i dokumentacja obserwacji bolidów na całym świecie zmienia się z czasem. Krótka lista możliwych czynników zawiera niejednorodne rozmieszczenie ludzi, potrzebny rozwój społeczności naukowców zainteresowanych badaniem spadków, oraz wojny. Lista nie jest bez końca, ale mogłaby z pewnością zostać powiększona o warunki geograficzne na terenach spadków i czynniki związane z pogodą [16].

Bibliografia

- [1] Bevan A.W.R. 1992. Records of the Australian Museum Supplement 15:1-27.
- [2] Ibhi A. 2013. International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy 12:28-35.
- [3] Lacroix M.A. 1933. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 197:368-369.
- [4] Ait Kadi M. 2012. Bulletin d'In-



Statystyki spadków i znalezisk meteorytów. Uwzględniono tylko te meteoryty, które zostały zaakceptowane przez Komisję Nazewnictwa Meteoritical Society.

formation de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques 12:106-108.

[5] Ibhi A. 2012. Meteorite magazine 18 (2): 9-12.

[6] Ibhi A. 2012. Astronomie 48:52-55.

[7] Ibhi A., Nachit H., Abia El. H., Ait Touchnt A. and Vaccaro C. 2013. International Journal of Astronomy and Astrophysics 3 (2A):1-4.

[8] Hey M.H. 1967. Meteoritical Bulletin 40. Meteoritics 5:85-109.

[9] Ibhi A., Nachit H. and Abia E.H. 2010. Meteorite 16 (1):15-18.

[10] Ibhi A. and Darbali M. 2011. 3rd Planetary Crater Consortium Meeting, USA, Abstract No. 1102.

[11] Wallis J., Wickramasinghe C., Wallis D., Miyake N., Wallis M., Di Gregorio B. and Al Mufti S. 2012. Journal of Cosmology 18:8500-8505.

[12] Ibhi A. 2013. International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy 11:20-25.

[13] Witze A. 2013. Science News 183:5-6.

[14] Agee C.B. et al., 2013. Science 339 (6121):780-785.

[15] Rasmussen, K.L. 1991. Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society 31:95-108.

[16] Beech M. 2003. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada 97:71-77.



Abderrahmane Ibhi uzyskał magisterium z mineralogii stosowanej na Uniwersytecie Piotra i Marii Curie w Paryżu w 1989 r. W 1992 r. uzyskał na tymże uniwersytecie „Doctorat Es-science” z mineralogii i petrologii skał wulkanicznych. W 2000 r. uzyskał „Doctorat d'etat” z mineralogii i petrologii na Uniwersytecie Agadiru. Jest profesorem w Uniwersytecie Agadiru w Maroku. Jego główne zainteresowania badawcze to petrologia i mineralogia skał ziemskich i pozaziemskich. a.ibhi@uiz.ac.ma



Meteorytowy kalendarz 2014

- 27–29 czerwca, Wrocław: VIII Konferencja Meteorytowa i Walne Zebranie Polskiego Towarzystwa Meteorytowego <http://www.ptmet.org.pl/Konferencja-2014/index.htm>.
- 16 sierpnia, Dzięgielów: VIII Piknik Meteorytowy.
- II połowa września, Poznań: Wizyta i wykład prof. Johna T. Wassona.
- 12 listopada, Poznań: Konferencja popularno-naukowa 100 lat po odnalezieniu pierwszego okazu meteorytu Morasko.

Lody i metamorfizm chondrytów

Roger Warin i John Kashuba

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 4. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Przytrafiło się to większości z nas. W głębi zamrażarki odnajdujemy zapomniane opakowanie z naszymi ulubionymi lodami. Otwieramy, wkładamy łyżeczkę i czujemy, że konsystencja jest dziwna. Gdy spróbujemy, czujemy ziarnisty lód zamiast pysznego kremu, jaki był kilka miesięcy wcześniej. Przez ten czas te lody nie były nigdy rozmrażane, ale drobnitkie cząstki lodu w świeżym

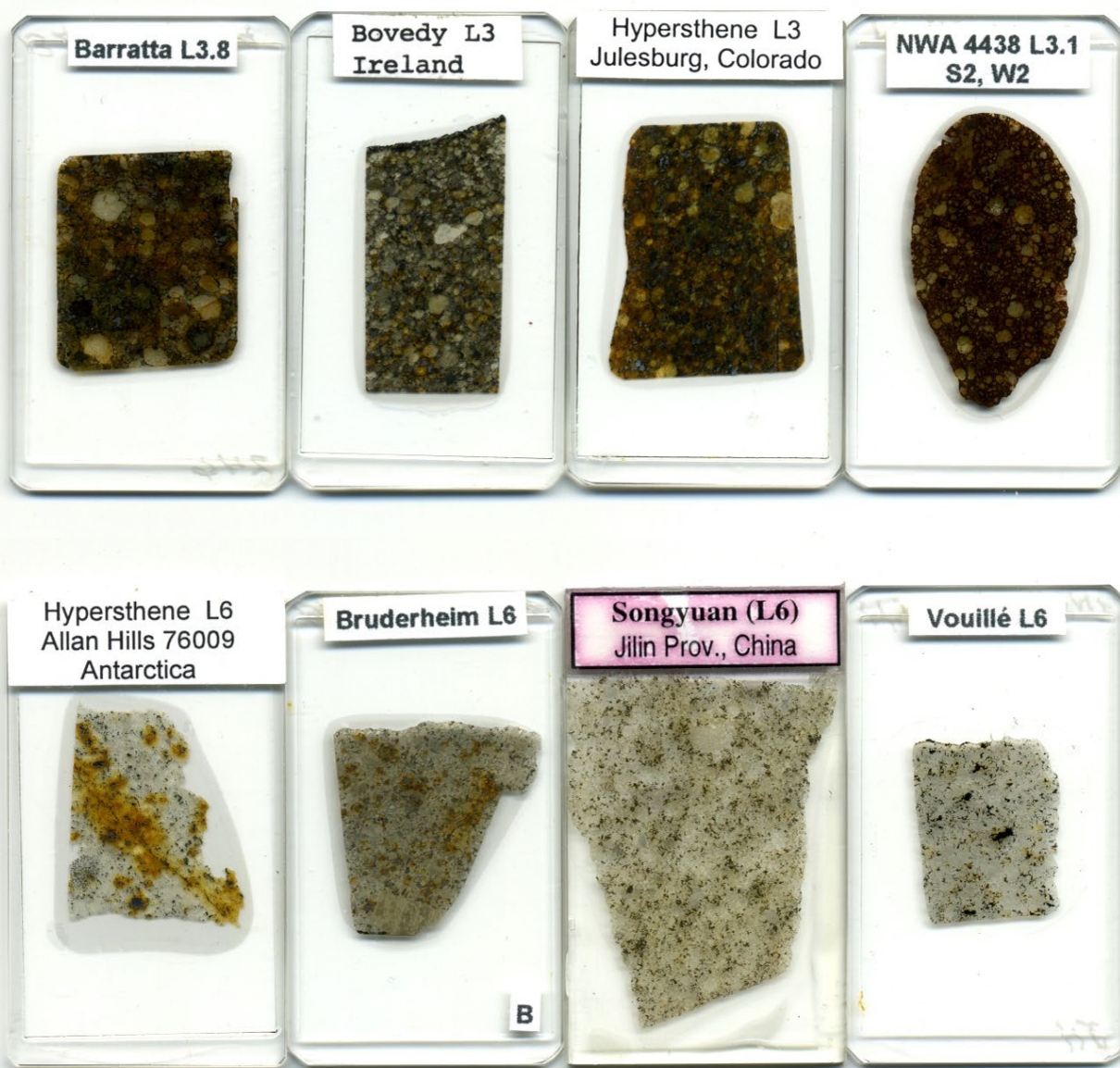
produkcie powoli łączyły się tworząc duże, chrzęszczące kryształy.

Lód w lodach

Dwa mechanizmy działają by zrekrytalizować lody. Akrecja występuje, gdy cząstki lodu stykają się i łączą w jedną. Pomyślmy o śniegu zmieniającym się w ziarna lodu bez topnienia. Podczas dojrzewania Ostwalda poszczególne cząsteczki

migrują przez koloidalną zawiesinę cząstek stałych, cieczy i gazu (nasz deser) by dołączyć się do większych cząstek, kosztem mniejszych cząstek.

Jako dzieci chodziliśmy do lodziarni, gdzie wybierano dla nas z pojemników świeżo zamrożony produkt. Na zapleczu jednak trzymano wszystko w zimnie by zminimalizować zmiany. Gdyby pojemniki mogły być trzymane w temperaturze bliskiej



Cztery chondryty L typu 3 (wyżej) i cztery chondryty L6 (niżej). Bardziej zmetamorfizowany typ 6 ma jaśniejszą barwę. Płytki cienkie w świetle padającym.



Fot. 1. Górny rząd: Barratta L3.8, Julesburg L3.6, Moorabie L3.6. Dolny rząd: Allan Hills 76009 L6, Bruderheim L6, New Concord L6. Ciemne meteoryty typu 3 w górnym rzędzie są bardziej pierwotne niż jaśniej zabarwione L6 poniżej.

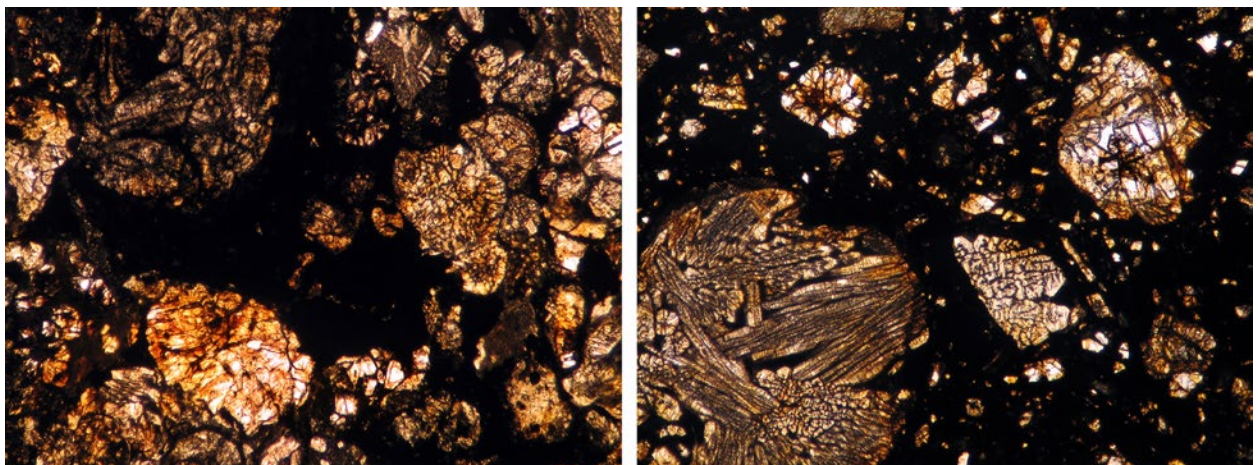
zera bezwzględnego, to zmiany w zasadzie zatrzymałyby się. Oczywiście tego się nie praktykuje. Umiarkowane temperatury w domowych zamrażarkach pozwalają na ruch cząsteczek i stopniową rekrytalizację.

Podobnie jest w matriks chondrytów. Idealny chondryt typu 3 jest pierwotny. W zimnym kosmosie

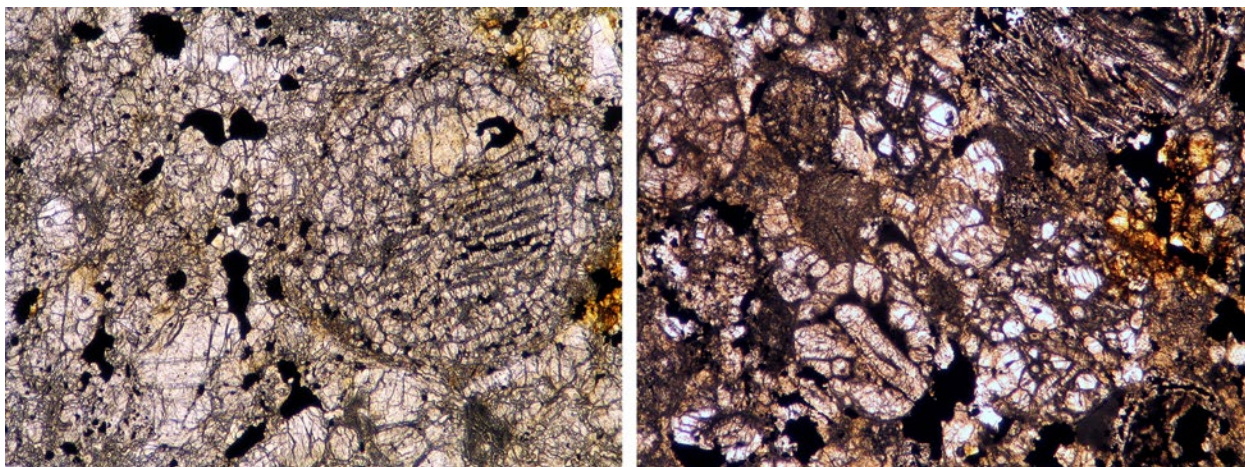
drobny, mineralny pył otaczający chondry nie ulegał przeobrażeniom od czasu utworzenia się skały. Jednak wraz z ruchem cząsteczek (ciepło) pojawiają się zmiany (rekrytalizacja). Pamiętajmy, że typy chondrytów zmieniają się stopniowo od typu 3 i w jedną i w drugą stronę. W jedną stronę od typu 3 do typu 2 i 1 znajdujemy ro-

snące przeobrażenia pod wpływem wody. W drugą od typu 3 do typu 7 widzimy rosnące efekty ogrzewania ciała macierzystego.

Im więcej ciepła otrzymuje matriks, tym będzie bardziej gruboziarnista. Chondryty były ogrzewane w początkach ich istnienia, zaraz po uformowaniu się. Ciepło w macie-



Fot. 2. Barratta L3.8 (z lewej) i NWA 4438 L3.1. Chondry i fragmenty minerałów otacza ciemna matriks, metal i inna, nieprzezroczysta materia. Matriks jest ciemna, ponieważ jest drobnoziarnista. Płytki cienkie w spolaryzowanym świetle przechodzącym. Każde pole widzenia ma 3 mm szerokości.



Fot. 3. Allan Hills 76009 L6 i Bruderheim L6. Niewyraźne chondry tkwią w zrekrytalizowanej matriks. Większość składników jest przezroczysta, ponieważ ziarna są dostatecznie duże, by pozwolić światłu przejść przez nie. Niektóre z pozostałych minerałów nieprzezroczystych, to metal. Płytki cienkie w spolaryzowanym świetle przechodzącym. Każde pole widzenia ma 3 mm szerokości.

rzystej planetoidzie pochodziło z rozpadu 26Al, izotopu glinu o krótkim czasie połowicznego rozpadu. Jeden model sugeruje, że ponieważ temperatura jest wyższa głębiej w planetoidzie, to głębsze skały powinny być bardziej zmetamorfizowane. Moglibyśmy mieć w kosmosie ciała z pierwotną materią typu 3 na zimnej powierzchni i typami 4, 5 i wyżej na większej głębokości.

Tak jak w przypadku naszych lodów materia chondrytowa nie topiła się. Tak jak w przypadku lodów cząsteczki zmieniały położenie i tworzyły

nowe struktury krystaliczne. Taki metamorfizm nazywamy rekrystalizacją w stanie stałym. I tak jak możemy czuć zmianę w naszym zimnym deserze, możemy widzieć zmiany w matriks chondrytów.

Matriks chondrytów zwyczajnych typu 3 jest często nieprzezroczysta, nawet jeśli zwykle minerały, z których się składa, są skądinąd przezroczyste, czy nawet podobne do kamieni szlachetnych. Przykładem jest oliwin, znany jako zielony ziemski minerał, perydot. Różnicą jest wielkość. Wielkość ziaren. W matriks

typu 3 mamy do czynienia z pyłem. Zwartym pyłem. Światło padające na tę materię jest rozpraszane tak bardzo przez mnogość cząsteczek, że wygląda ona jak czarna. W przeciwieństwie do tego matriks, w której rekrystalizacja utworzyła większe ziarna, jest jaśniejsza. Widzimy tu dla porównania kilka płytek chondrytów H typu 3 i typu 6.

W płytkach cienkich różnica jest uderzająca. W świetle przechodzącym typ 3 prezentuje wyraźnie wyodrębnione chondry i fragmenty minerałów otoczone przez nieprzezroczystą,



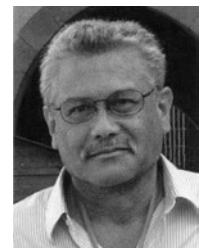
Fot. 4. Dwa plastikowe woreczki z solą leżą na ekranie tabletu w oświetlonym pokoju (z lewej) i w ciemnym pokoju. Dolna część ekranu, pod woreczkami, jest jaskrawo biała. Lewy woreczek zawiera sól gruboziarnistą. W prawym woreczku jest ta sama sól sproszkowana w mikserze. Waga i grubość woreczków jest taka sama. Gruboziarnista sól przepuszcza światło, sproszkowana sól zasłania je.



Fot. 5. Odlamana krawędź płytki różowego marmuru o grubości 38 mm. Na Ziemi osadowy wapień może stać się krystalicznym marmurem w wyniku rekrytalizacji w stanie stałym pod wpływem intensywnego ciepła i ciśnienia,

drobnoziarnistą matriks. W typie 6 zauważamy nie tylko przezroczystą matriks, ale że rekrytalizacja niemal całkowicie zatarła teksturę chondr.

Teraz musimy znaleźć sposób zrobienia płytek cienkich z lodów.



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



Różnice między meteorytami pod względem ich stopnia utlenienia

Alan Rubin

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 4. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Ziemia jest zaśmiecona metalowym złomem. W moim zbiorze pseudometeorytów są kawałki porowatego metalu, zardzewiałe narzędzia, gwoździe do podkładów kolejowych, łożyska kulkowe i części maszyn. Jednak zanim ludzie rozwinęli metalurgię i przemysł wydobywczy i nauczyli się, jak wytapiać metal z rud, to ziemskie metaliczne żelazo było na powierzchni Ziemi niemal nieobecne. Jest tak dlatego, że mamy atmosferę zawierającą tlen i dużo ciekłej wody. W takich warunkach rodzime żelazo nie jest stabilne. Wie o tym każdy kolekcjoner meteorytów zatroskany o rdziejające okazy meteorytów żelaznych.

Najbardziej rozpowszechnioną na Ziemi postacią żelaza jest żelazo utlenione (trójwartościowe), występujące w krzemianach (np. fajalitowy oliwin Fe_2SiO_4) i siarczach (np. pirit FeS_2); jest ono obecne w skoncentrowanej postaci w dwóch głównych tlenkach: magnetycie (Fe_3O_4) i hematycie (Fe_2O_3). Inny tlenek żelaza (wüstyt, FeO) rzadko występuje na Ziemi, głównie w boga-

tych w wapń skałach metamorficznych zwanych skarnami, utworzonych, gdy granitowa magma wdzierała się w osadowe skały węglanowe.

Hematyt zawiera żelazo w najbardziej utlenionej postaci — trójwartościowej (Fe^{3+} , jon żelaza pozbawiony trzech elektronów; wiąże się przeciętnie z 1,5 ujemnie naładowanymi jonami tlenu). Wüstyt zawiera tylko żelazo dwuwartościowe (Fe^{2+} , jon żelaza pozbawiony dwóch elektronów; wiąże się z jednym ujemnie naładowanym jonem tlenu). Czysty magnetyt składa się w połowie z Fe_2O_3 i w połowie z FeO .

Ziemia nie jest jedynym ciałem planetarnym z wysokim stopniem utlenienia na powierzchni. Mars zyskał imię boga wojny, ponieważ bystroocy, starożytni obserwatorzy widzieli, że miał kolor krwi. Czerwone zabarwienie planety jest skutkiem dużej ilości drobnoziarnistego hematytu pokrywającego jej powierzchnię. (Samo słowo „hematyt” wywodzi się od greckiej nazwy krwi — *haima*.) Marsjańskie meteoryty na ogół nie

zawierają metalicznego żelaza. Żelazo występuje w nich natomiast jako FeO w krzemianach i Fe_2O_3 w magnetycie i innych tlenkach. Amfibole zawierające grupę wodorotlenową (OH) są obecne w nakhlitach i chassignitach.

Planetoidalne meteoryty reprezentują szeroki wachlarz stopni utlenienia od silnie zredukowanych chondrytów enstatytowych i aubrytów do silnie utlenionych chondrytów węglistych CI.

Zacznijmy od zredukowanych meteorytów. Meteoryty enstatytowe są w zasadzie pozbawione wody. Bardzo niewielka ilość żelaza jest powiązana z tlenem: dokładne analizy w UCLA pokazały, że większość ziaren enstatytu zawiera tylko około 0,03% wag. FeO . Żelazo jest natomiast skupione w kamacycie (metaliczne żelazo z małą zawartością niklu), siarczach (głównie troilit, FeS), fosforkach (głównie schreibersyt, $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$) i węglkach (głównie cohenit, $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{C}$). Krzem, który występuje na Ziemi jako SiO_2 (jak w kwarcu), jest

obecny w meteorytach enstatytowych w postaci metalicznej (Si) w stopie z żelazem w kamacycie. Chondryty enstatytowe zawierają także ziarna SiO_2 oraz minerały krzemianowe z dużą zawartością krzemionki.

Chondryty zwyczajne są podręcznikowym przykładem systematycznych zmian stopnia utlenienia. Zmiany te zostały zauważone w początkach XX wieku i zapisane jako „reguły Priora”. George T. Prior, kustosz mineralogii w British Museum of Natural History od roku 1909 do 1927, sformułował ogólną zasadę, że im mniejsza jest zawartość metalicznego żelaza w chondrycie, tym większa jest ilość FeO w minerałach krzemianowych. Na przykład wśród chondrytów zwyczajnych ilość metalicznego żelaza (pomijając związany z nim nikiel) wzrasta od ~2,4% wag. w chondrytach LL do ~7,0% wag. w chondrytach L i ~16% wag. w chondrytach H, podczas gdy ilość FeO w oliwinie zmniejsza się od ~25% wag. w LL, do ~23% wag. w L i ~18,0% wag. w H.

Nawet w obrębie jednej grupy chondrytów występują znaczące zmiany stopnia utlenienia. Kilka lat temu pokazałem, że chondryty H5 TIL 82415 i ALH 79046 mają niemal nie nakładające się zakresy składu oliwinu: Fa 17,2 – 18,1 i Fa 18,1 – 19,2. Ponieważ oba meteoryty mają ten sam wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne ~7,6 milionów lat (tak jak niemal połowa wszystkich chondrytów H), to musiały uformować się w ciele macierzystym stosunkowo blisko siebie (jak się ocenia, w obrębie około kilometra), aby mogły zostać wyrzucone w kosmos w wyniku tego samego zderzenia. To mówi nam, że macierzysta planetoida chondrytów H miała niejednorodną budowę pod względem stopnia utlenienia w takiej skali odległości.

Chondrytowe okruchy w anomalnym meteorycie żelaznym Netschaëvo IIE są chondrytami zwyczajnymi, które są jeszcze bardziej zredukowane niż chondryty H. Analizy tych okruchów pokazują ~21,3% wag. metalicznego żelaza (znacząco więcej, niż ~16,0% wag. w chondrytach H) i ~13,5% wag. FeO w oliwinie (znacząco mniej niż ~18,0% wag. w chondrytach H).

Chondryty węgliste także prezentują spory zakres stopni utlenienia. Chondryty CR3.0, jak MET 00426

i QUE 99177, zawierają umiarkowanie liczne metaliczne żelazo nikłonośne (~8% wag.), występujące jako bąbelkowe pierścienie wokół chondr i jako duże bryłki w chondrach, na brzegach chondr i w matriks. Przeważająca większość chondr, to typy porfirowe z małą zawartością FeO. Siarczek w tych skałach pojawia się dość rzadko, a matriks składa się z drobnoziarnistych faz zawierających średnio ~36% wag. FeO. W bardziej przeobrażonych działaniem wody chondrytach CR znaczna ilość metalicznego żelaza została przekształcona w ziarna tlenków. W najbardziej przeobrażonych chondrytach CR2.0, takich jak GRO 95577, metaliczne żelazo niemal zupełnie nie występuje. Istniejące wcześniej bryłki metalu zostały przekształcone w tlenek żelaza i w mniejszym stopniu w węgiel żelaza.

Chondryty CI należą do najbardziej utlenionych meteorytów. Składają się one niemal całkowicie z minerałów ilastych bogatych w FeO i zawierających grupę OH. Obecne są także małe kulki, framboidy i płytki magnetytu, nieliczne ziarna węgla i rzadkie fragmenty krzemianów i tlenków (pochodzące z chondr i CAI, które się rozpadły).

Geochemicy, włącznie z tymi, którzy badają meteoryty, rutynowo oceniają stopień utlenienia skały patrząc na jej skład mineralny i porównując go z różnymi krzywymi reakcji między różnymi formami żelaza. Na przykład krzywa reakcji żelazo – wüstyt (IW) oznacza miejsce, gdzie żelazo reaguje z tlenem tworząc wüstyt. Krzywa wüstyt – magnetyt (WM) pokazuje, gdzie wüstyt reaguje z tlenem tworząc magnetyt, a krzywa magnetyt – hematyt (MH) pokazuje, gdzie magnetyt reaguje z tlenem tworząc hematyt. Inne reakcje brane powszechnie pod uwagę, to nikiel – tlenek niklu (Ni-NiO), gdzie nikiel reaguje z tlenem tworząc tlenek niklu, fajalit – magnetyt – kwarc (FMQ), gdzie fajalit reaguje z tlenem tworząc i magnetyt i kwarc, i kwarc – żelazo – fajalit (QIF), gdzie kwarc i żelazo reagują z tlenem tworząc fajalit.

Te reakcje są zwykle przedstawiane w postaci krzywych na wykresach zależności stężenia par tlenu (wyrażonego w jednostkach logarytmicznych) od temperatury. (Stężenie par tlenu można wyobrażać sobie jako

hipotetyczne ciśnienie wywierane przez cząsteczki tlenu, gdyby tlen był jedynym gazem obecnym w systemie). Zespół minerałów z metalicznym żelazem ale bez FeO znalazłby się poniżej krzywej IW; minerały z FeO ale bez metalicznego żelaza byłyby powyżej krzywej, a minerały z oboma fazami byłyby na krzywej. Te krzywe reakcji nazywane są buforowymi; tak długo, jak wszystkie minerały występują w systemie w równowadze przy danej temperaturze i ciśnieniu, stężenie par tlenu nie ulega zmianie.

W temperaturach typowych dla procesów metamorficznych chondryty zwyczajne znajdują się na wykresie zależności stężenia par tlenu od temperatury poniżej linii buforowej żelazo – wüstyt (IW), przy czym chondryty LL są wyżej niż chondryty L, a chondryty H są jeszcze niżej. Chondryty enstatytowe i meteoryty żelazne lokują się dużo poniżej linii buforowej IW, podczas gdy utlenione chondryty, w zasadzie pozbawione metalicznego żelaza (np. CO, CK, R) są powyżej linii buforowej IW.

W ostatnich latach badania marsjańskich meteorytów pokazały granice stężenia par tlenu w marsjańskim płaszczu, tak że można to porównać z danymi dla Ziemi. Meteoryty z Księżyca i próbki przewiezione przez Apolla dostarczyły informacji o stężeniu par tlenu w płaszczu Księżyca, a eukryty poinformowały nas o warunkach we wnętrzu ich ciała macierzystego (którym, jak się powszechnie uważa, jest Westa). Określanie stopnia utlenienia meteorytu jest więc równie ważne, jak charakteryzowanie jego struktury i określanie jego składu chemicznego i składu izotopowego tlenu. Zapewne George Prior by się z tym zgodził.

Dziękuję prof. Andrzejowi Maneckiemu za merytoryczną korektę tłumaczenia.



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

„Kamienie atmosferyczne i inne okoliczności”. 200 lat meteorytu Limerick

Kieron Heard

Artykuł ukazał się najpierw na stronie internetowej British and Irish Meteorite Society
http://www.bimsociety.org/articles/200_years_of_the_Limerick_meteorite.pdf

Wstęp

Wczorajszego ranka, około dziewiętej, słyszano w kierunku od Patrick's Well, ku Adare i Rathkeale w tym hrabstwie najbardziej prze-rażający grzmot; łoskot był bardzo gwałtowny i trwał przez dłuższy czas. Towarzyszyły mu okropne zjawiska — duże fragmenty kamieni atmosferycznych i inne okoliczności wskazujące, że miało miejsce bardzo poważne wstrząśnienie.

W taki sposób Limerick Chronicle opisał w sobotę, 11 września 1813 r., spadek nowego, irlandzkiego meteorytu, około pięć mil na południowy zachód od miasta Limerick w hrabstwie o tej samej nazwie. Był to trzeci z pięciu odnotowanych spadków (po Pettiswood w hrabstwie Westmeath w 1779 r. i Mooresfort w hrabstwie Tipperary w 1810 r.), jakie zdarzyły się w obecnej Republice Irlandii, i pozostaje największym meteorytem, którego spadanie obserwowano na Wyspach Brytyjskich, z masą przekraczającą 50 kg. Przybył on w czasach, gdy meteorytyka była jeszcze w powijakach i pozaziemskie pochodzenie meteorytów (po raz pierwszy zaproponowane w druku przez Ernsta Chladniego niespełna dwadzieścia lat wcześniej) dopiero niedawno zaczęło być szerzej akceptowane przez społeczność akademicką.

Ostatecznie naukowcy sklasyfikowali Limerick (albo Adare, jak nazywano go częściej w dawniejszych publikacjach i katalogach) jako chondryt zwyczajny H5 (żyłkowany) o stopniu szokowym S3 i dziś jego okazy są rozsiane po instytucjach i prywatnych zbiorach całego świata. Dla odnotowania dwusetnej rocznicy spadku ta publikacja omawia (czasem



Fot. 1. Największy okaz, najpierw w posiadaniu Mr. Tuthill z Faha House, stał się znany jako Brasky Boulder (zdjęcie udostępniło National Museum Northern Ireland)



Fot. 2. Okaz Faha i jego kopia zrobiona przed odpilowaniem fragmentu (zdjęcie udostępniła Dara Lohnes / Oxford University Museum of Natural History)

sprzeczne) dowody przybycia tego meteorytu i próbuje opisać dalsze losy wielu jego fragmentów.

Inne ówczesne relacje o spadku

Inna lokalna gazeta, Limerick Evening Post, także opisała zdarzenie (choć krótko) w wydaniu z 11 września, i nawet ogłosiła, że *‘Ciekawi mogą zobaczyć jeden z tych kamieni w naszej redakcji’*. Cztery dni później Post powrócił do tematu następująco:

NIEDAWNE ZJAWISKO — Ostatnio stwierdziliśmy, że pewna liczba kamieni spadła koło Adare w tym hrabstwie; teraz podamy trochę wstępnych uwag na ten temat; najpierw ograniczając się do samego faktu, który się wydarzył, potem przedstawiając opinie kilku osób najlepiej znających podobne zjawiska. Około 9 rano w miniony piątek słyszano wielki hałas w atmosferze, niepodobny do naszych zwykłych burz, raczej przypominający powtarzające się, szybkie wystrzały artyleryjskie, i jak już wspominaliśmy poprzednio, zakończony dźwiękiem przypominającym werble. Zaraz po tym widziano spadające duże substancje i niezwykle dym, któremu towarzyszyła częściowa mgła, zakrył na kilka chwil wszystkie dalsze obserwacje. Gdy się przejaśniło, było widać, że spadła pewna liczba kamieni, niektóre blisko 9 funtów, ale na ogół od 1 do 3 funtów. Jeden z największych, jak rozumiemy, jest w posiadaniu pana Tuthill z Faha. Składają się one głównie z ziemistych i metalowych substancji — z krzemienia, żelaza, magnezy i niklu: tak więc niedopasowanie ich części składowych, nie z tej sfery, ich wygląd sugeruje, że są to części jednego dużego ciała — powierzchnia jest dość czarna, gładka i wygląda jak polakierowana przez zaczątek topnienia: na przełomie wewnątrz wygląda szaro i niektóre znalezione okazy były ciepłe.

Krótki opis zdarzenia opublikowano w Limerick Gazette z 17 września 1813 r., ale wydaje się, że opiera się on wyłącznie na poprzednich doniesieniach gazet. Gentleman's Magazine i Historical Chronicle z grudnia 1813 r. także zawierały krótką i widocznie zapożyczoną relację z jednym dodatkowym fragmentem informacji, że *‘nie było błyskawic’* towarzyszących efektem dźwiękowym.

W następnym roku znany angielski chemik Smithson Tennant (1761–



Fot. 3. Ważący 35 g jeden z mniejszych meteorytów, który spadł w, albo w pobliżu, miasta Adare (zdjęcie udostępniło Limerick City Museum)

–1815) zainteresował wieścią o spadku europejską społeczność naukową, gdy odwiedził Francję (Grossman 2007, 269). Tennant przedstawił ten meteoryt członkom Francuskiego Instytutu i nawet podarował próbkę swemu koledze chemikowi, którym był Claude Louis Berthollet (1748–1822); Prawdopodobnie był to okaz, który znajduje się teraz w Narodowym Muzeum Przyrodniczym w Paryżu (*ibid.*, 274).

W roku 1818 wieść o meteorycie Limerick trafiła do znacznie szerszego grona poprzez opublikowanie relacji świadków w Philosophical Magazine and Journal (Higgins 1818, 355). To jest ta relacja, która jest najczęściej cytowana, gdy opisuje się okoliczności spadku, i która jest tu przytaczana, ponieważ dowody, jakie zawiera, są kluczowe dla zrozumienia zjawiska.

Pod nagłówkiem *Relacja o Deszczu Meteorowych Kamieni, który spadł w Hrabstwie Limerick*, czasopismo to publikuje kopię listu przysłanego przez Profesora Chemii Dublin Society Williama Higginsa (1763–1825). List ten napisał najpierw Samuel Maxwell, znajomy George Tuthilla (b. 1743) z Faha House, na którego posiadłość spadła część meteorytów.

Sir, — piątkowy poranek, 10 września 1813 r. był bardzo spokojny i pogodny. Niebo było czyste. Oko-

ło dziewiętej rano pojawiła się na wschodzie chmurka i zaraz potem usłyszałem jedenaście odrębnych eksplozji, które wydawały się stamtąd pochodzić. Przypominały one nieco wystrzały ciężkiej artylerii. Bezpośrednio po tym nastąpił duży hałas przypominający bicie w wielki bęben, a po nim rumor przypominający ciągle wystrzały muszkietów w szeregu. Niebo ponad miejscem, z którego zdawał się dobiegać ten hałas, zrobiło się ciemniejsze i bardzo silnie zaburzone, wytwarzając świszczący hałas; i stamtąd pojawiały się z wielką gwałtownością różne masy materii, które kierowały się z wielką prędkością poziomo ku zachodowi. Obserwowano opadanie jednej z nich: spadła na ziemię i zagłębiła się w niej na ponad półtorej stopy, na ziemiach Scagh w sąsiedztwie Pobuck's Well, w hrabstwie Limerick. Natychmiast ją wykopano; a ja zostałem poinformowany przez tych, którzy byli obecni, i którym mogę ufać, że była ona wtedy ciepła i miała woń siarki. Ważyła około siedemnastu funtów i nie widać było nigdzie spękania żadnej części, ponieważ cała jej powierzchnia była jednostajnie gładka i czarna jak pod działaniem siarki czy prochu strzelniczego. Jeszcze sześć czy siedem mas tego samego rodzaju, ale mniejszych i spękanych, jakby odlupwały się od

siebie wzajemnie lub od większych brył, opadło w tym samym czasie, z wielką prędkością, w różnych miejscach między ziemią Scagh, a wioską Adare. Jeszcze jedna, bardzo duża bryła przeleciała z wielką prędkością i znacznym hałasem w niewielkiej odległości ode mnie; spadła na ziemię w dobrach Brasky i wbiła się w bardzo twardą i suchą ziemię na dwie stopy. Nie wydostano jej przez dwa dni; — okazała się splekana w wielu miejscach i ważyła około sześćdziesięciu pięciu funtów! Jej kształt był dość zaokrąglony, ale nieregularny: nie można być pewnym, czy małe fragmenty, które spadły w tym samym czasie, pasowały do splekań tego dużego kamienia pod względem kształtu czy liczby; ale nie splekana część powierzchni ma taki sam wygląd, jak ta wspomniana najpierw. W tym samym czasie spadł także na ziemię Faha inny kamień, który nie wydaje się być częścią, czy oddzielony od jakiegokolwiek innej bryły: jego skóra jest gładka i czarna o takim samym wyglądzie jak na najpierw wspomnianym i waży on ponad dwadzieścia cztery funty. Jego kształt jest bardzo nieregularny. Ten kamień jest w moim posiadaniu i na swoją objętość jest bardzo ciężki.

Nie było żadnej błyskawicy w czasie, ani bezpośrednio przed czy po eksplozji; dzień nadal był spokojny i pogodny; było dość parno i duszno i bez wiatru czy deszczu. Jest około trzech mil w prostej linii od ziem Brasky, gdzie spadł ten bardzo duży kamień, do miejsca, gdzie małe spadły w Adare i wszystkie inne spadły pośrednio; ale widać było, że spadają poziomo i tak jakby bomba wybuchła i rozruciła je w powietrzu.

Jestem, sir, Twym posłusznym sługą,

SAM. MAXWELL.

Poziom szczegółów w relacji Maxwella jest taki, że rozsądne jest założenie, że był on wiarygodnym świadkiem, szczególnie że jego opis zdarzenia był bezpośrednią odpowiedzią na szereg pytań zadanych mu przez Williama Higginsa za pośrednictwem George Tuthilla. Higgins z pewnością nie miał wątpliwości co do wiarygodności Maxwella, określając go jako 'gentlemana najwyższej zachości' (*ibid*).

Niestety niewiele wiadomo o Samuelu Maxwellu, poza tym, że był



Fig. 1. Mapa ukazująca miejsca wymienione w tekście (podstawowa mapa © www.d-maps.com (inset) i dodatki © [OpenStreetMap](http://OpenStreetMap.org) / www.openstreetmap.org)

on oczywiście w hrabstwie Limerick w momencie spadku i był znany miejscowemu właścicielowi ziemskiemu George Tuthillowi. Przeszukanie źródeł internetowych sugeruje, że Maxwell nie był wówczas właścicielem ziemskim. Jest możliwe, że był on na liście podpisujących petycję lokalnych notabli by wesprzeć ulepszenia kanału rzeki Shannon w maju 1812 r. (House of Commons 1812, 311). Jest też możliwe, że był to Major Samuel Maxwell, sędzia w Limerick i Cork a przedtem 92 Regimentu (Gordon Highlanders), który zmarł w swym domu w Charleville, w hrabstwie Cork w maju 1833 r. (Colburn 1833, 287).

Mapa obszaru rozrzutu

Na podstawie relacji Samuela Maxwella, jako świadka, i wcześniejszych doniesień gazet możemy wnioskować, że meteoroid leciał z grubsza ze wschodu na zachód wytwarzając podczas lotu spory ślad pyłowy i rozpadając się. Przewalając się 'eksplozje', słyszane na obszarze wielu mil kwadratowych, były gromami dźwiękowymi, powstającymi gdy każdy fragment lecący z prędkością

ponaddźwiękową wytwarzał własną falę uderzeniową. Żadna relacja nie wspomina o jasnym świetle, czy błyskach (kula ognista czy bolid), mimo że niebo było czyste. Co więcej dwie relacje mówią wyraźnie, że nie było żadnej 'błyskawicy' związanej z tym zdarzeniem. Mówiono, że spadły przynajmniej trzy duże bryły, w Brasky (65 lb / 29,5 kg), Faha (24 lb / 10,9 kg) i Scagh (17 lb / 7,7 kg), oraz 'sześć czy siedem' mniejszych fragmentów, które spadły między Scagh a wioską Adare. Wśród tych mniejszych brył jest kamień 7,5 lb (3,4 kg) wspomniany przez Higginsa (wraz z analizą jego mineralogii) w jego komentarzu dodanym do listu Maxwella. Według Maxwella wszystkie kamienie spadły wzdłuż linii NE – SW między Brasky i Adare, na przestrzeni około trzech mil.

By podjąć próbę naniesienia obszaru rozrzutu Limerick na mapę, trzeba najpierw zrozumieć system podziału ziemi w Irlandii. Hrabstwo Limerick (podobnie jak wszystkie irlandzkie hrabstwa) jest podzielone na coraz mniejsze jednostki administracyjne nazywane baronie, gminy i okręgi wiejskie. Okręg wiejski, to

najstarsza jednostka geograficzna obejmująca przeciętnie powierzchnię około 350 akrów. W dziewiętnastowiecznych dokumentach odniesienia do miejscowości zaczynające się od *'lands of...'* często oznaczały okręgi wiejskie o tej nazwie. Tak więc, gdy Maxwell stwierdzał, że jeden z meteorytów spadł *'on the lands of Faha'* to miał na myśli okręg wiejski Faha Desmesne, powierzchnię około jednej mili kwadratowej, która stanowiła część majątku rodziny Tuthill co najmniej od 1740 roku.

Nazwa *'lands of Brasky'* niemal na pewno odnosi się do jednego z sąsiednich okręgów wiejskich Briska More i Briska Beg (*More* i *Beg* to gaelickie słowa oznaczające *duża* i *mała*), które sąsiadują od północnego zachodu i od północy z Faha Desmesne — lokalna wymowa Briska jest *'Brisky'*, stąd *'Brasky'* Maxwella. Okręgi wiejskie Faha Desmesne, Briska More i Briska Beg są pokazane na fig. 1 i 2; niestety przy braku dalszych informacji nie jest możliwe zlokalizowanie miejsc spadku okazów Faha i Brasky bardziej dokładnie.

Identyfikacja miejsca spadku okazu ważącego 17 lb, *'na ziemiach Scagh w sąsiedztwie Pobuck's Well'* dręczyła badaczy od wielu lat. Scagh (wymawiane z *C*) nie jest pokazane w pierwszym wydaniu sześciocalowej mapy Urzędu Kartograficznego Irlandii



Fig. 2. Obraz z Google Earth z nałożonymi granicami okręgów wiejskich.

dii z lat 1837–42 (dostępna online na www.osi.ie) ani nie pojawia się jako nazwa miejsca w Pierwotnej Wycenie (tak zwanej Wycenie Griffitha) z lat 1847–64, która była pierwszą, w pełnej skali wyceną posiadłości w Irlandii (do znalezienia online na www.askaboutireland.ie/griffith-valuation/index.xml). Jednak Skagh (z *K*, i z alternatywną wymową Skeagh albo Skea) jest dość rozpowszechnioną irlandzką nazwą miejsca pochodzącą z gaelickiego *Sceach*, co oznacza *'głóg'* (Mills, 2003). Jej użycie jako nazwy miejsca było prawdopodobnie związane z tradycją wykorzystywania ciernistych krzewów dla oznaczania granic.

Rzeczywiście jest okręg wiejski zwany Skagh w niedalekim sąsiedztwie spadku; jest to w gminie Croom, około 4,5 mili na południe od Faha Desmesne (Fig. 1 & 2). Jednak ponieważ Skagh nie leży na linii między *Brasky* (Briska More / Briska Beg) i Adare (wzdłuż której spadły okazy meteorytów według opisu Maxwella), badacze mają tendencję do pomijania go jako prawdopodobnego miejsca

spadku kamienia 17 lb. Z pewnością tak szeroki rozrzut okazów nie zgadzałby się ze zwykłym wzorem rozrzutu w wydłużonym i eliptycznym obszarze rozrzutu, którego wielka oś jest równoległa do kierunku lotu.

Starając się umieścić ważący 17 lb okaz wewnątrz strefy opisywanej przez Maxwella jeden autor założył (bez oczywistego uzasadnienia), że *'ziemie Scagh'* odnoszą się do ogólnego obszaru obu okręgów wiejskich Briska (Seymour 1947, 160). Oczywiście wciąż pozostaje możliwość, że w tym przypadku Maxwell nie wspominał o okręgu wiejskim ale o miejscowej, być może nieformalnej, nazwie miejsca, która wyszła z użycia, zanim przygotowano pierwsze wydanie mapy Urzędu Kartograficznego pod koniec lat trzydziestych XIX w.

'Pobuck's Well' Maxwella jest także przedmiotem pewnych sporów. Znow nie pojawia się jako nazwa miejsca na mapie Urzędu Kartograficznego z lat 1837–42, ani na Wycenie Griffitha z lat 1847–64 ani w żadnym z łatwo dostępnych internetowych źródeł dotyczących geografii dzie-



Fot. 4. Ważący 34 g fragment ze skorupą w kolekcji watykańskiej (zdjęcie udostępnił Brat Guy Consolmagno / Vatican Observatory)



Fot. 5. Ważąca 7,4 g częściowa płytka ze skorupą z jednego z mniejszych okazów (zdjęcie udostępnił Martin Goff / www.msg-meteorites.co.uk)

wietnastowiecznej Irlandii. Caroline Wyndham-Quin, Hrabina Dunraven, opublikowała w 1865 r. pracę o tym meteorycie (włącznie z interesującymi komentarzami Nevila Story-Maskelyne, kustosa minerałów w British Museum). Opierając się w większości na dowodach Maxwella, z jakiegoś powodu zamieniła *'Pobuck's Well'* na *'Patrick's Hill'* (Wyndham-Quin 1865, 275). Większość późniejszych autorów wybrała natomiast interpretowanie nazwy tego miejsca jako *'Patrick's Well'*. Istnieje pewne uzasadnienie tego, ponieważ jest to nazwa jednej z głównych miejscowości na terenie spadku, mniej niż milę na południowy wschód od Faha House (Figs. 1 i 2). Na ogół zakłada się (choć nie można tego dowiedzieć) że redaktor *Philosophical Magazine* po prostu błędnie przeczytał *'Patrick's Well'* jako *'Pobuck's Well'*. Jeśli to założenie jest słuszne, to jego oczywistym skutkiem jest umieszczenie *'ziem Scagh w sąsiedztwie Pobuck's Well'* Maxwella bliżej miejsc spadku innych kamieni, tak jak to opisał Maxwell.

Jeśli chodzi o deszcz mniejszych fragmentów, który spadł w sąsiedztwie Adare (między Scagh i Adare, według Maxwella) hrabina Dunraven powiedziała, że przynajmniej niektóre z nich zostały *'podniesione z ulic miasta'* (Adare) i że do roku 1865 trzy z nich były wystawione w miejskim muzeum (*ibid*, 149; Pl. 3).

Niektórzy autorzy (tak jak Seymour) wykorzystują rozkład wielkości okazów Limerick (gdzie mniejsze meteoryty spadły koło Adare, a większe w okęgach Faha Desmesne i Briska) do twierdzenia, że kierunek lotu był nie ze wschodu na zachód, jak twierdził Maxwell, lecz z południowego zachodu na północny wschód. Oczywiście na ogół przyjmuje się, że większe okazy meteorytu lecą dalej wzdłuż kierunku lotu zanim zetkną się z ziemią, ale nie zawsze tak się dzieje; znanym przykładem deszczu, gdzie znalezione okazy były większe i mniej liczne przeciwnie do obserwowanego kierunku lotu, jest Portales Valley (1998). Być może przyczyną tego była więcej niż jedna fragmentacja (Kring *et al* 1999, 663). W efekcie nie ma powodu wątpić, że Maxwell prawidłowo opisał kierunek lotu jako z grubsza ze wschodu na zachód.

Późniejsze losy okazów meteorytu

Co stało się z okazami meteorytu Limerick w latach bezpośrednio po spadku i gdzie znajdują się one obecnie? Ostatnie wydanie *Catalogue of Meteorites* (Grady 2000, 303) wymienia piętnaście instytucji, które miały okazy w roku 2000, i do tej listy można dodać francuskie Muzeum Narodowe (Grossman 2007, 274), Limerick City Museum i inne potwierdzone w trakcie zbierania materiału do tej pracy.

Zaktualizowany katalog okazów meteorytu Limerick znajdujących się w instytucjach publicznych, zawiera tabela na s. 23.

Największy okaz (tak zwany *Brasky Boulder*) był w posiadaniu rodziny Tuthill w Faha House przynajmniej do roku 1866 (Lenihan 1866, 430). Późniejsza historia tego kamienia została opisana obszernie w innym miejscu (Seymour, 1947). W skrócie, przeszedł on w wyniku małżeństwa w posiadanie rodziny Taylor z Hollypark, Kilkornan, w hrabstwie Limerick. Pod koniec lat trzydziestych XX w. farmer, John Collins, kupił ten kamień na aukcji jako część zestawu różności. Widocznie zwrócił on uwagę pana Collinsa ponieważ to jego dziadkowi (który pracował i dla rodziny Tuthill i Taylor) zlecono przetransportowanie meteorytu z Faha House do Hollypark. W roku 1946 meteoryt zakupiło Narodowe Muzeum Irlandii w Dublinie i badania potwierdziły ponad wszelką wątpliwość, że jest to część spadku z 1813 r., 'zaginiona' dla nauki przez ponad 130 lat. H. J. Seymour, profesor geologii z University College w Dublinie, koordynował badania meteorytu i z jego opisu wynika, że jest to okaz o nieregularnym kształcie, zewnętrznych wymiarach 32 cm × 26 cm × 21 cm i masie nieznacznie przekraczającej 27 kg (59,5 lb). Opisuje on liczne powierzchnie, na ogół z cienką, brązowawo czarną skorupą obtopieniową (pierwotną i wtórną) i czasem z głębokimi regmagliptami. Inne powierzchnie mają tylko zaczątki regmagliptów i częściową skorupę w postaci nacieków lub plamek (*ibid*, 160).

Kamień z Faha, będący najpierw w posiadaniu Samuela Maxwella, znajduje się dziś na stałej wystawie w Oxford University Museum of Natural History. Podarował go Uniwersytetowi wielbny J. W. Griffiths z Wadham College, Oxford i Bishopstrow, Wiltshire w roku 1825; jak okaz trafił do jego rąk, nie wiadomo. Nevil Story-Maskelyne (1823–1911) był jednym z pierwszych badających ten meteoryt w Oxford; był on profesorem mineralogii w Oxford University (1856–1895) i kustoszem minerałów w British Museum (1857–1880). Od jego nazwiska pochodzi nazwa meteorytowego minerału, maskelynit. W 1865 podawał on masę okazu Faha



Fot. 6. Ważąca 1,32 g częściowa płytka ze skorupą, prawdopodobnie z kamienia Faha (kolekcja autora)

Okazy meteorytu Limerick w publicznych instytucjach (2013)

Instytucja	Waga (g)	Uwagi
National Museum of Ireland, Dublin	27060 6,7	Główna masa Brasky plus kilka małych 'aerolitów' Adare. Posiada także kopię okazu Faha i kopię okazu 19g
Oxford University Museum of Natural History	7700	Główna masa Faha
Natural History Museum, Londyn	710,9	Osiem fragmentów okazu Faha od 0,5g do 249g
Limerick City Museum	304,9	Calkowity okaz, prawdopodobnie jeden z okazów Adare wystawiany pierwotnie w Adare Museum
National Museum of Natural History (Smithsonian), Waszyngton	173,13 24* 9*	Fragment okazu Faha zakupiony od Oxford University Museum of Natural History w 1969 r. Fragment 24g zakupiony od Leopolda Egera z Wiednia w 1901 r. (później podzielony). Calkowity okaz 9g, który podarował dr Stuart H. Perry w 1955 r. (później podzielony).
Naturhistorisches Museum, Wiedeń	69* 54* 40*	Fragment 69g podarował w 1818 r. Karl Ludwig Giesecke, prof. mineralogii Royal Dublin Society. Fragment 54g zakupiony w 1827 r. jako część kolekcji Jacoba van der Nulla. Van der Null miał go od prof. Giesecke, Royal Dublin Society. Fragment 40g zakupiony w 1821 r. od G. B. Sowerby z Londynu.
Trinity College, Dublin	154,9* 2,52*	Okaz 2,52g składa się z licznych drobnych fragmentów
Arizona State University, Tempe	148*	
Muséum National d'Histoire Naturelle, Paryż	132,74*	Prawdopodobnie zakupiony od Smithsona Tennanta, za pośrednictwem Claude Louis Bertholleta
American Museum of Natural History, Nowy Jork	113	Płytką Faha zakupioną od Oxford University Museum of Natural History w 1955 r.
University College, Cork	96,88*	
Field Museum of Natural History, Chicago	52* 30*	Okaz 30g, wcześniej w kolekcji DuPonta
Národní Muzeum, Praga	74*	Fragment zakupiony od Juliusa Bohma z Wiednia w 1912 r.
Vatican Collection, Rzym	33,9* 13,4* 0,25*	Wszystkie trzy okazy zakupione z kolekcji markiza de Mauroy w latach 1905 i 1935. Największy, to mały, calkowity okaz. 0,25g jest zbiorem małych okruczków.
Indian Museum, Kalkuta	39*	
Geological Survey of Canada, Ottawa	9,94*	
Max-Planck-Institut, Moguncja	6*	
Museum für Naturkunde, Berlin	3,5*	Fragment częściowo pokryty skorupą zakupiony z kolekcji Chladni'ego w 1827 r.

Okazy oznaczone gwiazdką są nieznanego pochodzenia (nie wiadomo, gdzie zostały znalezione)

jako 18 lb 11 oz (8,5 kg), (przycaczoną w Wyndham-Quin 1865, 276) a G. T. Prior zapisał taką samą masę w roku 1923 (Prior 1923, 99). Dziś okaz Faha ma masę tylko 7,7 kg, kilkakrotnie odcinano od niego próbki przekazywane do innych instytucji akademickich.

Mniejsze okazy były niewątpliwie początkowo w prywatnych rękach, zanim akademicy i kustosze z całego świata nabyli wiele z nich. Jest prawdopodobne, że było znacznie więcej okazów niż te 'sześć czy siedem' wspomniane przez Maxwella, skoro tyle materiału trafiło do tych zbiorów. Wspomniano już o ważącym 7,5 lb (3,4 kg) okazie analizowanym przez Higginsa, oraz o trzech kamieniach wystawianych niegdyś w muzeum w Adare; jak twierdzi Wyndham-Quin ważyły one 10,7 oz (303 g), 8,7 oz (247 g) i 2,9 oz (82 g). Częściowo pokryty skorupą kamień o masie 304,9 g znajduje się w Limerick City Museum (fot. 3), chociaż jest on prawdopodobnie jednym z tych wystawianych początkowo w muzeum w Adare. Innym przykładem jest pokryty skorupą okaz 1,5 lb (680 g) analizowany przez Jamesa Apjohna (1796–1886) po roku 1830, gdy był on profesorem chemii w Royal College of Surgeons w Dublinie (Apjohn 1839, 18). Okaz

ten należał wcześniej do przyjaciela Apjohna, Daniela Reardona z Dublinu. Nie wiadomo, gdzie znajduje się ten kamień obecnie.

I na koniec, co stało się z okazem Scagh opisanym tak szczegółowo przez Samuela Maxwella? Tak samo jak miejsce jego spadku nie jest jasne, tak i jego późniejszy los nie jest znany — z pewnością nie ma żadnego dowodu wskazującego, by został kiedykolwiek nabyty przez jakieś muzeum, czy był badany na jakiejś uczelni. Można jedynie mieć nadzieję, że jest przechowywany do dziś w prywatnych rękach, być może jako rodzinna pamiątka.

Podziękowania

Ten artykuł zrodził się z dyskusji na forum British and Irish Meteorite Society w roku 2011. Członek BIMS, David Entwistle, przeprowadził większość początkowych poszukiwań i zgłaszał uwagi do pierwszego szkicu tego tekstu. Stuart Boulter, Martin Goff i Alison Telfer także zasługują na wdzięczność za uwagi do wcześniejszych szkiców. Za błędy i przeoczenia odpowiada wyłącznie autor.

Niżej wymienieni kustosze i archiwiści uprzejmie udostępnili informacje o okazach i dokumentach w ich zbiorach:

Joseph Boesenberg: Research Associate, Department of Earth and Planetary Sciences, American Museum of Natural History

Franz Brandstaetter: Natural History Museum, Vienna, Austria

Deborah Cassey: Curator of Meteorites, Natural History Museum, London

Brother Guy Consolmagno: Vatican Observatory

Ansgar Greshake: Museum of Natural History, Berlin

Brian Hodkinson: Acting Curator, Limerick City Museum

Mary Lehan: Senior Technical Officer, School of Biological, Earth and Environmental Sciences, University College Cork

Nicole Lunning: National Museum of Natural History (Smithsonian), Washington

Mike Maguire: Reference & Local Studies Department, Limerick City Library

Nigel Monaghan: Keeper, Natural History Division, National Museum of Ireland

Matthew Parkes: Assistant Keeper, Natural History Division, National Museum of Ireland

Monica Price: Assistant Curator, Mineral Collections, Oxford University Museum of Natural History

Michael J. Simms: Curator of Palaeontology, National Museums Northern Ireland

Patrick N. Wyse Jackson: Department of Geology, Trinity College, Dublin

Dalibor Velebil: National Museum, Prague

Bibliografia

Apjohn, J., 1839, Analysis of a Meteoric Stone which fell near Adair, in the County of Limerick, on September 10, 1813, in *The Transactions of the Royal Irish Academy*, vol. XVIII, 17–30

Colburn, H., 1833, *The United Services Journal and Naval and Military Magazine* 1833, part II

Grady, M. M., 2000, *Catalogue of Meteorites* (fifth edition)

Grossman, M. I., 2007, *Smithson Tennant: meteorites and the final trip to France*, Notes & Records of the Royal Society. vol. 61, no. 3, 265–83

Higgins, W., 1818, *Account of a Sho-*

wer of Meteoric Stones which fell in the County of Limerick, in Tilloch, A., (ed), *The Philosophical Magazine and Journal*, vol. 51, January–June 1818, 355–58

House of Commons, 1812, *Papers relating to the Inland Navigations of Ireland*, in Account, presented to the House of Commons, respecting the Public Income of Ireland; for the year ended the fifth of January 1812

Kring, D. A., Hill, D. H., Gleason, J. D., Britt, D. T., Consolmagno, G. J., Farmer, M., Wilson, S., & Haag, R., 1999, *Portales Valley: A meteoritic sample of the brecciated and metal-veined floor of an impact crater on an H-chondrite asteroid*, in *Meteoritics & Planetary Science* 34, 663–669

Lenihan, M., 1866, *Limerick: its History and Antiquities*

Mills, A., D., 2003, *Oxford dictionary of British place names*

Prior, G. T., 1923 *Catalogue of Meteorites* (First Edition)

Seymour, H., J., 1947, *On a recent addition to the collection of Irish meteorites*

in the National Museum Dublin, in *The Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society*, vol. 24, no. 18, 157–65

Wyndham-Quin, C., 1865, *Memorials of Adare Manor; by Caroline Countess of Dunraven. With historical notices of Adare, by her son, the Earl of Dunraven*



Kieron Heard jest zawodowym archeologiem, który mieszka i pracuje w Suffolk, na wschodzie Anglii. Meteoryty kolekcjonuje od roku 2008 i szczególnie jest zainteresowany okazami brytyjskimi i irlandzkimi. Kieron jest aktywnym członkiem British and Irish Meteorite Society.



Pochytać wieczność, tykność nieskończoności

Jerzy Strzeja

W Popielec, kej grzeszny czowiek dowo se posuć gowa hasiym, to mu spominajom: „Pamiętaj człowiecze: z prochu powstałeś i w proch się obrócisz!” To, że czowiek sie w hasie zmiyni, to każdy widzi, ale że czowiek ze hasio powstał, to już jest doprowda wyższo szkoła! Na dzisiej, to tyż jest tako teoria. Godajom na to „akrecja”. Z łaciny sie to wziyno i znaczy „wzrost, przybywanie” tu idzie gynał ło chytanie hasio, kere kedyś, downo tymu wyfurgło w kosmos z gwjozdy downego pokolenio. Słońce i my niy byli łod poczontku. Blank na poczontku, to bezmaś boł ino wodór i hel. Te dwa kej się do kupy wionzały we gwiezdnych tyglikach, łonaczom kupa energii. Kej zaś tako gwjozda umjyro, to w jeji pojszczodku jest fest wjelki druk w kerym powstowajom inksze pjyrwiastki. Kedy gwiozda wyziynie ducha, wyciepuje w przestrzeń kupa tych ciynższych pjyrwjastków, won-gel, wopno, żelazo, złoto, tlen, kere sie tworzm w pojszczodku gwiozdy. I z tego hasio zlonaczyła gravitacja

Słońce i planety. Naszo Ziemia tyż. Nasze ciało, drzewa, zwierzoki, góry i morza, cołki świat, wszysko to z prochu, hasio miyndzygwiezdneho powstało. Tak rychtig to ciynzym sie dzieje! Te hasie, to nikedy w nocy łbejrzyć idzie, jako spadające gwiozdy. Widziołech, jeszcze za bajtła w Planetarium taki żelazny meteorit kery sie nazywoł Morasko. Meteoryty nazywo sie nazwom miejscowości kaj sleciół. Tyn boł spod Poznania. „Chciołbych mieć konsek świata co to pamjynto czasy, Stworzynio” pomyślołech jako tyn bajtel, ale wtedy niy miołech dość wiedzy, jak do takigo meteorytu idzie przisć. Minoło ze trzydzieści lot. Zaczły sie take kamjynie z nieba pokazować na giełdach minerałów. Szło to kupić! Jo jednako musioł juzaś posznupać w ksionszkach, coby sie wyznać, eli to doprowdy z kosmosu sfurgło, a niy że mi jakeś kizłoki z pola za cynszke piniondze wciskajom. No i skamracioł żech sie z kolekcjonera-mi. Terozki mom we glasszranku meteority starsze niż nasz świat. Kruski inkszych światów, inkszych

gwiozd! Chycić kosmos w garść! Nojstarszy z nich, meteorit Allende z Meksyku mo, podług wyrachowań uczonych, sztyry miljardy pjynćset sześćdziesionť sześć miljonów lot! No, niy tak gynał, plus minus dwa miljony. Kajbych boł se pomyśloł, że to tak idzie... Spytocie sie można, bo godomy tukej ło Popielcu: No dobra chopie, a kaj Wieczność!? No właśnie. Tych pora miljardów lot to jest PSINCO, ZERO — wele Wieczności! Mogecie sie wyforsztelować taki kyns czasu? Znaczy sie te pora miljardów lot, bo wieczności to sie niy do. Sprobujmy.

Jo na beztydziń używom drzewianego colsztoka kery mo dwa metry. Bjerymy colsztok. Jedyn milimeter to bydzie rok. Leko porachować, wjela momy milimetrów, pra? Rozciongomy colsztok. Dwa metry to bydzie 2000 lot. Czasy Jezusa z Nazaretu. Niy byda tukej tuplikowoł, wjela to bydzie, wiek tego meteorytu z kosmosu na colsztoku. Sami se porachujcie! I pamjyntejcie ło Wieczności.





Doniesienia z Wiki

Grad (kamieni?) w 1591 roku nad Odrą, a może tornado?

Doniesienie o spadku „gradu kamieni” 9 czerwca 1591 roku (w niedzielę) w miejscowości **Kunersdorf**.

W Katalogu meteorytów Moniki Grady znajduje się zapis o spadku kilku dużych meteorytów kamiennych w 1591 roku w miejscowości Kunersdorf. Informacja jest intrygująca, gdyż wskazuje na miejsce leżące niedaleko naszych granic. A co może ciekawsze, Grady klasyfikując tę informację jako wątpliwą (*doubtful*), wspomina jednak o dużym spadku, ale nie pisze nic o ewentualnych znaleziskach. W katalogu podano osiem domniemanych lokalizacji. Cztery z nich leżą na terenie dzisiejszej Polski. Tymczasem sięgając do źródeł można ustalić lokalizację najbardziej prawdopodobną i z dużym prawdopodobieństwem orzec, że nie był to spadek meteorytów, ale rozległa, silna burza (nawałnica, tornado) z piorunami i gradobiciem, a późniejsi kronikarze i badacze tłumacząc źródła dokonali przekłamań i błędnej interpretacji zdarzenia.

Monika Grady cytuje Chladniego

Monika Grady w katalogu jako źródło informacji podaje artykuł Ernsta Chladniego z 1815 roku. Informacja o tym zdarzeniu jest u niego bardzo enigmatyczna. Ale poza datą, lokalizacją oraz sugestią, że spadł duży kamień, podaje Chladni źródło swojej informacji — Kronikę Angelusa *Annales Marchiae Brandenburgicae*....

Chladni powołuje się na Angelusa

Angelus Andreas był zakonnikiem, który w swoim blisko pięciuset stronicowym dziele opisał ważniejsze wydarzenia z terenu Brandenburgii — zarówno wydarzenia społeczne, polityczne, meteorologiczne, astronomiczne (komety, zaćmienia Słońca), ale także cuda oraz narodziny i zgony ważnych osób.

W kronice *Annales Marchiae Brandenburgicae*... wydanej w 1598 roku, pod datą 1591 jest relacja o spadku 9 czerwca (*Im neunnden Junij*) „gradu kamieni” (*hagelstein*) w miejscowości **Kunersdorff**.

(...) Im neunnden Junij / gegen den Abend entstundt ein gros wetter von Westen her / vnd zog sich hinüber nach Cüstrin. Im selben wetter warff der wind die windmühle vor Bernawichen herumb. Und zu Kuhnersdorff ward das getreyde von grossen und sehr eckthchten hagelsteinen sehr zerschlagen. Man sagt / das daselbst auch gantze stücken fewer aus den Wolcken gefallen sein. Idem. (...)

Tłumaczenie:

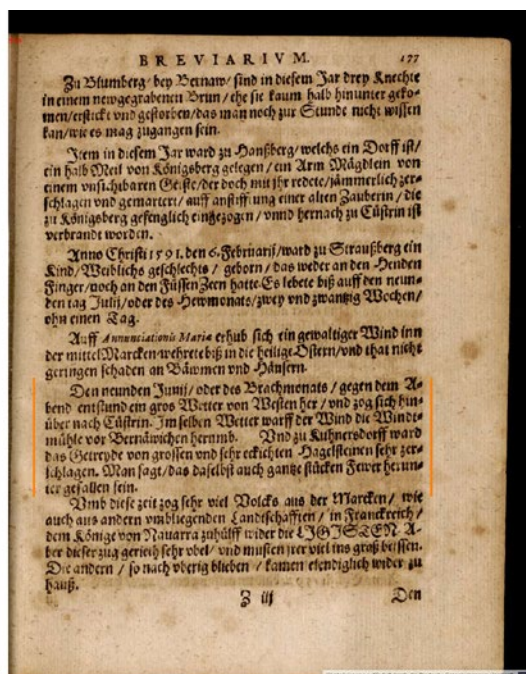
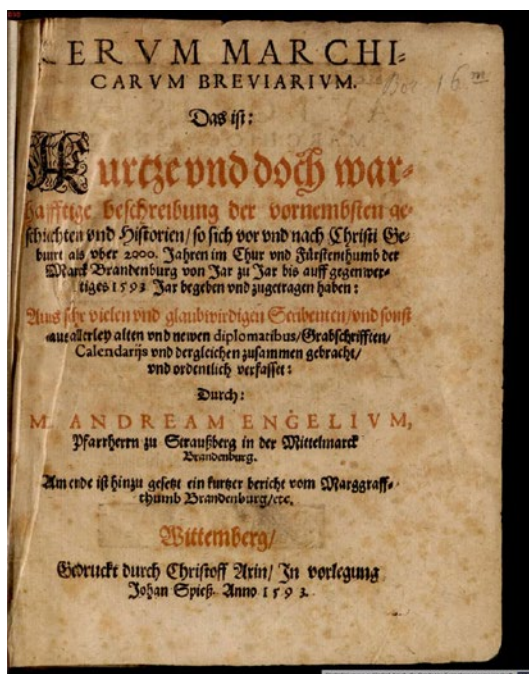
(tłumacz Andrzej Antypiuk): *Dziewiątego czerwca w godzinach wieczornych od zachodu utworzyła się duża burzowa chmura, która przeszła nad Kostrzynem. Silne podmuchy wiatru ogarnęły okolicę przed Bernawichen(?). Aż do Kuhnersdorff zboża zostały bardzo zniszczone przez spadające duże kamienie o ostrych krawędziach. Mówiono, że z chmur spadały nawet całe kawałki ognia.*

(i tłumaczenie alternatywne, tłumacz użytkownik o nicku **Mokotow** z forum języka niemieckiego Germanin.pl): *Dziewiątego czerwca (Brachmonat → po polsku ugornik, archaiczna nazwa czerwca) z zachodu nadszła nad Küstrin wielka zawierucha. Podczas niej wiatr przewrócił koło Bernawichen wiatrak. W Kuhnersdorff gradobicie w postaci dużych ostrokątnych odłamków zniszczyło zboże. Mówią, że spadły z chmur ogniste kawałki.*

Wszystkie późniejsze relacje opierają się na tym opisie (trzeba odnotować, że pierwsza wzmianka o tym wydarzeniu pojawiła się już w wydanej przez Angelusa pięć lat wcześniej kronice *Rerum Marchicarum Breviarium*... z 1593 roku).



Fragment mapy z dzieła Angelusa (1598) z miejscowościami Custrin i Bernawichen! Na całej mapie nie ma miejscowości o nazwie Kuhnersdorff o której wspomina Angelus.



Angelus (1593), *Rerum Marchicarum Breviarium*...

Z tłumaczenia wynika, że w okolicach **Kostrzyna nad Odrą** (niem. *Küstrin*, wcześniej *Cüstrin*) szalała rozległa burza (nawałnica) z piorunami i gradobiciem, a na miejscowość Kunersdorff spadł duży „grad kamieni” (*grossen hagelstein*). W jej wyniku zniszczone zostały plony — zboża. Skala zjawiska musiała być olbrzymia, skoro informacja o nim trafiła do dzieła Angelusa.

Gdzie leży *Kuhnersdorff/Kunersdorf*?

W *Katalogu meteorytów* Grady pojawia się aż osiem prawdopodobnych lokalizacji i nie ma pewności o jaką wieś/miejscowość chodzi. Nazwa *Kuhnersdorff/Kunersdorf* okazuje się być nazwą popularną. Na dawnych mapach terenu Brandenburgii występuje bardzo wiele miejsc/wsi/miejscowości o podobnie brzmiących nazwach. W niemieckiej Wikipedii pod hasłami *Kunersdorf*, *Kunnersdorf* i *Cunnersdorf* znajduje się wiele lokalizacji. Również na przestrzeni dziejów wiele tych miejsc miało zmieniającą się pisownię nazw, także ówczesni kartografowie dosyć dowolnie interpretowali pisownię nazw oraz mieli często kłopoty z ich poprawną transliteracją.

W relacji Angelusa (1593, 1598) wymienione są trzy miejsca:

Cüstrin — dzisiejszy **Kostrzyn nad Odrą**,

Bernäwichen — na oryginalnej mapie z kroniki Angelusa (1598), około 23 kilometry na północny wschód od Kostrzyna leży wieś *Bernawichen* — jest to współczesna wieś **Barnówko** (niem. *Berneuchen*) w gminie Dębno. Nazwa wsi Barnówko zmieniała się wielokrotnie na przestrzeni dziejów, ale na mapie Joana Blau z 1645 roku znajdujemy ją właśnie pod nazwą *Berneuchen*!

Kuhnersdorff/Kunersdorf — miejsce to, jak można się domyślać, powinno leżeć niedaleko Kostrzyna i Barnówka. W tym rejonie są trzy miejscowości, które nosiły tę nazwę:

— dzisiejsze **Kunowice** (niem. *Kunersdorf*) niedaleko Słubic, leżące 27 km na południe od Kostrzyna i na wschód od Frankfurtu nad Odrą (pierwsza pisemna wzmianka o wsi Kunowice pochodzi z 1337 roku!);

— współczesna wieś/dzielnica **Wüste Kunersdorf** leżą-

ca 2,6 km na SSW od niemieckiego *Lebus*; była to mała osada i zapewne nie ją miał na myśli Angelus w swojej relacji;

— oraz wieś **Kosobudz** (niem. *Kunersdorf*) ok. 9 km na zachód od Przelazów (pierwsza historyczna wzmianka o wsi Kosobudzu pochodzi z 1503 roku). Wieś Kosobudz leży aż 56 km (!) od Kostrzyna, co wydaje się odległością zbyt wielką, nawet zakładając olbrzymią skalę zjawiska oraz była to w tamtym okresie mała osada, więc zapewne nie ją miał na myśli Angelus w swej relacji?

Być może więc opisywane przez Angelusa wydarzenie to nie deszcz meteorytów kamienny, tylko potężna burza (nawałnica, tornado) z piorunami i gradobiciem?! Miało ono miejsce w okolicach Frankfurtu nad Odrą we wsi Kunowice? Nie w Saksoni, nie na Śląsku, ale właśnie w Brandenburgii? Źródło tego doniesienia *Annales Marchiae Brandenburgicae*... Angelusa jest właśnie kroniką tych terenów.

Jednak zjawisko atmosferyczne nie kosmiczne

Niemiecki badacz zmian klimatu Stefan Militzer w swoim trzypięciowym opracowaniu również wymienia zdarzenie z czerwca 1591 roku w okolicach *Kunersdorf*. Analizując stare kroniki opracował on katalog wydarzeń historycznych, których naturę można powiązać ze zmianami klimatu i pogody. Klasyfikował doniesienia m.in. o klęskach głodu, powodziach, katastrofalnych upałach i chłodach, nawałnicach, tornadach, gradobicich, plagach szarańczy i pomorze bydła. Dla tak skatalogowanych informacji wprowadził ujednolicony system oznaczeń i skal pozwalających na statystyczną analizę wynikających z nich zmian klimatu i anomalii pogodowych. W systemie oznaczeń Militzera i ich interpretacji, **zdarzenie w Kunersdorf to burza i grad!**

Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w czerwcu 1591 roku w okolicach Kostrzyna nad Odrą nie było spadku meteorytów.

Więcej informacji na portalu wiki.meteoritica.pl

Jan Woreczko

Obrona pracy doktorskiej kol. Agaty Krzesińskiej — święto polskiej meteorytyki

Wiesław Czajka

Piątek, 21 lutego 2014 roku we Wrocławiu był, jak na zimowy okres, pięknym słonecznym dniem z dodatnią temperaturą. Słońce świeciło nad polską meteorytyką.

Wszystko zaczęło się w południe, w przytulnej sali konferencyjnej z niedużym zapleczem na parterze Ośrodka Badawczego Instytutu Nauk Geologicznych PAN przy ulicy Podwale 75. Mniej znającym Wrocław wyjaśnijmy, że siedziba ośrodka mieści się w pałacyku przy fosie okalającej Stare Miasto, sprzed którego widać dawne obserwatorium astronomiczne mieszczące się na bastionie forticznym, obecnie zwanym Wzgórzem Partyzantów. Ta topograficzna bliskość astronomii i nauk o Ziemi i planetach zmaterializowała się w rozprawie doktorskiej magister Agaty Krzesińskiej, naszej koleżanki z Polskiego Towarzystwa Meteorytowego. Promotorów, nietypowo, było dwóch: prof. dr hab. Andrzej Żelaźniewicz z Instytutu Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk i prof. dr hab. Ryszard Kryza z Wydziału nauk o Ziemi Uniwersytetu Wrocławskiego. Pierwszego specjalnością jest tektonika, drugiego mineralogia. Dwoistość promotorów była odzwierciedleniem treści rozprawy doktorskiej, w której zamieszczono wyniki badań nad procesami chemicznymi i zmianami składu mineralnego na styku deformacji wynikłych w czasie zderzeń kosmicznych materii, z której zbudowane są meteoryty pułtuskie. Tytuł pracy brzmiał bowiem „Deformacja i metamorfizm meteorytu pułtuskiego”.

Prowadzenie obrony publicznej powierzono prof. dr hab. Andrzejowi Muszyńskiemu z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, który zgodnie z obyczajem przedstawił życiorys i dorobek naukowy doktorantki, która ukończyła studia magisterskie na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu uzyskując

tytuł magistra geologii w 2008 roku na podstawie pracy „Analiza mikrostrukturalna wybranych fragmentów rdzenia wiertniczego wysadu solnego Dębina”. Przewód doktorski otwarto w listopadzie 2010 roku, zaś pracę do obrony dopuszczono w lutym 2014 roku.

Następnie broniąca wygłosiła tezy swojej pracy. Materiał badawczy oparty był na 26 fragmentach meteorytu PUŁTUSK z polskich kolekcji muzealnych i prywatnych. Próbkę poddane były wyrafinowanym badaniom takim jak rentgenowska tomografia komputerowa, mikroskopia w świetle przechodzącym i odbitym, mikroskopia SEM (elektronowa), spektroskopia ramanowska, analiza anizotropii podatności magnetycznej. W prezentacji padały terminy trudne. W podsumowaniu ostatecznie dowiedzieliśmy się, że PUŁTUSK to zbrekcyjowany chondryt H4-6, lokalnie H3.8 z fragmentami typu CM2.6, poddany deformacjom, których stopień określono jako S2-S3. Bardziej przystępnie można powiedzieć, że jest to krzemianowy zlepek kosmiczny powstały z materiału przetapianego w kilkuset stopniach w co najmniej trzech wydarzeniach zderzeniowych. Wydarzenia te miały różny wiek i charakter. Pierwsze, najstarsze, nastąpiło w epoce kształtowania się pierwotnego ciała macierzystego z którego powstały badane meteoryty (epoka akrecji), drugie w czasie „wielkiego bombardowania” (około 3,7 miliarda lat temu) i najmłodsza o wieku trudnym do określenia. Wykład doktorantki był poprowadzony w tempie, przejrzyście, z profesjonalizmem. Tę część zakończyły zasłużone oklaski.

Pierwszym recenzentem był dobrze nam znany prof. dr hab. Łukasz Karwowski z Uniwersytetu Śląskiego. W jego opinii, oprócz fachowych stwierdzeń, znalazło się sformułowanie oceniające pracę doktorską, jako najbogatsze obecnie opracowanie meteorytu pułtuskiego. Profesor wskazał na walor oryginalności tego nieszablonowego

opracowania naukowego. Na końcu recenzji wnioskował pracę do wyróżnienia.

Drugim recenzentem był również znany nam profesor Politechniki Wrocławskiej dr. hab. Tadeusz Przylibski. Wypowiedź rozpoczął od uwag krytycznych dotyczących stosowania języka polskiego w określeniach fachowych. Uwagi te wynikały z poczucia odpowiedzialności recenzenta, gdyż potem padły superlatywy, spośród których ujmującym było, że sam recenzent stwierdził, że z pracy wiele się nauczył. Podkreślił wzorowy układ pracy, jej obszerność (239 stron), bogaty materiał graficzny, tworzący pewien nowy wzór tego rodzaju opracowań. Recenzent również wniósł o wyróżnienie.

Z kolei do uwag recenzentów ustosunkowała się kol. Agata Krzesińska. Czytelnicy wybaczą, ale ta część dysputy prowadzona była w języku samodzielnych pracowników naukowych i relacjonującemu trudno było nawet zanotować ideę wymiany zdań ze względu na trudny dla laika język naukowy. „Tak, czy siak” nasza doktorantka podziękowała recenzentom.

Rozpoczęła się część publiczna, czyli zadawanie pytań. Pytania zadawali dr Siemiątkowski, prof. Kryza, dr Jakubowski, mgr Stryjewski. Było pytanie o protolit, szacowanie ilościowe materii pierwotnej, przyszłe badania chondrytów i ich porównanie w kontekście przedstawionej pracy. W odpowiedzi, ze względu na ciągle zbyt małą próbę badawczą, na tym etapie wiedzy nie na wszystkie pytania jesteśmy już w stanie znać odpowiedź. Nastąpiło zamknięcie publicznej dyskusji. Komisja udała się na naradę.

Po krótkiej przerwie, wypełnionej kuluarową wymianą zdań w mniejszych grupkach, do zebranych powróciła komisja, po czym nastąpiło ogłoszenie o zdolności doktorantki do prowadzenia samodzielnych prac naukowych, co w przypadku kol. Agaty Krzesińskiej oznacza nadanie tytułu doktora nauk geologicznych. Ponownie usłyszeliśmy oklaski. Komisja wyznaczona do przeprowadzenia rozprawy wniosła do rady naukowej ING PAN o wyróżnienie pracy zgodnie z przepisami dotyczącymi nadawania tytułów naukowych.

Nie pozostało nic innego jak szybko podbiec i gratulować naszej Koleżance.

W tym znaczącym wydarzeniu uczestniczyło niespełna 40 osób. Przede wszystkim obecni byli przedstawiciele nauki: promotorzy, recenzenci, dyrektorzy i pracownicy instytucji naukowych, ale w obronie uczestniczyli też rodzice kol. Agaty, przyjaciele i znajomi, starsi i młodszy. W spektrum obecnych było jednak widać wyraźną dominację przedstawicieli Polskiego Towarzystwa Meteorologicznego. Stowarzyszenie reprezentowali doktorantka (kol. Agata Krześcińska), promotor (kol. Ryszard Kryza), recenzenci (kol. Łukasz Karwowski, kol. Tadeusz Przylibski), prowadzący obronę (kol. Andrzej Muszyński), członkowie zarządu (kol. Wiesław Czajka, kol. Tomasz Jakubowski) i wspierająca swoją koleżankę Katarzyna Łuszczek. Jeśli dodać sympatyków naszego stowarzyszenia dr Jacka Siemiątkowskiego (byłego członka) i kol. Antoniego Stryjewskiego z Muzeum Mineralogicznego we Wrocławiu, to wydaje się, że obrona okazała się świętem Polskiego Towarzystwa Meteorologicznego i polskiej meteorologii. Trzeba niestety dodać, że zabrakło w wydarzeniu astronomów. Może dlatego, że w ten weekend (21–23 lutego) odbywało się w Warszawie XXIX Seminarium Pracownicy Komet i Meteorów oraz 10-lecie PFN (Polska Sieć Bolidowa). Terminy spowodowały podzielenie się najbardziej zainteresowanych środowisk.

Zapamiętajmy datę obrony kol. Agaty Krześcińskiej. Możemy w przyszłości przeoczyć wagę tego wydarzenia dla polskiej meteorologii i tradycji mineralogicznych Wrocławia. Doktorat wyznaczył poziom, do którego będą musieli równać następcy. Wzorzec został wyznaczony. Z drugiej strony, dzięki pracy, wiedza na temat meteoritu pułtuskiego wzrosła tak, że przełamuje dotychczasowy sposób myślenia w badaniach rozwoju Układu Słonecznego. Gratulujemy jeszcze raz doktorowi nauk geologicznych Agacie Krześcińskiej i życzymy dalszych publikacji, szczególnie zagranicznych i tych popularnych, dzięki którym lepiej pojmujemy nasz Kosmos.

Kończąc, dla porządku autor dodaje, że po udanej obronie uczestniczył wraz z innymi na miejscu w kameralnym poczęstunku, który w znacznej części wykonany był przez samą bohaterkę. Po miłych rozmowach musieliśmy wracać do swoich obowiązków.

