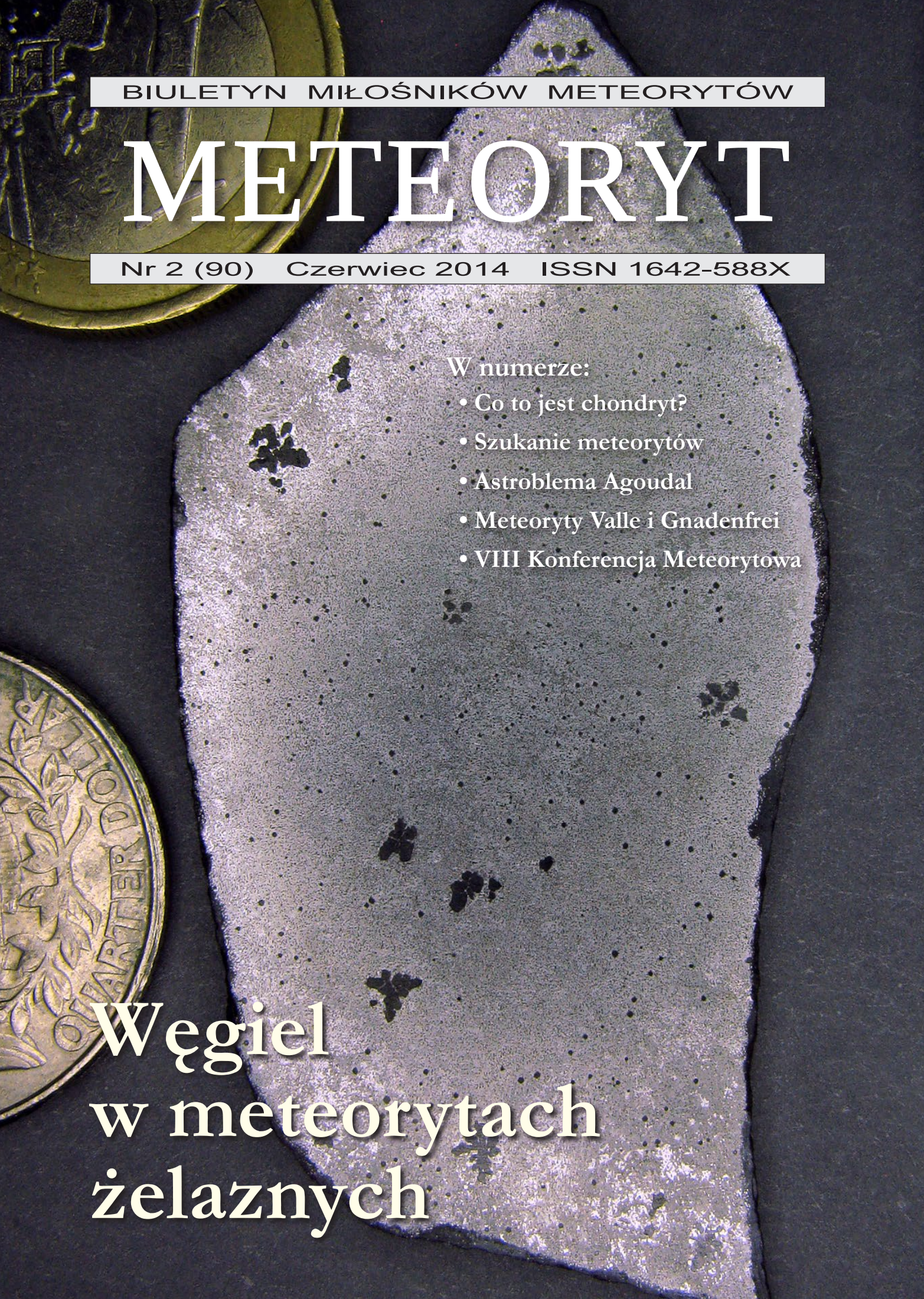




BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 2 (90) Czerwiec 2014 ISSN 1642-588X

W numerze:

- Co to jest chondryt?
- Szukanie meteorytów
- Astroblema Agoudal
- Meteoryty Valle i Gnadenfrei
- VIII Konferencja Meteorytowa

Węgiel
w meteorytach
żelaznych

METEORYT

kwartalnik
dla miłośników meteorytów

ISSN 1642-588X

Wydawca:

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

tel. (89) 533 49 51

opioa@planetarium.olsztyn.pl

konto:

88 1540 1072 2001 5000 3724 0002

BOŚ SA O/Olsztyn

Kwartalnik jest dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 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. Piłski

skr. poczt. 6

14-530 Frombork

tel. kom. 696 805 247

aspmet@wp.pl

Redakcja techniczna i skład komputerowy: Jacek Drązkowski

Druk: Drukarnia Jan, Lidzbark W.

Od Redaktora:

Wydarzeniem pierwszej połowy tego roku była niewątpliwie konferencja i walne zebranie Polskiego Towarzystwa Meteorytowego we Wrocławiu, które otworzyło nowy etap w historii PTMet. Wybór nowych władz Towarzystwa sprawił, że jego siedziba przeniosła się z Górnego Śląska na Dolny Śląsk, a Wrocław umocnił się w roli centrum polskiej meteorytyki. Redaktor nie mógł uczestniczyć w tym osobiście z powodów zawodowych i rodzinnych, więc zaprasza do zapoznania się z relacją uczestników z Łodzi, którzy za dwa lata zamierzają zorganizować konferencję u siebie.

Kolejnym ważnym dla polskiej meteorytyki wydarzeniem będzie we wrześniu wizyta w Poznaniu profesora Johna T. Wassona. Jest to chyba pierwszy przypadek, gdy nasz kraj odwiedzi tak wybitny badacz meteorytów, twórca chemicznej klasyfikacji meteorytów żelaznych. 19 września przedstawi on dwa wykłady „IAB and IIE: groups of iron meteorites that not form in cores” dla badaczy i miłośników meteorytów oraz „Chondritic meteorites, the building blocks of the planets: Isotopic differences and the episodic accretion of the solar nebula” dla wszystkich zainteresowanych. Ten drugi wykład jest planowany na godz. 18 w auli Lubrańskiego.

Dzięki pomocy prof. Wassona dość szybko został sklasyfikowany nowy polski meteoryt żelazny Tartak IIIAB (<http://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php?code=59591>). Meteoryt ten, ważący 7,6 kg, pojawił się w marcu 2013 r. na portalu aukcyjnym Allegro i według sprzedawcy został znaleziony przez niego w 2008 roku koło wsi Tartak w powiecie suwalskim. Potem znalazła pociąg meteoryt na płytce i sprzedał stopniowo kolekcjonerom. Jedną z płytek otrzymał prof. Wasson i dzięki temu meteoryt mógł zostać sklasyfikowany. Warunkiem klasyfikacji jest bowiem przekazanie fragmentu meteorytu do muzeum lub instytucji badawczej, która może udostępnić go potem zainteresowanym badaczom. Dostępny do badań fragment Tartaka znajduje się w UCLA, w USA.

Problem współpracy poszukiwaczy meteorytów z badaczami jest poruszany w dwóch artykułach tłumaczonych z „Meteorite” i wciąż jest dyskutowany w meteorytowym środowisku. Z jednej strony jest oczywiste, że bez pracy poszukiwaczy wiele ważnych dla nauki meteorytów nie trafiłoby do badaczy. Z drugiej strony zbyt często niefrasobliwość poszukiwaczy jest przyczyną utraty cennych dla nauki informacji. Niemniej wydaje się, że nie ma lepszego rozwiązania niż ścisła współpraca naukowców z poszukiwaczami.

Na prośbę redaktora został przygotowany dla „Meteorite” artykuł o węglu w meteorytach żelaznych przetłumaczony do tego numeru. Trochę brakuje w nim Moraska, ale większość podanych tam informacji do Moraska się stosuje. Warto więc go przestudiować zamieniając w myśli Canyon Diabło czy Odessę na Morasko.

Andrzej S. Piłski

Na okładce:

Węgiel, w postaci grafitu, występuje w meteorycie żelaznym NWA 5804, o zrekrytalizowanej teksturze, w postaci małych kuleczek i jako większe, rozetowe skupienia. Zdjęcie do artykułu R. Warina i J. Kashuby „Węgiel w meteorytach żelaznych” na s. 6.

Na zdjęciu obok:
Meteoryt Tartak z wytrawioną powierzchnią przecięcia.
Fot. Piotr Przywicz (za zgodą)



Handel meteorytami, Meteoritical Society i International Meteorite Collector's Association: Następny krok

Derek Sears

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Poniższe oświadczenie opublikowała w najnowszym biuletynie Meteoritical Society, stowarzyszenia badaczy meteorytów i popularyzatorów meteorytyki, dr Monica Grady, prezes Meteoritical Society:

Jednym z problemów, z którymi borykamy się od lat jako Meteoritical Society, jest handel meteorytami. Odbywa się on przez cały czas i nawet gdybyśmy chcieli, nie możemy go kontrolować. Nie możemy też nadzorować tego handlu, by zapewnić, że lokalne prawa własności są przestrzegane — o ile wiem, bardzo niewielu z nas jest specjalistami w zakresie prawa własności w jakimś kraju, a tym bardziej w wielu krajach zainteresowanych meteorytami. To co możemy jednak zrobić, to przygotować wytyczne, by pomóc handlarzom, kolekcjonerom, kustoszom i badaczom działać wspólnie by zapewnić, że zgodny z prawem handel meteorytami przebiega bezpiecznie. Zrobiliśmy już dobry początek w tym zakresie wprowadzając wymagania ze strony Komisji Nazewnictwa Meteoritical Society, że określona ilość materii musi być złożona w znanej instytucji i udostępniona do badań. Bez spełnienia tego warunku meteoryt nie otrzyma oficjalnej nazwy. Także, dzięki współpracy redaktorów naszych czasopism, prace poświęcone nie nazwanym meteorytom nie będą akceptowane do publikacji. Aby zapewnić ustosunkowanie się do innych problemów związanych z handlem meteorytami powołałam grupę roboczą mającą opracować dodatkowe wytyczne dla Towarzystwa. Ponieważ problem jest trudny, w grupie roboczej uczestniczy pięciu byłych prezesów Towarzystwa: Joe Goldstein, Gary Huss, Hiroko Nagahara, Herbert Palme (przewodniczący) i Ed Scott. Mam nadzieję, że grupa robocza zdoła przedstawić Radzie wstępną wersję

swych wniosków przed posiedzeniem Rady w marcu.

Sądzę, że jest to pierwszy przypadek, gdy Meteoritical Society rozważa opracowanie zasad postępowania z problemami handlu meteorytami, chociaż wiele powiedzieli już i napisali na ten temat i członkowie Meteoritical Society i inni. Gdy byłem redaktorem *Meteoritics and Planetary Science*, napisałem na ten temat opinię redaktora („What price meteorite collections”, vol. 31, 1996, p. 695). Również sami handlarze meteorytów, przygotowali takie oświadczenia dotyczące polityki handlu, gdy tworzyli pod koniec ubiegłego wieku International Meteorite Collectors Association, którego głównym celem było promowanie etycznego prowadzenia handlu. Każde wydanie kwartalnika *Meteorite* od roku 1995 zawierało oświadczenia dotyczące odpowiedzialnego postępowania z meteorytami. Miło więc widzieć, że Meteoritical Society podejmuje kroki w tym kierunku.

Komisja Nazewnictwa została utworzona by ogłaszać nowe meteoryty i nadawać im odpowiednie nazwy korzystając z wzorców Międzynarodowej Unii Astronomicznej i Międzynarodowego Towarzystwa Mineralogicznego. Poszła jednak dalej domagając się zakazu publikowania artykułów używających „nieoficjalnych” nazw (lekceważąc proces recenzowania publikacji) i odmawiając nadawania nazw meteorytom dopóki (1) meteoryty nie zostaną profesjonalnie sklasyfikowane i (2) 20% lub 20 g (zależy co jest mniejsze) nie zostanie przekazane do akceptowanej przez nich kolekcji. Niektórzy handlarze meteorytów dowodzili wtedy, że jest to opodatkowanie bez prawa do reprezentacji. Z pewnością jest to „policja” jak by tego nie nazwał.

Cóż, czas płynie. Kilkadziesiąt lat później większość handlarzy przyjmuje system nazywania meteorytów wprowadzony przez Meteoritical Society. Nagłaśniają oni podporządkowanie się tym regułom i są zadowoleni z powiązania ich z kolekcjami, które musieli podarować. Błogosławieństwo Meteoritical Society w rzeczywistości podnosi wartość ich meteorytów. Oczywiście istnieje wąskie gardło, ponieważ niewiele profesjonalnych grup jest zainteresowanych rutynową klasyfikacją meteorytów. Pewien handlarz ocenił ostatnio, że na półkach handlarzy leży 10000 meteorytów, ponieważ nie mogą oni znaleźć badaczy, którzy by je sklasyfikowali. Innymi słowy procedura Meteoritical Society może oddalać meteoryty od badaczy. Może to być zadanie dla Meteoritical Society by wykorzystując dostępne rezerwy finansowe ufundowała pracownię, której jedynym zadaniem byłoby klasyfikowanie nowych meteorytów.

Tak więc ta nowa, powołana doraźnie grupa robocza ma do rozważenia wiele problemów znanych tym, którzy wędrowali tą drogą wcześniej. Nie jest dobrze, że tylko jeden z członków tej grupy miał bezpośrednio do czynienia z handlem meteorytami. Gary jest synem dobrze znanego dealera, Glenna Husa, zięcia Harveya Nininera, natomiast pozostali członkowie tej grupy roboczej są zawodowymi naukowcami.

Mam nadzieję, że ta doraźna grupa robocza dostrzeże sens współpracy z prywatnymi poszukiwaczami-dealerami. Współdziałanie jest korzystne dla obu stron. Jest pewne, że wiele cennych meteorytów nie trafiłoby do rąk badaczy, gdyby nie poszukiwacze i dealerzy. Jak niedawno pokazał przypadek Sutter's Mill, nie jest oczywiste, że jakakolwiek akcja policyjna jest

konieczna, by meteoryty trafiły do rąk badaczy. Sądzę, że mamy na przykład znacznie więcej chondrytów zwyczajnych niż potrzebujemy do badań i że są one dobrze wykorzystywane w handlu jako forma popularyzacji. Zachęcałbym społeczność meteorytową do powołania stałej komisji złożonej z badaczy i dealerów, którzy razem pracowaliby, aby chronić przed nadużyciami w wykorzystywaniu cennych zasobów przyrodniczych i wspierać etyczne prowadzenie handlu i badań.

Sądzę, że taka komisja mogłaby być również przykładem dla innych dziedzin mających podobne problemy, jak mineralogia czy archeologia.

Derek Sears jest profesorem w Bay Area Environmental Research Institute należącym do NASA Ames Research Center w Mountain View w Kalifornii. Do lata 2011 r. był profesorem w University of Arkansas. Jest naczelnym redaktorem kwartalnika Meteorite. Interesuje się pochodzeniem i historią chondrytów, ich

związkiem z planetoidami oraz historią meteorytyki i badań planet.



Co to jest chondryt?

Alan Rubin

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Rzut oka na tabelę klasyfikacji meteorytów może pokazać, że chondryty obejmują 14 głównych grup podzielonych na cztery klasy: trzy grupy chondrytów zwyczajnych (H, L i LL), jedną grupę rumurutitów (R), dwie grupy chondrytów enstatytowych (EH, EL) i osiem grup chondrytów węglistych (CI, CM, CO, CR, CV, CK, CB, CH). Jednak jeśli chondryty CV i CK są w istocie członkami tej samej grupy (czego dowodziłem na tych stronach), to mielibyśmy tylko siedem grup chondrytów węglistych i 13 grup chondrytów ogółem. Niektórzy badacze nie sądzą, że chondryty CB (czyli bencubbinity) i CH formowały się w mgławicy słonecznej i chcą usunąć je z listy prawdziwych chondrytów. A dla uproszczenia pomijam grupki chondrytów (np Coolidge i Loongana 001; Kakangari i Lea County 002) oraz wyjątkowe, niezgrupowane chondryty (np Adelaide; Ningqiang; Tagish Lake) chociaż mogą to być fascynujące skały.

Co te chondryty mają ze sobą wspólnego? Nazwa „chondryt” pochodzi od chondr, które większość z nich zawiera, ale obecność chondr nie jest rozstrzygającą cechą charakterystyczną. Zawartość chondr i ich fragmentów waha się od ~0% objętościowo w chondrytach CI do ~65-75% objętościowo w chondrytach zwyczajnych typu 3. Przetopione w wyniku zderzeń chondryty, takie jak PAT 91501, chondr nie mają, a niektóre silnie zmetamorfizowane chondryty,

takie jak Eagle EL6, zawierają tylko nieliczne, łatwe do zidentyfikowania chondry. Niemniej wydaje się, że wszystkie chondryty albo wciąż mają albo kiedyś miały chondry. Przed stopieniem wskutek zderzenia i przed metamorfizmem cieplnym PAT 91501 przypuszczalnie miał liczbę chondr typową dla chondrytu L3; wiele lat temu nawet zidentyfikowałem w tym chondrycie jedną, reliktową, belkową chondrę oliwinową. Chociaż wiele chondrytów typu 6 jest silnie zrekrystalizowanych i ma gruboziarnistą teksturę, to czasem można w nich zauważyć nieliczne chondry oliwinowe i wyjątkowo duże chondry (dowolnego typu teksturalnego).

Nawet chondryty CI miały kiedyś chondry. Rozdrobnienie i rozseparowanie całej skały CI ze względu na gęstość pozwala wyłowić izolowane ziarna oliwinu i piroksenu oraz nieliczne, polikrystaliczne agregaty oliwinowo-piroksenowe. Wyodrębnione ziarna oliwinu z CI mają taki sam zakres zawartości CaO i FeO jak nieuszkodzone chondry w chondrytach CM, co sprawia, że jest prawdopodobne, iż te ziarna w CI są w rzeczywistości fragmentami chondr pochodzącymi z przeobrażonych pod wpływem wody i rozkruszonych chondr porfirowych. Przed przeobrażeniem zawartość chondr w chondrytach CI była niewątpliwie niska, ale nie było to 0% objętości.

Tak więc jedną z odpowiedzi na pytanie, co to jest chondryt, jest, że

jest to meteoryt, który posiada lub kiedyś posiadał chondry. Czy jednak chondry mogą występować także w innej materii?

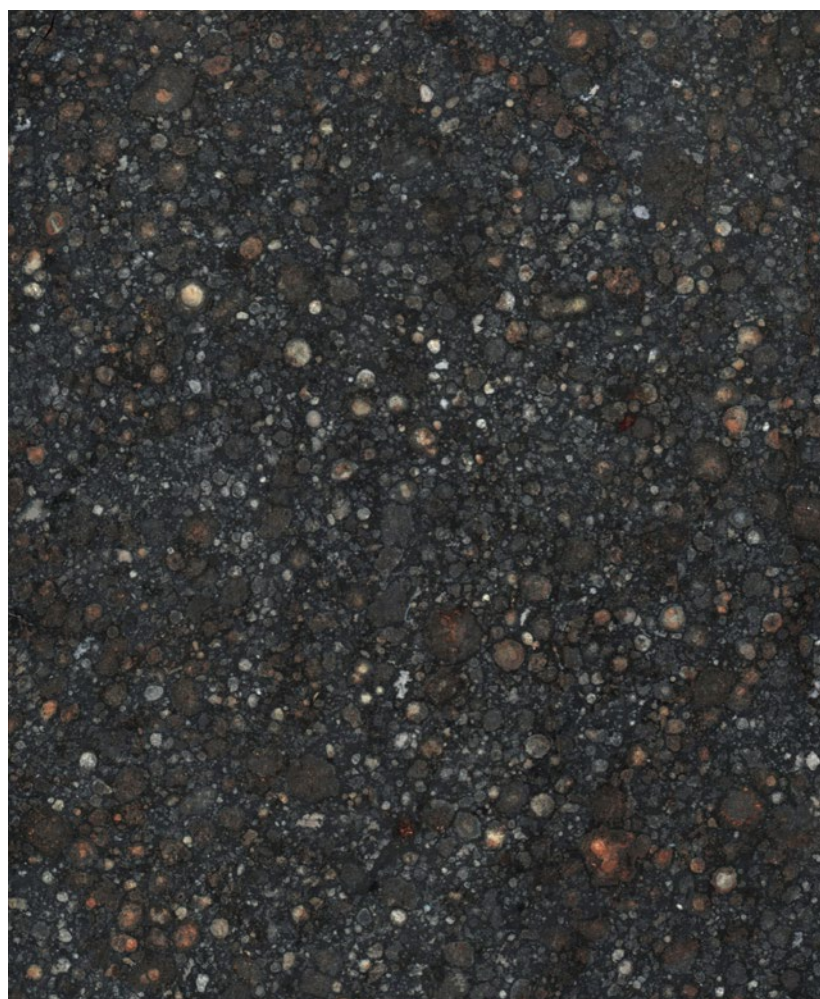
Gdy przywieziono pierwsze próbki z programu Apollo, to wiele fragmentów skał z powierzchni Księżyca zawierało liczne, magmowe kuleczki, które badacze nazwali „księżycowymi chondrami”. Te obiekty były wielkości chondr, a niektóre miały porfirową teksturę. Jednak te księżycowe kulki nie są chondrami. Powstały one wskutek zderzeniowego topienia materii w księżycowym regolicie. W przeciwieństwie do typowych chondr meteorytowych te księżycowe kuleczki powstały wskutek całkowitego stopienia poprzedzających je skał i mają frakcjonowane schematy zawartości pierwiastków ziem rzadkich. Księżycowe skały zawierają stosunkowo mało kuleczek, co wskazuje na małą wydajność ich produkcji. Kuleczki te nie mają także obwódki magmowych. W przeciwieństwie do tego większość badaczy utrzymuje, że oryginalne chondry (czyli te z chondrytów) powstawały jako izolowane kropelki w mgławicy słonecznej wskutek pewnych procesów błyskawicznego topienia. Obwódki magmowe reprezentują topienie drobnoziarnistego pyłu otaczającego izolowaną chondrę. Tak więc, mimo podobnego wyglądu, obiekty w próbkach z Księżyca nie są prawdziwymi chondrami i księżycowe brekcje regolitowe nie mogą być uważane za chondryty. Podobnie

występowanie nielicznych, wytworzonych przez zderzenia, magmowych kuleczek w howardytach nie czyni tych achondrytów chondrytami.

Innym podejściem do uzyskania odpowiedzi na pytanie, czym jest chondryt, jest przyjrzenie się ogólnemu składowi chemicznemu tych skał. Jest on podobny do składu fotosfery Słońca. Wykres zawartości pierwiastków w chondrytach CI w stosunku do ich zawartości w fotosferze Słońca pokazuje, że większość pierwiastków trafia na lub w pobliżu linii o nachyleniu -1 co pokazuje, że oba obiekty mają bardzo podobny skład. Jest to odzwierciedleniem faktu, że chondryty reprezentują stałą (skondensowaną) materię mgławicy, z której formowało się Słońce, planety, planetoidy i komety. Wodór i hel lokują się znacznie powyżej linii; te pierwiastki pozostały w gazie i nie uległy akrecji do planetozymali (choć niewielka ilość wodoru została włączona do związków organicznych, które trafiły do chondrytów). Węgiel, azot i tlen są nieco powyżej linii, ponieważ znaczna część tych pierwiastków utworzyła związki (np. CO, N₂, H₂O), które pozostały w gazie mgławicy. Lit trafia znacznie poniżej linii, co jest cechą, którą Słońce dzieli z innymi gwiazdami posiadającymi planety. Powód małej zawartości litu w Słońcu nie jest jeszcze jasny, niemniej obecna zawartość litu w chondrytach jest bardziej dokładną reprezentacją jego pierwotnej zawartości w mgławicy.

Gdyby usunąć ze Słońca wszystkie wodór i hel, to pozostałoby niewiele (tylko $\sim 1,3\%$ początkowej masy), ale ta pozostała materia miałaby (z nielicznymi wyjątkami) takie same względne proporcje pierwiastków jak te stwierdzone w chondrytach.

Jednak nie wszystkie chondryty mają taki sam ogólny skład chemiczny. Zawartość takich „wysokotemperaturowych pierwiastków litofilnych” jak glin, skand, wapń oraz pierwiastków ziem rzadkich waha się od 40% więcej niż w chondrytach CI (w chondrytach CV) do 40% mniej niż w chondrytach CI (w chondrytach EH). Choć w różnych grupach chondrytów zawartość tych pierwiastków jest różna, to ważne jest stwierdzenie, że jest niewielka zmienność zawartości pierwiastka względem pierwiastka, tj. zawartości glinu, wapnia i samaru,



na przykład, w danym chondrycie są wszędzie takie same. Geochemicy mówią, że te pierwiastki mają płaski wykres bez frakcjonowania.

W przeciwieństwie do tego zawartości tych pierwiastków może zmienić aktywność magmowa. Niektóre pierwiastki (takie jak Eu) trafiają w trakcie krystalizacji stopu głównie do kryształów (w tym przypadku plagioklazu), podczas gdy inne pierwiastki ziem rzadkich są „niekompatybilne” i mają skłonność do pozostawania w cieczy. Prowadzi to do tego, że wiele eukrytów ma frakcjonowane (nie płaskie) wykresy pierwiastków ziem rzadkich. Kumulatywne eukryty, które składają się z kryształów, które osiadły na dnie komory magmowej, mają stosunkowo niskie zawartości pierwiastków ziem rzadkich z wyjątkiem europu, którego zawartość jest wysoka. Nie-kumulatywne (czyli normalne) eukryty zwykle mają wyższe zawartości pierwiastków ziem rzadkich, ale wiele z nich ma niższą zawartość europu.

Tak więc inna odpowiedź na tytułowe pytanie brzmi, że chondryt jest to meteoryt, który ma „słoneczny”

czy „kosmiczny” skład chemiczny, przy czym w przypadku wysokotemperaturowych pierwiastków litofilnych występują tylko nieznaczne różnice zawartości tych pierwiastków względem siebie.

Chociaż spadające na Ziemię meteority nie stanowią reprezentatywnej próbki pasa planetoid, to fakt że 82% obserwowanych spadków to chondryty wskazuje, że Układ Słoneczny ma zasadniczo skład chondrytowy, a większość planetoid nigdy nie uległa stopieniu.



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

Węgiel w meteorytach żelaznych

Roger Warin i John Kashuba

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Dzięki badaniu meteorytów znacznie wzrosła wiedza o formowaniu się Układu Słonecznego. Nie możemy obserwować bezpośrednio, jak zlepiały się ze sobą pierwsze skalne ciała na niestabilnych orbitach wokół młodego Słońca. Istnieje jednak dostępny nam zapis, który

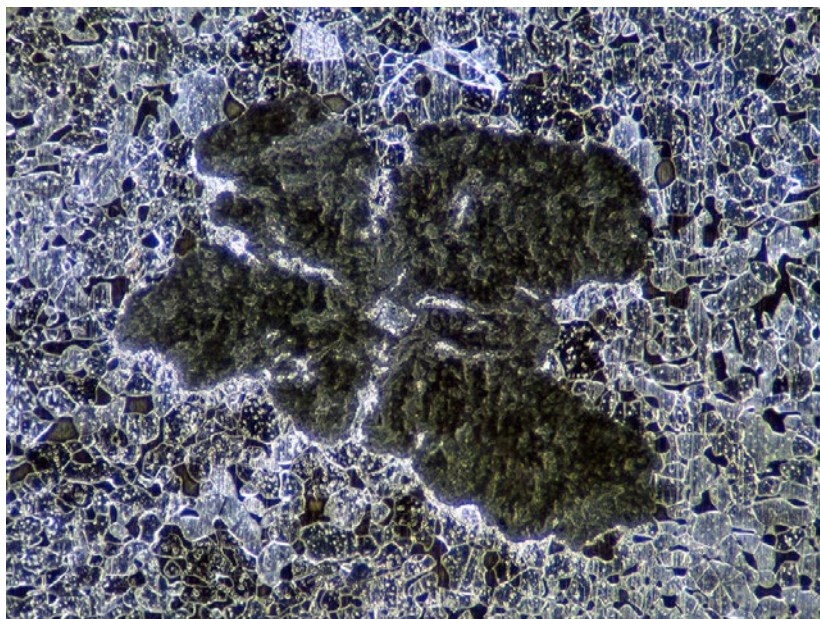
możemy odczytać ze struktury i składu chemicznego próbek planetoid, które trafiły na Ziemię.

Sporo dziś wiemy o planetoidach dzięki meteorytom żelaznym w naszych zbiorach. Pochodzą one z około 65 różnych ciał macierzystych. Wiemy, że średnice tych ciał macierzystych

mogły wahać się od zaledwie 6 km do ponad 1000 km. Wiemy, że niektóre z nich uformowały się, stopiły i uległy dyferencjacji, zanim uformowały się ciała macierzyste chondrytów. Było to pierwsze masowe rozseparowanie i skoncentrowanie pierwiastków i minerałów od momentu nukleosyntezy. Sądzymy, że te ciała formowały się w młodym dysku protoplanetarnym, w mniej więcej takiej odległości od Słońca, w jakiej obecnie znajduje się Ziemia. Później warunki w dysku spowodowały, że planety olbrzymy: Jowisz i Saturn wywędrowały na zewnątrz do miejsc zajmowanych obecnie, a młode ciała macierzyste planetoid zostały wymiecione razem z nimi do chłodniejszych rejonów Układu Słonecznego, w których możemy je znaleźć obecnie. Meteoryty żelazne, które reprezentują zestalone jądra zdyferencjowanych ciał, nazywane są meteorytami magmowymi. Niemagmowe meteoryty żelazne (niektórzy badacze preferują określenie: meteoryty żelazne z krzemianami) uważa się za uformowane w wyniku topnienia spowodowanego uderzeniem w ciała macierzyste, po którym nastąpiło grawitacyjne oddzielenie metalu od krzemianów.

W przeciwieństwie do dobrze znanego, wcześniejszego systemu opartego na strukturze, chemiczna klasyfikacja meteorytów żelaznych grupuje meteoryty według ich składu chemicznego, w tym zawartości pierwiastków śladowych. Każda z obecnych 14 grup reprezentuje odrębne ciało macierzyste lub grupę ciał macierzystych powiązanych ze sobą. Wiele niezgrupowanych meteorytów reprezentuje inne, odrębne ciała macierzyste. W miarę doskonalenia metod analitycznych i znajdowania nowych meteorytów uściślone są kryteria grup i opisywane nowe podklasy.

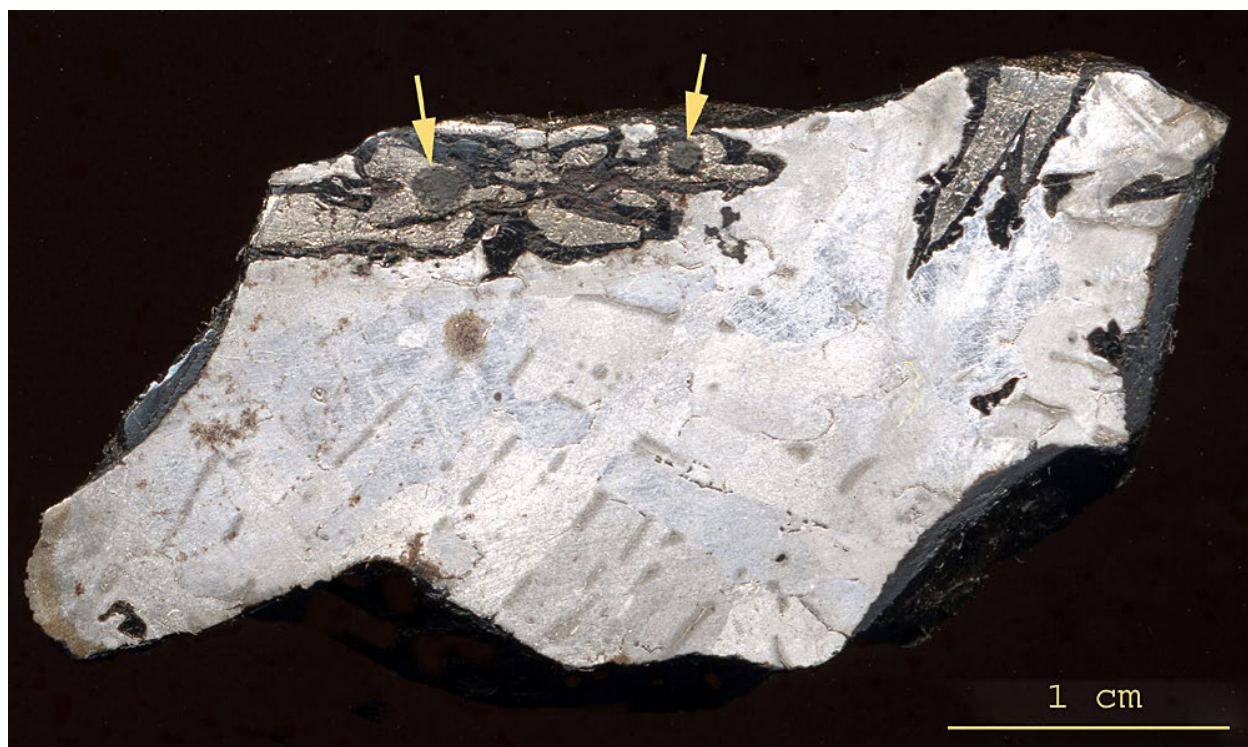
Dyferencjacja ciał macierzystych nastąpiła w początkach istnienia Układu Słonecznego, w ciągu pierwszych 30 milionów lat. Jądra planetoid zostały całkowicie stopione i otoczone krzemianowymi płaszczami.



Węgiel, w postaci grafitu, występuje w meteorycie żelaznym NWA 5804, o zrekrystalizowanej strukturze, w postaci małych kuleczek i jako większe, rozetowe skupienia. Widać to również na okładce tego numeru. Pierwiastki śladowe lokują ten meteoryt w kompleksie IAB, ale jest on niezgrupowany z powodu wyjątkowo niskiej zawartości złota. Pole widzenia ma 3 mm szerokości.



Grafit składa się z atomów węgla połączonych heksagonalnie w płaskie sieci ułożone warstwami. Jest czarny i miękki. To jest nodula grafitowa z meteorytu Canyon Diablo, przecięta i wypolerowana, z widocznymi żyłkami kamacytu, minerału żelaza i niklu.



Na tym silnie zszokowanym okazie meteorytu Canyon Diablo IAB-MG z obrzeża krateru widać charakterystycznie słabe figury Widmanstättena. Strzałki wskazują dwie ciemne bryłki, gdzie szok przekształcił grafit w diament i lonsdaleit. Wszystkie te trzy minerały są alotropowymi odmianami węgla.

Pierwiastki kompatybilne z tlenem zgromadziły się w płaszczu (fazy litofilne). Pierwiastki przyciągane przez żelazo (syderofilne), w tym siarka, fosfor i węgiel, zgromadziły się w fazie metalicznej. Z powodu swej wagi metal spłynął do centrum. Dowody wskazują, że wszystkie ciała macierzyste krystalizowały mniej więcej w tym samym czasie, w przedziale 100 milionów lat, i że czasy stygnięcia nie przekraczały 10 milionów lat, co jest dość krótkim czasem jak na proces geologiczny. Niemagmowe meteoryty żelazne również zostały stopione, ale wydaje się, że pochodzą one z ciał macierzystych, które nie uległy pełnej dyferencjacji lub zostały rozbite i scementowały się ponownie mieszając metal i krzemiany i czasem zawierają krzemianowe wrostki.

Całkowita zawartość węgla w poszczególnych chemicznych grupach jest bardzo różna. Wartości zależą prawdopodobnie od warunków panujących w mgławicy w miejscu formowania się ciał macierzystego. Największa zawartość węgla występuje w meteorytach żelaznych kompleksu IAB. Są one niemagmowe i licznie reprezentowane w światowych zbiorach. Należą do nich takie dobrze znane meteoryty jak Canyon Diablo, Odessa, Toluca, Mundrabilla, Campo del Cielo i Nantan.

Węgiel występuje w meteorytach żelaznych jako pierwiastek w postaci grafitu, lonsdaleitu i diamentu, oraz w połączeniu z metalem jako węgliki żelaza i niklu, głównie cohenit ($\text{Fe, Ni}_3\text{C}$) i haxonit ($\text{Fe, Ni}_{23}\text{C}_6$). Moissanit, węgiel krzemu (SiC), rzadki minerał odkryty po raz pierwszy w meteorytach Canyon Diablo, jest obecnie hodowany w laboratoriach, by uzyskać podobny do diamentu materiał dla przemysłu i jubilerów.

W meteorytach żelaznych IAB-MG

znaleziono kawałki grafitu ważące nawet do kilku kilogramów. Są one poprzecinane żyłkami żelaza niklonowego. Podobnie jak niektóre krzemiany znajdowane w meteorytach żelaznych, mogą być one składnikami, które nie zostały grawitacyjnie oddzielone od pierwotnego metalu stopionego w wyniku zderzenia. Znane wszystkim, centymetrowej wielkości nodule grafitu (i troilitu) w meteorytach Canyon Diablo, Odessa i innych, prawdopodobnie utworzyły się z późnego, resztkowego



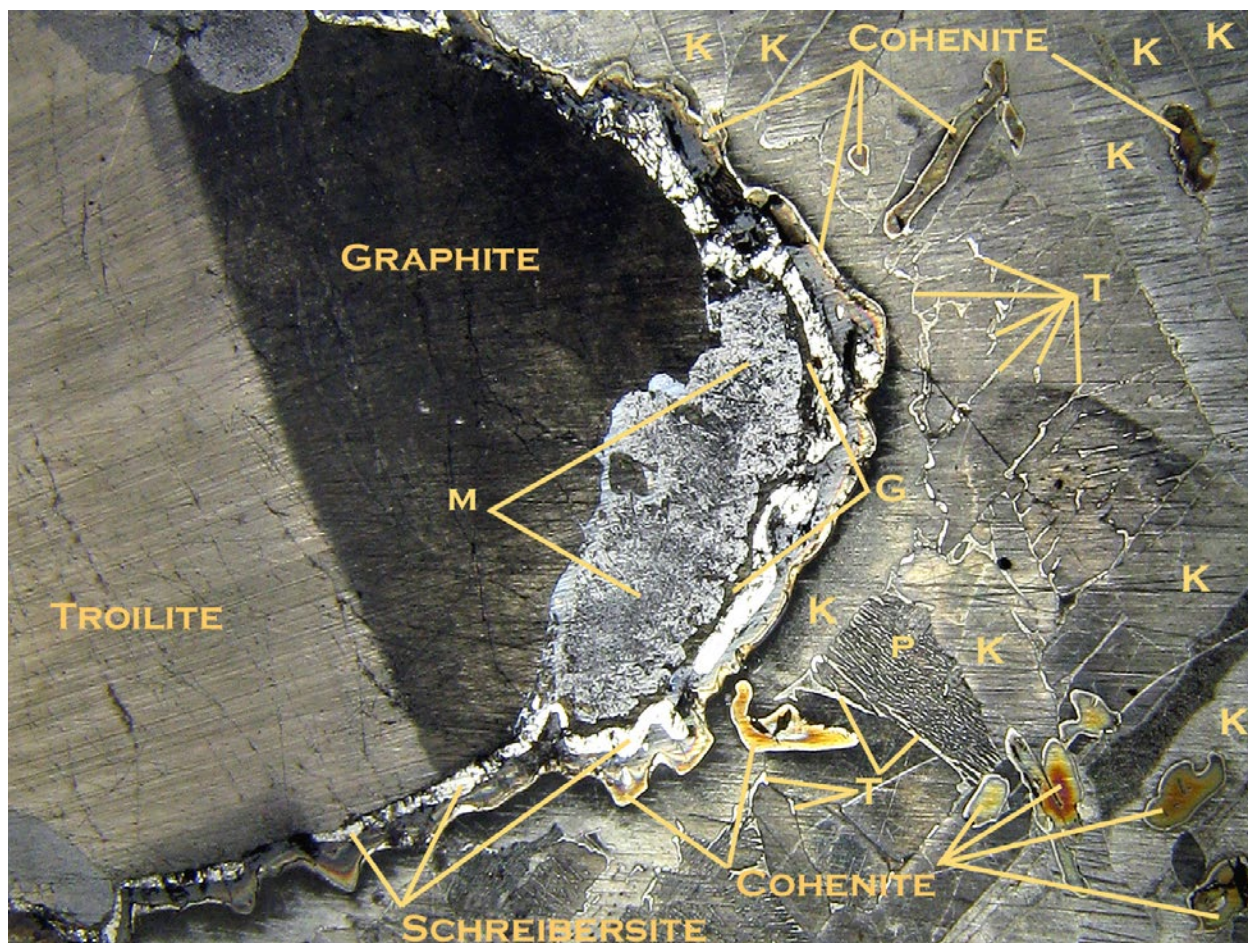
Bryłka w centrum wystaje ponad otoczenie i widać, że przy jej brzegach są twardsze cząstki. Po przebadaniu podobnych cząstek stwierdzono, że zawierają one przerastające się warstwy lonsdaleitu i diamentu. (Szczegół z poprzedniego zdjęcia).



Odessa, podobnie jak Canyon Diablo, należy do meteorytów żelaznych IAB-MG. Dowody wskazują, że uformowały się one w stopach pozderzeniowych w chondrytowym ciele macierzystym, w początkach istnienia Układu Słonecznego, w odległości od Słońca mniej więcej równej dzisiejszej odległości Ziemi. Ta wypolerowana i wytrawiona płytka ma 14 cm długości.



Plamki, które tu są ciemne, w płytkach kamacytu, zawierają węgiel. Jest to cohenit, węgiel żelaza, niklu i kobaltu $(Fe, Ni)_3C$. Haxsonit $(Fe, Ni)_{23}C_6$ jest innym węglikiem znalezionym w Odessie i innych meteorytach. Przy odpowiednim oświetleniu oba minerały mają srebrzystą barwę. Fragment meteorytu Odessa o szerokości 43 mm.



Część inkluzji w meteorycie Odessa o szerokości 22 mm. K – kamacyt, mineral żelaza i niklu z atomem w środku sześciannu, T – taenit, mineral żelaza i niklu z atomami w środkach ścianek sześciannu. Ma on większą zawartość niklu niż kamacyt i jest bardziej odporny na trawienie kwasem. G – grafit, P – plessyt, drobnoziarniste przerosty kamacytu i taenitu. M – wymieszane minerały.

stopu Fe, S, C.

Zaraz po zakrzepnięciu, w wysokiej temperaturze, żelazo z niklem było wyłącznie taenitem. W miarę stygnięcia, wewnątrz taenitu rozwijał się nowy stop. Był to kamacyt o małej zawartości niklu i sześciennych kryształach z niklem w centrum. Tworzył on płytki ułożone wzdłuż ścian ośmiobocznych kryształów taenitu. Była to dyfuzja w stanie stałym. Nikiel z wolna migrował z pewnych stref ciała stałego przez gorący stop (te strefy stawały się kamacytem) i zwiększał stężenie niklu w sąsiadującym taenicie. Był to powolny proces.

W miarę dalszego spadania temperatury zmniejszała się rozpuszczalność węgla i w kamacycie i w taenicie. W wyniku dyfuzji z roztworu tworzył on grafitowe obwódki wokół nodul troilitowych i krzemianowych. Cliftonit jest polikrystalicznym wytrąceniem grafitu tworzącym skupienia wewnątrz kamacytu. Nawet przy dość niskich temperaturach węgiel łączy się z Fe, Ni i Co tworząc węgliki: cohenit i haxonit. Są to twarde minerały o srebrzystym zabarwieniu. Cohenit

występuje głównie w meteoroidach zawierających 6 – 8% niklu. W kilku rzadkich miejscach został znaleziony także w ziemskim żelazie. Haxonit jak dotąd został znaleziony tylko w meteoroidach; w meteoroidach żelaznych, głównie w klanie IAB, i w jednym chondrycie węglistym.

Cohenit czasem otacza schreibersyt i pokryte schreibersytem nodule grafitowo-troilitowe. Cohenit tworzy się także wewnątrz płytek kamacytu. Często można to zobaczyć na przekrojach meteoroidów Canyon Diablo i Odessa. Cohenit jest niestabilny i może rozpadać się na grafit i kamacyt.

Drugi węgiel, haxonit, jest czasem znajdowany w polach plessytowych. Plessyt nie jest minerałem. Są to drobne przerosty kamacytu i taenitu, które występują w kilku postaciach i w figurach Widmanstättena zajmują pola między płytkami kamacytu i taenitu.

W zdarzeniach kraterotwórczych na Ziemi grafit został przekształcony przez szok w lonsdaleit i diament. Dokładne badania wykazały, że te trzy alotropowe odmiany węgla występują razem w bliskiej styczności w twardych cząstkach

wydobytych ze zszokowanych okazów Canyon Diablo z obrzeża krateru. Podobnie jak cohenit, lonsdaleit występuje przede wszystkim w meteoroidach i jest niezmiernie rzadkością na Ziemi. Został znaleziony w osadach diamentonowych w Jakucji.

Węgiel, ten podstawowy pierwiastek dla życia na Ziemi, był wytwarzany przez syntezy jądrowe w pokoleniach gwiazd żyjących i ginących zanim zrodził się nasz Układ Słoneczny. Był on obecny w mgławicy słonecznej, z której formowały się planety i planetoidy. W tych żelaznych skałach z kosmosu widzimy zapis tego procesu formowania się planet.



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

Wstępna meteorytowa praca w terenie

Część 1: Szukanie meteorytów

Steve Arnold i Robert Beauford

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Niemal każdy widział kiedyś spadającą gwiazdę. Kto nie widział, powinien wyznaczyć sobie tę przyjemność jako pierwsze zadanie domowe. Trzeba znaleźć ciemne miejsce, w którym nic nie zasłania widoku nieba, potem wziąć krzesło i coś zimnego lub ciepłego do picia, według uznania, usiąść podczas pogodnej nocy i patrzeć w górę. Niezależnie od pory roku sporadyczne meteory będą rozbłyskiwać na niebie z częstotliwością nazywaną częstotliwością tła. Typowo w danym miejscu meteory pojawiają się z częstotliwością od mniej więcej raz na pół godziny do raz na pięć minut zależnie od pory nocy i roku. Częstość ta znacznie wzrasta podczas okresowych deszczy meteorów.

Jasne błyski, które widzimy i nazywamy meteorami, są wywołane przez dość małe kawałki skały, metalu czy lodu, które krążą wokół Słońca między planetami i wokół nich. Chociaż pospolicie nazywamy je „spadającymi gwiazdami”, meteory mają niewiele wspólnego z gwiazdami, które widzimy świecące na niebie. Są one mniej czy bardziej kawałkami, które pozostały po formowaniu się naszego Układu Słonecznego i ogólnie rzecz biorąc powstały jednocześnie z planetami około 4,56 miliarda lat temu. Gdy wpadają w atmosferę, mają wystarczająco dużą prędkość, by sprężyć i ogrzać otaczające powietrze do postaci świecącej plazmy, którą widać dziesiątki i setki kilometrów od miejsca tego zdarzenia na powierzchni planety. Większość meteoroidów jest mała i szybko wyparowuje w tym jaskrawym piekle stworzonym przez ich przejście przez

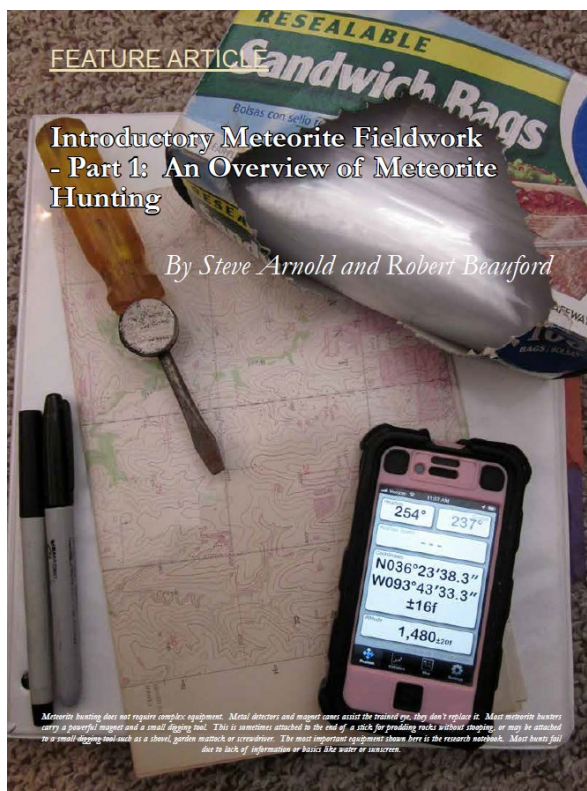
atmosferę. Nieliczne fragmenty poruszają się jednak dostatecznie wolno i są dostatecznie duże, by przetrwać spadanie i wylądować na powierzchni Ziemi. Bryłki, które przeżyły spadanie, nazywamy meteorytami. Są one najstarszymi obiektami na powierzchni Ziemi i pochodzą z większej odległości niż cokolwiek innego, co można kiedykolwiek dotknąć. Zachowały one informacje naukowe, które ludzkość może uzyskać nie inaczej niż poprzez ich zbadanie.

Baza danych Meteoritical Bulletin, do której jest łatwy i swobodny dostęp przez internet, zawiera obecnie ponad 48000 nazwanych i sklasyfikowanych

meteorytów, które odnaleziono na powierzchni Ziemi. Są one fragmentami dobrze ponad 100 różnych obiektów w Układzie Słonecznym. Większość ciał macierzystych, z których pochodzą meteoryty, to znane lub nieznane planetoidy, ale wśród nich są także kawałki Księżyca, Marsa i planetoidy Westy, oraz kawałki kilku innych, dużych obiektów, które albo już nie istnieją (spadły na Słońce czy jakąś planetę), albo nie zostały jeszcze zidentyfikowane. Niewiele przeżyć na Ziemi jest równie niezwykłych, jak bycie pierwszą osobą, która znajduje i podnosi jeden z tych prastarych kawałków niebios po jego spadku

na Ziemię. To jest pierwszy z serii kilku artykułów przygotowanych z zamiarem nauczania czytelnika, krok po kroku, jak to właśnie zrobić.

Ta seria pokaże czytelnikowi, jak znaleźć miejsce do poszukiwania meteorytów, jak skompletować niezbędne do tego wyposażenie, jak wykonać prace przygotowawcze niezbędne do osiągnięcia sukcesu i jak iść w teren i znajdować meteoryty. Chcemy także podzielić się doświadczeniami, jak skutecznie i bezpiecznie pracować na rozpoznanym terenie występowania meteorytów, jak dokładnie odnajdywać możliwe meteoryty na tym terenie, i jak postępować z klasyfikowaniem i dokładnym zapisywaniem danych po powrocie z terenu. Seria przedstawi także pewne podstawowe informacje na temat społeczności kolekcjonerów, dealerów i badaczy, a także omówi, kiedy należy zwrócić się do naukowców i jak to zrobić w sposób uprzejmy i profesjonalny.



Poszukiwanie meteorytów nie wymaga skomplikowanego sprzętu. Wykrywacze metalu i kije z magnesem pomagają wywiczonym oczom, ale ich nie zastąpią. Większość poszukiwaczy meteorytów nosi silny magnes i małe narzędzie do kopania. Magnes jest czasem przymocowany do końca kija, by podnosić kamienie nie zatrzymując się, lub może być przymocowany do małego narzędzia do kopania takiego jak szufelka, motyczka czy śrubokręt. Najważniejszym sprzętem tu przedstawionym jest notatnik. Przyczyną większości niepowodzeń poszukiwaczy jest brak informacji lub podstawowego wyposażenia jak woda czy coś do ochrony przed słońcem.

Praca w terenie – przygotowanie

Przygotowania do poszukiwań najczęściej zabierają więcej czasu niż same poszukiwania. Dzieje się tak dlatego, że praca do wykonania przed przekreśnieniem kluczyków w samochodzie, by dojechać na miejsce, ma większy wpływ na sukces po przyjeździe, niż cokolwiek, co zrobimy będąc już na miejscu. Podobnie twoja radość z hobby i ewentualne korzyści naukowe czy też zyski, jakie mogą przynieść znaleziska, zależą lub rosną dzięki pracy wykonanej po zakończeniu pracy w terenie. Przygotowania prowadzące do poszukiwań i prace wykonywane po ich zakończeniu (jeśli udało się coś znaleźć) mogą trwać miesiące. Niewielu poszukiwaczy spędza w terenie więcej niż tydzień podczas jednego wyjazdu.

Niemal każde udane poszukiwanie zaczyna się od zbierania informacji. Wybór miejsca poszukiwań, pełna świadomość, dlaczego chcesz spędzić czas szukając właśnie w tym miejscu,

które wybrałeś, mają decydujące znaczenie dla twego sukcesu w roli poszukiwacza meteorytów. Powodzenie lub niepowodzenie poszukiwań jest najczęściej przesądzone, zanim twoja stopa stanie na obszarze rozrzutu, a główną częścią tego jest wybór takich

miejsc, że możesz (1) mieć do nich dostęp i skutecznie szukać i (2) jest prawdopodobne, że są tam meteoryty. Wymaga to zrozumienia, dlaczego w pewnych miejscach występuje więcej meteorytów niż w innych.

Meteoryty spadają z mniej więcej równą częstotliwością wszędzie na tej planecie. Częstotliwość ich spadania nazywana „tempem spadania tła” nie jest wysoka. W istocie to tempo spadania tła nie jest nawet dostatecznie wysokie by pozwolić na efektywne poszukiwania w każdym, a nie tylko najbardziej dogodnym środowisku. Można więc spytać, co sprawia, że środowisko jest dogodne. Odpowiedź na to pytanie prawdopodobnie stanowi zestaw najważniejszych zasad poszukiwania meteorytów: Meteoryty są koncentrowane na powierzchni Ziemi przez jeden z 5 mechanizmów. 1) Historycznie zanotowane spadki, które dostarczyły meteoryty na dobrze ograniczone obszary. 2) Nie zanotowane, prehistoryczne spadki, które pozostawiły



Z wyjątkiem rzadkich i szczęśliwych przypadków meteoryty w terenie nie wyglądają tak ładnie, jak w muzealnych zbiorach, w książkach, czy na półkach u dealerów. Często są częściowo pokryte wapniem czy innymi minerałami i mogą być rozbite na kawałki i zardzewiałe. Pokazano tu grupę marokańskich meteorytów Agoudal, mniej więcej w takim stanie, w jakim je znaleziono podczas ostatniej wizyty Steve'a na tym terenie, i drugą grupę okazów oczyszczonych do sprzedaży. Są to dość dobrze zachowane meteoryty żelazne. Z bardziej zwiędziały spadek mogą pochodzić okazy pokryte grubym naskorupieniem minerałów wietrzeńowych.



„Wycwiczone oko” powinno być pierwszym i najważniejszym narzędziem każdego poszukiwacza. Nie da się niczym zastąpić dobrej znajomości zewnętrznego wyglądu i świeżych i zwiędziały meteorytów. Sugeruje to, że każdy pragnący zostać poważnym poszukiwaczem meteorytów musi albo zgromadzić małą, prywatną kolekcję, albo załatwić sobie dostęp do publicznej czy prywatnej kolekcji zawierającej zwiędziały i nieoczyszczone meteoryty różnych typów. To zdjęcie przedstawia różnorodność wyglądu zewnętrznego rozmaitych chondrytów. Wszystkie one zostały częściowo oczyszczone.

skupiska meteorytów na dobrze ograniczonym obszarze, który później został odkryty. 3) Długotrwała akumulacja na powierzchni, która ich nie niszczyła. 4) Deflacja (usuwanie ziemi i piasku przez wiatr) powierzchni, która ich nie niszczyła. 5) Regiony, w których czynniki kulturowe, ekonomiczne czy edukacyjne sprzyjają akumulacji poprzez niewielkie wysiłki wielkiej liczby osób.

Wszystkie udane poszukiwania meteorytów korzystają przynajmniej z jednego z tych warunków.

Poszukiwania – bierz sprzęt i w drogę!

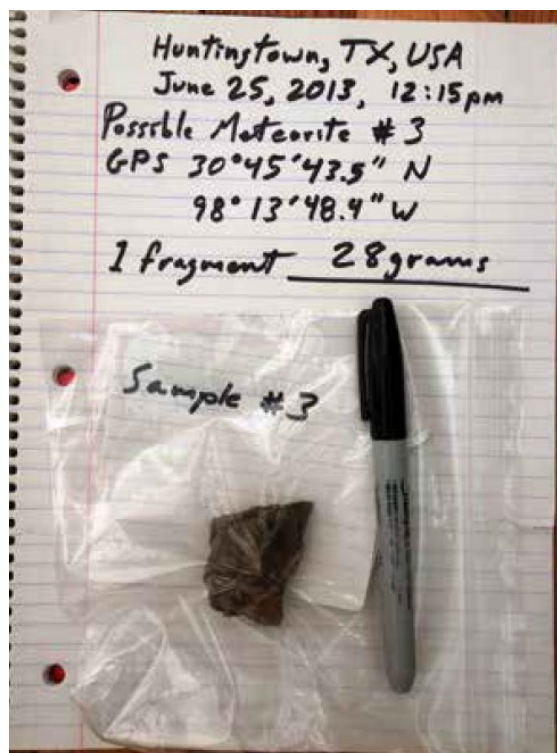
Dobłą regułą, jeśli chodzi o sprzęt, jest prostota. To nie narzędzia czynią poszukiwacza, lecz przygotowanie i wytrzymałość. Oczywiście narzędzia pomagają, ale żaden sprzęt nie dorówna korzyściom z, ani nie zrównoważy braku, przygotowania i wytrzymałości. Wybór właściwego miejsca do poszukiwań i poświęcony czas, to dwa składniki równania, które daje wynik.

Do absolutnie podstawowego wyposażenia poszukiwacza należy:

- Pozwolenie od właścicieli posiadłości lub niezbędne zezwolenia agencji rządowej.
- Magnes – z reguły nieduży magnes

z neodymu, żelaza i boru (NIB). Na ogół jest on przymocowany do kija, lub niewielkiego narzędzia do kopania, które można użyć do wydobywania kamieni z ziemi. Warto jednak zauważyć, że z magnesów nie należy korzystać przy szukaniu meteorytów ze świeżych spadków, ponieważ mogą one zniszczyć cenne dla nauki informacje. Magnes NIB umocowany na końcu kija oraz dobre oczy mogą być równie skuteczne (albo i bardziej) w niektórych środowiskach, jak najlepsze wykrywacze metali.

- Ręczny GPS i dobra mapa terenu poszukiwań. Poza uchronieniem siebie przed zabłądzeniem, o co nietrudno, gdy masz oczy wbite w ziemię i nie zwracasz uwagi na otaczający krajobraz,



Podstawowa dokumentacja znaleziska z reguły oznacza zdjęcie okazu w miejscu znalezienia, najlepiej z jakimś obiektem do porównania wielkości, odczyt współrzędnych miejsca z GPS i czytelnie zapisane uwagi na temat czasu i miejsca podobnie jak tu pokazano. Dobry sposób, by mieć pewność, że okazy będą odpowiadać notatkom, to oderwać kawałek papieru z zapisanym numerem terenowym i umieścić go w pojemniku z okazem. Znaleziska powinny być dokumentowane niezależnie od tego, czy idą do laboratorium do badań naukowych, czy też nie. Najlepszym możliwym kluczem do znalezienia kolejnego meteorytu na obszarze rozrzutu są lokalizacje wcześniejszych znalezisk. (współrzędne GPS pokazane w tym artykule są przypadkowe).



Jeśli zbierasz meteoryty do badań naukowych lub z bardzo niedawnego spadku, nie narażaj ich na styczność z magnesem i unikaj dotykania ich czy narażania na styczność z plastikowymi rękawiczkami czy pojemnikami. Dotykanie ich ręką wprowadza sól, tłuszcz i wilgoć, a magnes niszczy pewne rodzaje cennych informacji. Jeśli można, podnieś ważny dla nauki okaz przez folię aluminiową, bez dotykania go ręką, i owiń luźno folią przed umieszczeniem w szczelnie zamkniętym pojemniku z pochłaniaczem wilgoci. W tym przypadku możesz zapisać numer próbki z twych notatek terenowych bezpośrednio na zewnętrznej stronie pojemnika. Ten sposób obchodzenia się z okazami jest opisany bardziej szczegółowo na <http://asima.seti.org/n/>

GPS będzie potrzebny do zapisania położenia każdego znalezionego meteorytu. Najlepszym przewodnikiem do miejsca przyszłych znalezisk jest lokalizacja wcześniejszych znalezisk.

- Notatnik i aparat fotograficzny do notowania współrzędnych poszczególnych znalezisk i do dokumentowania znalezisk przed ich podniesieniem.

- Mały plecak lub coś podobnego do noszenia wody i ewentualnych znalezisk.

- Sprzęt bezpieczeństwa, telefon komórkowy, transport, woda, buty i odzież odpowiednie do warunków pogodowych i naturalnych zagrożeń stwarzanych przez środowisko, w którym szukasz.

• Partner. Najcenniejsze, co możesz mieć podczas poszukiwań, zarówno gdy chodzi o skuteczność jak i bezpieczeństwo, to niezawodny i zdolny partner.

Jak widać, ta lista jest krótka. Jeśli chodzi o znajdowanie meteorytów, najważniejszym narzędziem są prawie zawsze twoje oczy i wiedza, którą zgromadziłeś. Wykrywacz metali jest dobry w niektórych okolicznościach, ale generalnie nie jest absolutną koniecznością. Jeśli masz podstawowe rzeczy, dobre wykrywacze i inne zabawki mogą być ogromną pomocą, ale nie zastąpią podstawowego narzędzia poszukiwacza: twoich oczu. One tylko pomagają. Jeśli bierzesz na poszukiwania wykrywacz metali, to musisz upewnić się, że jest on w stanie wykryć ten rodzaj meteorytu, który szukasz. Wiele wykrywaczy metali nie wykryje chondrytów zwyczajnych.

Mówi się, że zasadą numer jeden, by osiągnąć sukces jest „pojawienie się”, co oznacza wyruszenie tam. Samo myślenie o poszukiwaniu meteorytów wyników nie przyniesie. Może tego dokonać tylko praca w terenie. Gdy jesteś na obszarze rozrzutu, szukaj! Nic nie zastąpi podstawowej ciężkiej pracy i poświęconego temu czasu. Ruszaj się, nawadniaj, obserwuj otoczenie i poświęcaj mnóstwo czasu na szukanie. Obserwuj teren poszukiwań gruntownie i nieustannie, a jeśli nie znajdujesz niczego, idź dalej. Używaj przede wszystkim oczu. Zwykle są one twoim najważniejszym narzędziem. Wykrywacz metali czy magnes na kiju ukierunkowują i ogniskują twoją uwagę. Nie zastąpią jednak najważniejszego, czyli zwracania uwagi na szczegóły.

Nie rezygnuj z poszukiwań! I meteoryty i niemeteoryty (niemeteoryt = rzecz znaleziona na obszarze rozrzutu, która nie jest meteoritem) są faktami, ale możesz znaleźć 100 i 1000 niemeteorytów na każdy meteoryt nawet na najbogatszym obszarze rozrzutu. Każdy niemeteoryt przybliża ciebie do meteorytu. Odnosząc sukcesy poszukiwacz meteorytów kontynuuje poszukiwania, gdy inni zatrzymują się na pogawędkę, ponieważ im się znudziło, albo ogarnęło ich zniechęcenie po znalezieniu 18 czy 118 niemeteorytów.

Szukaj, ciesz się z tego, bądź wytrwały, ucz się na błędach, powtarzaj.

Gdy myślisz, że coś znalazłeś, zachowaj spokój i zdrowy sceptycyzm. Warto sfotografować godne uwagi kamienie przed poniesieniem. Zrób odczyt GPS, włóż kamień do woreczka i opisz. Nanoszenie znalezisk na mapę jest dobre i dla własnego użytku w przyszłości i dla nauki i z korzyścią dla innych. Zapisz lokalizację, głębokość i wszelkie inne, istotne cechy charakterystyczne każdego znaleziska. Nie pomijaj odczytów GPS. Jeśli myślisz, że będziesz w stanie odnaleźć to samo miejsce na zboczu wzgórza wracając, to nie licz na to. Jest to trudniejsze niż się wydaje, nawet dla osób mających wieloletnie doświadczenie w terenie.

Wiele znalezionych niemeteorytów można będzie natychmiast zidentyfikować i odrzucić, ale niektóre będą budziły pewne wątpliwości. Zachowaj te mało prawdopodobne okazy i przyjrzyj im się dokładniej gdy wrócisz do domu, albo do obozu. Nie wykluczaj ich bez sprawdzenia.

Każdemu doświadczeniu w terenie powinna towarzyszyć ostrożność, by uchronić się przed późniejszym zakłopotaniem i żalem. Pragnienie, by kamień był meteoritem, nie czyni z niego meteorytu. Wiele fatalnych i kłopotliwych zdarzeń było wynikiem tego, że ludzie pomijali proces prawidłowego zidentyfikowania meteorytu przed próbami sprzedania go czy wykorzystania w inny sposób. Tego rodzaju błędy na początku kariery poszukiwacza meteorytów mogą podważyć reputację i zniechęcić na lata. Kontaktuj się grzecznie z profesjonalistami przez internet czy osobiście i ucz się od nich.

Na koniec proszę zapamiętać: za każdym razem i w każdych okolicznościach należy szanować własność prywatną i ludzi żyjących na terenach poszukiwań meteorytów, przestrzegać praw lokalnych i międzynarodowych, oraz stawiać wyżej potencjalne korzyści dla nauki i ludzkości niż potencjalny osobisty zysk mając do czynienia z meteoritami. Każdy poszukiwacz jest przedstawicielem całej społeczności poszukiwaczy meteorytów. Jedno nieprzemyślane postępowanie nieodpowiedzialnego poszukiwacza może mieć trwałe negatywne skutki dla późniejszych możliwości poszukiwań na danym terenie. Oznacza to, że profesjona-

lizm i grzeczność są ważne nie tylko dla twego własnego sukcesu jako poszukiwacza meteorytów, ale i dla prosperowania całej społeczności poszukiwaczy i badaczy meteorytów. Pamiętaj, że jesteś gościem w miejscach poszukiwań. Wiele obszarów rozrzutu niegdyś dostarczających meteority stało się teraz niedostępnych z powodu pozostawiania otwartych wrót, porzuconych śmieci, niezasypanych dołów czy innych niegrzeczności ze strony ludzi wykopujących meteority. Zasypuj wykopane doły, zabieraj swoje śmieci i bądź uczciwy wobec właścicieli ziemi i wobec naukowców.

Mamy nadzieję, że ten przegląd pozwoli przygotować się do startu. Większa wiedza zawsze pomaga, ale w końcu zawsze sprowadza się to do trzech rzeczy: Wiedzieć, co chce się znaleźć, iść tam, gdzie znalezienie jest prawdopodobne i szukać! W następnej części przyjrzymy się bardziej szczegółowo pięciu większym miejscom, gdzie warto szukać i dlaczego warto tam szukać. Powodzenia w terenie!



Steve Arnold jest poszukiwaczem meteorytów i dealerem mieszkającym w Eureka Springs, w Arkansas. Jest najbardziej znany jako współgospodarz telewizyjnego serialu „Meteorite Men”. Jest także redaktorem pomocniczym kwartalnika „Meteorite”.



Robert Beauford jest jubilerem mającym sklep w Eureka Springs, w Arkansas, i badaczem w Arkansas Center for Space and Planetary Science, University of Arkansas. Jest także współredaktorem kwartalnika „Meteorite”.

Galeria: Różne oblicza meteorytu Almahata Sitta

Mendy Ouzillou

Podobne zdjęcia tych okazów opublikowano w Meteorite Vol. 19, No. 4, ale te zdjęcia zostały zrobione specjalnie dla Meteorytu. Thank You, Mendy Ouzillou!



Ureilit gruboziarnisty, 4,44 g.



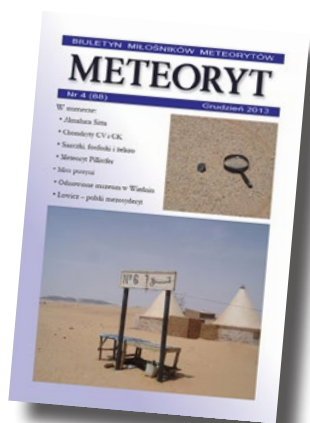
Chondryt enstatytowy EH4/5, 0,93 g.



Chondryt enstatytowy EL3, 0,430 g.



Bencubbinite 2,29 g.



O meteorycie Almahata Sitta pisaliśmy szerzej w „Meteorycie” nr 4/2013.



Chondryt enstatytowy EL6, 1,23 g



Ureilit gruboziarnisty, 2,78 g.



Mendi Ouzillou jest poszukiwaczem i kolekcjonerem meteorytów od października 2011 r. Szuka, kolekcjonuje, kupuje, sprzedaje, wymienia i bada meteoryty. Jego meteorytowa namiętność zaczęła się w sierpniu 2007 r., gdy jego przyjaciółka kupiła mu pierwszy meteoryt. Prowadzi stronę www.meteoritesusa.com

Astroblema Agoudal

Dustin Dickens

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Marokański Atlas Wysoki, od Ait' Hani przez Agoudal i dalej do Imilchil, gdzie są jeziora Isli i Tislit, to wysuszona, wysoka, górzysta pustynia, gdzie oko ludzkie nie potrafi dobrze ocenić odległości. Wszystko tu jest nieco większe i bardziej oddalone, niż wydaje się na pierwszy rzut oka. Kiedyś był to najwyższy punkt rajdu Paryż — Dakar. Na wysokości ponad 2200 metrów powietrze jest kąśliwe, a tlenu jest zaledwie 16%. Jeziora są głębokie, krystalicznie czyste i są domem dla kilku unikalnych gatunków pstrąga. Rzadko kiedy ktoś tam zagląda i wydaje się, że im to służy.

Pogłoski, że Isli i Tislit są kraterami uderzeniowymi, usłyszałem po raz pierwszy na początku 2013 roku od jednego z naszych sąsiadów w Ait' Youb. Gdy w końcu dotarłem do miejsca, gdzie był zasięg, zaraz zacząłem przeszukiwać Internet, by znaleźć coś na temat pochodzenia tych jezior. Wiadomość musiała pochodzić z lokalnych, naukowych badań terenowych, ponieważ pierwsze publikacje dopiero co się pojawiły.

Krater uderzeniowy na Ziemi są dużą rzadkością. Jeszcze rzadsze są krater powiązane z meteorytami. Obecnie w bazie danych Earth Impact Database prowadzonej przez

Planetary and Space Sciences Centre Uniwersytetu Nowego Brunswicku zarejestrowano 184 potwierdzone krater uderzeniowe. Tylko przy 12 z nich można znaleźć meteoryty i cała dwunastka jest dość młoda w geologicznej skali czasu.

Nie jest tak dlatego, że w historii naszej planety zderzenia z dużymi prędkościami były rzadkością, lecz raczej dlatego, że ich ślady są szybko i całkowicie niszczone przez ziemską aktywną powierzchnię i atmosferę. W ciągu zaledwie 50000 lat krater ulegają szybkiej erozji i skutecznie wtapiają się w otaczające środowisko. Uważa się także powszechnie, że w tym krótkim czasie, gdy byliśmy tu, by je obserwować i rejestrować, częstotliwość zderzeń dużych ciał z Ziemią znacznie się zmniejszyła. Znikają nie tylko krater. Zależnie od ich wielkości i składu większość meteorytów także ma skłonność do szybkiego wietrzenia i mieszania się z gruntem ulegając całkowitej terestrializacji w ciągu 10000 do 50000 lat od ich lądowania na Ziemi. Nic dziwnego, że obecnie nie znajdujemy ich wiele.

Wygląda na to, że w okolicy Imilchil została odkryta jeszcze jedna z tych trudnych do znalezienia struktur. Co dziwniejsze, pomimo pogłosek o jeziorach, które wciągnęły nas w te badania, to właśnie ta nowa struktura ściągnęła na siebie całą uwagę. Pierwsza odnalazła ją ekipa z Pracowni Meteorytyki Instytutu Wiernadzkiego, którą kierował D. A. Sadilenko. Podczas poszukiwań meteorytu Agoudal zespół ten odkrył stożki uderzeniowe. Sadilenko et al. zaprezentowali swą pracę w krótkiej publikacji na 76 dorocznej Konferencji Meteoritical Society w 2013 r., zatytułowanej „A new small impact crater in the High Atlas, in the Agoudal iron strewnfield.

Później prace wykonywane przez innych, w tym przez zespół, w którym uczestniczyłem, potwierdziły obecność stożków uderzeniowych na tym terenie. Przyjmuje się powszechnie,



Wyjątkowy okaz stożka uderzeniowego z Agoudal. Fot. Dustin Dickens, udostępniło Maroc Meteoritics.



Ważący 24 g meteoryt Agoudal znaleziony blisko brzegu jeziora Isli, szczęśliwi znalazcy i koniec meteorytu gotowy do trawienia. Fot. Sandra Aguayo i Mounir Khaziba, udostępniło Maroc Meteoritics.

że stożki uderzeniowe, z charakterystycznymi stożkowymi figurami „końskiego ogona”, są wytwarzane tylko przez zderzenia z dużymi prędkościami i uważa się ich występowanie za przekonujące dowody takich zderzeń. Obecność tych wytworzonych przez szok formacji w skałach potwierdza, że koło Agoudal jest obecny krater uderzeniowy. Dokładne wymiary i wiek krateru związanego ze stożkami uderzeniowymi Agoudal, są wciąż jednak dyskutowane. Nie jest także wcale jasne, czy ten krater jest związany z meteorytami Agoudal.

Pogłoski miewają długi żywot, zwłaszcza gdy umacniają je publikacje naukowe. Wydaje się, że twierdzenie mojego sąsiada, iż jeziora wytworzyło dawne uderzenie meteorytu, jest bezpośrednim rezultatem pracy pochodzącej z Uniwersytetu Ibn Zohra w Agadirze.

W swej pracy „Isli and Tislit: The First Dual Impact Crater Discovered in Morocco”, przyjętej do publikacji w *International Journal of Astronomy and Astrophysics*, 17 lutego 2013 r., autorzy Ibhi, Nachit, Abia, Ait Touchnt i Vaccaro wskazują, że sąsiadujące ze sobą jeziora Isli i Tislit utworzyły się w wyniku dawnego, podwójnego zderzenia z kawałkami pochodzącymi

ze 100-metrowej, macierzystej planetoidy, których uderzenie uformowało te struktury oddalone od siebie o 9 kilometrów. Autorzy twierdzą, że to zderzenie nastąpiło około 40000 lat temu. Twierdzą także, że związane z nimi meteoryty żelazne są typu ataksytów.

Po kilku miesiącach, przypuszczalnie po 76 Konferencji Meteoritical Society, w *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* została opublikowana druga praca dotycząca tego samego miejsca. Autorami tej pracy, zatytułowanej „The Imilchil meteorite strewnfield and Isli-Agoudal craters” byli Nachit, Ibhi i Vaccaro. Z grubsza obejmuje ona to, co powiedziano w pierwszej publikacji. Ciekawe jednak, że ta druga praca wskazuje, jako miejsce drugiego krateru, okolice Agoudal, miejscowości położonej 23 kilometry na południe, a nie Tislit. Opisują oni także i publikują mapę wydłużonego w kierunku północ — południe obszaru rozrzutu, uzyskaną z szeregu znalezisk meteorytu IIAB w okolicy jezior Isli i Agoudal. Tak więc od jednej pracy do drugiej wysokonikłowy ataksyt został niskonikłowym heksaedrytem, Obszar rozrzutu obrócił się o 90°, a jezioro Tislit znikło. Można dostać kręčka.

To właśnie wtedy zacząłem nanosić rzeczy na mapę dla siebie.

Po dokładniejszym przeczytaniu drugiej pracy staje się jasne, że ataksyt z pierwszej publikacji był pomyłką. Pojedynczy, być może źle zinterpretowany okaz wśród grona meteorytów żelaznych IIAB. Zmiana orientacji obszaru rozrzutu jest po prostu wynikiem nakreślenia linii z Isli do Agoudal zamiast między dwoma jeziorami. Dodanie Agoudal do rozważań wydaje się rozsądne, gdy opieramy się na stożkach uderzeniowych, ale zastanowiło mnie dlaczego tak nagle porzucono Tislit. Akurat jak zacząłem rozważać rozbieżności między tymi dwiema pracami, rozpętało się piekło — oczywiście w sensie naukowym. Dobrze, może nie kompletny chaos, ale na pewno dobra, staromodna, burzliwa dyskusja naukowa.

Zacząło się od publikacji wymierzonej wyraźnie w Ibhi et al., zatytułowanej „The evidence of non impact cratering origin of Imilchil (Morocco) lakes (Isli and Tislit)” autorstwa S. Chaabout et al. Praca ta została zaprezentowana na początku sierpnia 2013 na V konferencji Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution w Sudbury. Przygotowała ją ceniona grupa badaczy z S. Chaabout



Stożki uderzeniowe można znaleźć w odsłoniętych wychodniach tej warstwy oraz w piargu poniżej niej. Nie występują one powyżej tej warstwy. Fot. Dustin Dickens, udostępniło Maroc Meteoritics.

i H. Chennaoui Aoudjehane, dwójką meteorologicznych znakomitości z Uniwersytetu Hassana II w Casablance, oraz W. U. Reimold z Museum für Naturkunde i Humboldt Universität w Berlinie.

Autorzy zaprezentowali mocne argumenty za tym, że te jeziora nie są wynikiem silnego uderzenia. Systematycznie i bardzo szczegółowo demontowali argumenty za pochodzeniem uderzeniowym opisując całkowity brak jakichkolwiek topograficznych czy stratygraficznych dowodów zderzenia w okolicy każdego z tych jezior. Wskazali także, iż w tych lokalizacjach nie ma zupełnie dowodów zderzenia w postaci stożków uderzeniowych czy impaktytów.

Ibhi et al. wyraźnie stwierdzali, że w pobliżu jezior występowały brekcje zderzeniowe z materią meteorytową. „Na północ od jeziora Isli meteoryty występują tylko w postaci małych fragmentów o wielkości milimetrów do centymetrów, wbudowanych w brekcje lub w małe żyłki ciecicy krzemionkowej.”

S. Chaabout et al. kwestionowali to stwierdzając, że w miejscowych brekcjach nie ma ani meteorytowej materii ani przeobrażonego szokowo kwarcu, a nawet w pobliżu jezior nie

występują prawdziwe brekcje. „... wykonywane są obecnie płytkie cienkie skał, by zbadać rzekomą obecność mikrodeformacji szokowych.” „W pobliżu jezior nie znaleziono żadnych okazów meteorytu żelaznego Agoudal (ani żadnego innego meteorytu).”

Ten punkt zaintrygował mocno nasz zespół. Na początku listopada 2013 r. grupa kierowana przeze mnie i dwie inne z Maroc Meteoritics (niezależna grupa badawcza także studiująca te struktury), znalazły kilkanaście okazów meteorytu Agoudal IIAB bardzo blisko jeziora Isli. Pierwszy z nich, 24-gramowy szrapnel, znaleziono na głębokości pół metra zaledwie kilka metrów od brzegu, w miejscu o współrzędnych 32° 13,437'N 05° 32,142'W. Jakie są tego konsekwencje i co nam to mówi? Pierwsza rzecz, to mówi to nam, że wciąż znajdujemy w terenie rzeczy, które stanowią nowe i cenne dane. Prawdopodobnie mówi nam to też, że obszar rozrzutu Agoudal sięga do obszaru jeziora. Może to także dać pewne wsparcie dla koncepcji uderzeniowego pochodzenia Isli, ale na pewno nie jest tego dowodem.

By dodać jeszcze jedną warstwę do całej tej intrygi i zamieszania, dostałem informacje w dwóch różnych miejscach, od dwóch różnych, miej-

scowych poszukiwaczy meteorytów Agoudal, że znaleziska meteorytów w miejscowościach powyżej obszaru Agoudal, jak podali Ibhi et al. w ich drugiej publikacji, były w rzeczywistości meteorytami znalezionymi koło Agoudal. Powiedziano mi, że zostały one przetransportowane do innych lokalizacji przez miejscowych, którzy szukali rozgłosu dla siebie i swoich miejscowości. Chociaż w pierwszej chwili wydaje się, że trudno to sobie wyobrazić, przemawiają za tym niektóre uderzające dowody pośrednie. Większość nowych meteorytów Agoudal pochodzi z najbliższej okolicy Agoudal. Niemal wszystkie meteoryty z dawniejszych znalezisk są w posiadaniu mieszkańców Agoudal. I tylko w Agoudal jest rozwijające się chałupnictwo oparte na heksaedrycie IIAB z udziałem wielu odwiedzających międzynarodowych poszukiwaczy. Jest tak pomimo faktu, że mój zespół wraz ze mną znalazł trochę małych meteorytów koło jeziora Isli, i że Ibhi et al. pisali o znalezieniu średnich i dużych okazów w niektórych miejscach powyżej Agoudal w kierunku Imilchil. Coś tu wyraźnie nie gra.

Ktoś mógłby przypuszczać, że nasze znaleziska meteorytów koło jeziora Isli wprowadziły mnie zde-



Czy znaleźliśmy stożki uderzeniowe w miejscu ich powstania? Czy to jest środek struktury Agoudal? Fot. Mounir Khaziba, udostępniło Maroc Meteoritics.

cydowanie do obozu zwolenników pochodzenia uderzeniowego. Tak nie jest. Łatwo by było założyć, że znalezienie meteorytów koło Isli sugeruje jego pochodzenie uderzeniowe, ale wszystko na co naprawdę to wskazuje, to że ten obszar jest częścią obszaru rozrzutu. Albo że meteoryty jakoś zostały tam przetransportowane.

Przejrzyjmy to, co wiemy dotąd i zobaczmy, gdzie to nas prowadzi, zaczynając od dwóch prac autorstwa Ibhi et al., które miały udowodnić podwójne zderzenie w tej okolicy. Zakładając na chwilę, że druga praca jest ważniejsza i że jezioro Tislit zostało wykluczone z jakiegoś ważnego, choć nie przedstawionego powodu, pozostajemy z Isli i Agoudal. Agoudal jest jedyną strukturą, o której można powiedzieć, że istnieje potwierdzenie zderzenia w postaci stożków uderzeniowych.

Isli, przynajmniej na pierwszy rzut oka, wydaje się posiadać jakieś dowody pochodzenia zderzeniowego, z których żaden nie jest przesądzający. W dwóch pracach zespół Ibhi oferuje: 1) pobliskie skały osadowe z widocznymi promienistymi splekaniami, 2) monomiktyczne i polimiktyczne brekcje i 3) twierdzą, że kwarc z tych brekcji wykazuje mikroskopowe „struktury

planarne (PF)”. Żadna z tych dwóch prac nie przedstawia jednoznacznych dowodów, jak kwarc z utworami deformacji planarnych (PDF) czy stożki uderzeniowe, znalezionych w pobliżu jeziora. Chaabout ze współautorami w zasadzie odrzucają doniesienia zespołu Ibhi odnośnie meteorytów, mikrodeformacji szokowych i brekcji impaktowych koło Isli, uważając je za błędne.

Struktura Agoudal nie jest jeziorem jak Isli czy Tislit. Nie ma w ogóle żadnych widocznych dowodów istnienia krateru i tylko obecność stożków uderzeniowych i brekcji wskazuje na istnienie struktury uderzeniowej. „...pochodzenie tych stożków uderzeniowych jest kluczem do znalezienia lokalizacji krateru,” powiedział nam ostatnio nasz mistrz ze społeczności akademickiej, „Gdybym tam był, szukałbym tych stożków uderzeniowych.” To właśnie zrobiliśmy i po długotrwałej pracy w terenie jesteśmy przekonani, że struktura uderzeniowa Agoudal jest na dobrej drodze, by stać się 185 potwierdzonym kraterem uderzeniowym tu na Ziemi, ale najpierw musimy ją zlokalizować i opisać.

Wspólnie mogliśmy już to zrobić nawet podczas dyskusji nad tym, co wygląda na parę zwykłych jezior.

W uzupełnieniu wspomnianej wcześniej pracy Sadilenko o stożkach uderzeniowych Ibhi, Hassane i Nachit także niedawno opublikowali pracę w *Universal Journal of Geoscience* zatytułowaną „Moroccan Agoudal Impact Crater: Allochthonous or Autochthonous Shatter Cones Origin?” W tej pracy sugerują, że albo stożki uderzeniowe zostały uformowane przez mniejsze zderzenia w Agoudal, albo że zostały utworzone koło Isli w większym zderzeniu i później przetransportowane do Agoudal. Nie byli oni w stanie zlokalizować stożków uderzeniowych na miejscu, w skałach podłoża i piszą tylko o znajdowaniu ich jako części lokalnego regolitu.

Nasz zespół pracował w tej samej okolicy. Nie jestem geologiem z wykształcenia więc nie mogę udowodnić, że znaleźliśmy stożki uderzeniowe na miejscu. Jednak po spędzeniu znacznej ilości czasu na wykuvaniu osobiście młotkiem wielu kilogramów stożków uderzeniowych z czegoś, co wyglądało na skały podłoża w postaci dużych bloków skalnych w miejscu o współrzędnych 31° 59,201'N 05° 30,852'W, wydaje się nieprawdopodobne, że te stożki uderzeniowe w Agoudal są „allochtoniczne” (przetransportowane tu przez wtórne procesy).

Oceniono wcześniej, że struktura ma wiek równoważny znanym, małym ziemskim kraterom uderzeniowym, około 10000 lat. Jest to bardzo zgrubna ocena ze strony zespołu Wiernadzkiego i nigdy nie przywiązywano do niej większej wagi. Zrobiono ją bez solidnej wiedzy o wielkości zderzenia, rodzaju czy dokładnej lokalizacji. Struktura jest silnie zerodowana i samo to wydaje się zaprzeczać tak niskiej ocenie wieku czy powiązaniu z młodymi meteorytami żelaznymi.

Dochodzimy w ten sposób do innego wielkiego problemu na płaszczyźnie badawczej Agoudal. Czy meteoryty są związane ze zderzeniem, czy też są po prostu częścią przypadkowo nakładającego się obszaru rozrzutu? Nikt przekonująco nie powiązał me-

teorytów Agoudal ani z jeziorami, ani ze stożkami uderzeniowymi. Z pewnością istnieje silne powiązanie stożków uderzeniowych i meteorytów ze względu na okoliczności, ale to nie dowodzi ich związku. Wydaje się, że byłby potrzebny program badawczy skupiony na datowaniu i struktury i ziemskiego wieku meteorytów. Marroc Meteoritics szuka obecnie instytucjonalnego partnera do wykonania datowania meteorytów Agoudal metodą ^{36}Cl w nadziei określenia daty ich lądowania. Byłaby to połowa danych potrzebnych do stwierdzenia, czy czas pobytu meteorytów na Ziemi i wiek struktury są zgodne chronologicznie.

Teraz wróćmy do jezior. Najdziwniejszą częścią całej tej historii wydaje się to, że w drugiej pracy zespół Ibhi

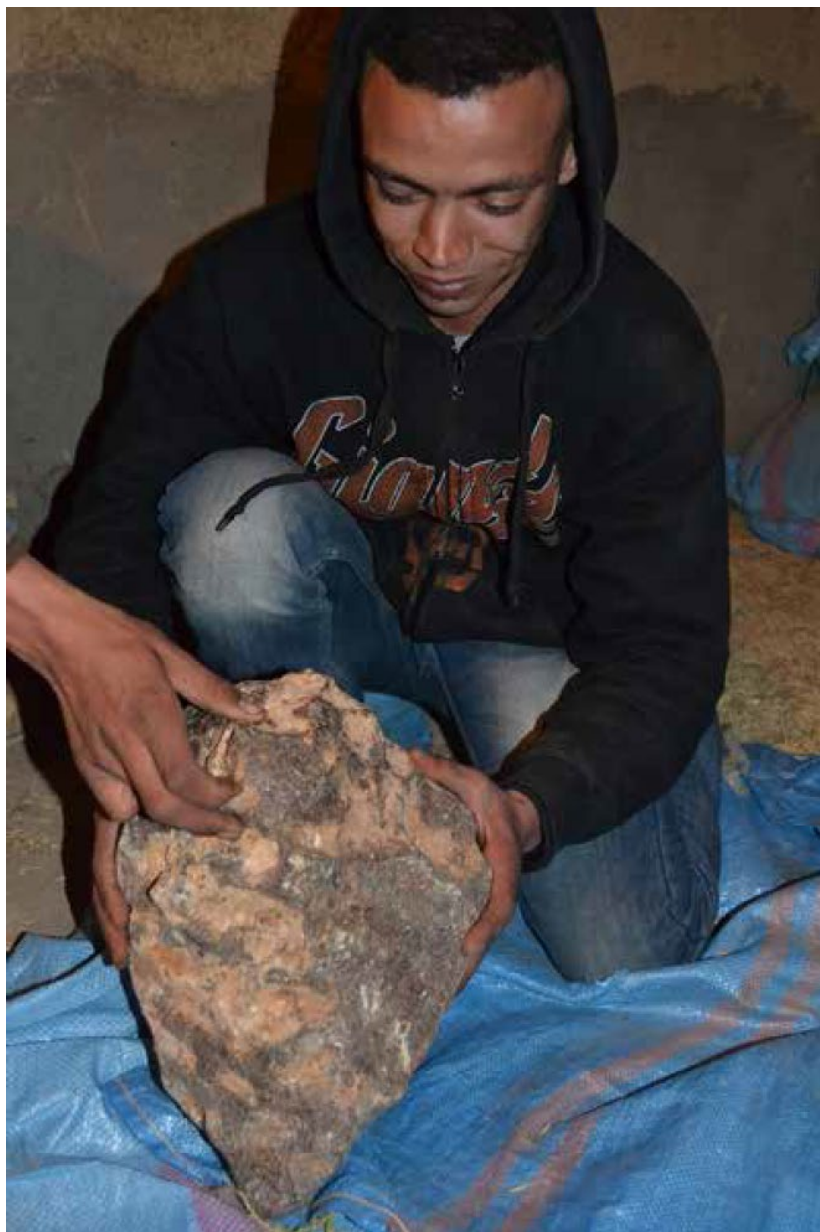
w ogóle nie wspomina jeziora Tislit. Wygląda na to, że mogli oni wyciągnąć pochopne wnioski przynajmniej dwukrotnie. Pierwszy raz w przypadku Tislit, a drugi raz jeśli chodzi o rzekomy ataksyt. Obecnie musimy przyjąć, że Ibhi i współautorzy wciąż uważają, że Isli jest wynikiem zderzenia, i że ma związek ze stożkami uderzeniowymi Agoudal. Pomimo tego wydaje się, że poparcie naukowców dla tej hipotezy jest nikłe. Chaabout et al. twierdzą, że żadne z jezior nie jest wynikiem zderzenia. Agoudal jest rzeczywistym miejscem akcji.

Tak czy inaczej wygląda na to, że mamy przynajmniej jedną nową pozycję dla Earth Impact Database. Czy jest ona pojedyncza, podwójna czy potrójna? Widać, że pomimo hipotezy podwójnego zderzenia, której trzymają się Ibhi et al., możemy przekonująco twierdzić, że jedynie Agoudal jest na dobrej drodze do oficjalnego potwierdzenia i włączenia do bazy danych. Nie jest to jednak koniec. W obecnej sytuacji mamy więcej pytań niż odpowiedzi na nie.

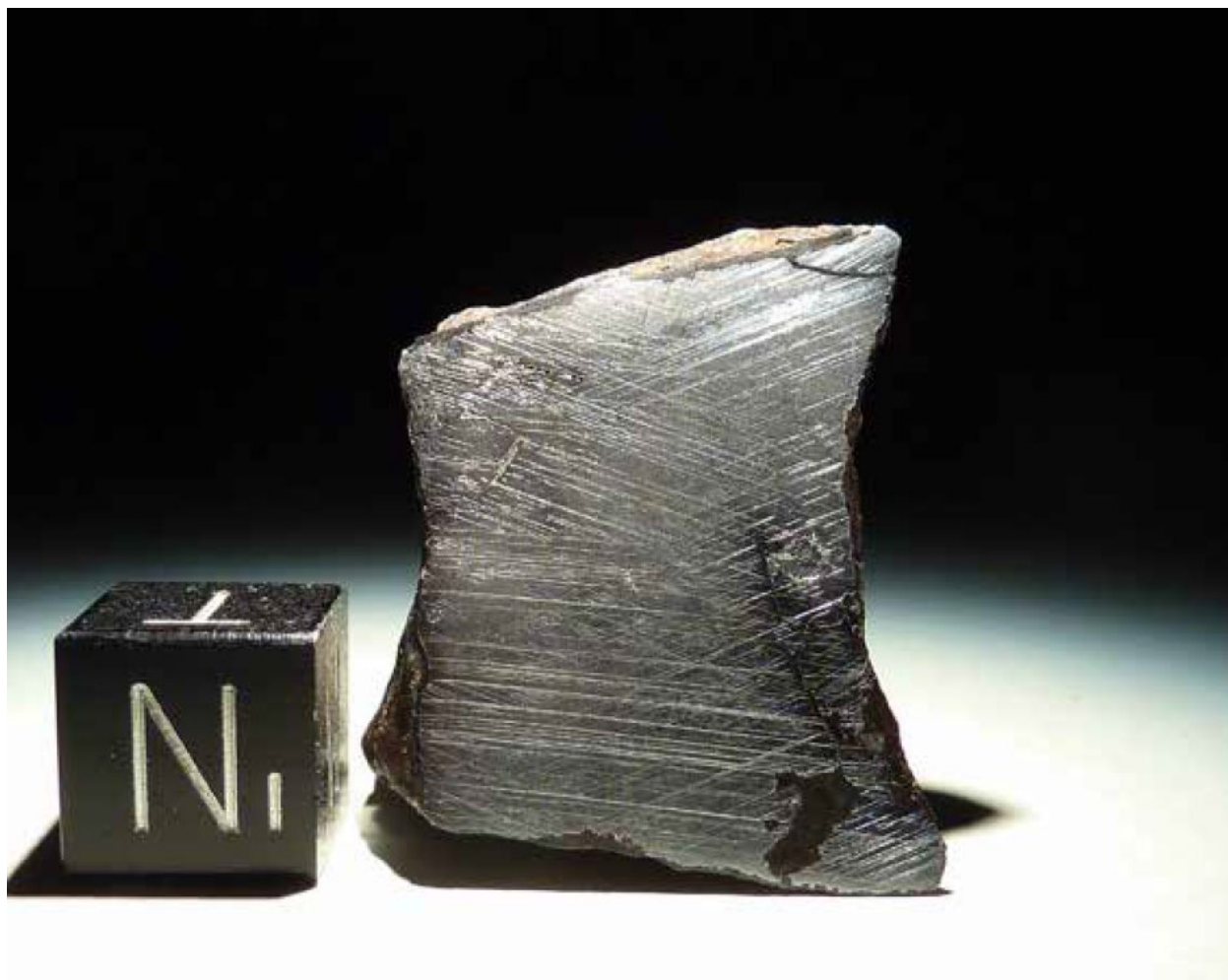
Do pytań bez odpowiedzi należą: Czy Isli jest wynikiem zderzenia? Czy meteoryty żelazne Agoudal mają związek ze stożkami uderzeniowymi Agoudal? Czy nasz zespół rzeczywiście znalazł stożki uderzeniowe w miejscu ich powstania? Jakie jest znaczenie znalezienia meteorytów Agoudal koło jeziora Isli? Jaki jest wiek struktury Agoudal? Od jak dawna przebywają meteoryty Agoudal na tej planecie? I co stało się kiedyś z Tislit? Pytań jest wiele.

Po postawieniu tych wszystkich pytań trudno by było nie zaproponować jakichś odpowiedzi. Tak więc, po prostu dla zabawy, zdejmiemy na chwilę kapelusze konserwatywnych naukowców i zrobmy trochę spekulacji na temat kilku rzeczy opierając się na tym, co wiemy lub możemy wyekstrapolować na podstawie tych publikacji i własnego doświadczenia naszego zespołu.

Wobec niewielu dowodów przedstawionych na korzyść Isli i Tislit i faktu, że meteorytowe znaleziska naszego zespołu można wyjaśnić wydłużeniem obszaru rozrzutu, zaczniemy od wykluczenia jezior jako kraterów. Potem zaakceptujemy miejsce w Agoudal, gdzie znajdujemy stożki uderzeniowe, jako przybliżone



Ważący 79 kg meteoryt Agoudal znaleziony w obrębie kilometra od stożków uderzeniowych i tysięcy innych meteorytów żelaznych od poniżej 1 g do ponad 200 kg. Fot. Dustin Dickens, udostępniło Marroc Meteoritics.



Wytrawiony meteoryt żelazny IIAB z wyjątkowymi Liniami Neumanna. Fot. Andreas Gren, udostępniła Olaf Gabel collection.

centrum silnie zerodowanej struktury krateru. Pozwolimy na przyspieszony proces erozji, by wyjaśnić jego stan obecny, i z pewnymi zastrzeżeniami przyjmujemy ocenę wieku na 10000 lat i propozycję, że jest to mała struktura, a nie pozostałość znacznie starszej, zerodowanej lub częściowo zasypanej struktury o kilometrowej skali. To daje meteorytowi Agoudal IIAB proponowany maksymalny czas pobytu na Ziemi <50000 lat. Znow z pewnymi zastrzeżeniami pozwolimy, by meteority były związane ze zdarzeniem, które wytworzyło stożki uderzeniowe.

Jeśli zgodzimy się na orientację obszaru rozrzutu z południa na północ, jak zaproponował Ibhi et al., ale odwrócimy kierunek lotu, by trajektoria przebiegała z północy na południe, to będziemy blisko modelowania tego, co widzimy obecnie. Jest większa koncentracja materiału w Agoudal, kilka kamieni różnej wielkości zaraz na północ od Agoudal, i kilka małych kawałków w jeziorach i wokół nich na małym końcu elipsy rozrzutu.

Tak więc zrobiliśmy to. Udało nam

się znaleźć prosty scenariusz pasujący do niemal wszystkich dowodów prezentowanych w różnych pracach oraz do naszych własnych obserwacji. To było fajne. Zobaczmy teraz, czy zdołamy wesprzeć to wynikami dalszej pracy w terenie.

Propozycje do dalszej lektury:

Impact Cratering: An overview of mineralogical and geochemical aspects — Koeberl 1997 (<http://www.univie.ac.at/geochemistry/koeberl/impact/>)

Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures — Bevan M. French 1998 (<http://www.lpi.usra.edu/publications/books/CB-954/intro.pdf>)

Guidebook to the Geology of Barringer Meteorite Crater, Arizona (Meteor Crater) — Kring 2007 http://www.lpi.usra.edu/publications/books/barringer_crater_guidebook/crater_guidebook.pdf



Dustin Dickens jest niezależnym autorem i miłośnikiem meteorytów i nauk o planetach. Kolekcjonuje, handluje i poszukuje meteorytów po całym świecie. Obecnie jest kustoszem w Maroc Meteoritics, niezależnej grupie badawczej w Maroku, kieruje Pomme Vie, przedsiębiorstwem eksportującym płody rolne i sól, i jest współtwórcą wyszukiwarki Appgravity. Dustin mieszka z żoną, Sandrą i dziećmi Oliverem i Aleixo w Spain w Arizonie i w wiosce Ait' Youb w Atlasie Wysokim, w kanionie z Agoudal. dustin@marocmeteoritics.com



Meteoryt Valle: Niezwykły wyjazd na ryby

Morten Bilet

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1.
Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Wracając do domu z wyścigu kolarskiego Nordsjorittet, w Sandnes, w niedzielę, 9 czerwca, Terje Fjeldheim zatrzymał się w Setesdalsheiene, górzystym obszarze południowo-zachodniej Norwegii, by spróbować szczęścia w łowieniu ryb. Jest to okolica obfitująca w ryby; otwarty, piękny teren ponad granicą lasów, z górami, wrzosowiskami i małymi jeziorami. Jednak ryba, która

pojawiała się po godzinnej wędrówce, była bardzo niezwykłego rodzaju. Parę metrów od brzegu małego jeziora leżał na ziemi kamień z czarną skorupą. Na szczęście Terje jest geologiem i szybko zrozumiał, że było to coś wyjątkowego i zupełnie nie pasowało do reszty terenu. Od razu był pewien, że to meteoryt. Przy uderzeniu w ziemię rozpadł się on na dwie części ważące razem 4,7 kilo. To dopiero wyjazd na ryby!



Zdjęcie górne: Znalezione! Meteoryt Valle, piękny okaz znaleziony przez geologa, Terje Fjeldheima, podczas łowienia ryb w Setesdalsheiene, w południowo-zachodniej Norwegii. Fot. Terje Fjeldheim. Zdjęcie dolne: Rozległy obszar do przeszukania. Fot. Morten Bilet.



Terje Fjeldheim i jego córka Inger-Maren w Muzeum Przyrodniczym w Oslo. Fot. Morten Bilet.

Terje skontaktował się z kilkoma osobistościami i poprosił o dalsze wskazówki i ocenę. Był wystarczająco dalekowzroczny, by nie dać się namówić zainteresowanym osobom na wysłanie okazu na targi astronomiczne, ani na sprzedanie go za bezcen. Natomiast poszedł do Rune Selbekk z Muzeum Przyrodniczego (NHM) Uniwersytetu w Oslo, aby pokazać go i uzyskać rzeczową ocenę.

Gdy Terje przyszedł do Muzeum, mogłem po raz pierwszy zobaczyć ten okaz „na żywo”. Przede mną pojawił się fantastyczny meteoryt z pięknymi regmagliptami i o wspaniałym kształcie. Dwie jego części ważyły 3637 i 829 gramów, w sumie 4466 gramów nie licząc kilku fragmentów. Nic dziwnego, że zwrócił on uwagę mediów. Jest to chondryt zwyczajny, a dokładna klasyfikacja właśnie trwa. Otrzymał także nazwę „Valle” od miasta, gdzie został znaleziony.

Po kilku dniach Terje wraz ze mną pojechał na miejsce znalezienia i pozostaliśmy tam kilka dni mając nadzieję na znalezienie dalszych okazów. Kształt znalezionego meteorytu sugerował, że może być więcej meteorytów do znalezienia. Teren poszukiwań jest otwarty i ładny, ale z licznymi jeziorami i miejscami, gdzie łatwo się schować. Nawet po kilku wyjazdach niczego, jak dotąd, nie udało się znaleźć, ale pozostaje duży obszar do przeszukania.

Podczas tego wyjazdu mieliśmy jeszcze jedno zadanie, czyli zabranie wgłębienia, w którym leżał meteoryt. Wzięliśmy go ze sobą i przetranspor-

towaliśmy do chłodni w NHM w Oslo.

Terje Fjeldheim był tak szczodry, że podarował Muzeum fragment 829 gramów. Sprzedaż większej części została już uzgodniona i nabywcą na szczęście jest także NHM. I sprze-

dawca i nabywca są bardzo zadowoleni z takiego rozwiązania. Meteoryt w końcu znajdzie się na wystawie razem z zagłębieniem, w którym leżał. Gratulacje z okazji szesnastego, norweskiego meteorytu!

Meteoryt Valle: kiedy on spadł?

Steinar Midtskogen

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 20, No. 1.
Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2014

Istotne pytanie brzmi: kiedy ten meteoryt uderzył w Ziemię. Jego stopień zwietrzenia wskazuje, że jest mało prawdopodobne, by leżał on tam dłużej niż kilka lat. Jak widać na zdjęciu był on tylko częściowo zagłębiony w darni. Sugeruje to, że w momencie uderzenia grunt był zamrznięty. Zdecydowanie nie był to widziany nad południowo-wschodnią Norwegią bolid z 1 marca 2012 r., o którym było głośno w mediach, ponieważ i obserwacje i nagranie video sytuują go około 170 kilometrów na północny wschód od miejsca znalezienia. Ale 3 lutego tego samego roku, o 7:17, wiele osób we wschodniej Norwegii obserwowało inny jasny meteor. Został on sfotografowany z Oslo i z dwóch miejsc w Danii. Umożliwia to obliczenie jego drogi z dość dobrą dokładnością pomimo dużej odległości. Okazuje się, że wyliczenia w pełni zgadzają się z miejscem znalezienia pozwalając na około 10 kilometrów błędu przy założeniu nieco dłuższego lotu podczas ciemnej

części spadania. Oznacza to, że ten meteoryt jest pierwszym znalezionym w Norwegii, który prawdopodobnie został sfotografowany podczas spadania. Dodatkowo cieszy, że ten meteoryt był ważną podstawą do założenia Norweskiej Sieci Meteorowej.

Historia wygląda następująco. Od około 10 lat prowadzę moją prywatną stronę internetową voksenlia.net. Zajmuje się ona głównie pogodą i trzęsieniami ziemi, ale od czasu do czasu, z pomocą kamery internetowej, wspominam o meteorach i innych zagadnieniach astronomicznych. Po informacji o meteorze z 3 lutego 2012 r. otrzymałem wiadomość od Antona Norupa Sorensena. Anton kieruje duńską siecią kamer do obserwacji bolidów, mającą stronę internetową stjernesud.info. Dwie z kamer sieci w Danii zarejestrowały bolid nisko nad horyzontem na północy, a ponieważ moja kamera internetowa zarejestrowała to samo zjawisko widziane z północnego wschodu, to pozycję można było wyznaczyć



Wgłębienie zostało wycięte i zapakowane do transportu do późniejszego przechowania w chłodni. Fot. Morten Bilet.

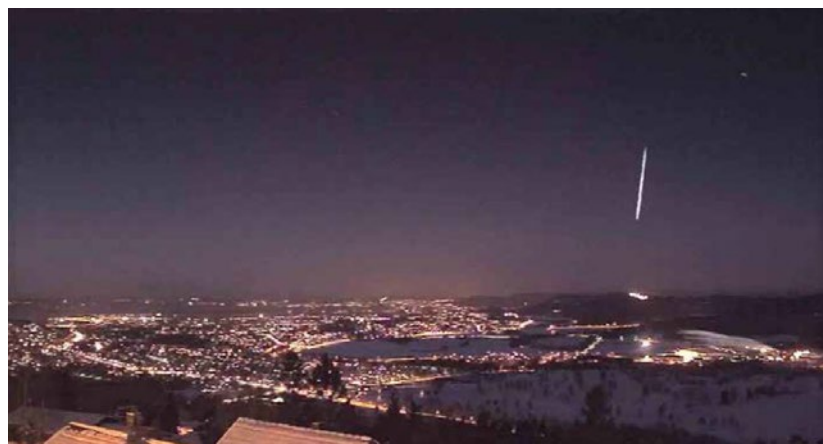
całkiem dobrze. Zachęcony tym nadal rejestrowałem bolidy, które tej zimy były liczne. To zwróciło uwagę Mortena Bileta, który myślał o Norweskiej Sieci Meteorowej. Skontaktował się i sprawy zaczęły się toczyć. W ciągu jesieni pojawiły się punkty sieci. Gdy nastąpiła zima, sieć formalnie powołano do życia. A teraz został znaleziony meteoryt!

Wyznaczenie kierunku pokazuje, że meteoroid spadł pod kątem 57 stopni do ziemi z prędkością 13 km/s. Jest widoczny na zdjęciach do około 30 km. Spadał więc dość stromo, ale jego prędkość była korzystna; tylko nieco większa on najniższej możliwej teoretycznie.



Morten Bilet jest członkiem IMCA (#1690). Geologią interesuje się od początku lat siedemdziesiątych. Jest dealermem, autorem i poważnym kolekcjonerem minerałów i meteorytów zainteresowanym także bardzo astronomią.

Steinar Midtskogen ma magisterium z informatyki. Jego zainteresowania obejmują zdalne obserwacje, fotografię i astronomię. Po niedawnym rozszerzeniu zainteresowań o obserwacje meteorów dołączył do Mortona Bileta i innych by założyć Norweską Sieć Meteorową, dla której prowadzi stronę internetową.



Meteor obserwowany 3 lutego 2012 r. kilka kilometrów od miejsca znalezienia meteorytu Valle. Fot. Steinar Midtskogen.



Doniesienia z Wiki

Trzy grzmoty — dwa okazy

Spadek meteorytów 17 maja 1879 roku (sobota) po godzinie 16 w miejscowości **Gnadenfrei** (dziś **Piława Górna**). Pierwszą relację o tym wydarzeniu zawdzięczamy hrabiemu **Pfeil**, który na miejscu zjawiał się już następnego dnia. Krótkie doniesienie opublikował w *Schlesische Zeitung* z 20 maja 1879 roku. Na miejsce spadku przybyli 24-25 maja również Galle i Lasaulx z Wrocławia w celu zebrania informacji i relacji świadków oraz zdobyciu materiału do badań. Byli oni świadomi, jak ważne jest zebranie informacji w jak najkrótszym czasie, gdy są one jeszcze świeże i nie zafałszowane.

Relacja Galle i Lasaulx (1879)

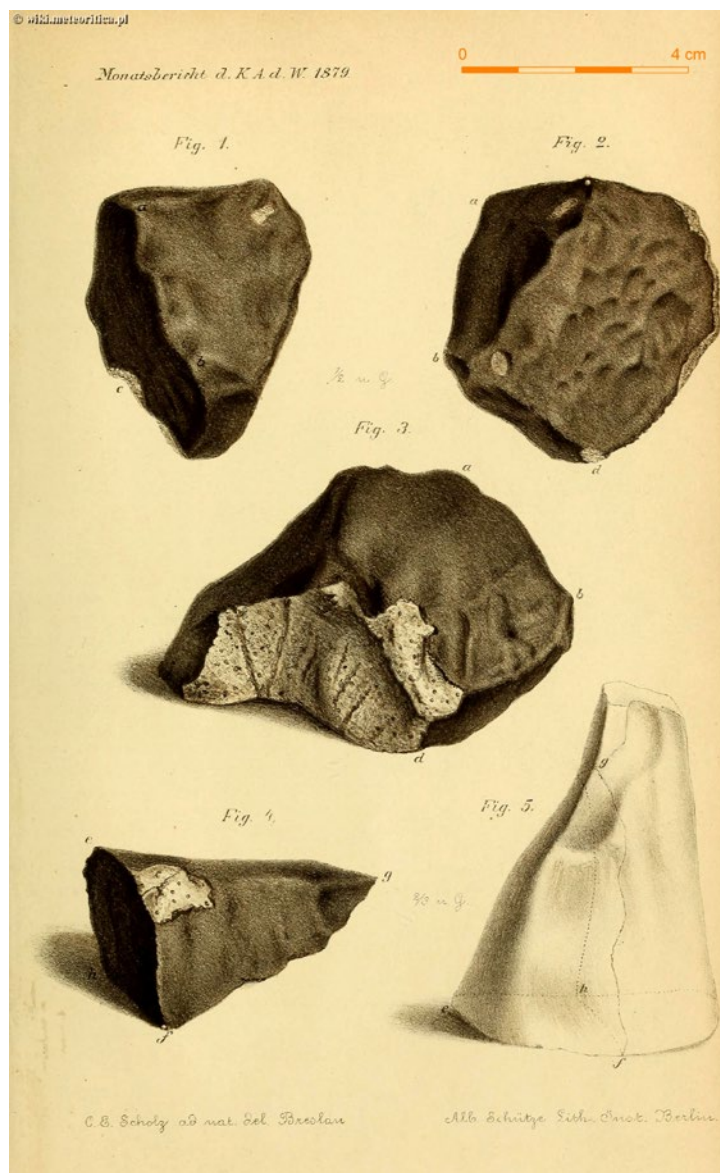
Kilka dni po spadku na miejscu zjawili się również naukowcy z Wrocławia Johann Galle i Arnold von Lasaulx, którzy po wizycie opublikowali obszerny artykuł w *Monatsberichte der Königlich-Preussische Akademie des Wissenschaften zu Berlin*.

Mieszkańcy okolic **Gnadenfrei** znaleźli dwa okazy meteorytu. Pierwszy około 1 kg, na południe od **Gnadenfrei** (pol. Piława Górna) w kierunku na **Kleutsch** (pol. Kluczowa), drugi mniejszy we wsi **Schobergrund** (pol. Kośmin) na północny-wschód od **Gnadenfrei**. Świadkiem spadku pierwszego okazu była żona szewca z **Ober-Pilau** **Pauline Neumann**. Idąc drogą pomiędzy **Ober-Pilau** a Kluczową usłyszała ona przeraźliwy huk, jakby wystrzału armatniego podobny do ognia broni strzeleckiej. Pomyślała, że to myśliwi polujący w lesie na wschód od Kluczowej. Idąc dalej usłyszała po chwili silny szum i dzwonienie, odwracając się w prawo zobaczyła, jak coś spadło na pole i wbiło głębę w powietrze. Wspólnie z pracującą na polu obok kobietą udały się w kierunku spadłego przedmiotu i znalazły zimny kamień pokryty czarną skorupą w niemal pionowym dole o głębokości 1 stopy (*Fuss*). Zabrały kamień ze sobą, później towarzysząca jej kobieta wspólnie z mężem odłupali kawałek kamienia. Następnego dnia o znalezisku dowiedział się od osób trzecich hrabia (niem. *Grafen*) **Pfeil**. Miejsce spadku odwiedzili 24 maja Galle i Lasaulx w towarzystwie hrabiego **Pfeil** i pani **Neumann** i stwierdzili, że otwór był jeszcze dobrze widoczny. Był on niemal pionowy może z lekkim odchyleniem wskazującym na kierunek wschodni. Udało się też odtworzyć drogę pani **Neumann** i stwierdzić, że od usłyszanego przez

nią wtedy huku do momentu spadku meteorytu upłynęło około 70 sekund.

Również inni świadkowie zdarzenia robotnicy **Thomas** i **Günther** oraz żona i córka gospodarza **Adam** słyszeli grzmoty, huki i brzęczenia towarzyszące spadkowi meteorytów. Według **Thomasa** od momenty grzmotu do szumu spadających kamieni upłynęła minuta. Część z nich opowiadała również o trzech wyraźnych grzmotach, co według Galle miało świadczyć, że spadło więcej kamieni. Sprzeczność zeznań świadków, które zebrał Galle pośród mieszkańców Kluczowej, Piławy Górnej i Kośmina, nie pozwalała na precyzyjne i wiarygodne odtworzenie przebiegu spadku. Nie udało mu się ustalić dokładnego kierunku skąd nadleciał meteoryt, ani dokładnej godziny kiedy to nastąpiło (według relacji świadków z **Schobergrund** było to o godzinie 16 minut 54).

Drugi okaz ważący około 1,5 funta znaleziono dopiero kilka godzin po spadku również w niemal pionowym otworze o głębokości 6–8 cali (*Zoll*). Znalazł go pracownik **Gagsch** na polu jęczmienia w pobliżu pierwszych domów sąsiedniej kolonii **Schobergrund** (dzisiejszy Kośmin). Kamień został rozbity przez sąsiadów, którzy w swej niewiedzy



Wygląd okazów meteorytu **Gnadenfrei** (Piława Górna). Tablica (Galle, Lasaulx 1879). Źródło: Biodiversity Heritage Library.



Masa główna meteorytu Gnadensfrei (Pilawa Górna) ze zbiorów Muzeum Mineralogicznego Instytutu Nauk Geologicznych UWr. Fot. Antoni Stryjewski.

dziwili się, jak mogą spadać z nieba kamienie. Część tych fragmentów udało się później odzyskać dzięki staraniom hrabiego Pfeil. Od Thomasa fragmenty meteorytu kupili również wysłannicy muzeum we Wrocławiu Galle i Lasaulx. Gdy odwiedzili miejsce spadku drugiego okazu 8 dni po zdarzeniu, 25 maja, otwór był jeszcze dobrze widoczny. Odległość pomiędzy punktami, gdzie znaleziono okazy wynosiła około 3 km. Analizując relację świadków (także spoza rejonu spadku) na temat towarzyszących spadkowi dźwięków oraz położenie okazów doszedł Galle do wniosku, że meteoryt nadleciał prawdopodobnie z kierunku SW-NE.

Okazy

Według relacji Galle i Lasaulx (1879) spadłe okazy zostały niestety rozbite przez znalazców i ciekawskich tubylców. Z pierwszego (większego) okazu udało się odzyskać jeden fragment o wadze 751,86 g i siedem mniejszych o łącznej wadze 130,86 g. Trzy z nich pasowały jeszcze do siebie. Z kształtu fragmentów wywnioskowano, że brakuje jeszcze około 150 g, co w sumie dawałoby wagę całego okazu na 1032 g. Według opisu Gallego i Lasaulx okaz przypominał okazy meteorytu Pułtusk. Cały pokryty był skorupą na której widać było faliste zacieki i regmaglipty (rys. 1, 2 i 3). Widoczne na nim liczne drobne pęknięcia powstały wg nich w wyniku spadku lub podczas rozbijania okazu.

Z drugiego (mniejszego) okazu udało się odzyskać dziesięć fragmentów o łącznej wadze tylko 260,4 g (naj-

większe fragmenty ważyły 57,285 i 54,15 g, najmniejszy 3,54 g). Cztery kawałki pasowały do siebie i dawały kształt jak na rysunku 4. Próba rekonstrukcji pierwotnego kształtu (rys. 5) odpowiada opisowi znalazcy. Okaz miał kształt klina z eliptyczną podstawą, jego waga musiała wynosić niewiele ponad pół kilograma. Pokrywała go bardzo cienka skorupa. Skorupa na obu okazach była nieco różna, drugi okaz znaleziono dopiero po kilku godzinach, leżał w wodzie i widać na nim było silne ślady utlenienia.

Mały fragment 29,78 g znajdował się w zbiorach Realschule (niemiecka szkoła ogólnokształcąca) w Dzierżoniowie (niem. Reichenbach). Kolejny był w posiadaniu inspektora Kühn z Pałacu w Kluczowej (za Galle, Lasaulx (1879): *Ausserdem besitzt die Realschule zu Reichenbach ein Stück im Gewichte von 29,78 gr., ein weiteres Stück befindet sich im Besitz des Hrn. Inspectors Kühn auf dem Dominium Kleutsch.*)

Szczegółowy opis okoliczności spadku i znalezienie okazów oraz ich charakterystyka i analizy znajduje się w publikacji: Galle Johann Gottfried, Lasaulx Arnold von, (1879), **Bericht über den Meteorsteinfall bei Gnadensfrei am 17. Mai 1879**, *Monatsberichte der Königlichen Preussische Akademie des Wissenschaften zu Berlin*, 1879, s. 750-772 (mit 2 Tafeln und Analyse).

Więcej informacji na portalu Wiki.Meteoritica.pl.

Jan Woreczko

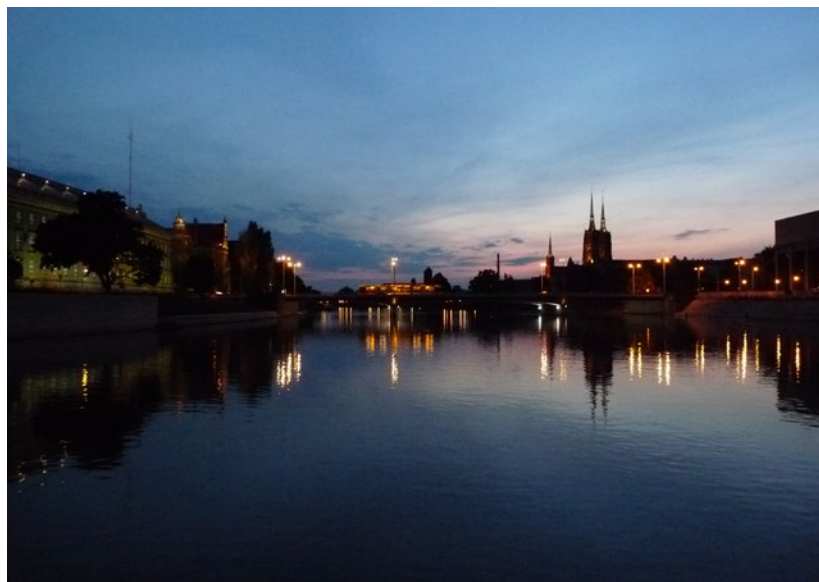
VIII Konferencja Meteorytowa

Joanna Brząkała i Bogusław Maryniak

W dniach 27–29 czerwca 2014 r. delegacja nauczycieli Łódzkiego Planetarium w składzie: dyrektor Jerzy Loba, dr Anna Karczemska, Joanna Brząkała, Andrzej Koba i Bogusław Maryniak uczestniczyła w VIII Konferencji Meteorytowej zorganizowanej przez Polskie Towarzystwo Meteorytowe, odbywającej się w gmachu Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.

Już pierwszego dnia międzynarodowej konferencji naukowej, w której brali udział uczeni z Węgier, Niemiec, Szwajcarii i Polski, nasza koleżanka, dr Anna Karczemska wygłosiła referat poświęcony badaniom węgla (m.in. diamentów i grafitu) w meteorytach oraz relacjami pomiędzy meteorytyką a inżynierią materiałową.

Na Konferencji omówiono i przedstawiono różne zagadnienia dotyczące meteorytów, zarówno żelaznych, jak i kamiennych np. chondrytów. Duże zainteresowanie wzbudził zaprezentowany fragment meteorytu żelaznego Campo del Cielo, znajdowanego od XVI wieku w północnej Argentynie, ważący ponad 60 kg, jak również potężny gipsowy odlew polskiego meteorytu Morasko, do złudzenia przypominający naturalny okaz kosmicznej skały. Przedstawiono także



Nocna panorama Wrocławia

wyniki wstępnych badań meteorytu Niedźwiada (nazwa pochodzi od gminy Niedźwiada w woj. lubelskim), nietypowego, gdyż okaz znaleziono na głębokości ok. 14 m w podziemnych warstwach bursztynu w czasie kopania studni. Badania wykazały, iż ten kilkugramowy czarno brunatny kamyk jest żelaznym paleometeorytem, który uderzył w Ziemię być może nawet około 40 mln lat temu.

Z zaciekawieniem wysłuchaliśmy relacji na temat upadku meteorytu Sołtmany (Sołtmany to wieś w powiecie giżyckim), który rozpoczął

wędrówkę ku Ziemi około 29 mln lat temu, a zakończył ją spadając na jeden z budynków gospodarczych na Pojezierzu Mazurskim w dniu 30.04.2011 r. Meteoryt Sołtmany okazał się być chondrytem zwyczajnym o masie ponad 1 kg. Zgodnie z relacją autora referatu, chondryt z Sołtmanów jest ciekawy przede wszystkim dzięki temu, że udało się go stosunkowo szybko poddać analizie naukowej, która umożliwiła poznanie tych aspektów materii międzyplanetarnej, które ulegają zniszczeniu w dłuższym kontakcie z atmosferą Ziemi.

Ponadto uczestnicy konferencji dowiedzieli się o planach przemysłowej, górniczej eksploatacji materii międzyplanetarnej. Okazało się, że planetoidy mogą być potencjalnym źródłem wartościowych rud metali, w tym przede wszystkim mogą dostarczyć znacznych ilości platyny. Oczywiście, przemysłowe pozyskiwanie platyny z planetoid to kwestia przyszłości, ale już teraz jest ono poważnie traktowane.

Kolejny, bardzo interesujący referat dotyczył polskich poszukiwań „okruchów kosmosu” w Czelabińsku na Uralu (Rosja), gdzie 15 lutego 2013 wszedł w atmosferę Ziemi superbolid. Jak wiadomo, spowodował on znaczne straty uszkadzając ponad siedem tysięcy budynków i pośrednio powodując



Łódzka ekipa prawie w komplecie

obrażenia u około 1500 osób (głównie spowodowane przez fragmenty rozbitych szyb). Polscy badacze meteorytów z powodzeniem poszukiwali fragmentów superbolidu na zachód od Czelabińska, a ich znaleziska stanowią istotny wkład w badania nad rozrzutem materii kosmicznej podczas upadku tak dużego i niebezpiecznego obiektu.

Po zakończeniu sesji w piątkowe popołudnie organizatorzy zaprosili nas na rejs statkiem po Odrze połączony ze wspólną kolacją. Konsumując wspaniałości kulinarne przygotowane przez jedną z restauracji do północy podziwialiśmy, przy sprzyjającej pogodzie, wrocławskie zabytki i piękne nadodrzańskie krajobrazy.

Sobotni wieczór poświęciliśmy na zwiedzanie Muzeum Mineralogicznego i pełnego urokliwych zaułków Starego Miasta, które największego uroku i specyficznego klimatu nabierają po zmroku, tętniąc życiem do późnych godzin nocnych. W jednym z takich miejsc — w Zaułku Jerzego Grotowskiego — w sobotni wieczór natrafiliśmy na występ awangardowego teatru pod gołym niebem.

W niedzielę odwiedziliśmy gotycką Archikatedrę pod wezwaniem Św. Jana Chrzciciela. Idąc do katedry przechodziliśmy przez Most Tumski, zwany także „Mostem Zakochanych”, ponieważ zakochane pary przypinają do niego kłódki z wypisanymi swoimi imionami, po czym klucze wyrzucają do rzeki, deklarując tym samym chęć bycia razem na zawsze. Po Mszy Świętej w eskorcie sympatycznego



Nowy Prezes przemawia do zebranych

i niezwykle uprzejmego Pana obsługującego windę wjechaliśmy na wieżę katedralną, skąd roztacza się wspaniały widok na panoramę Wrocławia: najwyższy budynek w Polsce Sky Tower (wysokość całkowita — 212 m) na tle stożka wulkanicznego samotnej góry Ślęży — Sobótki, wysokiej na 718 m n.p.m. i mającej aż 468 m wysokości względnej (od podnóża do szczytu), Panoramę Raclawicką, uznany za pomnik historii Archikatedralny Ogród Botaniczny, a w oddali Halę Stulecia — obiekt wpisany na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO. Majaczyła ona we mgle na horyzoncie za Sky Tower.

Tam właśnie udaliśmy się po opuszczeniu Ostrowa Tumskiego, aby odpocząć w Ogrodzie Japonii

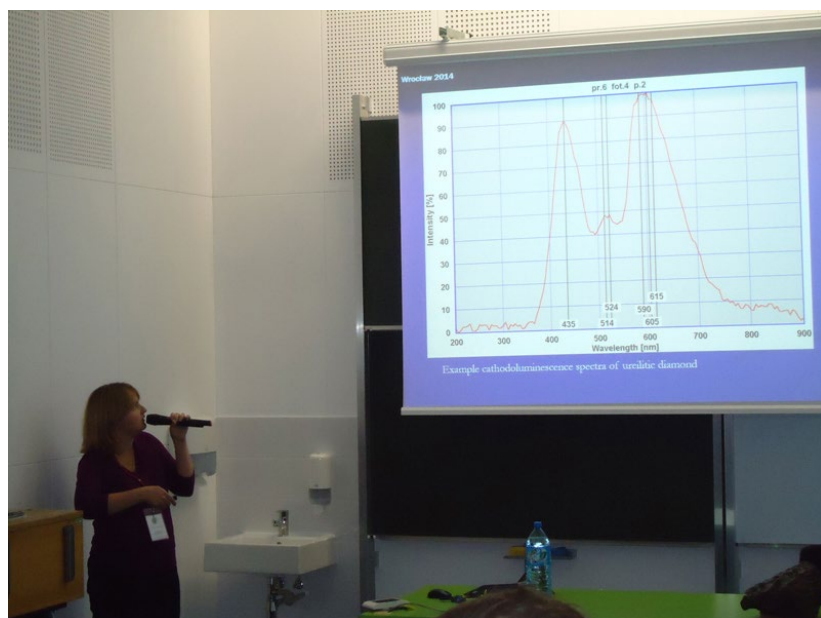
skim, z urokliwymi mostkami na stawem, wysepkami, kaskadami, gigantycznymi karpiami, pawilonem herbacianym, z drzewkami bonsai i licznymi gatunkami azjatyckich roślin, zielonym, relaksującym duszę i ciało zakątku Wrocławia. Wracając do hotelu, obejrzeliśmy jeszcze przy fontannie na pergoli przed Halą Stulecia pobudzający wyobraźnię spektakl tęczowo podświetlanych strumieni wody, tryskających i tańczących w rytm przebojów muzyki klasycznej. Trochę jest nam szkoda, że nie mogliśmy obejrzeć go nocą.

Wymiana informacji oraz nade wszystko wiedza zdobyta w ciągu tych trzech dni jest dla nas bezcenna, dzięki niej będziemy mogli bardziej ciekawie, oryginalnie i aktywnie popularyzować astronomię i meteoritykę wśród mieszkańców naszego miasta.

Kolejna konferencja poświęcona meteorytom odbędzie się za rok w Olsztynie. Zostaliśmy na nią już dziś zaproszeni przez spotkanych na wrocławskiej Konferencji miłośników kosmicznych skał. A za dwa lata spotykamy się w Łódzkim Planetarium.

Joanna Brzkała jest geografem i pracuje jako nauczyciel w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym im. Arago Sternfelda w Łodzi.

Bogusław Maryniak, z wykształcenia archeolog i filozof, pracuje w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym w Łodzi oraz uczy etyki i filozofii w Publicznym Liceum Uniwersytetu Łódzkiego.



Dr Anna Karczemska



Stali bywalcy



Weryfikacja znalezisk



Prof. Karwowski o nowym polskim meteorycie



Ćwierćtonowy Morasko lekki jak piórko



Pamiątkowa fotka po zakończeniu walnego zebrania