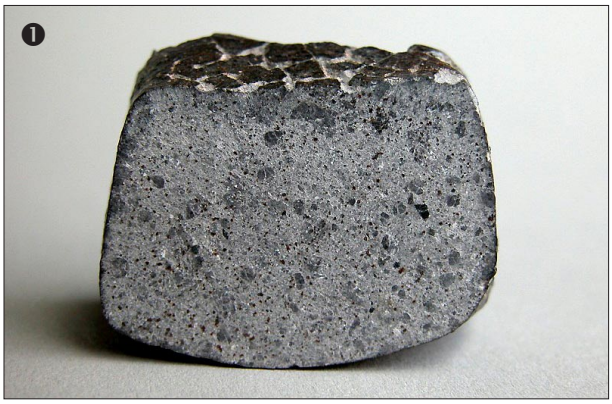
KWARTALNIK MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

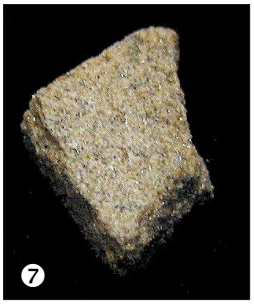
METEORYT

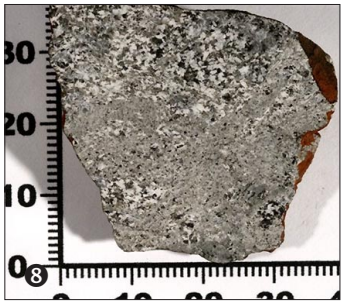
Nr 1 (65) Marzec 2008 ISSN 1642-588X



W numerze:

- źródła meteorytów
- szkło libijskie (c.d.)
- podmuch z przeszłości
- znalezisko życia
- galeria płytek cienkich
- udane meteorytowe łowy
- porady dla początkującego
- eukryty z całego świata





METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

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 2008 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. 0-604-178-072

aspmet@wp.pl

Skład: Jacek Drążkowski

Druk: Jan, Lidzbark Warmiński

Od redaktora:

Zacząć muszę od sprostowania: Zdjęcia na okładce numeru 4/2006 ***nie przedstawiają meteorytów Łowicz****. Przepraszam Czytelników za podaną tam błędną informację.*

Okazy wystawione na Allegro intrygowały mnie tak bardzo, że namówiłem Kazimierza Mazurka na wspólną wycieczkę do ich właściciela, któremu nie udało się znaleźć nabywcy. Niestety już po wstępnych oględzinach nabrałem wątpliwości, czy w ogóle są to meteoryty. Właściciel dał się namówić na przekazanie jednego okazu do zbadania prof. Łukaszowi Karwowskiemu, który tak przedstawił wynik:

Jest to odpad hutniczy — no może stalowniczy. Jest to stop metalu — żelaza ze znaczną zawartością krzemu, manganu i chromu. Jest oczywiście też tytan i inne drobne domieszki. To, co traktowałem jako cementyt, to niestety fosforek żelaza. Niklu nawet nie widać śladów. No może są, ale naprawdę śladowe. Fragmenty krzemianowe, to nieco zrekrystalizowane szkliwo glinokrzemianowe Ca, Mg, czasem bogatsze w żelazo. We frakcji żużlowej drobne wydzielenia dziwnych metali z siarką, Bi, Pb.

Skąd więc ta pomyłka? Przyglądając się uważnie zdjęciom na okładce można dostrzec elementy wzbudzające wątpliwości. Moją czujność uśpiła informacja właściciela, że przed wystawieniem okazu na aukcję uzyskał potwierdzenie w Muzeum Ziemi PAN w Warszawie, że istotnie jest to okaz meteorytu Łowicz. Muszę więc lepiej zapamiętać, że oglądając zdjęcie należy zwracać uwagę na to, co na nim jest, a nie na to, co chciałoby się zobaczyć.

Chciałbym wyrazić uznanie dla postawy właściciela tych pseudometeorytów, który podziękował na koniec za uchronienie go przed przykrymi konsekwencjami, gdyby okaz został sprzedany i nabywca stwierdziłby, że kupił szmelc zamiast prawdziwego meteorytu. Właściciel zrobił wprawdzie, co należy, czyli zwrócił się do kompetentnej instytucji o sprawdzenie i dopiero po uzyskaniu potwierdzenia wystawił okaz na aukcję. Nie miał jednak na to dowodu na piśmie. Na swoje szczęście uznał moje wątpliwości za istotne i zgodził się na dokładne zbadanie okazu.

W numerze dominują relacje z różnych wypraw na poszukiwanie meteorytów. Na zakończenie opowieści o wyprawie do Tatarstanu chciałem namówić Walentina Cwietkowa, aby skomentował artykuł Svenda Buhla znając temat lepiej od niego. Niestety odpowiedział, że od strony naukowej nie ma czego komentować, bo nauki tam nie zauważył, a dziennikarstwa komentować nie zamierza. Odniosłem wrażenie, że dobre wychowanie nie pozwala mu wyrazić dobitniej, co myśli o autorze i jego rewelacjach. Wydaje mi się, że nie jest dobrze, gdy o rosyjskich meteorytach piszą wyłącznie obcy, ale dotąd nie udało mi się nakłonić Walentina, by coś napisał.

Andrzej S. Pilski

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

METEORITE

THE INTERNATIONAL QUARTERLY OF METEORITES AND METEORITE SCIENCE

Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, University of Arkansas, 202 Old Museum Building, Fayetteville, Arkansas 72701, USA

Email:metpub@uark.edu, http://meteoritemag.uark.edu

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

Na okładce:

Fot. 1. Mike Bandli Astro-Artifacts: NWA 2482, połówka okazu, 35 g.

Fot. 2. Frederic Beroud, Meteoriteshow: NWA 4677, płytka, 2,4 g.

Fot. 3. John Kashuba: NWA 1553, 0,65 g.

Fot. 4. Guy Heinen: Millbillillie, płytka 75 × 56 mm.

Fot. 5. Matteo Chinellato, M come Meteorite: Camel Donga, całkowity okaz, 24,4 g.

Fot. 6. Marcin Cimała, PolandMET: NWA 4834, połówka okazu, 50 g.

Fot. 7. Anne Black, Impactika: Agoult, płytka 0,43 g.

Fot. 8. Ron Dilulio, The Ron Dilulio Collection: Millbillillie, płytka 40 × 40 mm.

Od redaktora „Meteorite":

Chciałbym podziękować wszystkim, którzy odpowiedzieli na moja prośbę o zdjęcie eukrytu. Zasypano nas zdjęciami i bardzo trudno było nam wybrać tylko jedno do artykułu Alana Rubina. Dlatego pozostałe zdjęcia prezentujemy w specjalnej galerii włącznie ze zdjęciem mego nowego eukrytu.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Źródła meteorytów

Alan Rubin

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Na początku dziewiętnastego wieku, kiedy naukowcy zaczęli akceptować możliwość, że kamienie mogą spadać z kosmosu, najbardziej dręczące było dla nich pytanie o źródła tych kamieni. Czy pochodzą one ze Słońca, Księżyca, komet, planet, czy niedawno odkrytych planetoid? Czy niektóre z nich mogą pochodzić z odległych gwiazd? Czy jest możliwe, że wszystkie one są ziemskimi kamieniami wyrzuconymi w kosmos przez potężne erupcje wulkaniczne? Odpowiedzi na te pytania przychodziły powoli, ale dziś wiemy, że są różne źródła pozaziemskiej materii.

Uważa się, że komety są głównym źródłem bezwodnych mikrometeorytów.

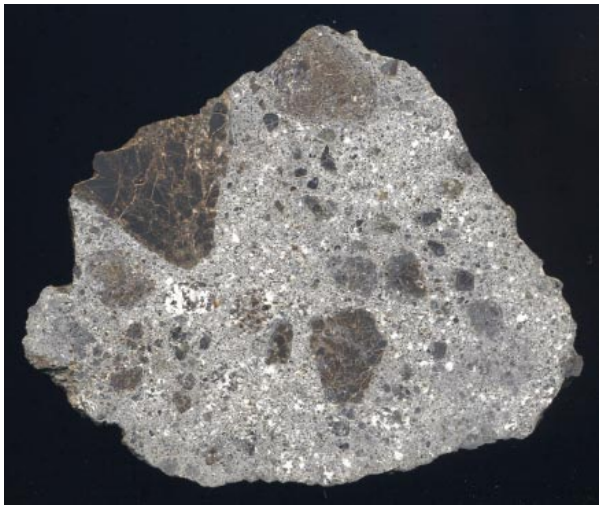
Księżyc jest oczywistym źródłem meteorytów księżycowych. Struktura, skład mineralny i chemiczny oraz proporcje izotopów tlenu tych meteorytów są takie same jak próbek przywiezionych z Księżyca przez astronautów Apolla i bezzałogowe radzieckie sondy Łuna.

Marsa uważa się za źródło różnych skał wulkanicznych na podstawie czterech głównych parametrów: (1) „młody" wiek tych meteorytów (niektóre mają 1,3 mld lat; przypuszczalnie podobny wiek mają wulkany z pasma Tharsis na Marsie), (2) podobieństwo składu gazu w pęcherzykach w jednym z tych kamieni (EETA 79001) do składu marsjańskiej atmosfery zmierzonego na powierzchni planety przez lądowniki Viking, (3) obecność utlenionego (trójwartościowego) żelaza w niektórych ziarnach minerałów (co zgadza się z czerwonym pyłem pokrywającym powierzchnię planety) i (4) stosunkowo duża zawartość deuteru (ciężki izotop wodoru, którego atomy składają się z protonu i neutronu), którego jest więcej w marsjańskiej atmosferze.

Chociaż od czasu do czasu proponuje się, że źródłem różnych niezwykłych meteorytów (jak np. angryty, aubryty czy chondryty enstatytowe) może być Merkury i teoretyczne modele pokazały, że Merkury może być źródłem bardzo rzadkich meteorytów w naszych zbiorach, to większość badaczy nie uważa, że jakikolwiek meteoryt pochodzi z Merkurego.

Podobieństwo zawartości gazów szlachetnych w ureilitach i w atmosferze Wenus skłoniło kilku badaczy do zasugerowania, że Wenus może być macierzystym ciałem tej tajemniczej grupy. Większość naukowców nie uważa jednak tej koncepcji za prawdopodobną.

Wszystkie inne meteoryty, dziesiątki tysięcy okazów, uważane są za pochodzące z planetoid. Także uwodnione mikrometeoryty uważa się za planetoidalne. Chociaż koncepcja, że meteoryty pochodzą z planetoid, jest dobrze znana większości czytelników *Meteorite*, nie wszyscy są świadomi głównych powiązań między tymi typami obiektów. Jak napisałem w mojej książce z 2002 roku, *Disturbing the Solar System*, jest dziewięć takich powiązań.



Fot. 1. Eukryt polimiktyczny NWA 2482, 30,72 g. Zdjęcie udostępnił John Kashuba.

(1) Wysokoenergetyczne cząstki jądrowe nazywane promieniami kosmicznymi wnikają w głąb krzemianowej skały do jednego metra. Te cząstki zderzają się z atomami w skale przekształcając niektóre z nich w izotopy promieniotwórcze, takie jak ^{21}Ne (atomy neonu z 10 protonami i 11 neutronami) i ^{36}Ar (atomy argonu z 18 protonami i 18 neutronami). Rozpad tych izotopów można wykorzystać jako zegar mierzący czas istnienia w kosmosie meteoroidu o wielkości kilku metrów. Ten tak zwany wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne meteorytów kamiennych sięga od 30 tysięcy do 70 milionów lat. Jest to o wiele za krótki czas, aby meteoroid mógł dolecieć do Ziemi z sąsiedztwa innej gwiazdy; takie podróże międzygwiezdne trwałyby przynajmniej kilkaset milionów lat. Wskazuje to, że meteoryty są wytworami naszego Układu Słonecznego. W szczególności wartości wieku ekspozycji na promieniowanie kosmiczne zgadzają się z czasami wyliczonymi teoretycznie dla podróży obiektu z pasa planetoid na Ziemię.

(2) Korona słoneczna (zewnętrzna część atmosfery Słońca widoczna podczas całkowitych zaćmień) ekspanduje w przestrzeń międzyplanetarną jako wiatr słoneczny. Z wiatrem tym unoszone są gazy szlachetne, takie jak hel, neon i ksenon. Ciała znajdujące się blisko słońca są owiewane wysokim stężeniem tych gazów; bardziej oddalone obiekty dostają gazy o mniejszym stężeniu. Zawartość w niektórych meteorytach gazów szlachetnych wchłoniętych z wiatru słonecznego jest zgodna z pozyskaniem ich w odległości około 3 jednostek astronomicznych (około 450 mln km) od Słońca, czyli w środku pasa planetoid.

(3) Obecność w niektórych meteorytach gazów szlachetnych pochodzących z wiatru słonecznego oraz śladów cząstek z rozbłysków słonecznych (krótkie ślady w ziarnach minerałów wytworzone przez wnikanie zjonizowanych cząstek emitowanych przez energetyczne rozbłyski słoneczne) wskazuje, że te skały znajdowały się na powierzchni ciała pozbawionego atmosfery. Jest tak dlatego, że zderzenia między cząstkami wiatru słonecznego i cząsteczkami w atmosferze planety osłaniają powierzchnię planety przez wiatrem słonecznym. Tak więc meteoryty zawierające gazy wiatru słonecznego nie

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

mogą pochodzić z obiektów mających grube atmosfery, takich jak Wenus czy księżyc Saturna Tytan. Planetoidy są za małe i mają za słabe przyciąganie, aby utrzymać atmosferę; są one prawdopodobnymi kandydatami na ciała macierzyste meteorytów zawierających dużo gazu słonecznego.

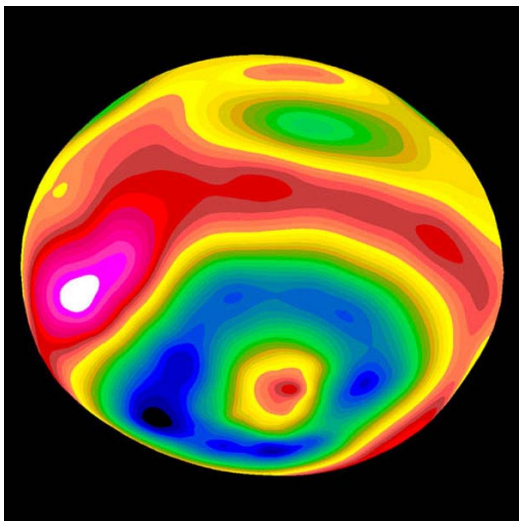
(4) Wiele meteorytów składa się z pokruszonych fragmentów. Takie skały nazywamy brekcjami. Niektóre z tych fragmentów są pozostałościami pocisków, które uderzyły w macierzyste planetoidy ze stosunkowo niewielka prędkością. Wysoki procent pokruszonych fragmentów w tych meteorytach jest zgodny z dużą liczbą kraterów obserwowanych na planetoidach takich jak Ida, Gaspra czy Eros, które były fotografowane przez przelatujące obok sondy kosmiczne.

(5) Powtarzające się perturbacje grawitacyjne od Jowisza powodują, że planetoidy krążące po pewnych orbitach zmieniają elementy swych orbit i przechodzą na orbity przecinające orbitę Ziemi. Ocenia się, że obecnie po orbitach przecinających ziemską krąży od 500 do 1000 planetoid o średnicach większych niż 1 km. Z obliczeń wynika, że 7% z nich w końcu uderzy w Ziemię jako meteoryty.

(6) Analizy wielkości i składu meteorytowych ziaren metalu oraz śladów rozszczepienia plutonu w ziarnach fosforanów wskazują, że wiele meteorytów stygło od wysokiej temperatury w tempie od 1°C do 100°C na milion lat. Najwolniejsze tempo stygnięcia odpowiada oczekiwanemu, gdy materia znajduje się blisko środka skalistego ciała o średnicy 100 do 300 km. Ten przedział wielkości pasuje do wielu dużych planetoid.

(7) Jeśli małe i duże obiekty są ogrzane do tej samej temperatury, to małe obiekty stygną szybciej, ponieważ mają większy stosunek powierzchni do objętości. Inaczej mówiąc, w porównaniu z niedużą objętością jest na małych ciałach znacznie więcej powierzchni, z której ciepło może wypromieniowywać. Dlatego właśnie duże skalne ciała, takie jak Ziemia, wciąż mają ogromne rezerwy wewnętrznego ciepła 4,5 miliarda lat po uformowaniu się, podczas gdy małe ciała, takie jak planetoidy, ostygły całkowicie wkrótce po uformowaniu. Liczący 4,5 miliarda lat wiek większości meteorytów wskazuje więc, że pochodzą one z małych ciał wielkości planetoid. Wniosek ten jest zgodny z wynikami przeglądu planetoid o średnicach większych niż 10 km.; stwierdzono, że 95% z nich ma średnice mniejsze niż 200 km.

(8) Różne minerały pochłaniają i odbijają światło w charakterystyczny sposób w różnych długościach fali. Widma odbiciowe pewnych meteorytów mierzone w laboratorium dobrze pasują do widm uzyskanych przez teleskop dla niektórych planetoid. Te badania pokazują, że wiele meteorytów ma skład podobny do składu powierzchni niektórych planetoid.



Fot. 2. Topograficzna mapa Westy opracowana na podstawie zdjęć zrobionych Teleskopem Kosmicznym Hubble'a. Udostępnili B. Zellner i P. Thomas.

(9) Od końca lat pięćdziesiątych XX wieku zrobiono zdjęcia lub nagrano na video spadanie dziewięciu chondrytowych meteorytów (Pribram, Czechy, 7 kwietnia 1959 r.; Lost City, Oklahoma, USA, 3 stycznia 1970 r.; Innisfree, Alberta, Kanada, 5 lutego 1977 r.; Peekskill, New York, USA, 9 października 1992 r.; Tagish Lake, Kolumbia Brytyjska, Kanada, 18 stycznia 2000 r.; Moravka, Czechy, 6 maja 2000 r.; Neuschwanstein, Niemcy, 6 kwietnia 2002 r.; Park Forest, Illinois, USA, 26 marca 2003 r.; Villalbeto de la Peña, Hiszpania, 4 stycznia 2004 r.) Odtworzenie ich orbit przed wejściem w atmosferę ukazało ich bliskie podobieństwo do orbit typowych planetoid przecinających ziemska orbitę.

Obecnie, skoro jest oczywiste, że większość meteorytów pochodzi z planetoid, pojawia się pytanie, czy poszczególne planetoidy można powiązać z niektórymi grupami meteorytów. Chociaż nie ma powszechnej zgody co do żadnego z takich powiązań, to zgłoszono szereg propozycji.

Wielu badaczy akceptuje prawdopodobieństwo, że eukryty, howardyty i diogenity (Fot. 1) pochodzą z planetoidy 4 Westa, jednej z największych planetoid o średnicy 530 km. Analizy widma powierzchni Westy pokazują, że jest ona pokryta bazaltem. Duży, kolisty obszar na planetoidzie, sfotografowany przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a (Fot. 2), może być basenem uderzeniowym, który odsłania położoną głębiej materię diogenitową. Małe, bazaltowe planetoidy w sąsiedztwie Westy mogą być fragmentami skorupy oderwanymi od powierzchni przez energetyczne zderzenia. Niektóre z tych „westoid" znajdują się w pobliżu dynamicznych wyjść ewakuacyjnych z pasa planetoid, które umożliwiają materii wyrzuconej z powierzchni Westy dostęp do wewnętrznej części Układu Słonecznego.

Widmowe podobieństwo miedzy planetoidą 6 Hebe (185 km średnicy) i chondrytami typu H, oraz umiejscowienie Hebe blisko wyraźnego, dynamicznego wyjścia ewakuacyjnego skłoniło niektórych badaczy do wniosku, że Hebe jest macierzystym ciałem chondrytów H i związanej z nimi prawdopodobnie grupy meteorytów żelaznych IIE.

Odkrycie rodziny ponad 3000 węglistych planetoid pochodzących z rozbitego ciała macierzystego 298 Baptistina (~40 km) doprowadziło do niedawnej sugestii, że ta rodzina jest źródłem chondrytów CM, najliczniejszej grupy chondrytów węglistych.

Dalsze zdalne badania planetoid i coraz bardziej wymyślne modele dynamiczne pozwolą przetestować te sugestie. Jednak na ostateczny dowód, czy określone planetoidy są źródłem konkretnych grup meteorytów, trzeba będzie chyba poczekać do momentu przywiezienia próbek przez sondy. Mając w ręku kęs Hebe, oglądając wulkaniczną skałę z Westy czy widząc kawałek Baptistiny będziemy mogli lepiej stwierdzić, skąd naprawdę pochodzą meteoryty.

Alan Rubin jest geochemikiem pracującym w Instytucie Geofizyki i Fizyki Planet w U.C.L.A.

E-mail: aerubin@ucla.edu

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Czy Szkło Libijskie jest produktem zderzenia?
Część II: Opis i modele uformowania

John M. Saul

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Uwaga redaktora: W tej kontynuacji artykułu z sierpniowego numeru Meteorite *autor opisuje chemiczne i fizyczne właściwości Szkła Pustyni Libijskiej i omawia różne modele zaproponowane dla wyjaśnienia pochodzenia LDG.*

Krótki opis niektórych chemicznych i fizycznych właściwości LDG

LDG jest półprzezroczystą i przezroczystą, niekrystaliczną formą krzemionki, czystym lub smugowym szkłem, którego okazy mogą być nieprzezroczyste i białe, gdy zawierają pęcherzyki (Kleinmann, *Earth and Planet Sci. Letters*, v. 5, 1969, pp. 495-501). Okazy mogą być bezbarwne, białe, żółtawe, zielonkawe, brązowe lub czarne, a także mówiono o „oleisto niebieskich". Do odnotowanych wcześniej podrzędnych składników należą ziarna cyrkonu ($ZrSiO_4$), z których większość została mechanicznie zdeformowana i uległa rozpadowi tworząc baddeleyit (ZrO_2), co pokazała Barbara Kleinmann w 1969 r. Z tego wywnioskowała ona temperatury powyżej 1676°C, a wielu badaczy podejrzewa, że ta temperatura musiała przekraczać 2050°C, czyli punkt topnienia kwarcu. Zaobserwowano także wysokociśnieniową odmianę enstatytu o strukturze ilmenitu (nazwaną później akimotoitem) (Diemer, *Bull. ABC Mines*, no. 13 [1998]), wskazującą na ciśnienia rzędu 20 GPa. Donoszono także o inkluzjach kwarcu w szkliwie.

W stanie stopionym krzemionka o takiej czystości ma lepkość 100 do 1000 razy większą niż miód w punkcie topienia, a przy temperaturze 2200°C wciąż jest dziesięciokrotnie bardziej lepka niż miód. (Dodatkowe dane zob. V. Bouska et al., *Natural Glasses*, Prague [1993] i przegląd E. Diemera w *Bull. ABC Mines*, no. 13 [1998] Paris, po francusku.) Jednak w wielu fragmentach LDG widać bezbarwne do brązowych szliry jako wewnętrzne zaburzenia, nadające im wygląd smugowy albo zmącony. Szliry zwykle (albo zawsze?) wskazują na wewnętrzny ruch w wysokich temperaturach, czyli na płynięcie cieczy. Problemem jest wyjaśnienie, jak ciecz tak lepka jak krzemionka, mogła tak dużo płynąć przed ostygnięciem. Problem ten można obejść, jeśli założymy, że płynnym prekursorem LDG był bogaty w krzemionkę gaz, a nie ciecz. Alternatywnie, jak wskazała Kleinmann, mogło być bardzo szybkie płynięcie na początku, a potem wolniejsze. Do innych możliwości należy oddziaływanie dwóch bardzo gorących cieczy o różnych temperaturach lub kontrastujących lepkościach.

Szliry w LDG zwykle występują jako długie i mniej lub bardziej proste, prawie równoległe smugi. Takie utwory w tektytach są bardziej zakrzywione i chyba mniej pospolite. W przeciwieństwie do tektytów i meteorytów nie zauważono żadnego okazu LDG o aerodynamicznych kształtach i LDG ma także znacznie wyższą zawartość wody niż tektyty.

Nie ma żadnych doniesień o geologicznym kontakcie między LDG i nubijskim piaskowcem (czy jakąkolwiek inną skałą) i nie zaobserwowano fragmentów z ziarenkami piasku wtopionymi w powierzchnię, spotykanych wśród impaktytów.

Chociaż nigdy nie było żadnych doniesień o wychodniach LDG, wciąż pojawia się pogląd, że coś takiego mogło kiedyś być i może wciąż jest i spotyka się określenia „basen krzemionki" i „podziemny basen krzemionki". Pomijając takie rozsądnie brzmiące spekulacje nie ma dowodów terenowych, że szliry czy inne pasma w LDG były pierwotnie ułożone horyzontalnie (co jest naturalnym przypuszczeniem). W istocie — chociaż jest to tylko osobiste wrażenie — nieco rozbieżne szliry w niektórych okazach wyglądają tak, jakby pierwotnie mogły być pionowe, cos na podobieństwo pionowej fontanny wody, w której część wody w pobliżu wierzchołka strumienia rozbiega się w prawo, część w lewo... ale zamarza na miejscu.

Ponadto, i znów w przeciwieństwie do tektytów, obserwowana śladowa zawartość irydu w LDG jest bardziej typowa dla niezdyferecjonowanej materii meteorytowej niż dla skał ziemskiej skorupy (do których należą tektyty jako szczególny przypadek), w których chemiczna i izotopowa dyferencjacja miała miejsce w ciągu jednego lub wielu cykli geologicznych. Normalnie by to interpretowano jako argument, że LDG zawiera składnik pozaziemski, i rzeczywiście wiele osób uznaje to za potwierdzenie pochodzenia zderzeniowego.

Poza wysoką zawartością krzemu i faktem, że wszystkie LDG najwidoczniej powstały w jednym zdarzeniu, lub w serii bliskich siebie, podobnych zdarzeń, występuje duże zróżnicowanie jeśli chodzi o ogólny wygląd, kolor, zawartość pęcherzyków, ważność szlirów itd. Sugeruje to, że argument odnoszący się do pewnych okazów LDG może nie być w pełni ważny, gdy zastosować go do innych. W sumie LDG jest fizycznie zróżnicowaną materią, która jest jednorodna chemicznie, przy czym skład chemiczny jest podobny do składu miejscowego piaskowca kwarcowego.

Można by jeszcze więcej powiedzieć o LDG, ale nie wydaje się, by dodatkowe dane nakładały dalsze ograniczenia na i tak już trudne zadanie określenia jego pochodzenia.

Szkło Pustyni Libijskiej: jak ono *nie* powstało

Zaproponowano wiele koncepcji mających wyjaśnić pochodzenie LDG, niektóre poważne, niektóre mające posmak intelektualnej bezradności i parę w sposób oczywisty bez wartości. Te koncepcje są obalane poniżej, włącznie nawet z tymi, które osobiście uważam za bezsensowne. W nawiasach kwadratowych podane są powody, dla których każda jest prawdopodobnie niezadowalająca.

— LDG nie powstało w niskiej temperaturze [obecność lechatelierytu i rozpad powyżej 1676°C cyrkonu na baddeleyit].

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

— Niektóre okazy LDG nie powstały przy niskim ciśnieniu [zaobserwowano obecność wysokociśnieniowej odmiany enstatytu; deformacje większości cyrkonów]
— Niektóre okazy LDG mogły nie powstać przy tak wysokim ciśnieniu [rzadkość wysokociśnieniowej odmiany enstatytu i niezdeformowane cyrkony w niektórych okazach].
— Niektóre okazy LDG mogły powstać przy niemal braku tlenu [gdyby się okazało, że oznaki mikroskamieniałości lub cząsteczek węgla o długich łańcuchach są niewątpliwe].
— LDG nie może być odmianą nieuwarstwionego tektytu [zbyt wysoka zawartość wody; zbyt wysoka zawartość SiO_2; zbyt proste szliry; widoczne tempo stygnięcia 50 do 100 razy zbyt wolne].
— LDG nie jest widocznie odmianą uwarstwionego tektytu typu Muong Nong [w którym zawartość SiO_2 jest w przedziale 72—80%, Al_2O_3 około 10% i zawartość wody 4 do 10 razy niższa niż w LDG].
— LDG nie może być jednym z pospolitych typów impaktytów [brak przylepionych ziaren kwarcu].
— LDG nie jest wytworem rozbryzgu [brak kawałków ukształtowanych aerodynamicznie; wysoka lepkość mogła wykluczać rozbryzgiwanie].
— LDG nie jest obsydianem [zbyt wysoka zawartość SiO_2; odmienny ogólny skład chemiczny; zbyt mała zawartość wody].
— LDG nie powstało z żelu na dnie jeziora ani w wyniku aktywności hydrotermalnej [obserwowany rodzaj wiązań Si-O-Si nie zgadza się z formowaniem w niskiej temperaturze i przypuszczalnie byłyby wymagane „gimnastyczne" fluktuacje pH; ponadto ogólnie brak na to dowodów].
— LDG nie jest rezultatem jakiejś prostej transformacji przeciętnej próbki Nubijskiego Piaskowca [ponieważ zawartość Al w LDG (ponad 1% w niektórych okazach) jest znacznie wyższa niż typowa dla Nubijskiego Piaskowca (0,04%); Kleinmann jednak dopuszcza istnienie zawierających Al warstw gliny].
— LDG nie jest rezultatem uderzenia meteorytu w hipotetyczną formację skalną, która mogła kiedyś leżeć nad Nubijskim Piaskowcem [ponieważ mimo poszukiwań nie znaleziono ani kamyków, ani innych fragmentów tej domniemanej formacji kwarcu+kaolinu+anatazu, chociaż, jak przyznają zwolennicy tej koncepcji, musiałaby mieć ona grubość przynajmniej 300 m].
— LDG jest zbyt stare, by być wytworem człowieka.
— LDG nie mogło powstać przez stopienie piasku kwarcowego przez super pożar puszczy żywicznych drzew [ponieważ maksymalna temperatura takiego pożaru jest 1000°C, zbyt niska].
— LDG nie jest podobne do niesklasyfikowanych szkieł znalezionych niedawno podczas kopania kamieni szlachetnych we wschodniej Afryce, Malawi i Sri Lance [które, obojętne czy wytworzone przez ludzi (co wydaje się pewne w odniesieniu do niektórych okazów), czy też naturalne, mają znacznie niższą zawartość SiO_2 i duże różnice składu chemicznego].
— LDG nie jest porównywalne z inkluzjami stopu krzemianowego w jednym z bazaltów księżycowych [o zawartości SiO_2 93,8% i odmiennym profilu izotopowym].
— Okazy LDG nie są piaskowymi fulgurytami utworzonymi przez wielokrotne uderzenia piorunów [nieodpowiednie wymiary; brak przylepionych ziaren piasku].
— Okazy LDG nie są kamiennymi fulgurytami utworzonymi przez wielokrotne uderzenia piorunów [niektóre okazy LDG są o wiele zbyt masywne].
— LDG nie jest nowym rodzajem fulgurytu utworzonym przez hipotetyczny super-piorun [ponieważ LDG jest zbyt wiele — ocenia się, że wystarczy go na zrobienie kuli o promieniu 120 m, oraz LDG jest zbyt rozrzucone geograficznie; super-piorun wymagałby uwolnienia energii –nad Egiptem i nigdzie więcej — większej o wiele rzędów wielkości, niż kiedykolwiek obserwowano w ziemskiej atmosferze].
— LDG nie może pochodzić całkowicie z ziemskiej skorupy [chondrytowe stosunki w pierwiastkach syderofilnych i platynowcach; zbyt wiele śladowego irydu].
— LDG nie jest „typowym" wytworem uderzenia metalicznego meteorytu z prędkością kosmiczną [brak krateru, nieliczne utwory szokowe, nieodpowiedni(?) stosunek Fe/Ni].
— LDG nie mogło spaść z góry jako ogromny „szklany meteoryt" [brak krateru, inkluzje turmalinu itd.; „szklane meteoryty" są w ogóle nieznane].
— LDG nie jest podobne do pozostałości po zdarzeniu tunguskim [które nie wytworzyło niczego podobnego do LDG].
— LDG nie można w naukowy sposób przypisać do „kolapsu oddziałujących wzajemnie fontann atmosferycznych z rojów bolidów" przez „proces radiacyjnego scalania" [ponieważ to pojęcie jest nietestowalne (i przy odrobinie szczęścia takim pozostanie)].
— LDG nie da się wytłumaczyć przejściem Ziemi przez warkocz komety [chyba że przyjmie się z pół tuzina ekstremalnych założeń].
— Jest zupełnie nieprawdopodobne, aby LDG spadło z góry jako kometa [brak krateru, możliwa obecność mikroskamieniałości, inkluzje turmalinu itd., jak przy wcześniejszych hipotezach].

Fot. 1. Niektóre z wielu odmian LDG. Fot. Edmond Diemer.

Proponowane rozwiązanie

Wobec powyższego chciałbym podkreślić dwie szczególne kwestie:

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

1) wysoka chemiczna czystość LDG i 2) że naturalne szkło tego rodzaju jest wyjątkowe, występuje tylko w tym jednym miejscu globu i nie jest podobne do żadnej innej materii ziemskiej lub pozaziemskiej. Głównym problemem jest znalezienie jakiegokolwiek wyjaśnienia pochodzenia Szkła Pustyni Libijskiej, które:

— spełnia ograniczenia nakładane przez dane chemiczne,

— daje się zastosować do wszystkich fizycznych odmian LDG,

— wyjaśnia, dlaczego LDG występuje tylko w tym jednym miejscu Ziemi,

— wyjaśnia oznaki płynięcia, i chyba najważniejsze

— nie wymaga nadzwyczajnych uzasadnień.

Ziemia wciąż wydziela gazy. Jest to bezpieczne twierdzenie tak długo, jak nie dotyczy zbyt szczególnego przypadku. Odgazowanie można na przykład z pewnością obserwować przy aktywnych wulkanach i w bulgocących źródłach takich jak te skomercjalizowane przez Perrier water. Odgazowanie obserwuje się także przed niektórymi trzęsieniami ziemi i przejawia się ono wzrostem strumienia promieniotwórczego radonu, gazu który jest zbyt ciężki, by samodzielnie wydostać się ze skały czy gleby i musi zostać wypchnięty przez wydostający się jakiś inny gaz o mniejszej gęstości. Tym gazem może być jakaś bardzo pospolita czy ogólnie obojętna substancja, na przykład azot, której odgazowania można nie zauważyć.

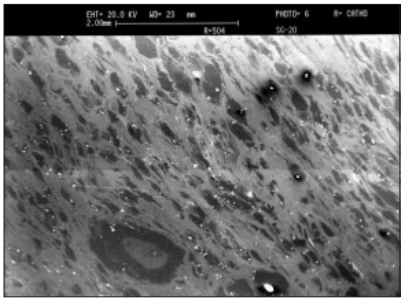
Dwaj naukowcy, zajmujący się dokładniej tematem planetarnego odgazowania, zajęli skrajnie przeciwne stanowiska. Jednym był zmarły profesor Thomas Gold z Uniwersytetu Cornella, który twierdził, że ropa i gaz powstają jako pierwotne, nieorganiczne ciecze, które są użytkowane przez bakterie, gdy wędrują w górę ku powierzchni Ziemi i w ten sposób zyskują właściwości cząsteczek typowe dla biologicznych organizmów. Gold twierdził, że ropa i gaz to „geologia przerobiona przez biologię", a nie „biologia przerobiona przez geologię". Publikacje Golda *Power from the Earth* (1987) i *Deep Hot Biosphere* (1999) sugerują, że nie grozi nam wyczerpanie się paliw kopalnych w niedalekiej przyszłości.

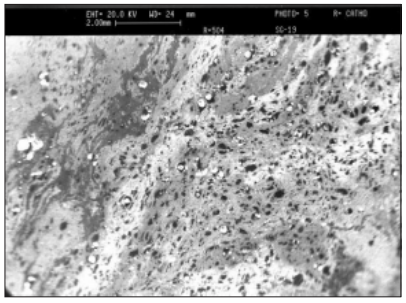
Inna wnikliwa hipoteza, tym razem budząca obawy, mówi że nasze zasoby wód gruntowych zostały utworzone przez „odgazowanie" pierwotnej wody, i że trwa obecnie proces szybkiego wyczerpywania nieodnawialnych zasobów. Twierdzenie takie zawarł w publikacji *A Voyage of Discovery* (2005) emerytowany profesor Lance Endersbee, były dziekan mechaniki na Uniwersytecie Monasha w Melbourne. Endersbee przekonująco dowodzi, że uzupełnianie zasobów wody z głębi ziemi nie nadąża za jej konsumpcją, i że grozi nam ich wyczerpanie w niezbyt odległej przyszłości.

Twierdzę tutaj, że I) Szkło Pustyni Libijskiej, II) ponad 1300 krateropodobnych struktur w regionie i III) być może same kwarcowe piaski Sahary są przejawem odgazowania jeszcze innej cieczy z pierwotnej Ziemi, silanu (SiH_4), krzemowego odpowiednika metanu (CH_4). Silan jest ogólnie nieznaną substancją, ponieważ przy temperaturze i ciśnieniu na i przy powierzchni Ziemi jest gazem silnie reaktywnym, wybuchowym, więc jest niebezpiecznym materiałem, ponieważ wymiata tlen niemal ze wszystkiego. Jego końcowym produktem utleniania jest dwutlenek krzemu, a. k. a. kwarc (SiO_2), co wystarcza do powiedzenia, że silan nie może reagować z kwarcem w żadnych warunkach. Sytuacja silanu, jeśli jest tam obecny, pod dużym ciśnieniem w głębi Ziemi nie byłaby taka sama, jak przy powierzchni i ze wzrostem głębokości i ciśnienia silan byłby coraz mniej reaktywny.

W bardzo szczególnym przypadku Pustyni Libijskiej chemiczne reakcje z udziałem silanu nie wystąpiłyby nawet blisko powierzchni Ziemi, ponieważ wznoszący się silan trafiałby w otoczenie kwarcu z Nubijskiego Piaskowca (który sam być może pochodzi ze starszych erupcji silanu). W rezultacie silanowy gaz nie mógłby robić nic innego niż się wznosić, chyba że trafiałby czasem na ziarno jakiegoś innego minerału. Gdy silan dotarł do powierzchni Ziemi w regionie Pustyni Libijskiej (która 29 milionów lat temu nie była pustynią), mógł gwałtownie reagować z akcesorycznymi minerałami w Nubijskim Piaskowcu, z wodą między ziarnami, tlenem między ziarnami w z atmosfery, bakteriami, pyłkiem, drzewami itd., wyciągając tlen skąd się tylko dało i wytwarzając LDG jako unikalny, niegazowy produkt końcowy.

Po dotarciu do atmosfery, albo do warstwy wody w owym czasie, wydostający się silan byłby bardzo szybko konsumowany. Pęcherzyki i ich brak, oleiście wyglądające smugi, szliry, różne barwy, skamieniałości i pseudoskamieniałości itd. obserwowane w okazach LDG odzwierciedlałyby w takim przypadku chemiczne kaprysy oryginalnego gazu, określoną drogę podążania ku górze, konkretne źródło tlenu i lokalne warunki (w skali mm lub cm). Wyobrażam sobie krótkie przedziały czasu, może tylko sekundy, minuty, czy godziny, w ciągu których cały dostępny tlen atmosferyczny lub inny byłby konsumowany w bardzo lokalnej skali przez gwałtowne fontanny silanu. Gazy atmosferyczne pędzące do środka po wybuchu silanu nie miałyby wystarczającej gęstości (z powodu ogromnego ciepła) by zawierać dużo tlenu. Zjawisko tego rodzaju wystąpiłoby tylko wtedy, gdyby hipotetyczne odgazowanie silanu byłoby bardzo znaczące; powolne przesączanie się niewielkich ilości silanu ku powierzchni na Pustyni Libijskiej czy gdziekolwiek mogłoby po prostu wytworzyć żyłki kwarcu. Dodatkowymi geologicznymi konsekwencjami takiego scenariusza byłyby nowe mechanizmy wytwarzania cienkich, intruzyjnych żyłek kwarcu oraz transportu i osadzania złota znajdowanego w „hydrotermalnych" żyłach kwarcu.





Fot. 2a i 2b. Katodoluminescencyjne obrazy LDG ze skaningowego mikroskopu elektronowego ukazujące spokojny i turbulentny przepływ. Udostępnił Benito Piacenza. Bardziej ciemnoszare miejsca interpretuje on jako ziarna kwarcowego piasku, które widocznie „utonęły" w cieczy (matrix o jaśniejszej barwie). Białe plamki to pęcherzyki.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Podsumowanie

Chociaż LDG mogło być uformowane przez zderzenie, pojawiły się komplikacje z powodu czynników, z których żadnego nie udało się zidentyfikować. Zamiast szukać tych od dawna poszukiwanych czynników, wybrałem hipotezę obecności pierwotnego silanu (SiH_4) w ziemskim płaszczu. Proponuje, że ten silan przesącza się w górę do skorupy niosąc śladowe ilości irydu i innych platynowców, które nigdy nie uległy izotopowej dyferencjacji, a więc których stosunki izotopowe wciąż przypominają te w chondrytach. Po dotarciu do podstawy skorupy pod Pustynią Libijską silan przechodziłby przez skały okresu panafrykańskiego zyskując dodatkowy zestaw znaczników izotopowych. Potem wznosiłby się przez grubą warstwę Nubijskiego Piaskowca składającego się z prawie czystego kwarcu, czyli substancji, z którą nie reaguje. Po dotarciu do powierzchni Ziemi silan reagowałby gwałtownie pochłaniając cały dostępny tlen i pozostawiając szkło pustyni libijskiej jako swój jedyny stały produkt.

Głównym zastrzeżeniem wobec mojej hipotezy jest brak dowodów na obecność silanu w płaszczu Ziemi i brak wiedzy, czy silan, gdyby był, reagowałby z dostateczną siłą, by wytworzyć kratery i zjawiska szokowe obserwowane na Pustyni Libijskiej.

Bibliografia dotycząca LDG, którą zebrali Théodore Monod i Edmond Diemer, jest dostępna na życzenie u autora lub z diemer.e@wanadoo.fr. Pod koniec 2006 r. liczyła dwie setki pozycji włącznie z cytowanymi tu.

John Saul jest prywatnym geologiem specjalizującym się w powstawaniu złóż barwnych kamieni jubilerskich.

E-mail: john.saul@wanadoo.fr

Podmuch z przeszłości

Mark Allison

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Spadki meteorytów w Wielkiej Brytanii są naprawdę rzadkie. Mark Allison bada historię jednego z takich kamieni z kosmosu, który do dziś ma brakujące fragmenty.

Meteoryty mają w sobie coś urzekającego. Nie tylko spadają z kosmosu, ale także zawierają najstarszą materię Układu Słonecznego. Jednak ich najbardziej intrygującą cechą jest fakt, że zwykły człowiek może zobaczyć, dotknąć czy nawet mieć na własność prawdziwy „kawałek" kosmosu. W 1999 roku kupiłem mały, ważący 150 g meteoryt żelazny Canyon Diablo, mały kawałek pocisku, który utworzył słynny „Krater meteorowy" albo „Krater Barringera" w Arizonie. Większość osób, które oglądają ten mały kawałek metalu, jest początkowo niezbyt zainteresowana, dopóki nie uświadomią sobie, że był on kiedyś częścią planetoidy, ma blisko 4,6 miliarda lat i przebył ponad 150 milionów mil z prędkością 30000 mil na godzinę, by dotrzeć do Ziemi.

Te właśnie cechy wywołały moje zainteresowanie meteorytami i postanowiłem zadowolić mój dociekliwy umysł zbierając informacje o spadkach i znaleziskach meteorytów w Zjednoczonym Królestwie. Wtedy właśnie odkryłem, że bardzo duży okaz był obserwowany jak spadał i został znaleziony na polu farmera w Appley Bridge, w hrabstwie Lanca, tylko 10 mil od miejsca, gdzie mieszkam. Nie mogłem nie spróbować „wykopać" trochę informacji o tym kosmicznym kamieniu. Przekopałem internet, ale znalazłem bardzo mało źródłowych danych na ten temat. Odkryłem jednak, że główna masa (około 15 kg) znajduje się w Natural History Museum w Londynie, więc dość bezczelnie wysłałem emaila prosząc o jakąś pomoc z ich archiwów. Byłem zaskoczony, gdy otrzymałem odpowiedź od dr Sary Russell, która bardzo mi pomogła, a jestem pewien, że miała znacznie lepsze rzeczy do roboty niż spełniać zachcianki miłośnika astronomii. Dr Russell przysłała fantastyczne kolorowe zdjęcie obecnego okazu i trochę danych naukowych, ale NHM nie miało historii tego obiektu.

Fot. 1. Główna masa meteorytu Appley Bridge przechowywana w Natural History Museum w Londynie. Piętka została odcięta dość niedawno na wymianę z innymi muzeami.

Ponieważ meteoryt spadł aż w październiku 1914 roku, sądziłem że i on i opowieści o nim są już od dawna zapomniane, ale postanowiłem odwiedzić teren spadku, by zobaczyć czy uda się znaleźć miejsce spadku i może zebrać dane z miejscowych bibliotek czy urzędów. Biblioteka w Appley Bridge okazała się kopalnią informacji. Nie tylko znalazłem miejscowe gazety relacjonujące oryginalne zdarzenie, ale udało mi się znaleźć stare mapy geodezyjne pokazujące położenie farmy Halliwell, gdzie znaleziono meteoryt. Były tam także zdjęcia znalazcy i właściciela farmy oraz oryginalne szkice zdarzenia i kilka zdjęć głównej masy zrobionych wkrótce po jej odnalezieniu.

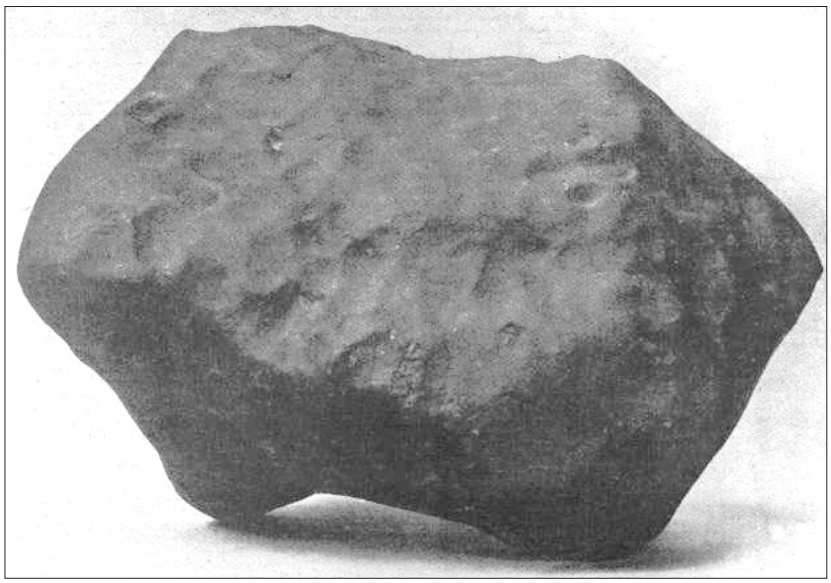
Uzbrojony w te informacje i trochę zgadując (oraz pukając do kilku drzwi nieznajomych, którzy pewnie myśleli, że jestem dość dziwny) zdołałem w końcu znaleźć pole, w które uderzył meteoryt około 8:45 wieczorem, 13 października 1914 roku. Większość miejscowych, a nawet obecny właści-

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

ciel tego pola, nie mają o tym pojęcia. Bolid widziano od Manchesteru do Halifaxu a potężny hałas słyszano we wszystkich częściach hrabstwa Che. Według relacji brzęczały szyby w oknach, a wstrząs był tak silny, że wiele osób sądziło, że to trzęsienie ziemi.

Zdarzenie opisał W. F. Denning w artykule w *Nature* (5 listopada 1914 r.). „Duży meteoryt nie rozpadł się przy uderzeniu i został znaleziony następnego dnia w Appley Bridge, cztery mile W.N.W. od Wigan. Pracownik pana Lyona z farmy Halliwell zauważył na polu świeży kopiec ziemi i przyjrzawszy się bliżej zobaczył czerwonawą bryłę dziwnej materii leżącą w dole około 18 cali poniżej powierzchni. Po wykopaniu obiekt ten ważył około 33 funtów i wyglądał jak nieregularny kawał osmalonego żelaza. Niewątpliwie przed ostatecznym spadnięciem następował kilkakrotny rozpad tej materii, co zmniejszyło wielkość i zmieniło kształt obiektu, a mogło też mieć wpływ na tor lotu."

Inny artykuł w *The English Mechanic and world of Science* (No. 2588, Oct. 30, 1914, *Scientific News*) z tego okresu okazał się interesujący. „Część meteoru, który (krążyły pogłoski, że to był statek powietrzny) wywołał przez tygodniem taką sensację w hrabstwach Lanca i Che, została ostatnio znaleziona na polu w okręgu Wigan. Blask meteoru był szczególnie widoczny w dolinie Douglasa i „resztki" meteoru znaleziono w posiadłości pana Erica Lyona z farmy Halliwell w Apley Bridge. Mówi się, że jest bardzo ciężki jak



Fot. 2. Zdjęcie głównej masy zrobione około roku 1920, kilka lat po spadku.

na swą wielkość i ma wygląd żelaza, które zostało mocno spalone, i że jego małe fragmenty wzięte między palce i rozcierane kruszą się. Po starciu zewnętrznej, miękkiej skorupy zobaczono żyłki czegoś, co wyglądało jak złoto i srebro. Mały fragment odłupany od większej bryły wystawiono do oglądania w witrynie sklepu w Appley Bridge."

Po przeczytaniu różnych informacji na temat wielkości i wagi meteorytu Appley Bridge okazuje się, że od chwili znalezienia do dostarczenia ostatecznie do Natural History Museum, w którymś momencie znikły w tajemniczy sposób ponad 3 funty materii. Część tej straty można prawdopodobnie przypisać nieostrożnemu obchodzeniu się podczas transportu, ale sądzę, że część znikła z powodu ludzi odłupujących małe kawałki na pamiątkę czy do kolekcji. Gdzieś w hrabstwie Lanca czy okręgu Wigan brakujące fragmenty mogą być w kredensie czy na strychu dawno zapomniane. Mając to na uwadze napisałem do lokalnej gazety *Wigan Reporter* apelując do czytelników, którzy mogli dostać lub nabyć dziwny kamień, aby się zgłosili. Gazeta poświęciła na to całą stronę, a ewentualne próbki, gdyby się pojawiły, miały być sprawdzane przez Natural History Museum. Niestety nie znaleziono po tym apelu żadnego fragmentu, ale dzięki temu artykułowi nawiązałem kontakt z kilkoma osobami, które dostarczyły dodatkowych informacji.

Przez internet nawiązałem także kontakt z brytyjską firmą Fernlea Meteorites, która kupuje i sprzedaje różne okazy meteorytów. Jej właściciel, Rob Elliot, dokonywał niedawno wymiany z Natural History Museum i pozyskał małą płytkę meteorytu Appley Bridge. Po raz pierwszy ten cenny i bardzo rzadki meteoryt był dostępny dla kolekcjonerów. Wspominam o tym, by dać czytelnikowi pojęcie o nieprawdopodobnych cenach unikalnych meteorytów. Płytka 1,5 g kosztuje $311, a nieco większa próbka 2,1 g jest za $430 (ceny meteorytów są prawie zawsze w dolarach). Powód tak wysokich cen jest bardzo prosty. Appley Bridge jest obserwowanym spadkiem brytyjskiego meteorytu i dlatego jest niezwykłą rzadkością. Niewielka liczba meteorytów ze Zjednoczonego Królestwa, które jeszcze istnieją, jest pieczołowicie i zgodnie z prawem przechowywana w najlepszych muzeach świata.

Fot. 3. Współczesny widok z lotu ptaka na wioskę koło miejsca spadku na farmie Halliwell, Appley Bridge.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Mimo że to wydarzenie nastąpiło 90 lat temu, byłem zdziwiony, jak wiele informacji mogłem znaleźć z niewielką pomocą z istotnych źródeł. Stojąc w środku miejsca spadku, obecnie pofałdowanego krajobrazu wypełnionego jęczmieniem, mogłem wyobrazić sobie oślepiające światło bolidu, przeciągły grzmot niebios i w końcu trzask, gdy pocisk uderzył w ziemię z szybkością błyskawicy. Musiało to być zdumiewające ale i straszne dla świadka tego jedynego w życiu zdarzenia.

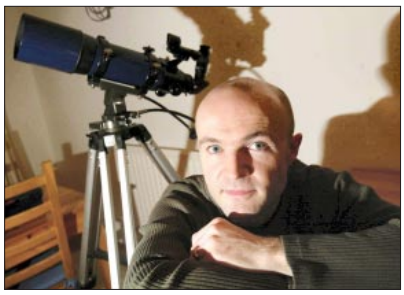
Chociaż nie odnalazłem żadnego brakującego meteorytu, jestem raczej pewien, że któregoś dnia, gdzieś te brakujące fragmenty się pojawią i tajemnica zostanie rozwiązana. Udało mi się ujawnić trochę fascynujących szczegółów tej dawno zapomnianej historii rzadkiego i fascynującego pozaziemskiego zdarzenia. Ostatni duży meteoryt spadł w Zjednoczonym Królestwie w 1965 roku w hrabstwie Leicester i ważył ponad 44 kg. Kto wie jednak, kiedy następny uderzy w Ziemię? Mógłby wylądować na moim podwórku... albo na twoim.

Fot. 4. Rycina przedstawia robotników na farmie, którzy zobaczyli bolid nad horyzontem. Widziano go i słyszano do 40 mil od miejsca spadku.

Mark Allison jest miłośnikiem astronomii żywo zainteresowanym meteorytami i obserwacjami dalekiego kosmosu. Springer opublikował w styczniu 2007 jego pierwszą książkę „Star Clusters and How To Observe Them".

E-mail: m.allison@countyprint.com

Fot. 5. Pan Lyon, znalazca i właściciel ziemi, na której wylądował meteoryt; zdjęcie zrobiono około roku 1920.



Fot. 6. Niedawne zdjęcie pola, na którym wylądował meteoryt Appley Bridge. Teraz jest to pole jęczmienia przy nowej drodze z szeregiem domów.

Fot. 7. Współczesne zdjęcie (jedynego) drogowskazu wskazującego drogę do miejscowości, która dała nazwę meteorytowi.

Przez dziki Tatarstan, Część II: Łowy rozpoczęte

Svend Buhl

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 14 No. 1. Copyright © 2008 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

15 września 1937 r., Musliumowo

Seliwanow dotarł do Musliumowa już dwa dni po spadku, 15 sierpnia. Był eleganckim naukowcem i reprezentował model nowoczesnego, kosmopolitycznego i światłego akademika. Niestety niewiele oświecenia dotarło do głuszy okręgu Musliumowo przed jego przybyciem, co było niekorzystne dla jego przedsięwzięcia. Nazwa tatarskich ludów wywodzi się od greckiego słowa „tartaros" co oznacza „piekło". To oni tworzyli mordujące i plądrujące oddziały Dżyngis Chana, które średniowieczna Europa nazywała „Ci, którzy przychodzą z piekła"

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Tatarzy byli gnębieni przez wszystkich rosyjskich władców od czasu podboju Tatarstanu przez cara Iwana IV Groźnego w 1552 r. Jedynym wyjątkiem było panowanie carycy Katarzyny II. Pod koniec lat trzydziestych XX wieku wykształcenie było tu rzadkością, a dominował okultyzm i alkoholizm. Naukowiec z Moskwy pytający o dziwne kamienie nie wzbudzał większego szacunku.

Jednym z głównych problemów, jakie napotkał Seliwanow, były obawy wśród miejscowych, że kamienie w taki czy inny sposób są szkodliwe. Większość twierdziła, że mogą wybuchnąć; inni byli przekonani, że te czarne kamienie są diabelskie i złe moce mogą zaszkodzić każdemu, kto je dotknie. Kamienie wyrzucano, lub zakopywano, jeśli znajdowały się na powierzchni. Niektórzy nie chcieli oddać swoich meteorytów Seliwanowowi, albo nie chcieli powiedzieć, gdzie są one zakopane. Innym problemem, jaki napotkał Seliwanow, byli pijani świadkowie. Ci ludzie nie tylko byli pijani, gdy meteoryt spadł, ale także, gdy Seliwanow pytał, co widzieli, więc było mu bardzo trudno oddzielić fakty od fikcji. Parę razy musiał wymieniać wódkę za meteoryty i szybko przekonał się, że lepiej było przeprowadzać rozmowę przed dokonaniem transakcji.

Wstaliśmy wcześnie i po krótkim śniadaniu zapakowaliśmy zaopatrzenie na cały dzień, bo nie zamierzaliśmy wrócić do obozu przed zachodem słońca. Ranek był lodowaty i termometr pokazywał, że w nocy był mróz. Idąc do miejsca, którego przeszukanie zaplanowaliśmy na ten dzień, wędrowaliśmy wzdłuż osi elipsy rozrzutu przez bagna i strome wzniesienia, balansując na powalonych drzewach nad rozlanymi strumieniami i przedzierając się przez gęste zarośla.

Fot. 1. Ważący 451 g całkowity okaz Kainsaz, który znalazł Piotr Muromow na głównej osi elipsy rozrzutu w 2003 r.

Manewrując masywnym, 10 kg magnetometrem Vallona przy takich przeszkodach czułem się jakbym niósł harfę przez nie mający końca szereg płotów z drutu kolczastego. Naszym celem był gęsty, bukowy las, gdzie ekipa Piotra znalazła kilka meteorytów wielkości około funta podczas wypraw w poprzednich latach. „Żaden z nich nie był głęboko," wyjaśniał Piotr. „Wszystkie były kilka centymetrów pod powierzchnią."

Piotr powiedział, że rosyjska ekipa poszukiwaczy odnalazła obszar rozrzutu w 2000 roku. Odnaleźli oni stare relacje Seliwanowa i przeszukali główną oś elipsy rozrzutu, całe 40 km od Kastiliowej do Kainsaz. Przez pierwszy tydzień nie znaleźli niczego. Ale w końcu im się udało. Po znalezieniu pierwszego meteorytu zła passa została przerwana. Ta rosyjska ekipa udowodniła, że meteoryty wciąż można znajdować, 63 lata po spadku. Przy tej okazji zespół stwierdził, że kąt osi elipsy rozrzutu był 39° a nie 47° jak w raporcie Seliwanowa.

Fot. 2. Pokonywanie terenu wzdłuż osi elipsy rozrzutu.

Piotr dołączył do tych poszukiwaczy podczas wypraw w 2002 i 2003 roku. W sumie wszyscy, łącznie z nim, znaleźli 32 całkowite okazy i fragmenty ważące od 50 g do 2 kg. Chociaż szukano także na polach i łąkach, to wszystkie meteoryty znaleziono na terenach zalesionych. Najbardziej godne uwagi jest to, że żaden z nich nie był głębiej niż 20 cm, a większość była tuż pod powierzchnią. Najbardziej fascynującym znaleziskiem był całkowity okaz, 3 kg, zupełnie na powierzchni, nawet nie przykryty liśćmi, jesienią zeszłego roku.

Gdy słońce znikało za wierzchołkami drzew nadając im jaskrawą, czerwona barwę, wróciliśmy do obozu. Nic jeszcze nie znaleźliśmy, ale to był dopiero pierwszy dzień poszukiwań. Zanim przygotowaliśmy na naftowym palniku prosty obiad złożony z zupy i mięsa z puszki (z jakiegoś powodu na etykietach puszek widać było konia), przeszukaliśmy nasze ubrania i sprzęt, czy nie ma kleszczy. To stało się naszym wieczornym rytuałem. Kleszcze były wszędzie, we wszystkich rozmiarach i odmianach. Często widzieliśmy trzy lub cztery naraz wspinające się po czyichś spodniach czy kurtkach. Były to przeważnie dorosłe osobniki z gatunku *Ixodes persulcatus* albo *Ixodes ricinus*. Entomolog miałby tu pełne ręce roboty.

Gdy Andriej narzekał na te pasożyty, Piotr opowiedział historię, jak podczas poszukiwań na terenie spadku Sikhote-Alin syberyjski tygrys zagonił go aż na czubek drzewa. Piotr zdecydował się spędzić tam noc, a po tym wypadku nigdy nie opuszczał obozu bez sporego zapasu rac sygnalizacyjnych. Po tej opowieści Andriej był zadowolony, że ma do czynienia tylko z kleszczami. Po dokładnym odkażeniu odzieży zostałem przywitany tradycyjnym kubkiem i toastem. Znów

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

wódka? Ta wyprawa naprawdę zaczynała być wyczerpująca.

20 września 1937r., miedzy Kastiliową a Kainsaz

Badania Seliwanowa powoli, ale nieustannie posuwały się naprzód. Dzień czy noc, podróżował on od wioski do wioski wewnątrz ogromnej elipsy rozrzutu rozciągającej się od Kastiliowej na południowym wschodzie do Kainsaz na północnym zachodzie. Ten niezmordowany uczony wyszukiwał świadków, zbierał i kupował kamienie i odwiedzał miejsca spadku. Pracę musiał przerwać wobec zbliżającej się zimy. Do 29 września zebrał on relacje około setki świadków i zdobył 15 meteorytów. Miedzy nimi była ogromna główna masa, 102 kg, która spadła koło kołchozu Kainsaz na 55°26' N, 53°15' E. Łączna waga zbioru Seliwanowa wynosiła około 200 kg.

Następnego ranka obudził mnie odgłos deszczu bębniącego w nylonowy sufit nade mną. Cały obóz był zalany wodą; rozmokłe błoto przy temperaturze 5° C. Nie było mowy o pracy z wykrywaczami; ryzyko uszkodzenia czułej elektroniki było zbyt duże. Bez naszych sztucznych oczu bylibyśmy ślepi i bezradni w tych brudnych krzakach. Wróciłem do ciepłego zacisza mojej plastykowej twierdzy i nie wyjrzałem stamtąd aż do południa. W namiocie gospodarczym, który obejmował około dwóch metrów kwadratowych, trwała popijawa. Zadowoleni, że jest coś do roboty, pozostali dołączyli do mnie, by ścinać sosnowe gałęzie na podłogę naszego obozowiska, które zyskało wygląd bezdennego jeziora. Po skończeniu tej roboty postanowiliśmy zrobić najlepsze, co można i przestudiować jeszcze raz relacje Seliwanowa. Ponieważ żadnej z jego oryginalnych prac nie przetłumaczono na angielski, skorzystałem z okazji, by razem z Piotrem popracować nad angielskim zestawieniem najważniejszych faktów.

Fot. 4. Po długiej i ostrej zimie na obszarze rozrzutu panował wygłodniały i krwiożerczy Ixodes ricinus (kleszcz).

29 września 1937 r., między Kastiliową a Kainsaz

Po zebraniu w całość wszystkich relacji świadków, Seliwanow zdołał uzyskać dość dokładny obraz tego, co się zdarzyło. 13 września 1937 r., był bezchmurnym, słonecznym dniem z temperaturą około zera. Zima była za pasem, ale czerwona, żyzna ziemia centralnej wyżyny tatarskiej nie była jeszcze zamarznięta. O 2:14 po południu ludzie we wsi Persidskaja, leżącej około 50 km od kołchozu Kainsaz, widzieli bolid, który pojawił się na południowo-wschodniej stronie błękitnego nieba. Z nieprawdopodobną szybkością bolid przemknął po niebie ku północnemu wschodowi, gdzie rozleciał się na kawałki. Niektóre z tych kawałków nadal spadały, ale inne znikły w powietrzu. Warto zauważyć, że świadkowie znajdujący się w elipsie rozrzutu nie widzieli ani bolidu, ani dymnego śladu po nim.

Cztery lub pięć głośnych detonacji słyszano aż do odległości 130 km. Pierwsze meteoryty, które uderzyły w ziemię, to były okazy wielkości orzecha, które spadły na wieś Kostiejewo (Kastiliowa), wyznaczając południowo-wschodni kraniec elipsy rozrzutu. Największy okaz, ważący 102.5 kg, spadł 40 km na północny zachód, koło kołchozu Kainsaz. Między tymi punktami, wewnątrz elipsy o szerokości 7 km, spadło co najmniej 12 kamieni. Między innymi Seliwanow zanotował 53 kg meteoryt, który spadł na południowy wschód od Kainsaz, 27,5 kg okaz w Tash-Elga i 22 kg w Krasnym Jarze. Zagłębienia wytworzone przez spadające meteoryty miały wygląd małych dołków o wielkości meteorytu i głębokości równej wysokości meteorytu.

Fot. 3. Całkowity okaz, 3.5 kg, który znaleziono gołym okiem, 63 lata po tym, jak uderzył w ziemię 4 km na południowy wschód od Krasnego Jaru. Znalazca omal nie nadepnął na niego. Fot. Iwan Kutyrew.

Po południu trzeciego dnia mieliśmy poważny wypadek. Piotr dolewał paliwa i zapalał nasz potężny palnik naftowy, aby odgrzać wczorajszą zupę, która jeszcze była w garnku. Podczas regulowania wysokości płomienia, to złośliwe urządzenie przechyliło się i poważnie oparzyło jego lewe przedramię i wierzch dłoni. Z kamienną twarzą siadł spokojnie na stole i zaaplikował jakieś cudowne lekarstwo na ogromny pęcherz, który wyrósł na skórze. Odrzucił moją radę, by ochłodzić jego oparzenie drugiego stopnia lodowatą wodą, by zmniejszyć skutki zniszczenia komórek, a zamiast tego zaufał butli „Balsamu", który można było stosować i zewnętrznie i wewnętrznie. Od tego dnia nazywaliśmy z szacunkiem nasz palnik „palnikiem tunguskim".

Przez następne dwa dni nasza ekipa kontynuowała poszukiwania od świtu do zmierzchu, głównie w środkowej części elipsy. Humor nam dopisywał, a dziki i piękny krajobraz oraz tradycyjne meteorytowe rozmowy przy wieczornym ognisku rekompensowały brak znalezisk. Pamiętam, jak pewnego wieczoru Piotr wspaniale zaśpiewał melancholijną balladę o Stieńce Razinie i jego podróży po rzece Wołdze. Zrewanżowałem się hymnem niemieckiej Brandenburgii, wychwalającym wrzosowiska i sosnowe lasy mego rodzinnego kraju. Gdy wracam myślą do tych dni w Tatarstanie, głos Piotra, niosący się smętnym echem w dolinach i lasach Kainsazu, należy do najbardziej żywych wspomnień.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Pewnego popołudnia Andriej poszedł na szczyt wzgórza i wspiął się na drzewo tam, gdzie stwierdzili wcześniej, że można uzyskać dostęp do sieci komórkowej. Ponieważ druga ekipa Piotra pracowała w tym samym czasie na obszarze rozrzutu Brahina, byliśmy bardzo ciekawi, czy znaleźli oni jakieś meteoryty. Rzeczywiście znaleźli; dzień wcześniej znaleźli okaz 80 kg, a tuż przed naszym telefonem okaz 25 kg.

Chociaż byliśmy zdecydowani ich doścignąć, to warunki były przeciw nam. Znów przyszedł deszcz i nie przestawał padać przez sześć dni. Byliśmy odcięci od świata, bo nawet nasza Łada Niwa nie zdołałaby przejechać przez błotniste, rozmokłe pola i strumienie, które teraz stały się rwącymi rzekami. Po dwóch dniach wszystkie nasze ubrania były mokre i byłem przekonany, że moglibyśmy opuścić to miejsce tylko jako płazy.

Zapasy suchego drewna na ognisko, które trzymaliśmy w namiotach, stopniały prawie całkowicie i przyszedł dzień, gdy ogień można było rozpalić tylko przy pomocy palnika tunguskiego. Podczas jednej z deszczowych nocy Piotr wtajemniczył mnie w sekrety kultu wielkiego i straszliwego boga rosyjskich poszukiwaczy meteorytów. Podczas ostatniej wyprawy wyrzeźbili oni małego bożka i złożyli mu w ofierze żywność, tytoń i wódkę, aby uzyskać błogosławieństwo tego ohydnego boga. Ponieważ kult wymaga, by nigdy nie ujawniać imienia boga osobom postronnym, mogę tylko nazywać go straszny „P". Atrybutami tego boga są łopata i cewka wykrywacza. Chociaż ciekawiły mnie osobliwości rosyjskich zwyczajów, nie byłem w stanie pojąc do głębi tego skomplikowanego rozdziału wierzeń ludowych. Widocznie jednak zapomnieliśmy zatroszczyć się o potrzeby P i teraz otrzymywaliśmy nagrodę za nasz brak uszanowania.

Fot. 5. Andriej (z lewej), Piotr i autor przy wódce o północy. Lód do kubków nie był potrzebny, bo temperatura była bliska zera.

Wyprawa skończyła się tak, jak się zaczęła, z tą jedyną różnicą, że przyjmowałem wyzwania rosyjskiego transportu w bardziej zrelaksowany sposób niż przed przybyciem do Tatarstanu. Po tej wyprawie w 2005 roku rozmawiałem o obszarze rozrzutu Kainsaz z innymi rosyjskimi poszukiwaczami włącznie z Iwan Kutyrewem, odnoszącym największe sukcesy. Wszyscy zgodzili się, że znajdowanie meteorytów w Kainsaz jest tylko kwestią przypadku. Średnio na jedno znalezisko potrzeba pięciu pełnych dni poszukiwań z przynajmniej czterema wykrywaczami. Nasza ekipa była poniżej tej wartości, bo mieliśmy tylko dwa wykrywacze. Nadal jestem przekonany, że użycie czułego magnetometru do tego konkretnego meteorytu było słuszną decyzją. Jednak z powodu tak wielu sygnałów, które okazały się niemeteorytowe, a mimo to trzeba było kopać, bo Vallon nie miał dyskryminacji, dużo czasu i poszukiwań poszło na marne.

Fakt, że ta ekspedycja należy do tych 20%, które nie dostarczyły meteorytów, nie przekreśla zdobytych doświadczeń. Miałem przyjemność pracować z zahartowanym i bardzo uzdolnionym zespołem, który traktował mnie, obcokrajowca z Niemiec, z najbardziej serdeczną gościnnością i grzecznością. Jestem głęboko wdzięczny Piotrowi Muromowowi i Andriejowi Andriejewiczowi za ofiarowanie mi możliwości wzięcia udziału w ich ekspedycji, za podzielenie się swoją wiedzą i wreszcie za umożliwienie mi wejrzenia w rosyjską duszę.

Podziękowania: Jestem także wdzięczny Howardowi McLean za odnalezienie artykułu Seliwanowa w *Nature* z 1938 roku, mojemu ojcu Hasso Buhlowi za prawidłowe zidentyfikowanie *Lyrurus tetrix (Linnaeus*, 1758), i mojej narzeczonej Claire Koch za wspieranie i cierpliwe znoszenie mego nie kończącego się nigdy pragnienia znikania co pewien czas w dziwnych, odludnych miejscach.

E-mail: svendbuhl@web.de

Dr. Svend Buhl, poszukiwacz meteorytów, miłośnik pustyni i autor książek popularnonaukowych, przygotowuje obecnie trzecią wyprawę na pustynię Ténéré w Republice Nigru. W życiu codziennym pracuje jako konsultant d/s współpracy z rządem w Hamburgu, w Niemczech.

Fot. 6. Mapa obszaru rozrzutu Kainsaz Seliwanowa wzięta z jego oryginalnej pracy z 1938 r. Z 15 meteorytów, jakie zdołał zabrać do Moskwy, 14 ma zaznaczone na mapie miejsca znalezienia. W przypadku jednego meteorytu zapijaczony znalazca zapomniał, gdzie znalazł kamień.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Galeria płytek cienkich

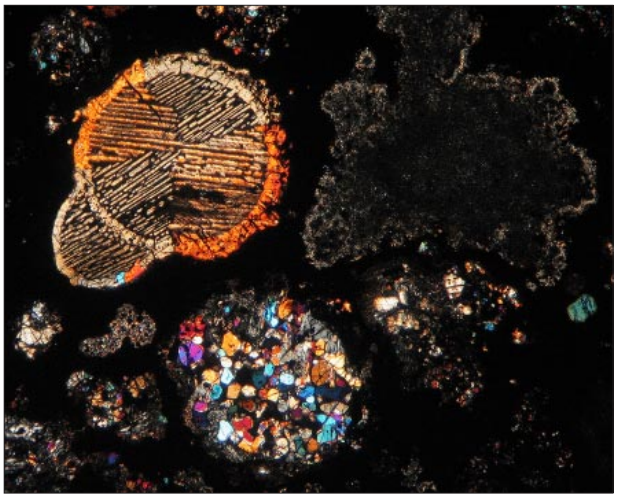
O. Richard Norton i Lawrence A. Chitwood

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

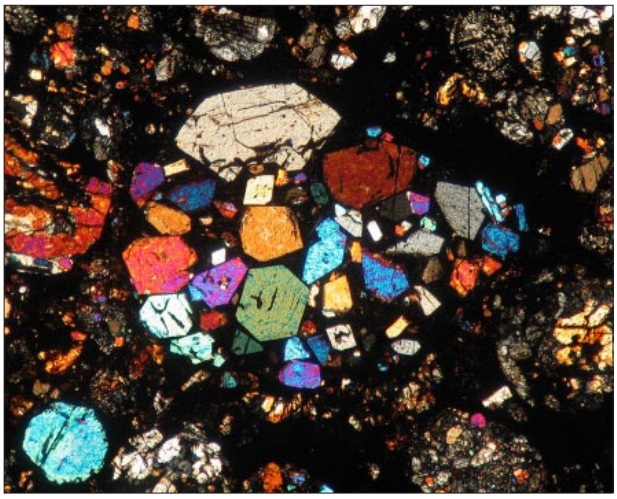
Wybierając zdjęcia do naszej nowej książki *Field Guide to Meteors and Meteorites* natrafiliśmy na znakomite zdjęcia szlifów petrograficznych meteorytów, które zrobił John Kashuba, emerytowany inżynier budownictwa z Ontario w Kalifornii. Anne Black (Impactika.com) przysłała nam CD z wyborem jego zdjęć, które zrobiły na nas ogromne wrażenie. Jeszcze większe wrażenie zrobiła rozmowa telefoniczna z Johnem, gdy opisał on, jak robi zdjęcia płytek cienkich przez swój skromny mikroskop petrograficzny własnej roboty. Jego sprzęt i zdjęcia mogą być tematem jednego z przyszłych artykułów. Nowa dla nas była na przykład pomysłowa metoda fotografowania płytek cienkich polegająca na robieniu wielu zdjęć i komputerowym łączeniu ich w jedno (Fot. 7, 8 i 10). John będzie miał wkrótce stronę internetową pokazującą jego zdjęcia z pokaźnej, własnej kolekcji meteorytowych płytek cienkich, które będą stanowiły cenny zbiór do badań porównawczych. Z jednym okiem skierowanym na piękno a drugim na naukę John Kashuba pokazuje nam, co naprawdę może zrobić poważny miłośnik meteorytów.

O. Richard Norton jest emerytowanym nauczycielem astronomii i pisze książki o meteorytach i artykuły do czasopism takich jak Astronomy. Lawrence A. Chitwood jest emerytowanym geologiem, który napisał liczne artykuły na temat wulkanizmu i wykładał na Uniwersytecie w Zurichu. Obaj mieszkają w Bend, w Oregonie.

E-maile: sciencegraphics@msn.com, chitwood@bendcable.com

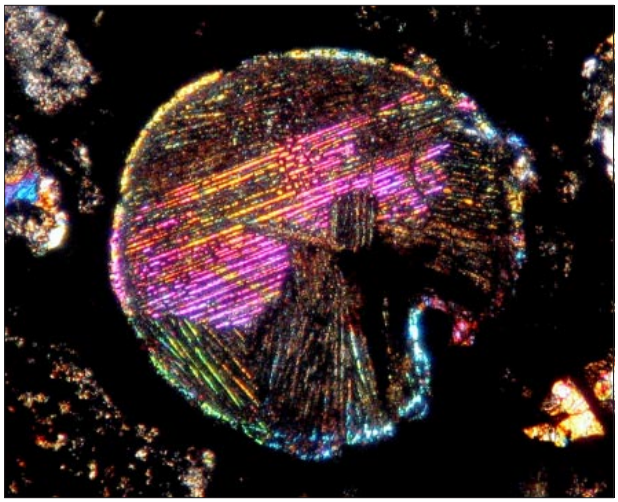


Fot. 1. Otoczone ciemną masą skalną trzy duże obiekty wyglądają jak zawieszone w przestrzeni: zespolona belkowa chondra oliwinowa (u góry z lewej), porfirowa chondra oliwinowo-piroksenowa (w dolnej połowie) i delikatnie zarysowana inkluzja wapniowo-glinowa (Allende, CV3.2).



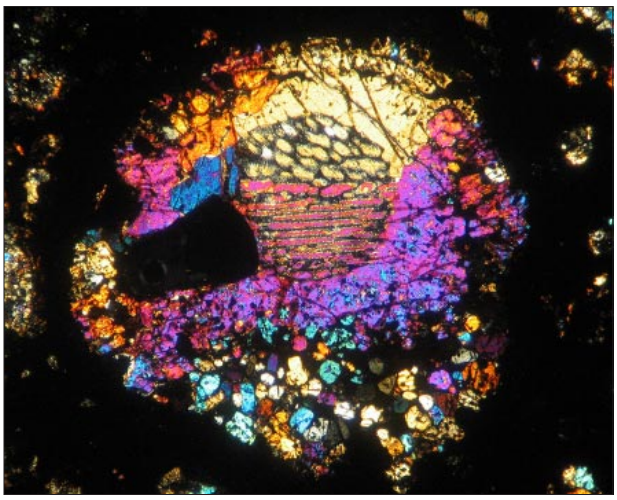
Fot. 2. Kryształy w tej porfirowej chondrze oliwinowej demonstrują dobrze uformowane, diagnostyczne kształty (tekstura euhedralna) i dużą rozmaitość barw interferencyjnych z powodu przypadkowej orientacji każdego kryształu (Clovis No. 1, H3.6).

Fot. 3. Ciemny i barwny oliwin wypełnia środki i boki licznych ostrzy białego i szarego anortytu. Większość miejsca między anortytem wypełniają kryształy augitu. Frapujący i złożony wygląd tego pięknego angrytu jest manifestacją jego kontrowersyjnego pochodzenia (D'Orbigny, angryt).

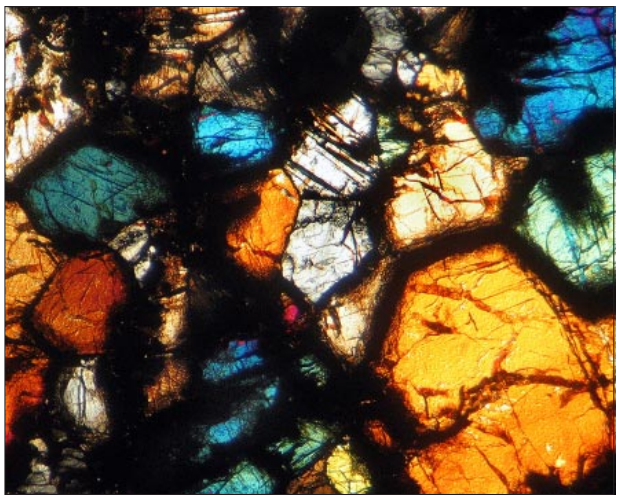


Fot. 4. Wielobarwna obwódka pasuje do różnie zabarwionych grup niezwykle cienkich płytek oliwinu w tej belkowej chondrze oliwinowej. Nieregularna pętla na brzegu sugeruje wciśnięcie się małego obiektu, być może metalowego pocisku (DaG 978, C3).

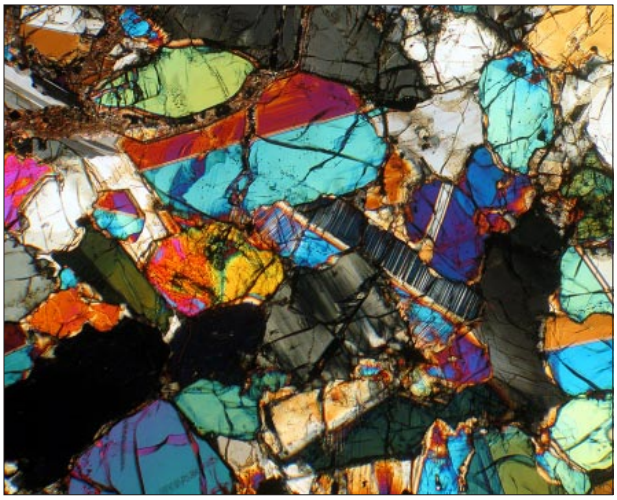
METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP



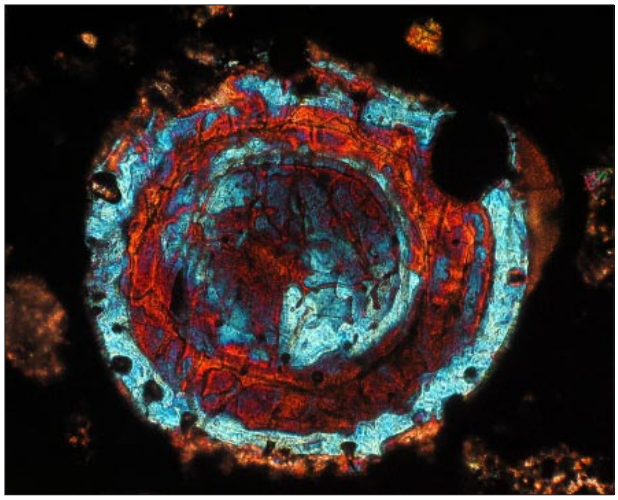
Fot. 5. Wspaniała chondra zespolona. Porfirowa chondra oliwinowa (dolna część) przylepiła się do dwubarwnej, belkowej chondry oliwinowej z niezwykle grubą, dwubarwną, eliptyczną obwódką (NWA 2224, CV3).



Fot. 6. Barwne kryształy oliwinu składają się na ten ureilit. Drobne ziarenka żelaza wypełniają ciemne obszary i korytarze, gdzie oliwin dostarczył swoje żelazo w wyniku reakcji z grafitem. Zauważmy 120-stopniowe połączenie oliwinów pośrodku prawej strony (Dhofar 132, ureilit).

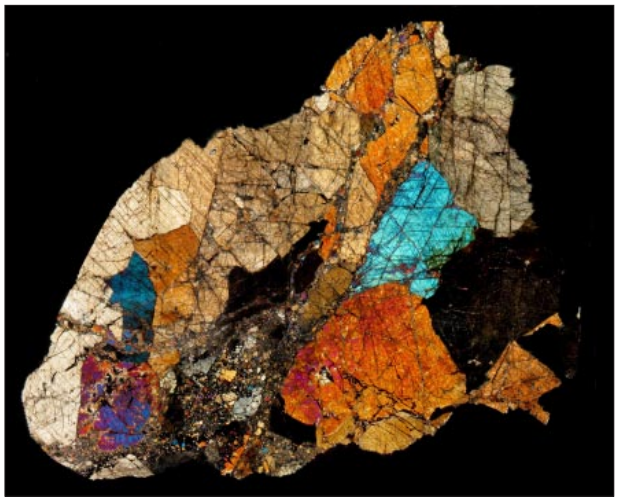


Fot. 7. Bogactwo kryształów augitu. Te kryształy klinopiroksenu prawdopodobnie osiadły i zgromadziły się na dnie marsjańskiej komory magmowej. Zauważmy zbliźniaczenia gdzie połówki kryształu mają różne kolory. Cienkie, białe, przypominające zęby grzebienia linie są lamelkami odmieszania w tym długim, ciemnoszarym i niebieskim centralnym krysztale (NWA 998, nakhlit).



Fot. 8. Szokująca, wielowarstwowa chondra z grubych i cienkich warstw oliwinu. Ułożone naprzemiennie czerwone i niebieskie warstwy sugerują albo zmiany orientacji krystalograficznej, albo zmieniający się skład oliwinu (Moss, CO3.5).

Fot. 9. Ta monomiktyczna brekcja składa się z okruchów (kanciastych fragmentów) grubo-, średnio-, i drobnoziarnistego bazaltu. W środku duży klin gruboziarnistych, białych, zbliźniaczonych listewek plagioklazu i kolorowego, zbliźniaczonego pigeonitu oddziela pozostałe, bardziej drobnoziarniste fragmenty (Igdi, eukryt).



Fot. 10. Bogaty w żelazo enstatyt wszelkich rozmiarów zdominował ten portret całej płytki cienkiej. Sproszkowany enstatyt zajmuje obszary i drobne żyłki między dużymi, spękanymi kryształami. Ten obraz został sklejony komputerowo z 16 nałożonych na siebie zdjęć (Tatahouine, diogenit).

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Przygody z meteorytami: Udane meteorytowe łowy 101

Ruben Garcia

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Dość często zdarza się, że poten cjalni poszukiwacze meteory tów kontaktują się ze mną, abym pomógł im znaleźć ich pierwszy meteoryt. Najczęściej zadawanym przez nowicjusza pytaniem jest „Jak mogę znaleźć meteoryt?" Odpowiedź na to pytanie jest dość prosta, chociaż jej zrealizowanie nie jest łatwe. Sztuka znalezienia meteorytu sprowadza się w gruncie rzeczy tylko do dwóch elementów: 1) Idź tam, gdzie meteoryty prawdopodobnie są. 2) Naucz się je rozpoznawać.

Nie tak dawno temu otrzymałem emaila od Mike Morgana, który czasami z powodzeniem poszukuje złota i czytał o niektórych moich meteorytowych przygodach. Email od Mike'a był prosty i konkretny. Pytał on, czy mógłbym podać współrzędne niektórych moich znalezisk meteorytowych z Franconii, bo chce spróbować znaleźć jakiś samodzielnie. Podałem mu z dziesięć współrzędnych, życzyłem powodzenia i na tym koniec. Gdzieś za tydzień czy dwa Mike przysłał kolejnego emaila dziękując za pomoc i pisząc, że rzeczywiście znalazł meteoryt. Bardzo go to zachęciło, by spróbować jeszcze raz. Wkrótce potem powiadomił mnie, że znalazł trochę meteorytów na obszarze Gold Basin. Mike znalazł meteoryty na dwóch różnych obszarach rozrzutu przy pomocy wykrywacza metalu, ale nie usatysfakcjonowało go to i dalej pojawiały się pytania.

Mike przekonał się już, że może znaleźć meteoryty tam, gdzie znajdowano je wcześniej. To, czego jednak naprawdę pragnął, to znalezienie zupełnie nowego meteorytu. Wyjaśniłem mu, że szansa znalezienia meteorytu jest tam, gdzie grunt przez bardzo długi czas pozostawał nieporuszony. Ponieważ naukowcy sądzą, że na milę kwadratową spada średnio jeden meteoryt raz na tysiąc lat, więc im starszy teren tym lepiej. Po paru tygodniach wymieniania emaili postanowiłem spytać Mike'a, czy chciałby przyłączyć się do mojej wyprawy na poszukiwanie meteorytów na pustyni. Pomyślałem, że byłoby trochę bardziej pouczające, gdyby mógł sam doświadczyć tego, o czym mu opowiadałem. Mike szybko zaakceptował moją propozycję i zaraz zaczęliśmy planować wyprawę. Postanowiliśmy spróbować szczęścia na Czerwonym Jeziorze, dnie wyschniętego jeziora około 35 mil na północ od Kingman w Arizonie.

21 stycznia 2007 r. nie był może najgorszym dniem, jaki mogliśmy wybrać na poszukiwanie meteorytów, ale był blisko tego. Obudziłem się o 4:30 rano słysząc, jak w lokalnych wiadomościach zapowiadają opady śniegu w okolicy Phoenix. Uspokoiłem się trochę sprawdzając przez internet prognozę dla Kingman, która zapowiadała „czyste niebo". Z niezawodną walizą wypełnioną wszystkim, co niezbędne do poszukiwań, wyszedłem na marznący deszcz, wskoczyłem do samochodu i wyruszyłem do Kingman w Arizonie.

Nie minęła więcej niż godzina niełatwej jazdy w bezlitosnym deszczu i stało się. Deszcz, który był najpierw tylko dokuczliwy, zamienił się w śnieg. Wielkie, puszyste płatki śniegu, które zaczęły pokrywać wszystko dokoła, sprawiły także, że jazda stała się niebezpieczna. Po paru milach ślizgania się zadzwoniłem do Mike'a i powiedziałem, że chyba powinniśmy zrezygnować.

W głosie Mike'a zabrzmiało rozczarowanie, ale rozumiał sytuację. Powiedział jednak, że u niego w Kalifornii niebo jest zupełnie czyste. Postanowiłem zaryzykować. Gdy zacząłem zbliżać się do przełęczy, zobaczyłem, że Mike miał rację i chmury zaczęły się przerzedzać.

Stwierdziłem, że trzymaliśmy się dokładnie planu, bo obaj przyjechaliśmy do Kingman o 8:30. Po krótkim przywitaniu na parkingu miejscowej stacji benzynowej wyruszyłem przez miasto na północ w kierunku wyschniętego Czerwonego Jeziora, a Mike za mną. Krótko po dziewiątej znaleźliśmy się w końcu na dnie wyschniętego jeziora i z ulgą zobaczyłem, że internetowa prognoza była dobra — było słonecznie. Niestety internetowy meteorolog, który tak dokładnie przewidział czyste niebo, zapomniał wspomnieć o lodowatym wietrze. Zaparkowaliśmy pojazdy i trzęśliśmy się z zimna wyładowując nasze czterokołowce i szybko planując nasz atak na jezioro.

Po zaparkowaniu ponad dwie mile od miejsca, gdzie znalazłem kilka meteorytów parę miesięcy wcześniej, postanowiliśmy, że będziemy powoli meandrować w tamtym kierunku. Wyjaśniłem Mike'owi, że na dnie wyschniętego jeziora meteoryt można znaleźć dosłownie wszędzie. Siedząc na quadach jechaliśmy zygzakiem tam i z powrotem mając nadzieję na zobaczenie gdzieś po drodze pozaziemskiego kamienia. Gdzieś po półtorej mili wypatrzyłem wyglądające obiecująco miejsce i pojechałem przyjrzeć się bliżej. Nie chcąc niczego przeoczyć Mike ruszył w ślad za mną i patrzył, jak zaparkowałem quada i zacząłem szukać pieszo. Nie próbując nigdy znaleźć meteorytu tylko przy pomocy wzroku Mike czuł się trochę, jak ryba wyjęta z wody. Ponieważ spędziłem trochę czasu szkoląc Mike'a przez telefon, wiedział on, za czym mamy się rozglądać. Wiedząc, że większość meteorytów przylgnie do silnego magnesu zaopatrzył się także w meteorytową laskę z magnesem.

Szukaliśmy kamieni mających barwę brązową lub czarną. Meteoryt prawie zawsze wygląda jak meteoryt; inaczej mówiąc, meteoryty rzeczywiście wyglądają inaczej niż ziemskie kamienie. Większość meteorytów ma spękaną skorupę, a wiele jest pokrytych rdzawymi plamkami z powodu rdzewiejących ziaren żelaza niklonośnego. Wyjaśniłem Mike'owi, że chcę mieć Słońce za plecami, dlatego kierowałem się na zachód. Tę metodę wykorzystuje z dużym powodzeniem wielu do-

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

świadczonych poszukiwaczy meteorytów. Gdy światło słoneczne pada zza pleców, to dobrze oświetla meteoryt i sprawia, że wyróżnia się on z tłumu ziemskich kamieni. Mike obserwował mnie przez kilka sekund, a potem zaczął naśladować moje poczynania. Razem wędrowaliśmy powoli na zachód około stu stóp, potem odwracaliśmy się i szliśmy szybko na wschód, po czym powtarzaliśmy procedurę jeszcze raz i jeszcze raz. Około 10:30 coś zobaczyłem. Był to mały, czarny kamień z rdzawo-brązowymi plamkami, który silnie kontrastował z innymi kamieniami wokół niego. Pomachałem uniesionymi w górę rękami, by zwrócić uwagę Mike'a. „Znalazłem jeden, chodź, zobacz!" Krzyknąłem.

Mike podszedł szybko i pokiwał głową, gdy jego wzrok padł na meteoryt, obok którego znalazł się do tego czasu mój GPS. „Cóż, to jest dość oczywiste," powiedział Mike. „Myślę, że też bym go znalazł."

Minęło kilka bardzo zimnych i wietrznych godzin i zacząłem się zastanawiać, czy nie powinniśmy skończyć poszukiwań wcześniej z powodu paraliżującego zimna. Parę razy powiedziałem Mike'owi, że mi zimno i jak tylko znajdzie meteoryt, to wracamy. Dopiero, gdy oznajmiłem to trzeci lub czwarty raz, zobaczyłem kolejny meteoryt. Tym razem był to czterogramowy fragment, żadne szczególne znalezisko, ale podniósł nas obu na duchu wystarczająco, by szukać trochę dłużej.

Mijała kolejna godzina męczarni, gdy podniosłem wzrok i zobaczyłem, jak Mike macha rękami. Podszedłem powoli i zobaczyłem, że ten „newbie" wygląda na nieco speszonego. „Wątpię, czy to jest meteoryt, ale może..." powiedział Mike nieśmiało.

Jak tylko rzuciłem okiem na ten brązowawy kamień, który wciąż tkwił w dnie wyschniętego jeziora, powiedziałem, „Jeśli nie jest, to ja go zjem."

Mike spojrzał na mnie i spytał „Jesteś pewien?" Zapewniłem go, że jestem i pogratulowałem pierwszego meteorytu znalezionego tylko przy pomocy wzroku. Gdy skończyliśmy mierzyć współrzędne GPSem i robić liczne zdjęcia ogromnego osiągnięcia Mike'a, była mniej więcej 1:30.

Odłożyłem aparat, podniosłem moją meteorytową laskę i przeszedłem tylko ze 20 stóp, gdy zobaczyłem drugi meteoryt. „Już znalazłeś następny?" spy-

Fot. 1. Znalazłem trzy meteoryty: fragment 4 g, całkowity okaz 7 g i całkowity okaz 17 g.

Fot. 2. Mike znalazł ładny fragment 10 g, który idealnie pasuje do mojego 17-gramowego okazu.

Fot. 3. Oto mój okaz 17 g u góry i Mike'a 10 g na dole.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

tał Mike, gdy zobaczył, jak podskakuje on do magnesu.

„Chyba tak", odpowiedziałem będąc nieco zdziwionym. Ten był największy i ważył aż 17 g. Po zrobieniu zdjęć i zmierzeniu współrzędnych tego znaleziska poprosiłem Mike'a, czy mógłbym jeszcze raz spojrzeć na jego okaz. Porównałem 10-gramowy okaz Mike'a z moim ostatnim 17-gramowym i odruchowo zetknąłem je ze sobą. Ku naszemu zaskoczeniu pasowały do siebie jak elementy układanki.

Podnieceni ostatnimi znaleziskami jeszcze raz postanowiliśmy szukać dalej. Ale po następnych 45 minutach poszukiwań zobaczyłem, jak Mike klęczy za swoim quadem próbując gorączkowo ogrzać zgrabiałe ręce na tłumiku. W tym momencie zrozumiałem, że naprawdę pora wracać.

Dotarliśmy do naszych pojazdów około 4 po południu z poczuciem dobrze wykorzystanego dnia. Mike powiedział, że wiele się nauczył i wyglądało, że jest bardzo wdzięczny za to doświadczenie. Myślę, że ja też czegoś się nauczyłem. W hobby, które jest tak strzeżone i zakonspirowane, naprawdę warto pomóc komuś tak ciężko pracującemu, chętnemu i pilnemu jak Mike, znaleźć jeden z największych skarbów, jakie istnieją, kamień z kosmosu.

Ruben Garcia pisał o swych poszukiwaniach w „Meteorycie" 2/07 i tam można o nim więcej przeczytać.

E-mail: meteoritemall@yahoo.com

Poradnik dla początkującego, jak ciąć, trawić i przechowywać meteoryty żelazne

Ruben Garcia

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Figury Widmanstättena

Trawienie, w przypadku meteorytów żelaznych, jest po prostu procesem ujawniania ich ukrytej struktury krystalicznej. Ta struktura jest nazywana figurami Widmanstättena i te figury nie występują w metalach wytworzonych przez ludzi. Po wytrawieniu meteorytu żelaznego pojawiają się figury Widmanstättena, które są unikalne, i podobnie jak w przypadku ludzkich odcisków palców, nigdy nie pojawia się dwukrotnie taki sam wzór. Każdy wzór tworzą kryształy, które wyglądają jak płytki. Te płytki są często dopasowane do siebie jak kawałki układanki i tworzą struktury od bardzo drobnoziarnistych do bardzo gruboziarnistych.

Najbardziej drobnoziarniste figury widać w meteorytach plessytowych takich jak meteoryt żelazny Taza. Jego figury przypominają nieco płatki śniegu lub gwiazdki. Inne meteoryty żelazne, takie jak Sikhote-Alin, mają bardzo duże płyty o szerokości cala i więcej. Najładniejsze figury Widmanstättena mają meteoryty o strukturach z płytkami małej i średniej wielkości, takie jak Gibeon, Cape York, Henbury i Toluca.

Canyon Diablo, Nantan i Odessa są przykładami meteorytów żelaznych, które nie tylko mają piękne figury, ale często także wspaniałe inkluzje. Zwykła inkluzja grafitu na powierzchni jednego z tych meteorytów jest prawie niezauważalna. Jednak na odpowiednio uciętym i przygotowanym przekroju duża, czarna inkluzja grafitu w wytrawionej powierzchni jest naprawdę piękna.

Wybór meteorytu do trawienia

Wybranie meteorytu żelaznego do trawienia nie jest łatwe. Meteoryty żelazne mogą być równie różne i niepowtarzalne jak same figury Widmanstättena. Ataksyty, takie jak Chinga, składają się niemal wyłącznie z taenitu i trawienie ich nic nie daje. Heksaedryt, składający się tylko z kamacytu, daje się wytrawić, ale pojawią się tylko bardzo cienkie linie. Nazywają się one liniami Neumanna i nie wyglądają zbyt efektownie.

Problem z wyborem meteorytu żelaznego do trawienia polega na tym, że meteoryty nie są identyczne. Nawet okazy z tego samego spadku nie zawsze mają jednakowo ładne figury. Na przykład większość meteorytów Gibeon trawi się bardzo ładnie, ale nierzadko zdarza się taki, który ma figury słabe i niewyraźne. Czasem jest nawet możliwe natrafienie na Gibeona, który w ogóle nie ma figur.

Warto zawsze przed cięciem i trawieniem zrobić okienko w meteorycie żelaznym. Pozwoli to wytrawić tylko małą powierzchnię i sprawdzić jakość figur. Jeśli uzyskanie figury są wyraźne i ładne, to warto okaz pociąć. Jeśli jednak figury są blade lub ich nie widać, to lepiej rozejrzeć się za innym okazem.

Cięcie meteorytu żelaznego

Meteoryty żelazne różnią się twardością i dlatego niektóre tnie się szybciej i łatwiej niż inne. Najtrudniejsze do przecinania są te, które mają inkluzje. Duże inkluzje w meteorytach Canyon Diablo, Nantan i Odessa sprawiają, że bardzo trudno je ciąć. Twardość niektórych tych meteorytów jest czasem spowodowana przez minerał cohenit, oraz mikroskopijne diamenty, które mogą otaczać inkluzje.

Meteoryt Gibeon, mający drobnoziarniste figury, jest chyba jednym z najlepszych meteorytów do trawienia dla początkującego. Poza tym, że ma stosunkowo mało inkluzji i dość łatwo go ciąć, jest także bardzo stabilny i właściwie przygotowany może pozostać stabilny przez lata. Ma także jedne z najpiękniejszych i najbardziej wyrazistych figur ze wszystkich meteorytów. Nic dziwnego, że Gibeon jest meteorytem najczęściej używanym w drogich, meteorytowych zegarkach, biżuterii i nożach.

Po wybraniu meteorytu do cięcia i trawienia pojawia się pytanie, jak przeciąć ten bardzo twardy metal. Najczęściej stosowane sposoby to (1) drogie

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

tarcze diamentowe na pile tarczowej i (2) piła taśmowa. Co do jednego nie ma wątpliwości: żadna z tych metod nie jest ani tania ani praktyczna. To może być powód, że niewielu miłośników meteorytów zajmuje się trawieniem.

Chociaż większość tarcz diamentowych i pił taśmowych przetnie meteoryt żelazny, to oba sposoby mają swoje wady. Tarcza diamentowa jest bardzo droga. Może kosztować od $75 do $150 za sztukę. Następny problem jest taki, że tarcza diamentowa tnie bardzo powoli i na jedno cięcie potrzebuje 6–8 godzin. Jednak jeśli ktoś ma cierpliwość, to tarcza diamentowa daje bardzo proste cięcie.

Jeśli szybkość ma znaczenie, to piła taśmowa wydaje się nieco lepsza. Zaopatrzona w dobry, bimetaliczny brzeszczot piła taśmowa może ciąć meteoryt znacznie szybciej od tarczy diamentowej. Brzeszczot bimetaliczny jest także tańszy, bo kosztuje od $35 do $55 zależnie od długości. Można stosować w pile taśmowej także brzeszczoty diamentowe, ale są one znacznie droższe, około $200 za sztukę.

Największym problemem, jaki sprawia piła taśmowa, jest to, że jeśli nie jest bardzo duża i nie ma brzeszczotu o szerokości cala lub więcej, to ma tendencję do zbaczania. Powoduje to, że powierzchnia przekroju nie jest płaska. Ma ona tendencję do stawania się wypukłą lub wklęsłą. Żadna z nich nie sprzyja dobremu trawieniu. Dodatkowo im większa szerokość brzeszczotu, tym bardziej będzie on się wcinał w bok ciętej płytki. Pozostawia to paskudne, poziome linie, które trzeba zeszlifować przed trawieniem, co wydłuża przygotowanie do trawienia o parę godzin dodatkowej pracy.

Jeśli chodzi o cięcie meteorytu na płytki, warto zauważyć, że najbardziej popularne są płytki o grubości 3/16 cala będące pełnym przekrojem. Długość i szerokość płytki zależy oczywiście od wymiarów przecinanego meteorytu. Ładnie wytrawiona piętka jest także wspaniałym dodatkiem do każdego zbioru, a ponieważ w przypadku piętki tylko jedna powierzchnia jest trawiona, to znacznie łatwiej jest ją przygotować.

Przygotowanie meteorytu do trawienia

Gdy płytki są gotowe, następnym krokiem jest przygotowanie ich do trawienia. W tym celu szlifuje się powierzchnie płytek na gładko, co można zrobić niemal każdego typu szlifierką. Nadaje się do tego nawet prosta, ręczna szlifierka elektryczna, którą można kupić za około 30 dolarów. Zaczyna się szlifowanie od gradacji 60, potem 120, 220, 400 i na koniec 600.

Każda gradacja daje coraz drobniejsze rysy. Trzeba szlifować, aż rysy będą tak drobne, że gdy dojdziemy do gradacji 600, powierzchnia będzie wyglądać jak prawie wypolerowana. Jeśli zrobi się to właściwie, to zupełnie wystarczy, by wszystkie ślady po pile zostały usunięte i by po wytrawieniu pojawiły się figury Widmanstättena. Jeśli jednak ślady po pile nadal są widoczne, to po prostu trzeba powtórzyć procedurę szlifowania, aż całkowicie zostaną one usunięte.

Dzięki drobnym figurom Widmanstättena niektóre meteoryty, takie jak Gibeon czy Muonionalusta, są znacznie mniej wymagające jeśli chodzi o szlifowanie. Niektóre okazy Gibeona można nawet wytrawić bez szlifowania i mimo to figury będą ładne. Jednak inne meteoryty, bardziej gruboziarniste, takie jak Sikhote-Alin, mają tendencję do uwypuklania śladów po pile, które nie zostały usunięte. Ogólnie im lepiej zostanie przygotowany meteoryt podczas szlifowania, tym lepszy będzie rezultat trawienia.

Trawienie meteorytu nitalem

Trawienie meteorytu żelaznego to w 50% wiedza, a w 50% sztuka. Wiedzy wielkiej nie trzeba; tylko kilka czynności wykonanych we właściwej kolejności i wszystko. Ze sztuką jest inaczej; znacznie trudniej ją zdefiniować, a jeszcze trudniej nauczyć. Źle wytrawione płytki skłaniają do zastanowienia, dlaczego ktoś to zrobił tak ładnemu meteorytowi, a płytek z niewyraźnymi figurami lepiej było w ogóle nie odcinać. Z drugiej strony doskonale przygotowane płytki ze wspaniałymi, przypominającymi hologram figurami są przepiękne.

Jest kilka sposobów chemicznego wytrawienia meteorytu żelaznego. Tutaj omówimy tylko trawienie meteorytów żelaznych nitalem. Nital, czyli roztwór kwasu azotowego w alkoholu, jest najpopularniejszą i chyba najlepszą metodą. Jest tak dlatego, że po trawieniu nitalem powierzchnia meteorytu jest bardziej stabilna niż po innych metodach.

70% kwas azotowy potrzebny do trawienia można kupić w większości sklepów chemicznych po 10 dolarów za butlę zawierającą sześć uncji. Tej wielkości butelka wystarczy do wytrawienia wielu płytek, ponieważ na każdą płytkę trzeba tylko kilka kropli kwasu. Trzeba pamiętać, że po 11 września 2001 r. używanie chemikaliów, takich jak kwas azotowy, musi być dokumentowane i potwierdzone podpisem. Kwas azotowy jest bardzo niebezpieczny i trzeba się z nim obchodzić ostrożnie. Przy obchodzeniu się z chemikaliami zawsze należy używać gumowych rękawic, fartucha i pamiętać o ochronie oczu.

Alkoholowy roztwór kwasu azotowego zwany nitalem zawiera od 5% do 12% kwasu azotowego. Zwykle jest lepiej zacząć od 5% i eksperymentować z nieco większym stężeniem kwasu, jeśli figury są słabe lub pojawiają się zbyt wolno. Zbyt duża zawartość kwasu w nitalu może „spalić" trawienie i figury będą blade z brzydkim, brązowym odcieniem. Jeśli to się zdarzy, trzeba płytkę ponownie wyszlifować i powtórzyć trawienie z mniejszym stężeniem kwasu.

Do przygotowywania nitalu można użyć drogiego alkoholu do analiz chemicznych. Można go kupić w tym samym sklepie chemicznym co kwas azotowy. Możecie wierzyć lub nie, ale alkohol do czyszczenia, zawierający co najmniej 70% etanolu, działa znakomicie i jest znacznie tańszy. Za cenę 1 dolara za pół kwarty można wytrawić sporo płytek bez narażania się na kłopoty finansowe. Nie martwcie się tymi 30% wody w alkoholu do czyszczenia. Ponieważ meteoryt trzeba porządnie wymyć wodą z mydłem po trawieniu, to trochę wody wcześniej nie zaszkodzi

meteorytomania FORUM
Internetowe forum dyskusyjne http://meteorytomania.info

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Fot. 1. Campo przed wytrawieniem.

ani urodzie wytrawionej płytki ani stabilności meteorytu.

Przygotowując nital trzeba pamiętać o jednej ważnej zasadzie: nigdy nie wlewać alkoholu do kwasu. Zawsze trzeba kwas azotowy wlewać do alkoholu. Inaczej może to skończyć się małą „eksplozją" czyli reakcją chemiczną, która spowoduje, że kwas azotowy „wystrzeli". Może to być niebezpieczne. Trzeba przygotowywać tylko tyle nitalu, ile potrzeba do wytrawienia tylko kilku płytek za jednym razem. Dla jednej osoby będzie to dość, a ograniczy to szkody podczas przypadkowego rozlania.

Rozpoczynamy od wlania alkoholu do małej, szklanej zlewki lub menzurki. Przy pomocy zakraplacza dodajemy do alkoholu odpowiednią ilość kwasu azotowego. Po wlaniu i wymieszaniu alkoholu i kwasu azotowego nital jest gotowy do użycia.

Zaczynamy od umieszczenia płytki meteorytu żelaznego, którą mamy wytrawić, w płytkim szklanym lub plastykowym pojemniku. Przy pomocy małego pędzelka zaczynamy nanosić nital na wyszlifowaną powierzchnię meteorytu. Ten sposób jest prosty; malujemy nitalem jedną stronę, potem odwracamy płytkę i malujemy drugą stronę. Po pokryciu nitalem najpierw pojawia się na płytce ciemna powłoka. W miarę jak nanosimy pędzelkiem kolejne porcje nitalu, ta powłoka zaczyna się zmywać i pojawiają się delikatne figury. Kontynuujemy proces pędzlując na przemian każdą stronę, aż osiągniemy żądany stopień wytrawienia.

Ponieważ każdy typ meteorytu trawi się inaczej i w innym tempie, to doświadczenie jest jedynym sposobem na zdobycie wiedzy, kiedy zaprzestać dodawania nitalu i kiedy figury są już tak dobre, jak to tylko możliwe. Aby uzyskać ciemniejsze figury można dodać nieco więcej kwasu do roztworu. Głębsze trawienie jest rezultatem stosowania nitalu do tej samej płytki przez dłuższy czas.

Słowo przestrogi: nie należy dotykać meteorytu bez rękawic podczas trawienia i bezpośrednio po nim. Kwas na palcach może zabarwić meteoryt podczas trawienia, a jeśli dotkniemy po trawieniu, może ułatwić rdzewienie. Podczas płukania meteorytu rękawice nie są już konieczne.

Płukanie i suszenie wytrawionej płytki

Po uzyskaniu oczekiwanych figur płytkę trzeba od razu wymyć. Można to zrobić płucząc płytkę pod bieżącą wodą z kranu, a potem stosując płyn do mycia naczyń, by wytworzyć pianę. Trzeba wymyć palcami i wypłukać meteoryt kilkakrotnie, aby mieć pewność, że pozbyliśmy się całego nitalu. Ponieważ woda z kranu zawiera zanieczyszczenia takie jak chlor, na zakończenie trzeba energicznie wypłukać meteoryt raz jeszcze, ale tym razem w wodzie destylowanej. Na koniec osuszamy płytkę przy pomocy miękkiego ręcznika.

W rękawiczkach kładziemy wytrawioną, wymytą i osuszoną płytkę meteorytu na ręczniku. Potem przy pomocy zwykłej suszarki do włosów suszymy płytkę ogrzewając jedną stronę, potem drugą. Nie trzeba dużo czasu, by ogrzać płytkę tak, że będzie zbyt gorąca, by ja dotknąć. Z jakiegoś powodu ta metoda suszenia prawie nigdy nie powoduje zmatowienia płytki meteorytu ani pojawienia się brunatnego nalotu, co zdarza się podczas

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Fot. 2. Campo po wytrawieniu.

kąpieli alkoholowej czy przy suszeniu w piecu.

Gdy meteoryt został już ogrzany i wysuszony, umieszczamy go w małej misce typu Tupperware z pokrywką, która została wypełniona ATF (płyn do automatycznej skrzyni biegów). Można użyć w zastępstwie oleju do broni czy nawet samochodowego oleju silnikowego, ale ATF wydaje się najlepszy. Ma on jakiś sposób wnikania w pęknięcia i szczeliny płytki meteorytu i wypierania stamtąd wody. Płytki można delikatnie poukładać jedna na drugiej na tak długo, ile trzeba, by ATF je ustabilizował.

Ta metoda działa zadziwiająco dobrze. Meteoryt może leżeć w ATF miesiącami, czy nawet latami bez żadnych szkodliwych skutków. Meteoryty trzeba wkładać do Tupperware ostrożnie by nie porysować wytrawionych powierzchni. Im dłużej meteoryt będzie leżał zanurzony w ATF, tym więcej go wsiąknie i powstrzyma rdzewienie. Jedna rzecz nie ulega wątpliwości: rdzy jest bardzo trudno utworzyć się na dobrze naoliwionej powierzchni.

Uwaga: W przeszłości używano nie tak dobrych metod próbując ustabilizować wytrawione płytki. Nigdy nie używaj do ustabilizowania meteorytu WD-40, ani innych olejów rozpuszczalnych w wodzie, ponieważ woda jest często jednym z ich głównych składników. Gdy na wytrawionej powierzchni utworzy się rdza, zwykle najlepiej jest przeszlifować ją i wytrawić od nowa.

Nie ma sposobu, by uwzględnić wszystkie możliwe aspekty trawienia meteorytu żelaznego. Eksperymentowanie metodą prób i błędów, to połowa zabawy z trawieniem. Sprawienie, że pojawi się coś pięknego, co przedtem było niewidoczne dla oka, jest wspaniałym doznaniem. Pamiętajmy, trawienie meteorytu żelaznego to częściowo wiedza, a częściowo sztuka. Gdy wiedza jest inspirująca, to sztuka powinna być piękna.

E-mail: *meteoritemall@yahoo.com*

Od redaktora: *Ponieważ mam spore doświadczenie z trawieniem meteorytów żelaznych, całkowicie zgadzam się ze zdaniem autora, że jest to w połowie kwestia wiedzy, a w połowie sztuki. Proszę więc nie traktować rad autora, jako niezawodnej recepty, której stosowanie da zawsze doskonały rezultat. Z większością rad się zgadzam, choć mam wątpliwości co do tolerowania wody w spirytusie; moim zdaniem lepszy jest jednak etanol w maksymalnym stężeniu. Sam stosuję zamiast etanolu izopropanol (sprzedawany jako Propanol-2); bardziej śmierdzi, ale jest tańszy. Wolę też, jak podczas trawienia płytka jest całkowicie zanurzona w nitalu (co nie przeszkadza, że trzeba ją pędzlować). Mam duże wątpliwości, co do płynu do mycia naczyń przy płukaniu; może ułatwia wypłukanie nitalu, ale potem jego trzeba wypłukać. Podczas trawienia najlepiej nie dotykać meteorytu ani w rękawicach (zdarzało mi się, że czerniał w miejscu dotknięcia gumą) ani bez (bardziej w trosce o ręce, niż o meteoryt). Płukać można pod kranem, przynajmniej we Fromborku, na końcu najlepiej w gorącej wodzie, bo wtedy meteoryt szybko schnie. Zgadzam się, że suszarka do włosów, to bardzo dobry pomysł. Po wysuszeniu zaraz pokrywam Ballistolem, choć pewnie ATF też jest dobry, ale nie mam. Jeśli ktoś musi spróbować sił w trawieniu, to życzę powodzenia.*

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Praktyczna metoda ochrony kolekcji meteorytów na wystawie za pomocą emiterów VCI — najczęstsze pytania

William Mason III

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Od lat czytamy o różnych metodach, które stosują kolekcjonerzy meteorytów, by chronić swe meteoryty przed rdzewieniem, gdy próbują pokazywać swe zbiory na wystawie. Słyszeliśmy, że trzeba je naoliwić, pokryć lakierem, umieścić w pojemniku próżniowym itd.

Jedna z najprostszych i najskuteczniejszych metod eksponowania swoich cennych meteorytów jest użycie zamkniętej gabloty wystawowej i pamiętanie o włożeniu do niej emitera.

Co to jest emiter?

Emitery to urządzenia (kubki, pianki, błony, torebki itd.) zawierające specjalne związki zwane VCI (Volatile Corrosion Inhibitors — lotne inhibitory korozji), które parują do otaczającej je gabloty czy opakowania. Przypomina to z grubsza parowanie wody, ale w przypadku emitera parowanie zachodzi znacznie wolniej; trwa miesiące, czy nawet lata, zamiast minut czy godzin. Właścicielem patentu jest Cortec, amerykańska korporacja mająca przedstawicielstwa także w Europie i Azji. Jest to technicznie najlepsza metoda ochrony przed korozją i przyjazna dla środowiska.

Do czego używa się emiterów?

Emitery są używane do ochrony przechowywanych w zamknięciu metalicznych składników przed korozją poprzez umieszczenie jednego lub kilku emitujących urządzeń w pojemniku, paczce czy innym zamknięciu takim jak gablota wystawowa. Emiter działa na wielometaliczne stopy chroniąc je przed korozją.

Co mi dadzą emitery? Dlaczego ich używać?

Emitery oszczędzą twój czas i pieniądze na nieustanne konserwowanie twego zbioru i twych meteorytów na sprzedaż. Wydłużają one czas istnienia zbioru chroniąc przed szkodami powodowanymi korozją. Jeśli jesteś miłośnikiem elektroniki czy broni, możesz teraz chronić te przedmioty przed pogorszeniem ich stanu.

Jak działa emiter i VCI?

Chemikalia (VCI), które parują wewnątrz opakowania czy innego zamknięcia, są zwykle mieszaniną kilku szczególnych związków i gdy oddziałują ze wszystkimi obecnymi metalami, tworzą na ich powierzchni bardzo cienka warstwę o grubości tylko kilku cząsteczek. Te chemikalia są wyjątkowe, ponieważ zapobiegają oddziaływaniu powietrza i pary wodnej z metalem meteorytu chroniąc w ten sposób przed korozją.

Ile czasu potrzebuje emiter by zapewnić skuteczną ochronę?

To zależy od wielkości, kształtu i temperatury w zamknięciu. Z reguły w temperaturze pokojowej emitery zaczynają działać natychmiast na metale stykające się z nimi bezpośrednio, ale mogą być potrzebne nawet 24 godziny, aby parami VCI zostały nasycone meteoryty na przeciwnym końcu i wewnętrzne przestrzenie w meteorytach.

Fot. 1. Cortec VCI-110, pianka.

Jak przyspieszyć działanie emiterów?

Można to zrobić na kilka sposobów:

— Używając więcej niż jeden emiter i umieszczając je na każdym końcu czy na każdej krawędzi zamknięcia.

— Podwyższając temperaturę części lub atmosfery; np. żarówka w gablocie wystawowej.

— Przemywając okazy środkiem czyszczącym, takim jak neutralizer VCI 416, przed umieszczeniem ich w zamknięciu.

Czy pary emitera są niebezpieczne?

Nie, większość emiterów zawiera chemikalia, które nie są niebezpieczne, toksyczne czy palne. Niektóre chemikalia są bardzo podobne do związków wykorzystywanych w żywności i napojach.

Czy emitery są bezpieczne dla środowiska?

Emitery Cortec są bardzo przyjazne dla środowiska i nie zawierają żadnych zabronionych czy szkodliwych dla środowiska związków. Stosunek Cortec'a do środowiska jest dobrze opisany w specjalistycznej publikacji CTP#5 zaprezentowanej w Melbourne z okazji australijskiego EPA.

Jak usunąć osadzoną błonkę emitera?

Błonka pozostawiona przez emitery ma tylko kilka cząsteczek grubości (~1/250000 mikrometra). Jest znacznie cieńsza niż większość warstw zanieczyszczeń, które tworzą się praktycznie na każdej powierzchni. Nie ma potrzeby jej usuwać i ma niewielki wpływ na przyleganie późniejszych powłok.

Czy pary emitera nie ulatniają się, gdy pudełko jest otwierane i zamykane?

Owszem, gdy pojemnik się otwiera, trochę pary może się ulotnić, ale VCI już osadzony na metalach nie ucierpi z tego powodu i nadal będzie chronić

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

meteoryt. Jak tylko pojemnik zostanie zamknięty, WCI znów wypełni pojemnik parą.

Ile razy można otwierać i zamykać pojemnik zanim emiter się wyczerpie?

To zależy od zanieczyszczeń chemicznych w atmosferze. W normalnych warunkach jeśli cała para ucieka z pojemnika i cała para jest uwalniana ze wszystkich składników w pojemniku, to pojemnik można otwierać i zamykać około 4000 razy czyli 10 razy dziennie przez rok.

Co się dzieje, jeśli pudełka (gabloty) nie są szczelnie zamknięte?

Czas działania emitera będzie nieco krótszy, może rok lub mniej. Chociaż emitery są przeznaczone do zamkniętych pojemników, to będą zapewniać ochronę także w systemach, gdzie jest niewielki przepływ powietrza. Stopień ochrony zależy wtedy od poziomu zanieczyszczeń w powietrzu i tempa przedostawania się powietrza. Ilość chemikaliów VCI, które już zostały zaabsorbowane przez składniki metaliczne, nie daje się łatwo usunąć. Gdy meteoryt zyskał powłokę, ochrona będzie kontynuowana przez dość długi czas.

Czy emitery zapewniają osuszanie?

Emitery VCI maja niewielkie własności osuszające, ale ich główną cechą jest ochronna „skórka" czyli warstwa, jaką wytwarzają na powierzchniach metali. Ta warstwa pomaga eliminować normalne destrukcyjne reakcje, które bez niej pojawiłyby się wskutek działania wilgoci. To sprawia, że zdolność osuszania ma znaczenie drugorzędne.

Fot. 2. Cortec VCI-101, pianka, w działaniu.

Jak wygląda używanie emiterów w trudnych warunkach?

Emitery VCI są używane z powodzeniem w skrajnie niesprzyjających warunkach, włączając skrzynki zdalnie sterowanych przekaźników usytuowane blisko morza, w atmosferze zawierającej ponad 200 ppm kwasów takich jak SO_2, H_2S, HCl itd., a także w częściowo otwartych skrzynkach kontrolnych w zanieczyszczonej, przemysłowej atmosferze.

Jak wygląda ochrona różnych metali, takich jakie można spotkać w meteorytach?

Emitery Cortec wykorzystują wyjątkowe połączenie szeregu różnych związków chemicznych by dostarczyć inhibitor korozji o możliwie najszerszym zakresie ochrony. Chronią srebro, złoto, cynę, miedź — każdy metal, który jest podatny na korozję.

Jakie są skutki wysokich temperatur?

Zbiory meteorytów są przechowywane w tym, co jest dostępne, a nie zawsze w tym, co jest idealne. Jak więc działa wysoka temperatura na nasze zbiory? Im wyższa temperatura, tym szybciej paruje VCI. Oznacza to, że szybciej wytworzy się powłoka, ale i szybciej będzie wyczerpywał się emiter. Przy temperaturze 120 do 140 stopni F spodziewamy się, że użyteczny czas działania będzie się skracał. Gdy wysokie temperatury występują stale, trzeba wymieniać emitery co roku.

Jak poznać, że emiter jest już zużyty?

Można zrobić testy, ale są one dość drogie. Przewidywany czas działania emitera, to dwa lata. Prosty test: emiter jest wypełniony proszkiem; jeśli potrząsnąć nim i wydaje się pusty, to trzeba wymienić na nowy. Każdy indywidualnie zapakowany emiter ma miejsce na spodzie na zapisanie daty planowanej wymiany.

Czy emiter usunie czynniki powodujące korozję?

Nie, powstrzymuje on dalszą korozję, ale jeśli mamy meteoryt, który zawiera parę wodną głęboko w swej strukturze, to trzeba ją usunąć specjalną metodą próżniową. Wtedy będziemy mieli meteoryt wolny od rdzy.

E-mail: paleobond@popp.net

Informacja o autorze była w poprzednim numerze — przyp. red.

Fot. 3. Cortec VCI-111 w kubku chroniący część meteorytów redaktora Meteorite. Fot. redaktor.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Znalezisko życia

Larry Atkins

(Artykuł z kwartalnika METEORITE Vol. 13 No. 4. Copyright © 2007 ARKANSAS CENTER FOR SPACE & PLANETARY SCIENCES)

Tak właśnie nazywają to ludzie. Z pewnością jest to największe znalezisko w mojej karierze poszukiwacza meteorytów. Oczywiście określenia „kariera" używam żartobliwie. Ponieważ mieszkam na środkowym zachodzie, w Michigan, to możliwość wyjścia i znalezienia meteorytu jest minimalna, prawie żadna, w porównaniu z możliwościami istniejącymi na amerykańskim południowym zachodzie i w innych pustynnych regionach globu. Wszystkie z moich ponad 70 meteorytów znalazłem na wakacjach w Arizonie (z wyjątkiem Park Forest) odwiedzając znane obszary rozrzutu i pracowicie ich szukając. Holbrook po raz pierwszy przeszukiwałem w 2002 roku. Wraz z bratem zajrzeliśmy tam wracając z targów w Tucson i spędziliśmy z pół dnia. Wkrótce stwierdziliśmy, że korzystanie z wykrywacza metali na tym terenie jest praktycznie niemożliwe z powodu silnie zmineralizowanej gleby. Wykrywacz Fisher Gold Bug nie dał się po prostu zbalansować; wciąż dawał fałszywe sygnały, które znikały, gdy tylko zaczynałem kopać. Jeden fałszywy sygnał utrzymywał się tak długo, że wykopałem dół głęboki na dwie stopy zanim zniknął. Kilka godzin spędzonych tam w 2002 roku było nieprawdopodobnie zniechęcających. Odjeżdżając byliśmy przegranymi poszukiwaczami.

Nie wracałem do Holbrook aż do 4 lutego 2007 r. Tym razem byłem pewien, że będzie inaczej, bo wkrótce po mojej pierwszej wycieczce w 2002 roku czytałem o trudnościach z wykrywaniem metalu na obszarze rozrzutu Holbrook i zobaczyłem, jaki błąd popełniłem. Sposób na znalezienie meteorytu Holbrook, to chodzić i rozglądać się, znów chodzić i rozglądać się i jeszcze raz... wiecie o co chodzi. Zostawcie wykrywacz w domu, weźcie magnes na kiju i pełne kieszenie koncentracji!

Moja dobra przyjaciółka, Maria Haas, była tam przed rokiem i udało jej się znaleźć pierwsze meteoryty w życiu. Oczywiście błagałem ją o współrzędne, abym miał większe szanse, gdy wrócę tam kiedyś w przyszłości. Jak się okazało, w tym roku wybraliśmy się wspólnie na tygodniowe przeszukiwanie obszarów rozrzutu w całej Arizonie, włącznie z Holbrook, i moje wcześniejsze prośby o lokalizacje jej znalezisk były niepotrzebne. Po kilku miłych dniach na Targach Minerałów i Wyrobów Jubilerskich (i meteorytów) w Tucson wyruszyliśmy z Marią do Holbrook. Rankiem, piątego, mieliśmy tam spotkać Dave Andrewsa. To miejscowy gość z ogromną wiedzą i doświadczeniem, który od lat szuka i znajduje te malutkie, nieuchwytne meteoryty. Wielu uważa go za człowieka, którego koniecznie trzeba odwiedzić, gdy chodzi o ten spadek.

Przybyliśmy późnym popołudniem pełni nadziei i zapału do przeczesywania piasku, tryskający optymizmem, ale w głębi duszy wiedzieliśmy, że jest duża szansa porażki. Wielu poszukiwaczy opuszczało to miejsce z pustymi rękami, z miłymi wspomnieniami koleżeńskiej atmosfery, ale bez meteorytów. Spędziliśmy parę godzin szukając po południowej stronie torów kolejowych i mimo intensywnych poszukiwań nie znaleźliśmy niczego. Wkrótce skierowaliśmy się do miłego zakładu oferującego jedzenie i picie, zwanego ironicznie „Puste Kieszenie", by spotkać się z Davem i omówić poszukiwania następnego dnia, ufni że jutro będzie lepiej.

Spotkaliśmy się przy paru burritos na śniadanie następnego ranka i gdy skończyliśmy, wybraliśmy się na część obszaru rozrzutu, którą ostatnio przeszukiwał Dave. Miejsce do którego nas zaprowadził, było dobre pół mili na wschód od tego, gdzie szukałem podczas mojej pierwszej wyprawy w 2002 r. Po paru godzinach bezowocnego wędrowania wróciłem do samochodu odpocząć trochę i uzupełnić wodę. Stojąc tam zauważyłem, że zaraz za gruntową drogą, przy której zaparkowaliśmy, jest płytki dół po wodopoju wykopanym dla bydła wiele lat temu. Czując konieczność załatwienia naturalnej potrzeby i widząc, że Maria zmierza do samochodu, poszedłem do tego dołu szukając ustronnego miejsca. Gdy minąłem krzaki otaczające bajorko, zauważyłem podobny do cegły kamień leżący na zachodniej stronie bardzo małej, piaszczystej wydmy. Zatrzymałem się. To wyglądało inaczej, niż jakikolwiek z kamieni, które widziałem od momentu przyjazdu. Gdy podszedłem, by przyjrzeć się z bliska, zauważyłem wiele małych fragmentów leżących dokoła tego większego kamienia po-

Fot. 1. Nietknięte miejsce znalezienia z widoczną większością fragmentów. GPS widać u góry z lewej. Zdjęcie zrobiono patrząc na północny wschód.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

dobnego do cegły. Gdy już byłem dostatecznie blisko, by pochylić się i przyjrzeć dokładnie, serce zaczęło bić jak oszalałe. Pomyślałem, „Ta rzecz wygląda na meteoryt, ale jest o wiele za duża, by być Holbrookiem!" Powoli opuściłem magnes kierując go ku jednemu z licznych małych fragmentów leżących blisko głównej masy tego znaleziska. „Klik". Maleńki okruch podskoczył do magnesu. Gdy podniosłem go do szeroko otwartych oczu, by przyjrzeć się z bliska, zauważyłem zwietrzałe wnętrze kamienia. „Czy to, co wystaje, to chondra?" BOMBA!

Ostrożnie, z szacunkiem, odłożyłem go z powrotem i cofnąłem się, by objąć wzrokiem całość. Podczas gdy skala niezwykłego znaleziska powoli docierała do mojej lekko oszołomionej głowy, zauważyłem, że Maria powoli zbliżała się do samochodu. Rozejrzałem się za Dave'm, którego zauważyłem dobre pięćset czy sześćset jardów dalej powoli przeglądającego teren. Nie mogłem się doczekać, by komuś powiedzieć, więc poszedłem prosto do Marii planując po drodze mały żart. Gdy znalazłem się w zasięgu głosu, krzyknąłem, że mam jej coś do pokazania. Sięgnąłem do kieszeni i z nabożeństwem wyciągnąłem dwa wyjątkowe indiańskie wyroby, które znalazłem wcześniej. Oba wykonane ze skrzemieniałego drewna były, delikatnie mówiąc, efektowne. Gdy wyciągnąłem rękę, by je pokazać, zobaczyłem, że drży. Po pokazaniu powiedziałem, że chyba znalazłem coś jeszcze i poprosiłem, aby rzuciła okiem. Spytała, „Znalazłeś jeden, nieprawdaż?"

Głosem drżącym z emocji powiedziałem, „Taak, myślę, że tak." Gdy przeszliśmy te krótkie sześćdziesiąt kroków od samochodu do miejsca, gdzie znalazłem to „znalezisko życia", przyglądałem się z zadowoleniem twarzy Marii wyrażającej zmieszanie, zaskoczenie i niedowierzanie. Gdy już się wykrzyczałem, nagwizdałem i wykonałem obowiązkowy „taniec meteorytowy", sfotografowaliśmy całe miejsce i zmierzyliśmy GPSem współrzędne. Potem zebraliśmy wszystkie fragmenty, ponad 250, które łącznie ważyły 454 g. Ten duży kamień ważył 966 g! W sumie było 1420 g albo 3 funty i 2,7 uncji. Wkrótce potem powędrowaliśmy tam, gdzie był Dave, i powiedzieliśmy mu, że znalazłem jednego i że musi przyjść i zobaczyć. Nie wspomnieliśmy

Fot. 2. Zbliżenie ważącego 922 g głównego elementu znaleziska. Zauważmy uschnięte łodygi krzaczków, w które kiedyś trafił meteoryt.

Fot. 3. Znalezisko życia.

nic o wielkości tego cuda; myślał on, że znalazłem typowy okaz 5 do 25 gramów. Zajrzał do samochodu, zobaczył to, co według mnie było meteorytem Holbrook, i jego reakcją było niedowierzanie. Podniósł go, zdjął kapelusz i okulary słoneczne, przyglądał mu się i ważył w ręku. Widziałem, jak powoli dociera to do niego i byłem zachwycony każdą sekundą. Po paru minutach stwierdził „Święty Graal Holbrooka."

Po dłuższej dyskusji i odtworzeniu zdarzeń prowadzących do znalezienia nasza trójka wróciła na miejsce znalezienia i szukała tam przez resztę dnia. W krótkim czasie Maria znalazła okaz ważący około 5 g jakieś 50 jardów od miejsca, gdzie znalazłem mój. Parę minut później Dave znalazł niedaleko wspaniały kamień ważący 60—70 g. Oczywiście ja byłem wniebowzięty, bardzo zadowolony i nie martwiłem się, czy jeszcze coś znajdę — i nie znalazłem, chociaż przeszukałem przynajmniej dobre pół mili, zanim dzień się skończył.

Z informacji, jakie zebrałem, wynika, że jest to największy Holbrook odnaleziony w ciągu ostatnich 41 lat. Dla zapalonego, ale mającego ograniczone możliwości poszukiwacza meteorytów jest to ogromny sukces. Ludzie nazywają mnie „Larry szczęściarz". Może to i prawda, ale jak czytałem kiedyś dawno temu, „Szczęście to jest to, co się zdarza, gdy okazja napotyka gotowość". Chciałbym wierzyć, że to prawda i myślę, że to jeszcze raz dowodzi,

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

że obszar rozrzutu nigdy nie będzie do końca wyzbierany. Po 95 latach teren Holbrook wciąż dostarcza okazy i jestem pewien, że jeszcze wiele kamieni pojawi się w przyszłości. Może jest tam twoje „znalezisko życia", dwukrotnie większe od tego znalezionego przeze mnie, tylko cal pod piaskiem, czekające na idealne połączenie wiatru i deszczu, które odsłoniłoby go dla jakiegoś przechodnia.

Chciałbym osobiście podziękować Dave Andrewsowi i Marii Haas za ich bezinteresowną pomoc i entuzjazm.

Interesuję się meteorytami od 1998 roku. Pierwszy meteoryt znalazłem, gdy w 2001 roku pojechałem do Gold Basin w Arizonie. Obecnie mieszkam na południowym wschodzie Michiganu i pracuję jako elektryk oraz mam firmę zwalczająca trujący bluszcz. Mam nadzieję któregoś dnia przeprowadzić się na południowy zachód Stanów i szukać meteorytów zawodowo.

E-mail: thetoprok@aol.com

Badanie przeszłości meteorytu Morasko

Andrzej S. Pilski

Po drobnych perypetiach klasyfikacyjnych Morasko znów jest przedstawicielem grupy IAB. Małe zróżnicowanie zawartości irydu w meteorytach żelaznych tej grupy od dość dawna jest głównym argumentem za tak zwanym niemagmowym pochodzeniem tych meteorytów. Uważa się, że większość meteorytów żelaznych pochodzi z jąder planetoid, które były stopione wystarczająco długo, aby zachodziła w nich krystalizacja frakcyjna. Metal krystalizujący najpierw zawierał dużo irydu, wskutek czego w stopie pozostawało go coraz mniej i w metalu krystalizującym na końcu irydu było bardzo mało. Meteoryty pochodzące z różnych fragmentów jądra mają więc bardzo różną zawartość irydu. Natomiast niewielkie zróżnicowanie zawartości irydu w meteorytach grupy IAB sugeruje, że metal tych meteorytów był stopiony przez krótki czas, w niewielkich komorach magmowych, i szybko zastygał nie mając czasu na frakcjonowanie.

Są także inne argumenty za krótkotrwałym stopieniem i szybkim krzepnięciem tego typu meteorytów. W wielu meteorytach grupy IAB występują krzemiany o składzie chondrytowym, co oznacza, że temperatura była zbyt niska, by stopić plagioklaz, albo krzemiany były stopione tak krótko, że nie było czasu na rozdzielenie składników stopu. Zawartość pierwotnych gazów szlachetnych wskazuje, że okres wysokiej temperatury był zbyt krótki, by pozwolić na ich ucieczkę. Także nieduże rozmiary pierwotnych kryształów taenitu potwierdzają, że początkowe tempo stygnięcia było zbyt duże, by umożliwić rośnięcie dużych kryształów.

W okazach Moraska odnaleziono dotychczas tylko jedno większe, kilkumilimetrowe skupisko krzemianów, ale drobnych ziaren krzemianów jest dużo. Występują one w bardzo wielu meteorytach tej grupy i wydaje się, że przy starannym szukaniu można znaleźć ziarna wielkości 0,1 mm w każdym meteorycie głównej grupy IAB. Przeszkodą jest jedynie to, że tak małe ziarna łatwo wykruszają się podczas cięcia i szlifowania próbek. Obecność tych ziaren wskazuje, że magma, z której krystalizowały te meteoryty, istniała przez krótki czas i miała dużą lepkość. W innym wypadku krzemiany zebrałyby się w górnej części zbiornika magmy tworząc warstwę szlaki jak przy wytopie żelaza na Ziemi.

Stwierdzono, że proporcje izotopów tlenu w krzemianowych inkluzjach meteorytów IAB mają podobne wartości jak dla chondrytów węglistych. Zgadza się to z faktem, że ta grupa meteorytów ma wyższą zawartość węgla niż inne meteoryty żelazne. Węgiel występuje w postaci inkluzji grafitu oraz w postaci cohenitu czyli węglika żelaza, który jest obecny tylko w meteorytach IAB. Wydaje się więc, że meteoryt Morasko i jemu podobne są skutkiem zderzenia z porowatą planetoidą o składzie chondrytu węglistego.

Wysoka porowatość uderzonej planetoidy jest warunkiem koniecznym, by przy zderzeniu stopiło się dostatecznie dużo materii. Podczas zderzeń materii o niewielkiej porowatości znaczna część energii zużywana jest na kruszenie skał i rozrzucanie ich wokół krateru, a najbardziej ogrzana materia zyskuje prędkość przekraczającą prędkość ucieczki z planetoidy, co pokazał K. Keil wraz z innymi w artykule z 1997 r. opublikowanym w *Meteoritics and Planetary Science*. Jeśli jednak uderzana planetoida jest porowata, to pocisk wbija się głęboko i energia uderzenia jest wydajniej przekształcana na ciepło poprzez ściskanie porowatej materii, a ponadto ogrzana materia zostaje przysypana izolującą warstwą regolitu.

Jak można było się przekonać na przykładzie chondrytu Portales Valley, zdarza się, że w wyniku zderzenia tylko metal zostaje stopiony, a oliwiny i piroksen nie, ponieważ do ich stopienia potrzebna jest wyższa temperatura. Jeśli lepkość płynnego metalu nie jest duża, zaczyna on spływać w dół przez szczeliny między ziarnami krzemianów, póki nie ostudzi się tak, że dalsze spływanie nie będzie już możliwe. Wtedy zaczyna się tworzyć zbiornik płynnego metalu. W takim przypadku metal zaczyna krzepnąć docierając do krzemianów, które nie były tak bardzo rozgrzane, co wyjaśnia, dlaczego krzemianowe inkluzje nie wykazują dużych zmian termicznych i nie utraciły gazów szlachetnych.

Przy niezbyt wysokiej temperaturze jest też prawdopodobne, że część ziaren metalu nie stopiła się całkowicie i stanowi jądra krystalizacji. Ich obecność powoduje szybki wzrost lepkości stopu w miarę spadania temperatury. Zlepiające się ziarna, które zatrzymują także część stopu, osiągają takie rozmiary, że nie mieszczą się między ziarnami krzemianów i ich opadanie zostaje powstrzymane wcześniej niż w przypadku mniejszych ziaren i płynnego

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

metalu. W ten sposób pojawia się nieduże frakcjonowanie obserwowane w meteorytach IAB.

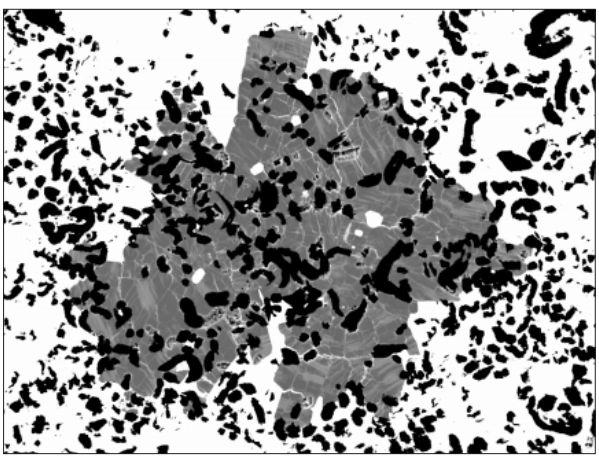
Nieliczne wyjątki w tej grupie, do których należy także meteoryt Morasko, mają zbyt małą zawartość irydu, aby dała się ona wytłumaczyć takim niewielkim frakcjonowaniem. Przypuszczalnie Morasko pochodzi z tak dużego zbiornika metalu, że możliwa tam była częściowa krystalizacja frakcyjna. Jest też możliwość, że zbiornik nie był duży, ale krzemiany wokół niego były rozgrzane, wskutek czego stygnięcie stopu następowało tak wolno, że był czas na to, aby pierwszy krzepnący metal, który zawierał dużo irydu, opadał na dno zbiornika, a w górnej części pozostawał stop zubożony w iryd, który po zakrzepnięciu dał materiał na Morasko. Stygnięcie nie mogło być jednak zbyt wolne, bo wtedy krzemiany powędrowałyby w górę, a w Morasku są one jednak obecne, przynajmniej w inkluzjach grafitowo-troilitowych.

Przedstawiony tu zarys kosmicznej przeszłości meteorytu Morasko jest oparty na pracy J.T. Wassona i G.W. Kallemeyna opublikowanej w 2002 roku w *Geochimica et Cosmochimica Acta*. J.T. Wasson od wielu lat tworzy chemiczną klasyfikację meteorytów żelaznych na podstawie zawartości pierwiastków śladowych Ni, Ga, Ge, Ir, do których dołączył ostatnio Au. Właśnie dołączenie złota wykorzystał do dokładniejszego zdefiniowania głównej grupy IAB, wyodrębnienia kilku podgrup i zaproponowania nowej koncepcji formowania się meteorytów tego typu. Złoto zachowuje się w trakcie krystalizacji metalu w podobny sposób, jak nikiel, ale jego rozmieszczenie w metalu jest bardziej równomierne.

Istnienie teoretycznego, ogólnego obrazu ułatwia badania meteorytu, ponieważ wskazuje, na jakie elementy warto zwracać uwagę. Meteoryt Morasko był dotychczas badany najpierw przez V. Buchwalda, a następnie przez B. Dominik. J. T. Wasson zrobił także analizę zawartości pierwiastków śladowych do klasyfikacji. Wszystkie te badania wykonywano jednak tylko na pojedynczych okazach meteorytu. Po raz pierwszy podejmowana jest próba ogarnięcia całej różnorodności tego meteorytu dzięki możliwości badania wielu różnych okazów.

Dotychczasowe badania pokazują, że struktura meteorytu Morasko nie jest jednorodna. Uwagę zwracają, szczególnie na przekroju największego znalezionego okazu, liczne inkluzje troilitowo-grafitowe, zwykle obwiedzione schreibersytem i cohenitem, których maksymalna rozpiętość niejednokrotnie przekracza 5 cm. Inkluzje te stanowiły słabsze punkty struktury i podczas przelotu przez atmosferę meteoroid pękał w miejscach ich występowania. Dlatego wiele inkluzji widocznych jest na powierzchni, a w mniejszych okazach meteorytu Morasko nie są one obserwowane. Wiele inkluzji ma kształt zbliżony do kulistego czy owalnego, ale występują też inkluzje troilitowe w kształcie dość długich rurek. Badaniem inkluzji zajmowała się B. Dominik, a obecnie analizuje je szczegółowo Ł. Karwowski, o czym czytelnicy „Meteorytu" mogli się niedawno przekonać.

Poza dużymi inkluzjami uwagę zwracają pola mniejszych inkluzji cohenitu i schreibersytu. Cohenit tworzy duże obszary drobnych inkluzji, które układają się równolegle do pasków kamacytu w figurach Widmanstättena. Wstępne oględziny sugerują, że w tych obszarach paski kamacytu są stosunkowo wąskie, co mogłoby być uzasadnione tym, że cohenit zawiera bardzo nieduży dodatek niklu, wobec czego więcej niklu zostaje w żelazie. Schreibersyt jest wszędzie. Tam, gdzie występuje cohenit, przeważnie towarzyszą mu niewielkie ilości schreibersytu. Tam, gdzie cohenitu nie ma, schreibersyt występuje najczęściej w postaci drobnych kryształków rhabdytu. Ponadto schreibersyt czasem zajmuje miejsce taenitu rozdzielając paski kamacytu, przez co w takim rejonie Morasko staje się granularnym heksaedrytem. Wydaje się, że w obszarach o dużej zawartości schreibersytu paski kamacytu są szersze, co mogłoby być uzasadnione tym, że schreibersyt zawiera dużo niklu (czasem nawet ma więcej niklu niż żelaza), więc mniej niklu zostaje w żelazie. W jednym przypadku zaobserwowałem duży fragment kamacytu zawierający w środku wydłużoną inkluzję schreibersytu. Tego typu struktury są powszechne w oktaedrytach bardzo gruboziarnistych, czego dobrym przykładem jest Sikhote-Alin.



Skalenie (szare) w masie troilitowej (białe) z grafitem (czarne). Fot. Łukasz Karwowski.

Dalsze badania struktury będą zmierzały do ustalenia, czy istnieją jakieś prawidłowości w rozmieszczeniu różnego rodzaju inkluzji w masie meteorytu i czy mogą odzwierciedlać one przebieg formowania się na macierzystej planetoidzie skały tworzącej meteoryt.

Interesującym kierunkiem badań będzie także sprawdzenie, czy występują wyraźne różnice zawartości pierwiastków między różnymi okazami, czy nawet na przeciwnych krańcach większych okazów, wskazujące na frakcjonowanie podczas krystalizacji. Występowanie takich różnic zaobserwowano w przypadku meteorytu Canyon Diablo, który był dużą bryłą przed zderzeniem z Ziemią. Ponieważ Morasko też nie jest mały, być może uda się coś powiedzieć na temat przebiegu jego krystalizacji na macierzystej planetoidzie.

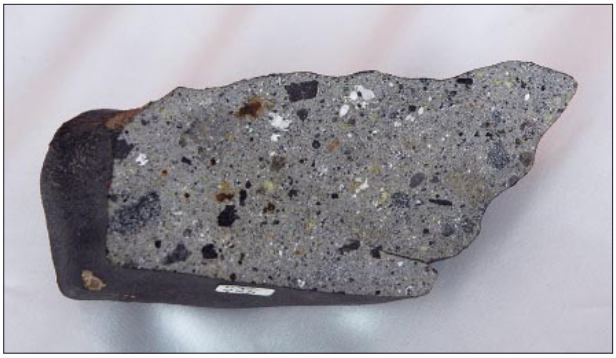
Duże zainteresowanie wzbudza oczywiście ustalenie ziemskich losów meteorytu Morasko, w szczególności stwierdzenie, kiedy on spadł i jaki jest obszar rozrzutu. Niestety datowanie meteorytów żelaznych wciąż jest dużym problemem. Paradoksalnie łatwiej jest datować bardzo stare meteoryty, ponieważ izotopy Be, Al, i Cl dają dokładność około 25 tys. lat. Jeśli uznamy, że Morasko leży na Ziemi krócej, to pozostaje tylko metoda 14C, ale do jej zastosowania potrzebne są krzemiany. Jedyna większa inkluzja krzemianowa uległa niestety zniszczeniu podczas przecinania okazu i pozostaje mieć nadzieję, że uda się znaleźć przynajmniej jeszcze jedną.

METEORYT - prenumerata elektroniczna - ASP

Eukryty z całego świata

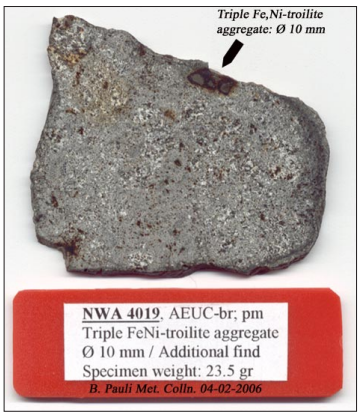
Fot. 9. Jeff Kuyken, copyright Meteorites Australia: NWA 2482, płytka.

Fot. 10. Jeff Kuyken, copyright Meteorites Australia: NWA 1836, płytka.



Fot. 11. Iris Langheinrich z R.A.Langheinrich meteorites: Dar al Gani 443, płytka 430 g.

Fot. 12. Peter Marmet, Marmet-Meteorites: Dhofar 007, płytka 7,35 g.



Fot. 13. Bernd Pauli, B. Pauli Meteorite Collection: NWA 4019, płytka 23,5 g.

Dopisek nad zdjęciem: Potrójne skupisko Fe,Ni-troilit: ∅10 mm.

Fot. 14. Philippe Thomas, Meteoritica: NWA 4536, płytka, 2,08 g.

Fot. 15. Rob Wessel, Nakhla Dog Meteorites: NWA 2724, płytka, 42 g.

Fot. 16. Larry Lebofsky (podziękowanie dla Philipa Mani): NWA 3137, płytka 29,4 g.