

BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

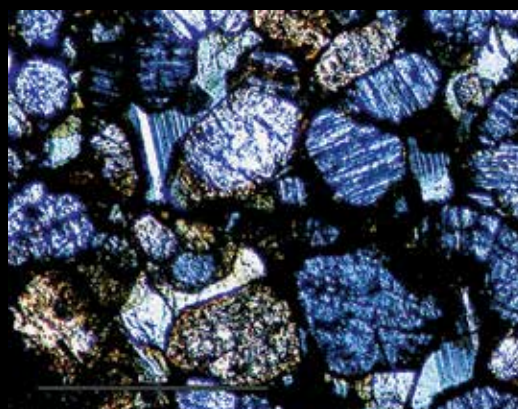
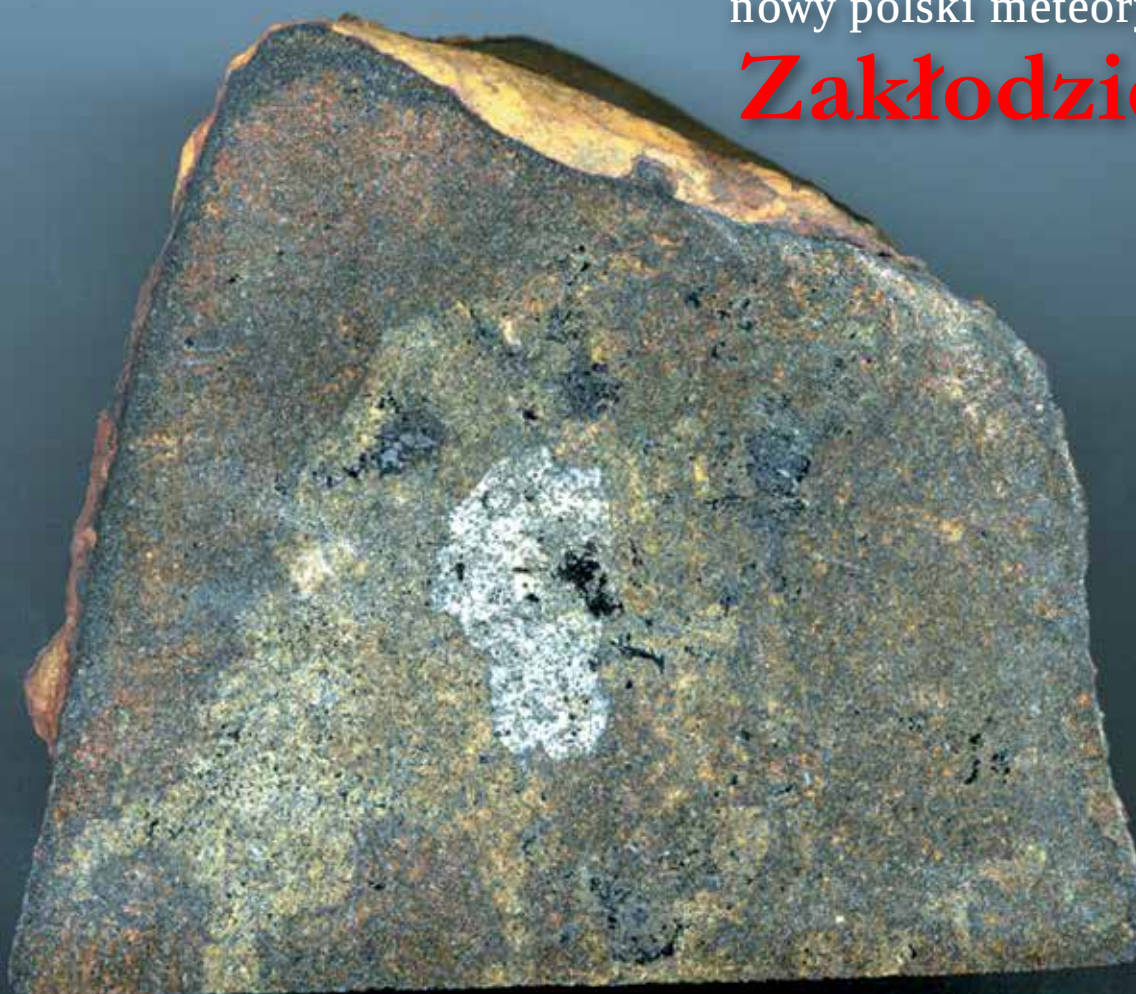
METEORYT

Nr 2 (34)

Czerwiec 2000

nowy polski meteoryt!

Zakłodzie



Meteoryt – biuletyn dla miłośników meteorytów wydawany przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku i Pallasite Press – wydawcę kwartalnika **Meteorite!** z którego pochodzi większa część publikowanych materiałów.

Redaguje *Andrzej S. Pilski*

Skład: *Jacek Drążkowski*

Druk: *Jan, Lidzbark Warm.*

Adres redakcji:

skr. poczt. 6,
14-530 Frombork,
tel. 0-55-243-7392.

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2000 roku 16 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr:

15401072-3724-36001-00-01

w BOŚ SA O/Olsztyn,
zaznaczając cel wpłaty.

Wcześniejsze roczniki powielane są na zamówienie za opłatą równą wysokości aktualnej prenumeraty.

Od redaktora:

Z wielką przyjemnością prezentuję dziś Czytelnikom nowy i niewątpliwie najbardziej niezwykle polski meteoryt. Proporcje zawartych w nim izotopów tlenu wskazują, że pochodzi on z tego samego obszaru Układu Słonecznego, w którym formowała się nasza planeta, a więc prawdopodobnie tak wyglądał surowiec do budowy Ziemi.

Na kolejny meteoryt mogliśmy sobie tylko popatrzeć. W sobotnie popołudnie 6 maja nad Śląskiem obserwowano bolid dzienny, którego lot zakończył się efektowną eksplozją nad Ostrawą. Meteority znaleziono zaraz za polską granicą, ale już w Czechach.

Muszę przeprosić Czytelników za błędne, jak się okazało, informacje w poprzednim numerze. Obowiązki w planetarium nie pozwoliły mi na udział w giełdach minerałów w Łodzi i Olsztynie. Póki nie znajdzie się astronom chętny do pracy w planetarium wszelkie zapowiedzi mojej obecności na jakiegokolwiek giełdzie mogą okazać się nieprawdziwe.

Z przyjemnością zapraszam do Fromborka na wystawę meteorytów z kolekcji Kazimierza Mazurka, która będzie prezentowana w lipcu i sierpniu w Wieży Kopernika, a więc w tych samych murach, w których Kopernik miał przygotowaną komnatę na wypadek najazdu. Zapewne nigdy mu do głowy nie przyszło, że kiedyś wedrą się tam najeżdźcy z kosmosu. Okazją do wizyty może być IV Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii, Frombork 2000, 24–27 sierpnia.

Stanisław Jachymek zaprasza natomiast do Guciowa, 15–17 września na spotkanie badaczy i miłośników meteorytów poświęcone nowemu polskiemu meteorytowi. Planowana jest wizyta na miejscu znalezienia oraz obejrzenie odsłonięcia granicy K/T. Szczegóły wewnątrz numeru.

Na koniec smutna wiadomość od redaktora „Meteorite!” Zmarł Paolo Farinella (1953–2000), którego artykuły mieliśmy czasem przyjemność czytać w „Meteorycie”. Był to jeden z najlepszych specjalistów od dynamiki orbit planetoid poszukujący odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób fragmenty planetoid są transportowane z pasa planetoid na Ziemię. Był jednym z redaktorów dwóch czasopism naukowych „Icarus” i „Meteoritics & Planetary Science”. Jego nazwisko otrzymała jedna z planetoid 3248 Farinella.

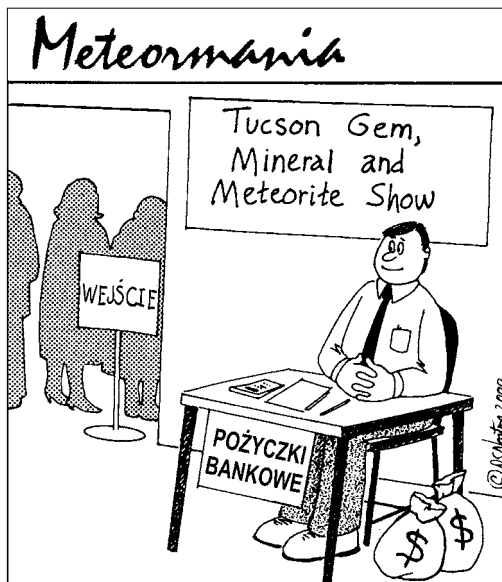
Andrzej S. Pilski

Subscribe to **Meteorite!**

Pallasite Press
P.O. Box 33-1218
Takapuna, Auckland
NEW ZEALAND

4 issues per year \$US27
(2nd class airmail)
VISA & MasterCard
accepted

www.meteor.co.nz



Zdjęcia na okładce przedstawiają:

1. Widok przekroju meteorytu Zakłodzie; wyraźnie widoczne są trzy strefy podkreślone zmianami barwy oraz skorupa obtopieniowa. (Fot. Stanisław Jachymek)
2. Stanisław Jachymek z meteoritem Zakłodzie. Zdjęcie zrobiono dla zagranicznych meteorofili, aby nie przekreślali nazwy meteorytu. (Fot. Anna Jachymek)
3. Zakłodzie pod mikroskopem polaryzacyjnym. (Patrz fot.5 na str. 10)

Zakłodzie

Stanisław Jachymek

Prolog

Gazeta Lubelska. Pismo Codzienne
Rolniczo-Przemysłowo-Handlowe
i Literackie

Kronika bieżąca

21 IV 1897 r.

*Aerolit. Dzisiaj nocą o godzinie 1¹⁰ przebiegł nad naszym miastem niezwykle wielki aerolit rzucający ogromne światło, który spowodował huk podobny do grzmotów i trwający przeszło dwie minuty. Aerolit przecho-
dził w kierunku z zachodu na wschód, biegł względnie dość nisko.*

22 IV 1897 r.

O aerolicie, który przebiegł nad miastem naszym nocy onegdajszej, otrzymaliśmy już kilka doniesień, które zamieścimy po otrzymaniu bliższych szczegółów z różnych stron guberni.

24 IV 1897 r.

*Przejazd Cesarza. Jak wiadomo, cesarz Franciszek Józef podczas przejazdu swego przez Warszawę nie zatrzyma się w mieście ... ze stacji towarowej drogi żelaznej warszawsko-wiedeńskiej pociąg podąży po szynach drogi obwodowej do dworca kolei nadwiślańskiej na Pelcowiznie; tam z pociągu wąskotorowego prze-
siądzie się monarcha do szerokoto-
rowego, przyslanego z Petersburga. Podczas przesiadania się, które po-
trwa około półtorej godziny, podane będzie na dworcu śniadanie. Wartę honorową pełnić będzie 35-ty szwadron dragonów pułku Biłgorajskiego imienia cesarza Franciszka Józefa z dowódcą pułku oraz 9-ma oficerami na czele.*

O aerolicie, który przebiegł nad naszym miastem w nocy z wtorku na środę otrzymaliśmy dotąd wiadomości z Rzeczycy, Kazimierza, Rejowca i Tomaszowa, jako też z najbliższych re-

*jonów Lublina. Są to wszakże jeszcze niezupełnie dokładne dane o kierunku przebiegu owego zjawiska, to wszak-
że wydaje się być pewne, że aerolit biegł nie z zachodu na wschód, jak to się wydawało narazie, ale z północy ku południowi i dotąd nie wiadomo gdzie opadł.*

*Wszyscy nasi korespondenci jednoznacznie donoszą, że przebieg aerolitu poprzedzony był ogromnem światłem białem, zbliżonem do elektrycznego, poczem rozległ się huk ogromny trwający od 3 do 4 minut, który we wsiach i miasteczkach tak wstrząsnął domami, że zadźwięczały szyby. W Tomaszowie Lubelskim kon-
systujące tam wojsko zaniepokojone zostało owym hukiem, zdawało się bowiem, że pochodzi z wystrzałów armatnich, ale wkrótce rzecz się wyjaśniła.*

*Rzecz naturalna, że to zjawisko ludziom ciemnym dało pocho-
p do rozmaitych wniosków i opowieści na swój ład, jakoby się niebo otworzyło i stąd pochodzi światło tak oślepiające.*

Pan E. Ż. pisze nam, że we wsiach Rzeczycy i Skowieszynie włościanie słyszeli jakby huk podziemny i wstrząśnienie ziemi, co jest niemożliwem i pochodzi ze złudzenia tylko.

Aerolity, albo bolidy, meteoryty, urolity czy wreszcie kamienie meteoryczne, gdyż posiadają różne nazwy, są to masy mineralne rozmaitego składu, spadające z przestrzeni zaziemskich na ziemię naszą, a spadaniu ich towarzyszy najczęściej blask oślepiający, długi ogon świetlany w porze nocnej, huk potężny i wreszcie szum podobny do wytwarzanego przez kulę działową. Wszystkie aerolity przedstawiają się w postaci odłamowej o stępionych i zaokrąglonych brzegach, a temperatura ich skutkiem tarcia o coraz gęstsze warstwy powietrza, w miarę przybliżania się do powierzchni

ziemi wzrasta do punktu topliwości masy składowej, która topi się na powierzchni i obleka je w ciemną, czarną szklaną powłokę.

Spadanie takich kamieni nie jest osobiwością, powtarza się to dość często, czasem nawet zdarza się deszcz kamienny, powstający z rozpryskiwania się aerolitów. Kroniki chińskie zanotowały fakt spadania kamieni jeszcze w r. 644 przed erą chrześcijańską.

U nas w kraju opadanie meteorytów notowano w ostatnich latach niejednokrotnie, najsilniejszy jednak deszcz kamienny zdarzył się wieczorem 30 stycznia r. 1868 w okolicach Pułtusza i wysłani w te okolice ludzie uczeni wyrazili się, że ilość spadłych podówczas kamieni można obliczyć w przybliżeniu na sto tysięcy i handlarze minerałów dr. Krauch z Boun oraz dr. Eggers z Wiednia zakupili podówczas mnóstwo tych kamieni od włościan z pod Pułtusza.

Według prawdopodobieństwa aerolit spadły w nocy z 20 na 21 b.m. opadł gdzieś w okolicach powiatów tomaszowskiego lub hrubieszowskiego, albo też w guberni wołyńskiej.

Uprzejmych korespondentów naszych z tamtych okolic prosimy o łaskawsze nadsyłanie bliższych szczegółów o kierunku biegu meteorytu, może tym sposobem da się wyjaśnić miejscowość, w której meteoryt ten opadł na ziemię.

Gazetę przejrzałem do końca lipca. Dalszych informacji o meteorycie nie było.

Kamień

Pod koniec września 1998 roku, idąc z Zakłodzia — Doły na Zakłodzie — Góry, przy polnej drodze wcinającej się w less znalazłem kamień obrdzewiały, ciężki. Miałem nadzieję na meteoryt

i nie miałem nadziei na meteoryt; jedna z powierzchni była sztucznie płaska, jak na stole. Wietrzyłem, zachrumkałem, przymrużyłem jedno oko i uznałem, że może to być kolejny żużel. Nie było to pewne, w drodze powrotnej postanowiłem jeszcze raz pooglądać to miejsce, ten kamień.

Z moich wypraw na skamieniałości i minerały zawsze przywoziłem jakieś kamienne dziwolągi. Przeważnie jednak były to szkliva ze starych hut szkła, dziwne betony, kawałki zardzewiałych podków, a od czasu do czasu tutejsze minerały.

Już od późnodzięcięcych czasów nie mogę pogodzić się ze stwierdzeniem, że Wyżyna Lubelska z Roztoczem jest, pod względem skupień minerałów, nieciekawym, monotonnym, piaszczysto wapiennym regionem. Można tu jednak znaleźć minerały i skały, których uczeni jak dotąd nie opisywali na tym terenie: opale, chalcedony, piryty, markasyty, bursztyny, glaukonityty, tufity, ankeryty, lidyty, kryształy górskie i ametysty w bułach krzemiennych, różnokolorowe krzemienie, barwne piaskowce, kryształy kalcytu. Jest też nadzieja na rozsypane topazy wołyńskie. Wołyń Zachodni jest już w granicach Polski.

O znalezieniu meteorytu marzyłem od wielu lat. Moje podejrzone próbki już 10 lat temu odrzucali m.in. dr Sylwestrzak, prof. Manecki i inni. Działo się to na pierwszych giełdach minerałów. Byłem wtedy zwierzęciem giełdowym, chodziłem jak pijany między stolikami i wahałem tę atmosferę, atmosferę pierwszych wystaw minerałów i skamieniałości. Pozostały miłe wspomnienia.

Pozostawiłem kamień przy drodze i noga za nogą powlokłem się dalej do mojego kuzyna, sędziego brata mojej babki Władysława Kucharskiego. Liczący około 90 lat Władysław jest lutnikiem. Chciałem zdobyć wykonane przez niego skrzypce, rodzinne przecież; zakupić je dla stworzonego wspólnie z żoną Anną muzeum w Zagrodzie Guciów. Pogadało się, umówiło i wracało. Zygzakiem przez pola doszedłem do miejsca, gdzie leżał ten kamień. Obejrzałem go jeszcze raz, zachrumkałem... i już z kamieniem pod pachą i tysiąc którąś tam nadzieją wróciłem do domu.

Badania

W stodole odciąłem od kamienia piętę. Na przekroju błysnęły ziarenka metalu. Nadzieja rośnie. Poprosiłem o zbadanie próbki w Lublinie. Po miesiącu oczekiwania pierwsze wyniki: jest nikiel w żelazie rodzimym. Intuicja podpowiada mi, że znalazłem meteoryt. Jednocześnie zdałem sobie sprawę, jak wiele muszę się nauczyć, jak duże ponieść koszty, by nie zostać pozbawionym meteorytu już na samym wstępie przez społeczność meteorytową.

Tak bardzo zależy mi na otwarciu nowego rozdziału o meteorytach: Meteoryty w poezji. Uważam, że tzw. czysta nauka nie wyczerpuje całego obszaru meteorytów. Jest tutaj jeszcze coś dla mnie i innych pograniczników: filozofów, mistyków, awanturników czyli artystów.

Mój przyjaciel, zawodowy muzyk mieszkający na stałe w Szwajcarii obiecał, że przekaże mały fragment meteorytu do Swiss Meteorite Laboratory. Do dziś nie ma odpowiedzi od pana Bühlera.

W lutym 1999 roku wysłałem próbkę do zbadania na Uniwersytecie Wrocławskim. W ciągu miesiąca otrzymałem odpowiedź: „Naszym zdaniem, zarówno badania mikroskopowe, testy chemiczne, jak i diagnostyczna analiza ilościowa sugerują, że badana próbka jest materią meteorytową. Ze względu na ograniczony zakres przeprowadzonych badań wszelkie dalej idące wnioski byłyby nadinterpretacją.”

Poradzono mi, aby zwrócić się do dr Jacka Siemiątkowskiego z dolnośląskiego oddziału Państwowego Instytutu Geologicznego.

Przekazałem w marcu próbkę dr Siemiątkowskiemu. Stwierdził obecność enstatytu i wysunął przypuszczenie, że może to być anomalny aubryt. Nie był jednak pewien, czy nie jest to odpad przemysłowy, np. fragment osłony ogniotrwalej z pieca hutniczego.

Na jednej z giełd minerałów poradzono mi, aby zwrócić się do prof. Łukasza Karwowskiego z Uniwersytetu Śląskiego. Wysłałem do niego próbkę w czerwcu, a w sierpniu nadeszła odpowiedź:

Meteoryt z...?

Otrzymane kawałki wyszlifowano i wypolerowano. Obserwacje makroskopowe wskazują, że zewnętrzne strefy meteorytu zostały poddane działaniu wysokiej temperatury i uległy częściowemu utlenieniu. Obserwacje mikroskopowe w świetle odbitym, spolaryzowanym, wykazały, że główną fazą meteorytu jest przezroczysta faza krzemianowa, o wyraźnej łupliwości zgodnej z osią Z minerału. Ziarna minerału są najczęściej okrągławe. Kształty przypominają chondry, jednak przekonujących o tym dowodów brak. Towarzyszą im ziarna o dużej zdolności refleksyjnej, typowej dla metali rodzimych. Mineral ten zidentyfikowano jako kamacyt. Ziarna kamacytu, szczególnie w pobliżu zewnętrznych partii meteorytu, są wyraźnie utlenione. Powstają na brzegach



Stanisław Jachymek z meteorytem Zakłodzie na miejscu jego znalezienia. (Fot. Anna Jachymek)

fazy wodorotlenków i tlenków żelaza (goethyt i hematyt). Są to oczywiście fazy wtórne. Trzecią fazą wyraźnie odbiegającą od pozostałych jest kremowo-różowa faza siarczkowa zidentyfikowana jako troilit. W obrazie mikroskopowym strefy zewnętrzne są drobnziarniste i przepojone wtórnymi związkami żelaza. Jest to efekt temperatury i oddziaływania tlenu i wilgoci.

Zdecydowałem się przeprowadzić badania rentgenostrukturalne, nie niszczące próbek. W tym celu wykorzystano posiadany materiał umieszczając go w dyfraktometrze rentgenowskim stroną polerowaną w kierunku padania wiązki promieni Roentgena. Dyfraktogram wykonano na aparacie typu RIGAKU-DENKI (jap.) wykorzystując promieniowanie lampy kobaltowej.

Uzyskane wyniki w pełni potwierdziły i rozszerzyły wyniki badań mikroskopowych. Porównując dane odległości międzypłaszczyznowych z dyfraktogramu z danymi zawartymi w testach ASTM jednoznacznie określono, że główną fazą krystaliczną w badanym meteorycie jest minerał z grupy piroksenów, a konkretnie jednoskośny piroksen — klinkenstatyt. Drugą fazą ilościowo jest żelazo alfa czyli kamacyt o niewielkiej zawartości niklu. Ostatnią fazą dającą się zidentyfikować rentgenowsko jest siareczek żelaza reprezentowany przez troilit. Pozostałe fazy mineralne jeśli są obecne, to w małych ilościach i nie są wykrywalne metodą dyfraktryczną w mieszaninie.

W celu dokładnej identyfikacji faz od strony chemicznej, a także faz występujących podrzędnie, wykonano badania przy pomocy mikroanalityzatora rentgenowskiego (mikroskondy elektronicznej) typu JEOL (jap.)

Badano fazę metaliczną. Przeprowadzone analizy wykazały bardzo niewielką zmienność składu chemicznego badanej fazy. Na podstawie kilkunastu analiz ustalono następujący skład chemiczny kamacytu:

Fe: 95,0 — 96,1%
Ni: 4,7 — 4,8%
Co: 0,0 — 0,3%
Si: 0,8 — 0,95%
Cr: poniżej 0,01%

Zatem jest to niewątpliwie kamacyt o zawartości niklu poniżej 5% i minimalnej zawartości kobaltu. Sądząc po składzie chemicznym badanego kamacytu, jest on najbardziej zbliżony do kamacytów spotykanych

w achondrytach:

Fe — 95,4%
Ni — 4,35%
Co — 0,27%
Si — 0,46%

Najliczniejsza faza w meteorycie, reprezentowana przez klinkenstatyt, też wykazuje stałość składu w stosunku do materiału ziemskiego. Na podstawie przeprowadzonych analiz określono wzór krystallochemiczny badanego klinkenstatytu:

$(\text{Mg}_{1,98}\text{Fe}_{0,01}^{2+})_2[\text{Si}_{1,99}\text{Al}_{0,01}]_2\text{O}_6$ przy śladowych zawartościach K_2O , CaO , Na_2O , co nie odbiega od składu klinkenstatytów spotykanych w meteorycie.

Trzecia faza reprezentowana jest przez siareczek żelaza — troilit (FeS). Z przeprowadzonych analiz wynika, że oprócz troilitu może być także obecny pirotyt Fe_{1-x}S . Wynika to z obserwacji mikroskopowych oraz ze składu chemicznego. Dość często troility nie posiadają także składu stechiometrycznego. Badane troility zawierają niewielką domieszkę miedzi i niklu.

W trakcie badań w mikroobszarze wyróżniono także typową dla meteorytów fazę siarczku wapnia (CaS) — oldhamitu. Jego skład zbliżony jest do teoretycznego Ca — 55,51%, S — 44,43% przy śladowych ilościach Mg , Fe , Mn rzędu 0,01 — 0,02%. Oldhamit stwierdzono jedynie w postaci drobnych, okrągławych ziaren w obrębie kamacytu (bardzo rzadki).

Badaniami w mikroobszarze potwierdzono także obecność faz tlenkowych i wodorotlenkowych ($\text{Fe}[\text{OH}]_3$, Fe_2O_3) czasami wzbogaconych w nikiel i niewielkie ilości chromu. Ponadto stwierdzono obecność niestechiometrycznych siareczków żelaza o pochodzeniu niewątpliwie wtórnym. Są to fazy wtórne, powstałe w trakcie podróży meteorytu w atmosferze, jak też pobytu meteorytu w glebie. Często faza kamacytu i troilitu ulega utlenianiu.

Ponadto stwierdzono obecność w meteorycie fazy o bardzo dziwnym składzie chemicznym. Faza ta stanowi jakby spoiwo ziaren klinkenstatytu. Charakteryzuje się stałością składu chemicznego. Suma tlenków nie zamyka się w okolicy 100%. Skład chemiczny nie da się przeliczyć na żaden znany lub nieznany minerał. Przypuszczam, że jest to szkliwo pochodzące z przetopienia części sodowego plagioklasu. Badana faza

jest wyraźnie uboga w glin. Trudno ją jednoznacznie określić.

Podsumowując, z przeprowadzonych badań wynika, że jest to niewątpliwie meteoryt i to niezbyt popularny. Przeglądając najnowszą literaturę nie natknąłem się na coś podobnego. Niewątpliwie mieści się on w klasyfikacji w okolicach chondrytów enstatytowych lub ich odpowiedników wśród achondrytów. Przypomina chondryt enstatytowy. Niestety brak w nim oliwinów, jak też skład kamacytu zbliża go do achondrytów (aubrytów). Tu też coś nie pasuje — zawiera on za dużo fazy kamacytowej i troilitowej i nie posiada innych faz krzemianowych obecnych w aubrytach. Może faza nazwana szklistą odpowiada brakującym fazom.

Prof. dr hab. Łukasz Karwowski
Uniwersytet Śląski

Nie mogłem jednak wyzbyć się wątpliwości. W końcu prof. Karwowski jest specjalistą od skał ziemskich, nie od meteorytów. Postanowiłem pojechać na targi meteorytowe do Gifhorn.

Tam zainteresował się meteoritem organizator targów, Rainer Bartoschewitz, który stwierdził, że prawdopodobnie jest to unikalny, pierwotny achondryt i obiecał przekazać próbkę specjalistom do zbadania. Próbkę otrzymał także znany poszukiwacz meteorytów Robert A. Haag.

Tymczasem przyszła opinia dra Siemiątkowskiego:

Próbka pochodząca z Ukrainy

Wykonano preparat do badań mikroskopowych w świetle odbitym i przechodzącym (cienki polerowany), który mógł być również wykorzystany do badań w mikroskondzie elektronicznej.

Rezultaty badań:

A. Opis próbki:

1. — Fragment dostępny do badań, to płytko o kształcie trapezu o bokach równoległych o długości 16 mm i 6 mm, wysokości 12 mm i o grubości 3 mm, z której w całości sporządzono preparat do badań mikroskopowych.

2. — Zewnętrzna część wyraźnie wskazuje cechy obtopienia i jest grubości około 1 mm z kroplastymi

nabrzmieniami do 3 mm grubości.

3. — Część próbki wykazuje ciemniejsze zabarwienie spowodowane wnikaniem pomiędzy kryształy piroksenów cienkiej powłoczki kamacytu. Jest to dowód na wnikanie roztopionego metalu do wnętrza okazu.

4. — Pirokseny stanowią dominujący minerał krzemianowy o rozmiarach słupków od 0,05 do 1,2 mm. Kryształy są powszechnie zbliżniaczone, co może świadczyć o udziale czynnika dynamicznego.

5. — Brak utleniania kamacytu świadczy o krótkim przebywaniu w warunkach atmosferycznych.

B. Głównymi minerałami są:

1. — piroksen, często automorficzny, zbliżniaczony,

2. — kamacyt w skupieniach ksenomorficznych, czasem w zrostach z troilem,

3. — troilit w skupieniach ksenomorficznych o budowie mozaikowej,

4. — skałen w skupieniach ksenomorficznych,

5. — grafit w drobnych skupieniach (?).

C. Fakty za pochodzeniem kosmicznym:

1. — Skorupka obtopieniowa.

2. — Skład mineralny a szczególnie obecność kamacytu z zawartością Ni.

3. — Obecność tylko jednego minerału krzemianowego piroksenu, typowej sytuacji w meteorytach enstatytowych.

4. — Duża zawartość kamacytu i troilitu, typowa dla meteorytów enstatytowych.

5. — Obecność grafitu w ilościach akcesorycznych, powszechnie obserwowanego w meteorytach enstatytowych.

6. — Brak szkliwa oraz kulistych pustek typowych dla żużli.

7. — Wysoka zawartość Mg i Fe i niewielka ilość Ca, Al, jak to wykazały analizy chemiczne całego obiektu.

D. Fakty za pochodzeniem technologicznym:

1. — Brak chondr, tworów występujących w większości znajdowanych meteorytów.

2. — Obecność grafitu, czynnika redukującego spotykanego w procesach technologicznych.

3. — Brak skał ziemskich o takim składzie mineralogicznym.

4. — Obserwowane minerały występują również w skałach otrzymywanych w procesach technologicznych, np. żużlach metalurgicznych lub osłonach ogniotrwałych.

E. Wnioski:

Jeżeli badany obiekt jest meteorytem, to należy go zaklasyfikować do achondrytów enstatytowych z zachowaną powierzchnią obtopieniową.

Jeżeli badany obiekt jest wytworem technologicznym, to jest produktem hutniczym (żużel lub osłona ogniotrwała).

Ograniczony zakres badań i niewielki fragment przeznaczony do badań jest powodem niejednoznacznej opinii.

F. Badania chemiczne w mikroobszarze:

Wykonano analizę głównego składnika obiektu, którym był piroksen o składzie enstatytu oraz minerałów podrzędnych nieprzezroczystych: troilitu, kamacytu oraz bardzo rzadkiego ferroalabandytu. Analizami wskaźnikowymi oznaczono szkliwo o składzie albitu oraz utleniony stop Fe, Ni i S. Otwartą pozostaje obecność grafitu.

Struktura obiektu jest typowa dla meteorytów enstatytowych.

G. Wnioski końcowe:

Obecność minerałów występujących tylko w meteorytach: kamacytu i troilitu oraz obecność charakterystycznego dla meteorytów enstatytowych ferroalabandytu z manganem, struktury ułożenia minerałów, brak obecności chondr potwierdzają przypuszczenia, że jest to meteoryt typu aubrytu, a więc achondrytu enstatytowego.

Grupa tych meteorytów jest bardzo rzadko reprezentowana w zbiorach muzealnych, tak więc do ostatecznego rozstrzygnięcia brakuje jego miejsca odnalezienia lub spadku.

Dr Jacek Siemiątkowski

Państwowy Instytut Geologiczny

Oddział Dolnośląski

Wrocław, 27.10.1999 r.

Wszystkim wymienionym ośrodkom podawałem lokalizację „Ukraina” lub „Sokal”. Obawiałem się, że to znalezisko zostanie mi odebrane przez jakieś czynniki oficjalne. Tak bym chciał, by to znalezisko było prezentowane w Guciowie, na Rostoczu. Wierzę, że ogłoszenia, które teraz dają do prasy w sprawie żelaznych kamieni, i stała wystawa meteorytów, którą chciałbym zorganizować w Guciowie (odwiedzana przez tysiące młodzieży i dorosłych z regionu środkowo-wschodniej Polski) zaowocowałyby kolejnymi znaleziskami meteorytów. Nam trzeba się uczyć. Czy wszystkie arcydzieła natury muszą wyjechać do Warszawy czy Krakowa i zniknąć w przepaściastych szafach? Ani w obecnej, ani w byłej stolicy nie ma nawet jednej stałej wystawy meteorytów. Dlaczego?

Anna i Stanisław Jachymkowie zapraszają do Guciowa na spotkanie badaczy i miłośników meteorytów poświęcone meteorytowi Zakłodzie. Spotkanie planowane jest na 15–17 września br. Udział zapowiedzieli już prof. Łukasz Karwowski i dr Jacek Siemiątkowski. Autorzy prezentowanych referatów otrzymają honorarium w naturze w postaci bezpłatnych noclegów i wyżywienia, oraz fragmentu meteorytu. Streszczenia prezentowanych referatów zostaną opublikowane we wrześniowym „Meteorycie”. Dla pozostałych uczestników ulgowy koszt noclegu i wyżywienia wyniesie 60 zł za dobę, a w wypadku zorganizowania noclegu we własnym zakresie (śniadów + karimata; podłoga pod dachem jest za darmo) i korzystania tylko z wyżywienia 30 zł za dobę. Spotkanie ma charakter roboczy i towarzyski, więc bardziej będzie przydatny strój turystyczny niż oficjalny. Planowana jest wizyta na miejscu znalezienia meteorytu, obejrzenie odsłonięcia granicy K/T, piknik meteorytowy z możliwością zakupu okazów i ognisko, do którego przygrywać będzie miejscowy muzykant. Zgłoszenia uczestnictwa i streszczenia referatów prosimy przysyłać do 1 września pod adres: Stanisław Jachymek, Guciów 19, 22-470 Zwierzyniec. Liczba miejsc ograniczona.

Ponieważ i z Europy i z oceanu nie było żadnych wieści o przekazanych w Gifhorn próbkach, wiosną 2000 roku zainteresowałem meteoritem dr Mariana Stępniewskiego z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie podając po raz pierwszy, że jest to moje znalezisko i pochodzi z Zamojszczyzny. Dr Stępniewski wysłał próbkę do znajomego naukowca w USA z prośbą o zbadanie proporcji izotopów tlenu.

Tymczasem przyszła odpowiedź od Haaga:

„Przepraszam za zwleknięcie z odpowiedzią. Na podstawie małej próbki, którą dostałem w Gifhorn, nie sądzę, by był to chondryt enstatytowy. Niestety nie mam tu odpowiednich przyrządów, by określić dokładny typ. Wiem, że **jest** to meteoryt. Radziłbym poprosić o zbadanie próbki najbliższy uniwersytet. Gratuluję znaleziska i życzę powodzenia w badaniach celem sklasyfikowania. Z poważaniem Robert A. Haag”

Życzenia okazały się potrzebne. Pewnego dnia zadzwonił dr Stępniewski z informacją, że w próbce stwierdzono ziemskie proporcje izotopów tlenu, a więc prawdopodobnie nie jest to meteoryt. Czarna rozpacz. Na szczęście i Rainer Bartoschewitz i Andrzej Piłski pocieszali, że przecież chodzi o meteoryt enstatytowy, więc proporcje izotopów tlenu muszą być ziemskie. Dr Stępniewski pewnie sobie zażartował. Znowu odzyskałem nadzieję.

W końcu przysły wyniki badań z Niemiec od dr Wlotzki, Rainer Bartoschewitz nawiązał współpracę z dr Stępniewskim i przyszła pora na postawienie kropki nad i: wypełnienie kwestionariusza, aby oficjalnie zgłosić Komisji Nazewnictwa the Meteoritical Society znalezienie nowego meteorytu.

* * *

Dalej nie wiemy, czym jest ten gość z kosmosu: anomalnym aubrytem? zrekrystalizowanym chondrytem enstatytowym? enstatytowym aca-pulcoitem? Czymś jeszcze nie nazwanym? Mam nadzieję, że na wrześnieowym spotkaniu, na które serdecznie zapraszam Czytelników, część tajemnic meteorytu zostanie już ujawniona.

INFORMACJA O NOWYM METEORYCIE

Proponowana nazwa meteorytu:	ZAKŁODZIE
Najbliższe miasto lub wieś:	Zakłodzie
County:	Zamosc
State:	Lubelskie
Kraj:	Poland
Współrzędne geograficzne:	22°51'58" E, 50°45'46" N
Data i moment spadku lub data znalezienia:	Znaleziony wrzesień 1998, prawdopodobnie spadł 21.04.1897 r. 8,68 kg
Całkowita odnaleziona masa:	Jeden kamień z częścią skorupy
Liczba znalezionych okazów:	Odnaleziony przez Stanisława Jachymka podczas szukania minerałów i skamieniałości
Okoliczności znalezienia:	Na poboczu lessowej drogi gruntowej w pagórkowatym rolniczym terenie Unikalny pierwotny achondryt
Natura miejsca znalezienia:	
Klasyfikacja:	
Uwagi na temat szczególnych własności mineralogicznych, chemicznych i fizycznych:	Tekstura granoblastyczna, głównie orto-enstatyt i bogaty w Si (1.6 %) metal, troilit bogaty w Cr-Mn-Ti, skałen, akcesoryczny schreibersyt, SiO₂, oldhamit, alabandyt, amfibol
Nazwisko osoby klasyfikującej meteoryt:	R. Bartoschewitz, BML, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn
Podstawowe dane klasyfikacyjne:	Fs <0.1-1.6, En97.7 Fs1.6 Wo0.7 // Ab64-89 An36-0 Or0.5-11
Nazwisko analityka:	F. Wlotzka, Max-Planck-Inst. für Chemie, Saarstr., D-55020 Mainz M. Stępniewski, Polish Geological Institute, ul. Rakowiecka 4, PL- 00-975 Warszawa
Nazwa i adres instytucji, gdzie znajdują się próbki wykorzystane do klasyfikacji:	R. Bartoschewitz, BML, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn, PTS no. BC 723.2 Polish Geological Institute, ul. Rakowiecka 4, PL- 00-975 Warszawa
Nazwa i adres instytucji, gdzie znajduje się obecnie większość materiału:	S. Jachymek, Natural-Ethnol. Museum, Guciov 19, PL-22-470 Zwierzyniec 8.5 kg M. Stępniewski, Polish Geological Institute, PL- 00-975 Warszawa 35g R. Bartoschewitz, BML, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn 17 g F. Wlotzka, Max-Planck-Inst. für Chemie, Saarstr., D-55020 Mainz 1 g

BARTOSCHEWITZ METEORITE LABORATORY,
Rainer Bartoschewitz,
Lehmweg 53,
38518 Gifhorn, Germany

WYNIKI WSTĘPNYCH BADAŃ MINERALOGICZNO-PETROLOGICZNYCH METEORYTU KAMIENNEGO ZAKŁODZIE

Tadeusz Andrzej PRZYLIBSKI*

Paweł Przemysław ZAGOŹDŻON*

Wstęp

Artykuł prezentuje wyniki badań dwóch fragmentów meteorytu Zakłodzie. Miały one formę cienkich (około 1 mm grubości) płytek o wymiarach 12×30 i 11×50 mm. Obie zostały zbadane makroskopowo oraz pod binokulem (przy powiększeniach do 40×). Z mniejszego fragmentu wykonano ponadto cienki preparat mikroskopowy przystosowany także do wykonania analiz chemicznych na mikrosondzie (z tego względu jego grubość była nieco większa a barwy interferencyjne na fotografiach są zafałszowane). Z fragmentu tej samej płytki wykonano również 3 preparaty proszkowe do wykonania analiz fazowych przy pomocy dyfraktometru rentgenowskiego metodą DSH. Analizy rentgenowskie wykonano na urządzeniu Siemens D5005 w Pracowni Analizy Rentgenostrukturalnej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. W chwili obecnej przygotowano są kolejne próbki do badań rentgenowskich oraz kolejne płytki cienkie do badań mikroskopowych i mikrosondowych. Autorzy dziękują Stanisławowi Jachymkowi za udostępnienie fragmentów do badań.

Charakterystyka meteorytu na podstawie badań makroskopowych i pod binokulem

Zaobserwowana makroskopowo i przy niewielkich powiększeniach struktura badanej skały jest różnokrystaliczna i drobnokrystaliczna, tekstura zaś masywna (miejscami porowata) oraz bezładna. Nieliczne lecz stosunkowo duże (o rozmiarach rzędu 1–2 mm) głębokie pory są rozmieszczone nieregularnie, a całkowitą porowatość skały oszacowano na 3–7%.

W składzie mineralnym meteorytu dominują krzemiany (stanowiące około 80% objętości skały). Są to kryształy hipautomorficzne o rozmiarach około 0,2 mm, najczęściej jasne a nawet przezroczyste, choć często spotykane jest zabarwienie rdzawe lub ciemnoszare. Stwierdzono obecność trzech faz o metalicznym połysku. Dwie z nich to wyraźnie różniące się zdolnością refleksyjną fazy siarczkowe, a ostatnia to stop Fe-Ni (por. fot. 1**). Są one niezbyt regularnie wykształcone, zwłaszcza dotyczy to fragmentów stopu. Ich zarysy są ksenomorficzne, tylko nieliczne ziarna siarczkowe mają zarysy kuliste. Wielkość ziaren siarczkowych i metalicznych waha się w granicach od 0,1 do 1,2 mm, sporadycznie spotykane są ziarna o długości dochodzącej do 2,5 mm. Z reguły fragmenty metalu są większe, nawet o rząd wielkości, od kryształów krzemianów i siarczków. Zauważono zarówno występowanie ciał siarczkowych w obrębie fazy metalicznej jak i sytuacje odwrotne. Zdarzają się także miejsca, w których fragmenty stopu o nieregularnych kształtach otaczają zarówno kryształy siarczków, jak i krzemianów (fot. 2**). Sumaryczną zawartość minerałów nieprzezroczystych (o połysku metalicznym) oszacowano na 10–20%, choć zdarzają się miejsca, w których proporcje części metalicznej i siarczków do części krzemianowej są zbliżone.

Większa ze zbadanych próbek posiada znaczną długość i można na niej prześledzić budowę całego meteorytu od jego powierzchni do środka. W obrębie meteorytu wyróżnić można trzy strefy różniące się zabarwieniem (patrz okładka), lecz posiadające stosunkowo stały skład mineralny. Część wewnętrzna ma barwę ja-

snoszarą, miejscami prawie białą, część pośrednia jest szaro-rdzawa a zewnętrzna jest najciemniejsza — ma barwę ciemnoszarą z rdzawym odcieniem. Meteoryt pokrywa skorupa obtopieniowa o grubości średniej około 0,3 mm (0,1–1,0 mm). Jest ona silnie zwietrzała, co podkreślone jest obecnością wodorotlenków żelaza o charakterystycznej rdzawej barwie.

Granica pomiędzy częścią wewnętrzną i pośrednią jest wyraźna. Podkreśla ją ciemniejsze zabarwienie kryształów krzemianów (zidentyfikowanych później jako pirokseny). Szerokość strefy granicznej jest rzędu wielkości pojedynczego kryształu piroksenu, tj. około 0,2 mm. W niektórych miejscach granica ta „rozmywa się” i tworzy odrębną strefę ciemniejszego zabarwienia podobną do zewnętrznej strefy meteorytu (ciemnoszarą z rdzawym odcieniem). Na fotografii zglądu całego meteorytu (patrz okładka) strefy zewnętrzna i wewnętrzna mogą miejscami bezpośrednio ze sobą kontaktować. Granica strefy pośredniej i zewnętrznej jest nieostra. Strefa zewnętrzna jest niejednorodna, co podkreślają nieregularne zmiany barwy od ciemnordzawej do ciemnoszarej, w obrębie której znajduje się więcej ziaren metalu. W jej obrębie zauważono skupienie jasnożółtych kryształów piroksenów o wymiarach około 0,5 mm każdy. Jest ich około 15 i towarzyszą im kryształy siarczków, brak jest natomiast ziaren stopu. Skupienie to wyraźnie różni się od pozostałych kryształów w tej strefie.

* Politechnika Wrocławska, Wydział Górniczy; Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 WROCŁAW

** Skład mineralny zaprezentowano na zdjęciach mikroskopowych ze względu na ich lepszą czytelność.

Przy pomocy obserwacji pod binokulem określono także procentową objętość minerałów nieprzezroczystych oraz porowatość w poszczególnych strefach. W strefie wewnętrznej minerałów nieprzezroczystych jest około 10–15% i są one rozmieszczone nierównomiernie, zaś porowatość wynosi około 3%. W strefie środkowej i zewnętrznej minerałów nieprzezroczystych jest około 20% i są one rozmieszczone nieregularnie a porowatość osiąga wartość około 7%.

Opis mikroskopowy

Do chwili obecnej do badań mikroskopowych wykorzystano jeden preparat uniwersalny, który będzie w toku dalszych badań poddany analizie chemicznej w mikroobszarze (mikrosonda).

Na podstawie badań w świetle przechodzącym stwierdzono, że skała ma strukturę drobnokrystaliczną i różnokrystaliczną (rozmiary kryształów zmieniają się w dość znacznych granicach, tj. od 62 do 5500 μm). Strukturę meteorytu określić też można jako intergranularną (w obrębie szkieletowych kryształów plagioklastów zamknięte są mniejsze ziarna piroksenów). Tekstura skały obserwowana pod mikroskopem jest bezładna (miejscami prawdopodobnie kierunkowa) i masywna.

Minerałami dominującymi są pirokseny, których wielkość waha

się w granicach 119–665 μm . Ich kryształy mają zarysy automorficzne lub hipautomorficzne (fot. 3). Często widoczne są przekroje prostopadłe do słupa (do osi Z), czyli w płaszczyźnie (001). Kryształy przecięte w ten sposób występują w skupieniach, można więc sądzić, że lokalnie skała wykazuje teksturę kierunkową (wyrażoną równoległym ułożeniem kryształów słupkowych). W piroksenach zaobserwowano zarówno proste, jak i skośne wygaszanie światła, co świadczy o obecności piroksenów rombów oraz jednoskośnych. W kryształach piroksenów jednoskośnych pomierzone kąty wygaszania światła wahają się od 8 do 11°. Wśród piroksenów dominują jednak (ok. 75% objętościowych) kryształy lamelkowe (fot. 3, 4). Są to nieodmieszane osobniki rombów i jednoskośne, których obecność świadczy o braku równowagi chemicznej, czyli o stosunkowo nagłym przerwaniu procesu krystalizacji.

Spośród minerałów krzemianowych stwierdzono także występowanie plagioklastów z charakterystycznymi zbliżeniami polisyntetycznymi. Identyczna orientacja lamelk w osobnikach oddalonych od siebie może sugerować, że w rzeczywistości stanowią one fragmenty większych kryształów szkieletowych o rozmiarach rzędu 1 mm (por. fot. 5). Tworzą one, wraz z mniejszymi kryształami piroksenów, strukturę intergranularną, co również jest efektem

szybkiej krystalizacji przechłodzonego stopu (podobnie jak nieodmieszane kryształy piroksenów).

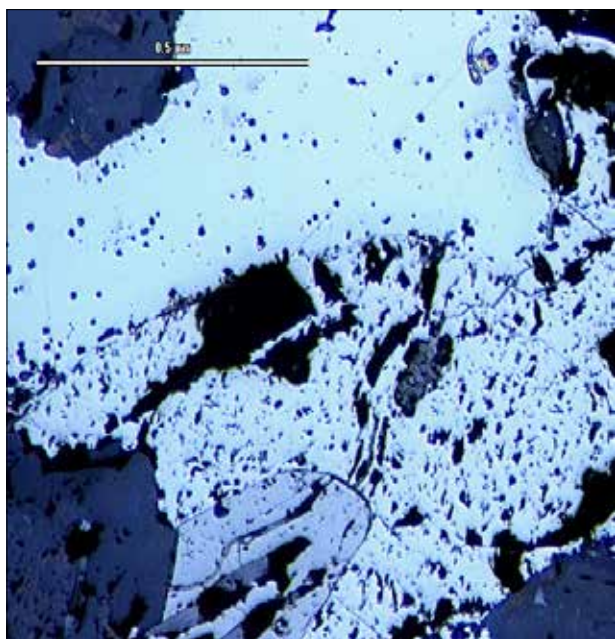
Badania w świetle odbitym wykazały obecność co najmniej trzech dalszych faz mineralnych, z których jedną jest niewątpliwie stop Fe-Ni, pozostałymi zaś prawdopodobnie siarczki. Wszystkie te fazy znacząco różnią się zdolnością refleksyjną. Wielkość ziaren minerałów nieprzezroczystych (mierzone najdłuższą przekątną) zmienia się w szerokich granicach i wynosi od 62 μm do 5500 μm (5,5 mm).

Wyniki analiz rentgenowskich

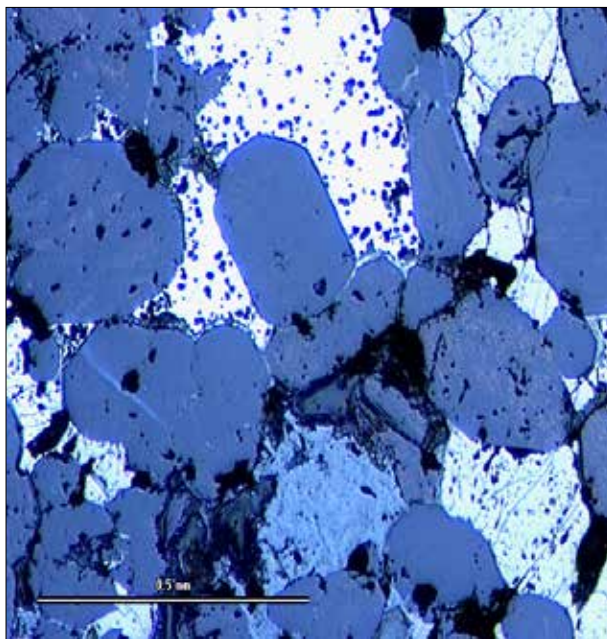
Wykonano dyfraktogramy całej próbki skalnej a także preparatów uzyskanych w wyniku separacji magnetycznej (frakcja magnetyczna i frakcja niemagnetyczna).

W próbce przed oddzieleniem frakcji magnetycznej stwierdzono obecność: enstatytu żelazowego (Mg, Fe) SiO_3 , klinoenstatytu MgSiO_3 , kamacytu FeNi , troilitu (?) FeS^{***} , oldhamitu CaS , wurcytu ZnS oraz schreibersytu $(\text{Fe, Ni})_3\text{P}$. W próbce pozbawionej frakcji magnetycznej oznaczono: enstatyt MgSiO_3 , klinoenstatyt MgSiO_3 i albit o nieuporządkowanej strukturze $\text{Na(AlSi}_3\text{O}_8)$ zaś w próbce

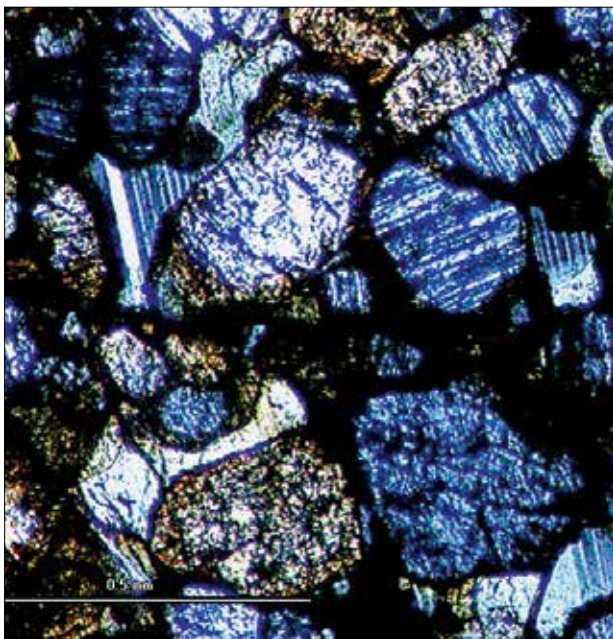
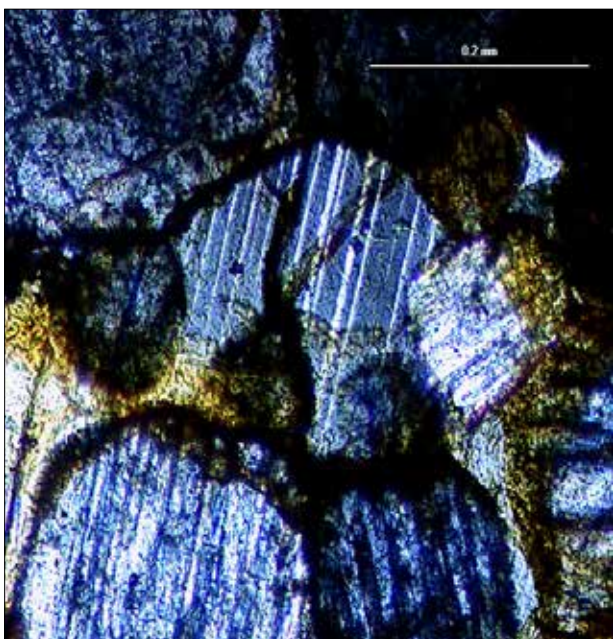
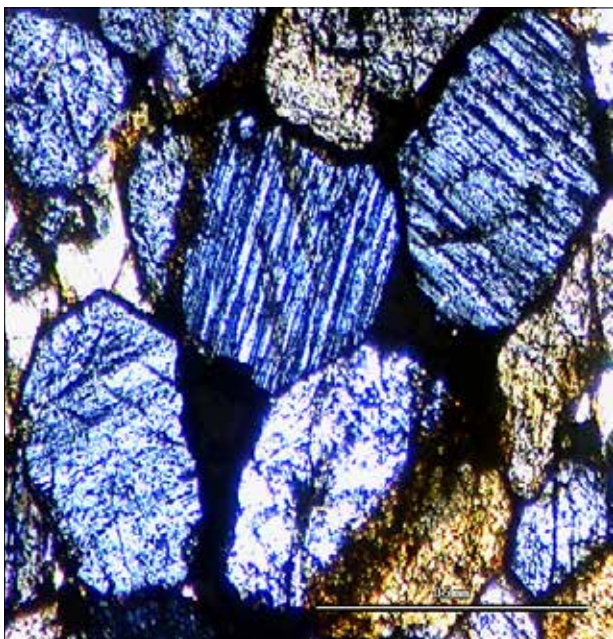
*** Oznaczenie troilitu jest wątpliwe i wymaga potwierdzenia w kolejnych analizach rentgenograficznych i chemicznych w mikroobszarze.



Fot. 1. Stop Ni-Fe oraz dwie fazy siarczkowe (mikroskop polaryzacyjny, światło odbite).



Fot. 2. Stop metaliczny otaczający kryształ piroksenu i dwie inne fazy mineralne (nieprzezroczyste) (mikroskop polaryzacyjny, światło odbite).



zawierającej podkoncentrowaną frakcję magnetyczną stwierdzono: enstatyt MgSiO_3 oraz kamacyt FeNi .

Wszystkie zidentyfikowane fazy mineralne występują w chondrytach enstatytowych.

Podsumowanie i wnioski

Skała swoimi cechami strukturalno-teksturalnymi przypomina piroksenit (websteryt plagioklazonośny), czyli magmową skałę zasadową. Te cechy oraz mineralogia meteorytu wskazują, że tworzył się on na skutek krystalizacji ze stopu w wysokich temperaturach (obecność enstatytu, brak innych piroksenów lub oliwinu). Początkowo (do około 1557°C) spadek temperatury był powolny, o czym świadczy występowanie automorficznych i hipautomorficznych kryształów enstatytu i klinoenstatytu. Dalszy spadek temperatury (poniżej punktu rekrytalizacji klinoenstatytu w enstatyt) musiał stać się gwałtowniejszy, gdyż w skałe przeważają nieodmieszane kryształy enstatytu rombowego i klinoenstatytu. Podobny wniosek implikuje obecność struktury intergranularnej (charakterystycznej dla przechłodzonych stopów zasadowych, w których nastąpiła szybka nukleacja skałeni, ale ich wzrost był powolny), a także fakt wykrycia metodą rentgenowską albitu o nieuporządkowanej strukturze.

Zaklasyfikowanie tego meteorytu jako nietypowego prostego achondrytu o mineralogii chondrytu enstatytowego stawia znacznie więcej pytań odnośnie jego genezy niż daje odpowiedzi. Pewną próbą wytłumaczenia takiej budowy meteorytu może być założenie podgrzania wtórnego skały macierzystej i zhomogenizowania struktury pierwotnej chondrytu enstatytowego. Następnie mogło dojść do powtórnego wykrytalizowania skały, którą możemy w chwili obecnej obserwować. W warunkach ziemskich (i prawdopodobnie wewnątrz innych planet ziemskich) skały tego rodzaju tworzą się na głębokościach rzędu kilkudziesięciu kilometrów. Wynika to z faktu, że krzemianowe sfery planet ziemskich są zdyferencjonowane (uwarstwione). Szybkie przechłodzenie musiało być połączone wówczas z gwałtownym wyniesieniem jej w wyższe partie skorupy. Meteoryt Zakłodzie mógł jednak krystalizować w obrębie planetoidy (planetozykali), które to ciała nie są zdyferencjonowane. W takim przypadku proces zachodzić mógł w niższym ciśnieniu, a przede wszystkim bliżej jego powierzchni, mającej skład mineralogiczny zbliżony do składu Zakłodzia i dzisiejszego górnego płaszcza Ziemi. W ten sposób łatwiej dojść mogło do wyniesienia i przechłodzenia stopu.

W obecnym stanie wiedzy dokładniejsze określenie genezy i środowiska powstania tego meteorytu nie jest możliwe. Niezbędne będzie wykonanie kolejnych badań przede wszystkim petrologicznych i mineralogicznych oraz chemicznych i izotopowych.

MW

Fot. 3. Automorficzne i hipautomorficzne kryształy piroksenów (mikroskop polaryzacyjny, światło przechodzące, skrzyżowane nikole).

Fot. 4. Lamelkowe kryształy piroksenów (nieodmieszane pirokseny rombowe i jednoskośne (mikroskop polaryzacyjny, światło przechodzące, skrzyżowane nikole).

Fot. 5. Równoległe lamelki w oddalonych od siebie kryształach plagioklazu (mikroskop polaryzacyjny, światło przechodzące, skrzyżowane nikole).



U góry dwa kadry z filmu Jiriego Fabiga. Z prawej przewidywany obszar spadku meteorytów. Zdjęcia udostępnił Tomas Graf z Obserwatorium w Ostrawie.

Meteoryt, który przeleciał nam koło nosa

Wsobotę, 6 maja, krótko przed godziną 14, obserwowano nad Śląskiem bolid dzienny. Jego lot zakończył się efektowną eksplozją. Jak twierdzili świadkowie, mimo słońca na bezchmurnym niebie, w momencie eksplozji przedmioty zostały oświetlone jakby drugim słońcem. Po kilkudziesięciu sekundach rozległ się potężny huk, tak że w domach zadrżały szyby.

Jeden ze świadków przesłał relację do Chorzowskiego Planetarium, które zaczęło zbierać doniesienia świadków. Wiele obserwacji, niestety przeważnie bardzo ogólnikowych, zebrało też Obserwatorium Astronomiczne we Wrocławiu (zob. <http://www.astro.uni.wroc.pl>). Szybko jednak okazało się, że w porównaniu z naszymi sąsiadami z południa, w kwestii bolidów jesteśmy tylko amatorami i jedyne strony internetowe, z których można naprawdę czegoś się dowiedzieć, to <http://www.vsb.cz/planet/bolid.htm>.

Bolid zaobserwowano nad Ostrawą około 13.53. Leciał z północnego zachodu na południowy wschód. Nad

miastem eksplodował i zgasł. Huk rozległ się po kilkudziesięciu sekundach, z czego wywnioskowano, że eksplozja nastąpiła na wysokości 20–30 kilometrów. Przelot bolidu nagrał na wideo Jiri Fabig z Ostrawy.

Trzy dni później Obserwatorium Astronomiczne w Ostrawie powiadomiono o znalezieniu meteorytu w okolicy zbiornika wodnego na Morawce w Beskidach. Okaz ważył 210 gramów i wysłano go szybko do najbliższego laboratorium krótko żyjących izotopów. Fragment otrzymał jeden z najlepszych specjalistów, dr Petr Jakes, który wstępnie ocenił, że jest to chondryt H6.

Drugi meteoryt trafił do Obserwatorium dopiero 25 maja. Zatelefonował człowiek, który nieśmiało zapytał, czy to możliwe, że jego zięć znalazł meteoryt koło swojej dachy nad zalewem w Morawce. Krótko opisał znaleziony kamień. Odbierający telefon miał wrażenie, że rozmówca mówi o kamieniu znalezionym 9 maja. Przedstawiciele Obserwatorium pojechali do Morawki, gdzie zobaczyli meteoryt i miejsce, gdzie spadł.

Znalazca powiedział, że 6 maja około godziny 14 usłyszał potężny huk, ale na niebie nic się nie działo. Położył się na leżaku zamierzając się opalać. Po jakichś 10 minutach usłyszał wysoki, świszczący dźwięk, po czym nastąpiło plaśnięcie, jakby ktoś kawał mięsa cisnął o ziemię. Miał wrażenie, że to było kilka metrów od niego. Rozejrzał się, ale niczego nie zauważył. Gdy wrócił do cywilizacji, przeczytał w gazecie o spadku meteorytu. Podczas następnego weekendu

przeszukał swą działkę dokładniej i znalazł osobliwy kamień. Jego teść dodał, że wydawało im się to nieprawdopodobne i bali się ośmieszyć telefonowaniem do Obserwatorium, dlatego tak długo z tym zwlekali.

Jak mówią Czesi, poszukiwanie meteorytów w okolicy Morawki stało się modnym weekendowym zajęciem, ale o dalszych rezultatach brak pewnych informacji.

Doniesienia o odnalezieniu fragmentów meteorytu po polskiej stronie okazały się nazbyt optymistyczne. Prof. Łukasz Karwowski z Wydziału Geologii Uniwersytetu Śląskiego odwiedził znalazców w towarzystwie dziennikarza, który wcześniej o tym pisał, i stwierdził, że żaden z pokazanych mu okazów nie jest meteorytem. Ponadto miejsca znalezienia niezbyt pasowały do obserwowanej trasy przelotu bolidu. Jeśli coś spadło na terenie Polski, to raczej trzeba tego szukać w okolicy Raciborza czy Kietrza.

Andrzej S. Pilski



Pierwszy znaleziony meteoryt ważył 210 g.



Drugi okaz z Morawki waży 340 g.

Komary, Diamenty i Bardzo Duży Krater

Syberyjski Krater Popigaj Część II

Roy A. Gallant
Tłum. Marek Muciek

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Arktyczny krajobraz: tundra i pagórki

O godzinie 1:30 po południu, helikopter uniósł ku kraterowi forpocztę naszej wyprawy. Ich zadaniem było rozstawienie części gospodarczej obozu: namiotu-stołówki i namiotu-toalety. Reszta wystartowała o wpół do szóstej. Fascynujący lot trwał prawie dwie godziny. Nie musieliśmy się obawiać ciemności, bo zmrok nie zapadał. Otworzyliśmy okna, wtykając w nie obiektywy naszych aparatów i fotografując przesuwający się pod nami pejzaż pagórkowatej tundry. Była dzika i piękna. Aż po horyzont rozpościerał się wzorzysty kobierzec z traw i turzycy — żółty, gdzieś tam brązowy i zielony, tu i ówdzie przecięty strumieniem lub rozjaśniony dużą plamą śniegu. Posuwaliśmy się ponad wzgórzami, to wznosząc się, to opadając, w rytm łagodnych zmian wysokości terenu.

Wtem, jak stronica nagle otwartej książki, pojawiła się wspaniała północno-zachodnia ściana krateru. Leniwie zatoczyliśmy koło ponad naszym obozem, już urządzonym przez naszą grupę przygotowawczą, przelecieliśmy nad krawędzią krateru i łagodnie usiedliśmy na szerokim, kamienistym brzegu rzeki Rassocho. Ściana krateru wyglądała majestatycznie. Wielobarwna mozaika, ułożona z różowych piaszczowców, bładozielonych i żółtych skał węglanowych i ciemniejszych tagamitów — niemy świadek katastrofalnego uderzenia, które 40 milionów lat temu wstrząsnęło na wskroś całą planetą.

Ledwie wysiedliśmy z helikoptera, obsiadły nas komary. W ciągu 10 sekund nasze kapelusze i plecy były nimi oblepione, co milimetr. Podczas

gdy Geoffrey machał packą, Jon przystąpił do rażenia prądem.

Do dziewiątej wszystkie nasze namioty zostały rozstawione wzdłuż 100-metrowego pasa piaszczu, krzewów i karłowatych iglaków, tuż ponad łagodnym stokiem kamienistego brzegu rzeki. Gdy helikopter wystartował i zniknął za brzegiem krateru, otuchy dodawał nam widok wysokiego masztu, podtrzymującego antenę i kable naszej radiostacji. Nasz „lekarz rodzinny”, dr Borys Andriaszew, zrobił obchód po namiotach, każdemu wręczając garść witamin. Moim GPS-em zmierzyłem położenie naszego Obozu Nr 1: 71°45'N, 110°15'E. Wysokość wynosiła 16,5 m n.p.m.

Walery opowiada

Następny dzień, 8 lipca, rozpoczęliśmy śniadaniem. Kawa, herbata, coś w rodzaju owsianki na mleku, chleb, ser, dżem, banany. Przy kawie słuchaliśmy wykładu Walerego na temat historii i struktury krateru Popigaj. Walery blisko współpracował z Masaitsem od początku lat 70-tych. Następne 15 lat spędził tłukąc młotkiem skały i wierząc dno Popigaj do głębokości 1,5 km, chcąc dowiedzieć się więcej o kraterze. Głównym celem jednak było zaspokojenie głodu wiedzy rządu radzieckiego na temat tamtejszych diamentów. Przez jakieś 10 lat był szefem Ekspedycji Badań Polarnych.

Przy pomocy map, wskaźnika i próbek skał Walery objaśniał nam znaczenie północno-zachodniej ściany krateru — wznoszącej się na wysokość kilkuset metrów i reprezentatywnej dla całej struktury krateru:

„Przekrój krateru zawiera duże bloki allogenicznego brekcji skał roz-

maitego typu, które normalnie leżałyby w postaci pokładów oddalonych od siebie o parę kilometrów. Tu jednak znajduje się je na tym samym poziomie”, zaczął Walery. „Są tu bloki krystalicznych skał pochodzących z północno-wschodniej krawędzi Tarczy Anabarskiej. Mamy też proterozoiczne piaszczowce o charakterystycznym różowym kolorze, i zielono-żółte skały węglanowe. Bliższe badania ujawniły obecność skał permskich i triasowych. Wszystko to dowodzi przekonująco, że nastąpił tu kataklizm, który pozrzucał te wszystkie rozmaite skały na jeden poziom. Wszystkie cechy ściany północno-zachodniej są typowe dla całego krateru.”

„W górnej części ściany widać ułożoną poziomo warstwę tagamitów, grubą na 50–60 m. Ale wiercenia pokazały, że sięga ona do 500–600 m wglęb. Tagamity to przetopione skały, które powstały w wytworzonej przy zderzeniu bardzo wysokiej temperaturze (do 1800°C).”

„Aby ocenić skalę katastrofy należałoby obejrzeć cały krater. Ale nawet ta odkrywka przy północno-zachodniej krawędzi daje pojęcie o potęgze kataklizmu.”

„Nasze badania krateru wykazały wszystkie cechy typowe dla innych struktur tego rodzaju, tych z Ukrainy, Kanady, Afryki i innych miejsc. Popigaj zachował się w znakomitym stanie, co pozwala na jego szczegółowe badania. Nie jest przykryty grubą warstwą osadów, jak inne kratery, które z tego powodu można badać wyłącznie wierceniami i metodami geofizycznymi. Tu wszystkie elementy struktury widać w sposób naturalny. W dodatku nie są one poważnie zwiędnięte.”

Na przekroju geologicznym tego terenu widzimy najpierw pagórkowatą tundrę. Pod spodem są jurajskie i kredowe piaskowce, a niżej triasowe skały wylewne i permo-karbońskie piaskowce, łupki i węgiel kamienny. Jeszcze głębiej jest kambryjski wapień, wreszcie prekambryjski piaskowiec i gnejs.

Podczas uderzenia cała ta geologiczna historia została wyrzucona do góry, po czym opadła z powrotem na ziemię, układając się w chaotyczną mozaikę. Lżejszy suewit opadł ostatni, przykrywając nieco gęstszy i bogaty w diamenty tagamit. Sądzi się, że początkowo wybuch wyrzucił krater przejściowy o głębokości ok. 10 km, który jednak prawie natychmiast został zamieniony na 2–2,5 km zagłębienie, otoczone wielokrotnymi, kanciastymi pierścieniami. Następnie zostało ono wypełnione produktami fragmentacji i topienia skał krystalicznych i osadowych — allogeniczną brekcją, tagamitem i suewitem.

Średnica krateru wynosi 80–100 km, co wyznaczono dwiema metodami. Badania grawimetryczne dają wynik 82 km. Krater objawia się w nich jako anomalia grawitacyjna, ponieważ w wyniku uderzenia część materiału została wyrzucona, a część pogruchotana i ułożona luźniej. Inną metodą oszacowania średnicy krateru jest zbadanie rozkładu wyrzuconego materiału. Daje to nieco większy wynik.

Po południu przeprawiliśmy się pontonami na drugą stronę rzeki. Najpierw Walery rozłupywał kamienie, pokazując nam czego mamy szukać. Potem wszyscy rozeszliśmy się po



Część północno-zachodniej ściany krateru — mozaika bloków piaskowca, skał węglanowych i tagamitu.

okolicy, tłukąc młotkami już na własną rękę i zbierając kolekcje okazów do zabrania do domu. W Rosji nie jest tak, że po prostu ładujesz kamienie do kieszeni i je sobie zabierasz. Potrzebne jest specjalne zezwolenie na wywóz minerałów. Naszym patronem w tym względzie był Oleg Simonow, przewodniczący Tajmyrskiego Komitetu Geologicznego. Na marginesie naszej przeprawy z Fokinem, Simonow powiedział Katii, że również jego grupę szantażował on swego czasu w kwestii „podatku”.

Półów był obfity. Młody Travis i kilku innych wspięli się na ścianę krateru, żeby powędkować w małym jeziorzku o nazwie Kumżałak. Wrócili z dwoma tuzinami arktycznych lipieni, pstrągowej ryby z wyjątkowo dużą płetwą grzbietową. Keenan z równym powodzeniem spróbował swego szczęścia w rzece i wrócił z czterema dużymi rybami. Życie za

kręgiem polarnym wciąż stawało się coraz lepsze, tym bardziej, że temperatura wzrosła z kilku do kilkunastu °C.

18 godzin wzdłuż leniwej rzeki

11 lipca spakowaliśmy się i wyruszyliśmy na długi spływ w dół rzeki, do miejsca, które miało być naszym Obozem Nr 2. Przez kilka godzin załoga obozu konstruowała tratwę o powierzchni 5 m². Zbudowana była z wąskich, drewnianych listewek, powiązanych ze sobą i przyczepionych do czterech gumowych pływaków, wyglądających jak torpedy. Dwanaścioro z nas załadowało się do dwóch pontonów i wyruszyło w dół rzeki. Tymczasem pozostała szóstka dokończyła załadunek na tratwę ciężkiego sprzętu i prowiantu, po czym wyruszyła za nami. Spędziliśmy 18 godzin upchani w ciasnych łódkach. Po drodze mieliśmy tylko 2 przystanki, by upewnić się, czy załoga tratwy wciąż jeszcze płynęła. Płynęli. I szło im to całkiem nieźle, zważywszy, że poziom wody opadał mniej więcej o stopę dziennie. Miejscami rzeka była już tak płytka, że musieliśmy wysiadać i przeciągać pontony. Tydzień później ta część naszej wyprawy byłaby już niezwykle trudna do przeprowadzenia. Wiejący prosto w twarz, nieustępliwy wiatr bez przerwy spychał nas z silnego nurtu na środku rzeki ku brzegom. Na pierwszym przystanku Katia znalazła wspaniale zachowany ząb mamuta. Pozostali też szukali, ale nic nie znaleźli. Za to rybitwy popiełate atakowały nas za każdym razem, gdy zbliżaliśmy się do ich gniazd.



Geolog Keenan Lee przy pracy.

Wreszcie wyciągnęliśmy nasze łodzie na brzeg piaszczystego półwyspu, który nazwaliśmy naszą „bezludną wyspą”. Straciłem już orientację, czy był to dzień czy noc. Spałem po prostu wtedy, gdy poczułem się zmęczony. Słońce zataczało wokół płaską sinusoidę, wisząc zawsze 10° do 30° nad horyzontem. Kapać się i czerpać wodę mogliśmy z dwóch rzek, do wyboru, po obu stronach naszego półwyspu. Według mojego GPS-u, nasze współrzędne wynosiły $71^\circ 54' N$ i $110^\circ 51' E$. Najbardziej niezwykła w tym miejscu była temperatura, która utrzymywała się około $30^\circ C$. Jedynym sposobem na ochłodę było wejść do którejś z rzek. Jeśli wyciągnąłeś się w łagodnym nurcie, mogłeś się poczuć wygodnie zawieszony w stanie mikrogravitacji, jak akwanauta. Spragniony? Wystarczy przechylić głowę i zaczerpnąć łyk wody. Ale ile byś nie wypił, pragnienie pozostawało. W wodzie nie było mikroelementów dających wrażenie zaspokojenia. „Ach! Gdzież nasza zimna cola z bąbelkami!” — usłyszałem jęczącego kilka metrów dalej Geoffreya. Zanurzony po szyję, w kapeluszu z siatką zawieszoną pod brodą, chlapał się energicznie tłukąc komary swoją packą.

Wizyta u Dołganów

W oczekiwaniu na helikopter mieliśmy spędzić trzy dni w naszej małej bazie na pustkowiu. Był więc czas, żeby przejść przez rzekę i odwiedzić rozsypujące się resztki wsi Popigaj. Dziś jest to tylko grupa zniszczonych, skleconych z desek szop, ale niegdyś mieszkało tam 200 Dołganów — przedstawicieli ludu z grupy mon-



Widok w dół rzeki ze szczytu północno-zachodniej ściany krateru. Nasz obóz był na lewym brzegu rzeki.

golskiej, przypominającego północnoamerykańskich Eskimosów. Słowo Dołgan pochodzi od znanego wśród Ewenków nazwiska klanowego, są więc oni prawdopodobnie bliskimi krewnymi syberyjskich Ewenków. Wieś Popigaj została opuszczona już dawno. Zabudowania wałęsają się i nie nadają się do zamieszkania. Podczas naszych odwiedzin, we wsi żyła tylko jedna 6-osobowa rodzina z czterema psami. Dwoje dziadków mieszkało nieopodal, w tradycyjnym tipi zbudowanym z ciężkiej kory sosnowej. Kobieta, w wieku około 60 lat, była ciężko chora i wyglądała nieopisanie staro.

Popigaj leży ok. 300 km od Chatangi. Jej mieszkańcy żyją bez prądu, radia, opieki medycznej i jakichkolwiek udogodnień sanitarnych. Ich pożywienie składa się z mięsa reniferów i ryb łowionych w pobliskim jeziorze. Warunki ich życia, wśród chmar na-

trętnych komarów, były tak straszne, że niektórzy z nas nie mieli serca (ani żołądka!) aby złożyć im wizytę. Tylko latem mieszkają w Popigaj. Resztę roku spędzają w Noworybnoje — osiedlu położonym u ujścia rzeki Chatangi, zamieszkałym przez ok. 500 Dołganów.

Tradycyjnie Dołganowie byli koczowniczymi hodowcami reniferów, od których zależeli całkowicie. Zwierzęta te były ich środkiem transportu, dostarczały pożywienia i ubrań. Ale w latach 30-tych władza radziecka, w kilku nieudanych próbach, usiłowała ucywilizować plemiona Północy osiedlając je w nowo budowanych „faktoriach”. Były tam małe, drewniane domki, urząd pocztowy, sala szkolna i centrum życia społecznego, zwane „domem kultury”.

Wkrótce władze spostrzegły, że utrzymanie i zaopatrzenie w żywność licznych osad było za drogie. Zgrupowano je więc po kilka nad rzekami, gdzie łatwiej było do nich dotrzeć łodzią lub samolotem. W końcu większość tych osiedli została porzucona. Rosjanie przekonali się, że nie jest łatwo zmienić nawyki życiowe tych ludzi. Dołganowie po prostu rozmontowywali swoje domy, a uzyskanych w ten sposób desek używali do budowy swoich tradycyjnych tipi, poza obrębem wioski. Dziś władze rosyjskie bardzo krytycznie podchodzą do wcześniejszych prób „ucywilizowania” Ewenków i Dołganów. Ewenkowie zamieszkiwali region Tunguski, bardziej na zachód. W ich przypadku jest już za późno. Zostało ich niewiele. W spisie przeprowadzonym



Nasza helikopterowa linia życia pomiędzy kraterem a Chatangą. W tle północno-zachodnia ściana.

w roku 1989 doliczono się 5243 Dołganów, z których 4000 wciąż mówi swoim językiem, należącym do rodziny języków tureckich. Obecnie mniej niż co dziesiąty z nich mieszka w mieście.

Podobne błędy popełniono gdzie indziej, z równie katastrofalnymi wynikami. Według raportu World Watch, opublikowanego w styczniowo-lutowym numerze ich magazynu: „Gdy rząd duński rozpoczął kolonizację Grenlandii na początku XVIII w., misjonarze nakłaniali koczowniczych Inuitów do przejścia na chrześcijaństwo i osiedlania się w stałych osadach. Często były one źle przygotowane na zimę. Rząd Kanady zrobił mniej więcej to samo w latach 50-tych i 60-tych naszego wieku. Zachęcano mieszkających w igloo lub namiotach Inuitów do przeprowadzki do wiosek zapewniających im mieszkanie, wyżywienie, leczenie i edukację. Choć przeprowadzane w dobrej wierze, przesiedlenia te doprowadziły do zerwania więzi tych myśliwych i rybaków z ich tradycyjnym sposobem życia, a w konsekwencji do paraliżującej utraty szacunku dla samych siebie.”

W dniu, w którym miał przylecieć po nas helikopter, pogoda nad Chatangą popsuta się i wszelkie loty zostały wstrzymane. Dowiedzieliśmy się o tym przez radio. Następnego dnia, 14 lipca, byliśmy już prawie spakowani. Stało jeszcze tylko parę namiotów. Siedzieliśmy wokół radia, wsłuchując się w wieści o helikopterze, który podobno wyleciał był około 10 rano. Sądząc po liczbie komarów, ich ulubiona temperatura to 10°C, 25°C mniej niż poprzedniego dnia. Czerwona czapka Aleksandra zrobiła się czarna od oblepiającego ją grubego kożucha komarów.

Wizyta w krainie diamentów

Helikopter zabrał nas około 1 po południu. Z radością obserwowaliśmy jak podmuch wytworzony przez wirujące śmigło rozwiewa chmurę komarów. Jednak wciąż miałem wrażenie, że dwa lub trzy latają mi jeszcze w płucach i spacerują wewnątrz krtani. Pomogłem wgramolić się do helikoptera Rudemu, taszczącemu swoje trofeum. Było to poroże renifera, na które przehandlował swój zegarek, warty 29,95 dolarów. Zanim skierowaliśmy się ku Chatandze, wylądowaliśmy w Mjaku. Jest to stacja wiertnicza, wy-

budowana w 1974 r. na brzegu jeziora Balaganach, w celu poszukiwania diamentów. Walery spędził na tym odludziu 5 lat. Wiercili przez większą część roku. Na zamrożonej tafli jeziora lądowały małe samolotki, które zabierały próbki gruntu do analizy w różnych laboratoriach. Dziś jest tam tylko kilka chałup i rozwalających się szop. Wśród nich walają się skrzynie z pogruchotanymi próbkami tagamitu i suewitu, rozrzucone byle jak na ponadhektarowym składowisku. Każdy z nas dostał mały kawałek tagamitu na pamiątkę. Nigdy się nie dowiem czy mój kawałek zawiera diamenty. Wymagałoby to zmielenia próbki, a następnie potraktowania jej jakimiś chemikaliami, w celu oddzielenia diamentów od ciasta skalnego.

Na godzinę 3:00 byliśmy w Chatandze. Komary przyleciały za nami, a drugą dobrą wiadomością był brak wody w hotelu. Z jakichś powodów władze rosyjskie od czasu do czasu wyłączają wodę. Czasem zimną, czasem ciepłą, a czasem obie na raz. Zdarza się to zarówno w wioskach, które przypadkiem mają wodociąg, jak i w miastach wielkości Krasnojarska. Rzadko takie wyłączenia są ogłaszane zawczasu i równie rzadko informuje się o przewidywanym terminie włączenia wody. Jeśli więc będziecie kiedyś w Rosji, nie zdziwcie się, że w łazience waszych gospodarzy będzie stało kilka wiader wody,

przygotowanych na wszelki wypadek.

Tego wieczora mieliśmy obiad pożegnalny, w trakcie którego nasi rosyjscy koledzy obdarowali nas mnóstwem drobnych prezentów. Następnego ranka wyruszyliśmy w trzyetapową podróż do Krasnojarska, z międzylądowaniami w Norylsku i Podkamiennej Tunguskiej. Temperatura znów podskoczyła do dwudziestu kilku stopni. Strasznie męczyliśmy się w naszych ciężkich ubraniach, zwłaszcza w samolocie, w którym obieg powietrza wymuszany był tylko przez nasze gorące oddechy.

Gdy po ośmiu godzinach wysiedliśmy w Krasnojarsku, Geoffrey rozejrzał się z niedowierzaniem, uśmiechnął się... i schował swoją paczkę na muchy. Również Jon wyłączył baterie w swej „rakiecie tenisowej”.

Podczas kontroli paszportowej w Moskwie, Rudy musiał jeszcze odważnie znieść słowną napaść baby sprawdzającej paszporty. Złajala go niegrzecznie, grożąc mu przy tym grzywną, a nawet zatrzymaniem, bo jakiś komar rozgniół się pomiędzy kartkami paszportu, zasłaniając część daty ważności wizy.

Czekając na samolot Lufthansy patrzyliśmy jak bagażowi bezceremonialnie wrzucali nasze bagaże na wózek, wywołując tym solidne grzmoty. „Brzmi to, jakby ktoś ciskał sporymi głazami”, ktoś zauważył.





Bolid nad Arktyką

Rankiem 18 stycznia 2000 r. mieszkańcy zachodniej Kanady obserwowali bolid jasny jak Słońce, który zakończył się potężną eksplozją. Ocenia się, że obiekt miał 7 metrów średnicy i masę ponad 200 ton. Jeszcze w styczniu znaleziono na zamrożonym jeziorze Tagish pierwsze meteoryty. Okazało się, że po raz pierwszy od 30 lat (po Allende i Murchison) spadł chondryt węglisty. Dokładnej klasyfikacji dotąd nie podano. Dalsze okazy zebrano w kwietniu. Największy meteoryt ważył niecałe 300 gramów. W sumie zebrano ponad 400 meteorytów o łącznej wadze ponad 5 kg. Meteoryt otrzymał nazwę Tagish Lake.

Zapraszam na wycieczkę do jednego z największych zbiorów meteorytów na świecie.
Przewodnikiem będzie światowej klasy specjalista.

Troszeczkę Moniki w moim życiu

Kevin Kichinka

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Głos dr Moniki Grady był przytłumiony, gdy odebrała mój telefon z recepcji Natural History Museum. Jej gardło wyraźnie nie było w najlepszym stanie. Podczas tych wilgotnych grudniowych dni każdy w Londynie brzmiał chropawo i ją także dopadły wirusy, których pełno było wokół. Niemniej zgodnie z brytyjską tradycją nie poddawania się przeciwnościom (wspartą pokaźną ilością tabletek na gardło) zgodziła się spotkać ze mną dla dobra czytelników „Meteorite!”

Byliśmy już od dłuższego czasu z Moniką internetowymi cyberkolegami. Pomogła mi ona zapoznać się z historią i petrologią meteorytu Nakhla, gdy przygotowywałem dwuczęściowy artykuł, który ukazał się w czerwcowym i wrześniowym „Meteorycie” w 1998 roku. Droczyła się ze mną, kiedy próbowałem zgadnąć, który z okazów Nakhla z Muzeum przekazała do Centrum Kosmicznego Johnsona do dalszych badań śladów dawnego życia w marsjańskich skałach. Spotkanie Moniki obok 26-metrowego szkieletu dinozaura *Diplodocus Carnegii* nie wyglądało inaczej niż napotkanie starego przyjaciela w supermarkecie.

Oryginalny tytuł przysługujący kustoszowi kolekcji skał i meteorytów w British Museum (Natural History) brzmiał „Keeper of the Minerals” (opiekun minerałów). Tytuł ten ma dziewiętnastowieczny rodowód i nosiło go kilku wybitnych meteorityków. Tego oryginalnego tytułu już nie ma. Dr Grady jest „Dyrektorem Działu Petrologii i Meteorityki Wydziału Mineralogii Natural History Museum”. I nigdy nie mówcie *British* Natural History Museum, jeśli nie chcecie wywołać oburzonego spojrzenia gospodyni. Zaczęło się to od walki o władzę i animozji między Charlesem Darwi-

nem (tak, *tym* Charlesem) i jednym z pierwszych dyrektorów Muzeum, przyrodnikiem Richardem Owenem. Mniejsza o szczegóły, to *jest* „Natural History Museum”.

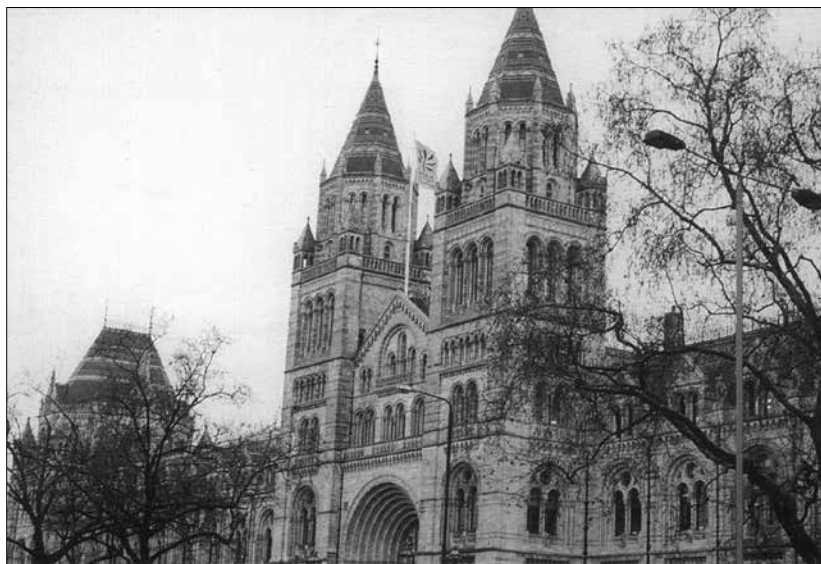
Monika zaczęła zajmować się skałami kosmicznymi, gdy w 1979 roku ukończyła z wyróżnieniem chemię i geologię na Uniwersytecie w Durnham. Jej badania zawartości węgla w meteorytach kamiennych szybko doprowadziły do doktoratu na prestiżowym Uniwersytecie Cambridge w 1982 roku. W kolejnych latach kontynuowała pracę w Cambridge, a potem na Uniwersytecie Otwartym. Została wybrana do udziału w ekspedycji USA na Antarktydę w 1988/89 na poszukiwanie meteorytów. W 1991 roku rozpoczęła pracę w Natural History Museum. Monika jest zamężna i ma dziewięcioletniego syna, Jacka.

Dr Grady jest znakomitym badaczem i jej nazwisko można zauważyć w licznych publikacjach dotyczących chemii stabilnych izotopów węgla i azotu w marsjańskich meteorytach, międzygwiazdowych składników meteorytów, mikrometeorytów i egzobiologii. Monika jest sekretarzem

Komisji Nazewnictwa, która nadzoruje klasyfikowanie i nadawanie nazw nowym meteorytom. Gdy to piszę, pospieszenie kończy *Catalogue of Meteorites*, który będzie chyba najważniejszym dziełem jej życia w tej dziedzinie.

Zbudowane pod koniec XIX wieku Natural History Museum zajmuje miejski gmach, romańską katedrę nauk przyrodniczych. Jej dwie majestatyczne wieże strzelają w niebo jako fanfara na cześć brytyjskiej wspaniałości. Wewnątrz, zanim odszukałem dr Grady, obejrzałem przygnębiającą kolekcję wymarłych ptaków włącznie z dodo i szokującą ścianę wypełnioną skamieniałym Keichouzaurem. W tej samej sali przerażał stojący szkielet 4,5-metrowego leniwca. Szybko przeszedłem przez inne ciekawe wystawy poszukując niecierpliwie meteorytów.

Idąc schodami w górę znalazłem Galerię Minerałów z ustawionymi w szeregi solidnymi gablotami wypełnionymi ziemskimi kamieniami. Na końcu przejścia biegnącego środkiem między szeregami gablot, nad wejściem do przyciemnionej sali widniało jedno magiczne słowo



— „Meteoryty”. Poczułem się jak Dorotka, gdy jej oczy ujrzały po raz pierwszy krainę Oz.

Szybko zorientowałem się, że najciekawszych okazów tam nie ma. Owszem były gązdy Henbury (IIIA) i australijskiego meteorytu żelaznego IA Cranbourne. Były płyty wielkości talerza diogenitu Johnstown, pallasytu Springwater i meteorytu żelaznego IA Canyon Diablo. Były duże fragmenty eukrytu Stannern, mezosyderytu Crab Orchard, chondrytów zwyczajnych Mocs (L6) i Bruderheim (L6), chondrytów węglistych Allende (CV3) i Vigarano (CV3). Około 100 gramów Zagami, wulkanicznego bazaltu z Marsa usadowiło się po królewsku za szklaną szybą. Dreszcz emocji wywołało coś, co wyglądało na główną masę historycznego spadku Wold Cottage (L6) z 1795 roku. Jednak księżycową próbkę DAG 262 trudno było zobaczyć nawet pod największym powiększeniem. Był jeszcze jeden Henbury. Meteoryt żelazny Wabar sąsiadował z kilkoma okazami szkliwa z Wabaru. Ostatnim eksponatem był „deszcz” dziewięćdziesięciu ośmiu Tenhamów (L6). Chociaż jestem pewien, że ta wystawa dla przypadkowego zwiedzającego może być ciekawa, to znawcy widzieli więcej historycznych meteorytów w pokoju hotelowym Ala Langa w Tucson.

Obok dinozaura wymienilem z Moniką po raz pierwszy niewirtualne uprzejmości. Powiedziałem krótko, czego spodziewam się dowiedzieć podczas tej wizyty. Następnie poskarżyłem się na brak w galerii okazów przykuwających uwagę. Monika zgodziła się, że wystawa jest być może uboga, ale podała kilka istotnych powodów z zakresu bezpieczeństwa i organizacji.

„Czy widziałeś Nakhłę przy wejściu?” spytała. Wróciłem za nią do wejścia, ruchomych schodów wiodących do światła i specjalnych efektów jak u Disneya. W gablocie siedział wspianały, idealnie pokryty skorupą okaz Nakhli ważący około 600 gramów. Wydawało się, że to dobre miejsce na przeprowadzenie wywiadu. Zacząłem od pytania o wyprawę na Antarktydę.

M! — Wiele osób uważa, że zbieranie meteorytów na Antarktydzie, to tylko kwestia pojechania tam. Czy jest to takie proste?

Dr Grady — W niektórych miejscach tak. W innych jednak niezupełnie tak to wygląda. W niektórych miejscach trzeba się najeździć skuterami, w innych szuka się pieszo. Zależy to od tego, które pole lodowe przeszukujemy. Gdy jednak raz przyzwyczai się wzrok, to bardzo łatwo je zauważyć.

M! — Ile meteorytów zebrałaś osobiście?

Dr Grady — Zespół, w którym uczestniczyłam, zebrał 1078 meteorytów podczas wyprawy trwającej niewiele ponad pięć tygodni. Było nas ośmioro. Znaleźliśmy dwa nowe meteoryty z Księżyca, jeden z Marsa i parę ureilitów. Znaleźliśmy trochę rarytasów.



Monika i 600 g. Nakhla

W marcu 1998 roku Monika koordynowała udostępnienie naukowcom Nakhli ze zbioru Muzeum, aby poszukiwali dalszych dowodów istnienia dawnego życia na Marsie dla porównania z ALH 84001. Ważący 640,8 grama, pokryty skorupą okaz z numerem inwentarzowym 1913.25 przełamano na pół w Centrum Kosmicznym Johnsona w Houston w sterylnych warunkach. Trzysta gramów wróciło do Londynu, resztę przeznaczono na badania. Na konferencji nauk o księżycu i planetach w Houston, 18 marca 1999 roku, dr David McKay z kolegami ogłosił, że w Nakhli znaleziono „zmineralizowane pozostałości komórek bakterii”.

M! — Dzięki Twoim staraniom znaczna ilość Nakhli została udostępniona do badań w ostatnim roku, szczególnie w celu poszukiwań dalszych dowodów istnienia życia na Marsie. W marcu 1999 roku pojawił się komunikat i widziałem kilka prac wskazujących na istnienie na to

dowodów włącznie z pozaziemskim podziałem komórki.

Dr Grady — Nakhla jest dostępna do badań dla każdego naukowca. Była to dobra pora do udostępnienia większego okazu. Miałam okaz całkowicie pokryty skorupą. Skorupa obtopieniowa nie chroni w pełni meteorytu, ale jest pomocna jako bariera. Okaz był trzymany w magazynie i niczego z nim nie robiono. Najlepszym miejscem na podzielenie go, najczystsze warunki były w Centrum Kosmicznym Johnsona. Tamtejsi kustosze Marilyn (Lindstrom) i Cecilia (Satterwhite) i ich zespoły zdumiewająco wiele pomogły przy sporządzaniu dokumentacji, podziale i dystrybucji okazów. Miałam ponad pięćdziesiąt próśb o materiał i niemal wszyscy go otrzymali, byli to szanowani naukowcy, których prace cieszyły się uznaniem. Przyjemnie teraz widzieć, że pojawiają się coraz liczniejsze publikacje, które powstały dzięki temu. Jeśli chodzi o podział komórki i temu podobne, widziałam kilka zdumiewających zdjęć zespołu Davida McKaya, Ev Gibsona i Kathie Thomas-Keptra przedstawiających niektóre struktury Nakhli. Widziałam także obrazy innych struktur, uzyskane przez innych naukowców, które uważa się za ziemskie skamieniałości. Myślę więc, że problem jest wciąż otwarty. Wydaje mi się, że same zdjęcia nie pozwolą na uzyskanie odpowiedzi. Sądzę, że pomogą analizy składu chemicznego i izotopowego, gdy tylko pojawią się metody pozwalające na analizowanie tych niezmiernie małych fragmentów materii.

Widząc, że głos Moniki potrzebuje odpoczynku, poprosiłem, czy mogłaby mi pokazać kilka innych okazów, których zwiedzający nie widzą na codzień. Milcząc minęliśmy barierki i zeszlismy schodami do jej biura w suterenie.

W długim korytarzu stały gabloty z drewna i szkła wypełnione meteorytami. Spytałem o wagę meteorytu Parnallee (LL3) o wielkości piłki do koszykówki i wydaje mi się, że usłyszałem szept Moniki „szesnaście kilo”. Dalsze grube płytki, a właściwie płyty, pallasytów Springwater i Brenham leżały jedna obok drugiej.

Weszliśmy do pomieszczeń do pracy i dydaktyki. Na stole zobaczy-

łem wagę elektroniczną, kruszarkę do kamieni i ogromne okazy meteorytów pokrywające resztę stołu. Była tam piętka Henbury (ciekawe, że bez figur Widmanstättena), płyty pallasytu Imilac, chondrytu H5 Plainview i meteorytu Canyon Diablo z licznymi wrostkami troilitu. „Musimy ją ponownie wytrawić; rdzewieje od dotykania” wyjaśniła Monika. Rozglądając się zauważyłem coś, co wyglądało na duży meteoryt kamienno pokryty skorupą i regmagliptami, leżący na szafce z dokumentami. „Czy to Gao?”

„Nie, Zagami”, odpowiedziała lekceważąco Monika. Wziąłem go do ręki. Była to doskonała gipsowa kopia meteorytu i dałem się nabrać.

„Co jeszcze chciałbyś zobaczyć?” — spytała uprzejmie.

„Czy mógłbym obejrzeć meteoryt żelazny IA Pooposo z Boliwii?” Główna masa waży dwanaście kilo i jest w Wiedniu. Czytałem, że NHM ma 26-gramową płytkę.

Starając się wnieść skromny wkład w informowanie mieszkańców tego południowoamerykańskiego kraju o meteorytach mam nadzieję, że zdołam przekonać jakieś muzeum (Wiedeń, NHM czy Smithsonian) do „podarowania z powrotem” małej płytki jakiegoś meteorytu związanego z Boliwią. Obecnie nie ma tam żadnego fragmentu ich narodowego dziedzictwa zniszczonego przez kolonializm, eksploatację i ludobójstwo. Tamtejsi astronomowie pragną wiedzieć więcej o meteorytach i budują muzeum dla nowo utworzonej kolekcji. Mały gest ze strony jakiegoś muzeum mógłby dać duże rezultaty. Mógłby pobudzić wyobraźnię dzieci od Amazonii do Altiplano. Niestety Wiedeń już odmówił. Zwróciliśmy się do muzeum Moniki.

Gdy przeglądałem jej zdjęcia z Antarktydy, Monika szukała w swym nowym katalogu informacji o boliwijskich meteorytach. Znalazła dwa, oba z adnotacją „pochodzenie nieznane”, co komplikuje starania o powrót „boliwijskiego” meteorytu, ale pokazuje, dlaczego dalsze starania o odnalezienie pierwszego bezdyskusyjnie boliwijskiego meteorytu są pasjonujące.

Gdy czytałem informacje na monitorze, Monika obróciła się na fotelu i wzięwszy kilka slajdów zwróciła moją



Miejsce pracy dr Grady.

uwagę na jeden z nich. „Myślę, że to będzie zdjęcie na okładkę nowego Katalogu”. Była to niebieska chondra. „Na okładce nie będzie niebieska.”

Wyszliśmy z jej biura i poprowadziła mnie przez labirynt gablot. Zatrzymawszy się przy jednej z nich otworzyła szufladę ukazując mnóstwo okazów. Grzebiąc w meteorytach Monika mamrotała pod nosem „a, to Pine River” (anomalny meteoryt żelazny).

Wreszcie wyciągnęła plastikowy woreczek i podała mi. „Oto Pooposo”.

Wraz z Blaine Reedem przeszukiwałem domniemany teren spadku w maju 1999 roku, równinę wyschniętego błota na południe od La Paz, znajdując tylko tysiące małych, czarnych, orientowanych bobków lam na jeziorze Pooposo.

Monika wyjęła drugi okaz, „oto Boliwia”. Jeszcze jeden meteoryt żelazny IA, którego główna masa rezyduje w Smithsonian. Według spisu ta płytką ważyła 105 gramów, ale wydawała się lżejsza. Miała trochę delikatnych, krzemianowych „nitek”. Ponieważ były one w podwójnych woreczkach z pochłaniaczem wilgoci, trudno było zobaczyć więcej szczegółów w którymkolwiek z tych domniemanych boliwijskich meteorytów żelaznych.

„Czy byłaby możliwość przekazania płytek tych meteorytów z powrotem boliwijskiemu rządowi?”, spytałem.

„Musiałabym być pewna, że okazy zostaną wykorzystane w taki sposób, jak oni obiecują, że zostaną wykorzystane.”

Sądzę, że któregoś dnia warunki pozwolą na dokonanie tego przekazania.

„Co jeszcze chciałbyś zobaczyć?”

Odpowiedzi na to pytanie miałem mnóstwo. Ile czekolady może zjeść głodny chłopak na wycieczce do Wedla?

„Czy masz jakiś kawałek angrytu, Angra dos Reis?”

Przeszliśmy obok kolejnych gablot do sejfu. Naprawdę starałem się nie poznać szyfru, gdy kręciła tarczą. Wewnątrz była bezładna mieszanina próbek, słoików, pudełek i torebek plastikowych. Wziąwszy jedno z pudełek, Monika odczytała etykietkę na okazie ważącym na oko z dziesięć gramów. „O przepraszam” powiedziała, zauważając pomyłkę. „To jest Governador Valadares”

„Niektórzy sądzą, że może on być fragmentem tej samej skały, co Nakhla” powiedziałem, gdy wkładała okaz do sejfu.

„Nie, nie jest on podobny do Nakhli”, odpowiedziała szeptem, w którym brzmiała całkowita pewność.

Monika podała mi inną torebkę, „tu jest.”

Miałem w ręku jeden z najbardziej tajemniczych i pociągających obiektów meteorytowych — Angra dos Reis. Kosmiczne pochodzenie tego najrzadszego z achondrytów, brazylijskiego „kamienia z Rosetty” jest niejasne. Ostrożnie położyłem meteoryt na stole. Etykietka, starannie wykaligrafowana tuszem, informowała „Angra dos Reis, część ważąca sześć gramów, z wymiany z Muzeum Narodowym w Rio de Janeiro.”

Wyciągnąłem dziesięciokrotną lupę i próbowałem coś zobaczyć przez plastik. Wygląd fragmentu wcale nie wskazywał na jego cennieść: tekstura była niewidoczna, barwa wyblakła, czerwono-brązowa.

„Czy jeszcze coś chciałbyś zobaczyć?”

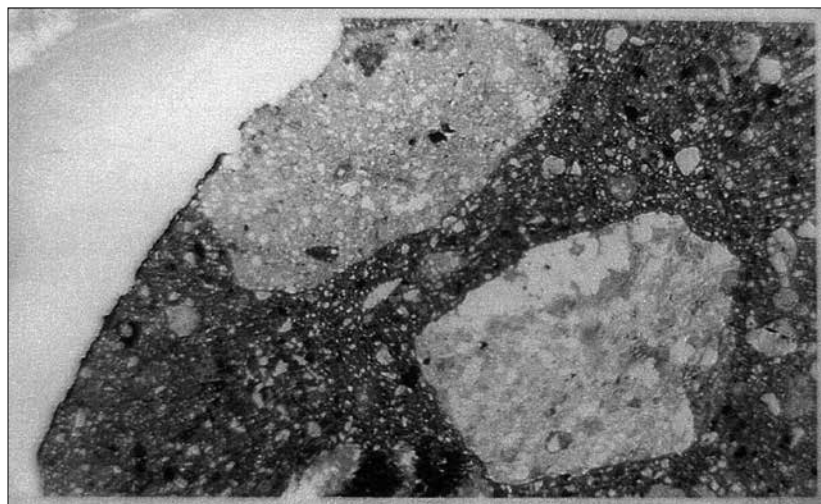
Zdając sobie sprawę, że mój czas i głos Moniki były na wyczerpaniu zastanawiałem się, co wybrać. Jaki meteoryt wybrałbyś drogi czytelniku?

„Chassigny”.

Delikatny uśmiech ledwie zmarszczył jej twarz, gdy szukała wśród skarbów w sejfie tego meteorytu. Miałem wrażenie, że była z tego bardzo zadowolona.

„Ostrożnie”, powiedziała delikatnie umieszczając go na starym, często przeglądany egzemplarzu *Catalogue of Meteorites*. „Jest bardzo, bardzo kruchy.”

Co za wspaniały moment w czasie i przestrzeni! Byłem w samym sercu jednej z największych kolekcji meteorytowych świata. W korytarzach czuło się obecność G. T. Piora i Roberta Hutchisona. Dr Monica Grady, dorównująca tym wielkim



Cienka płytka howardytu Kapoeta.

meteorytkom, umieściła przede mną jeden z najrzadszych i najbardziej bezcennych meteorytów świata — Chassigny — niezwykle kawałek Marsa.

Ostrożnie oglądałem ten fragment o blado złotej barwie, jak kolor słomy wysuszonej słońcem. Chociaż na etykietce wypisanej dziewiętnastowieczną ręką widniała waga 27,8 grama, pozostało tylko siedem, czy osiem gramów. Ponieważ był zawinięty w plastik, zrobienie dobrego zdjęcia

nie było możliwe. Utrwaliłem ten moment na wideo, po czym Monika schowała okaz. Podziękowałem jej i wyszedłem.

Wędrowałem jeszcze po innych wystawach muzeum, ale z tego, co widziałem przez resztę tego popołudnia, nic w mej pamięci nie pozostało.

Z Kevinem Kichinka można skontaktować się pod adresem MARSROX@aol.com

MM

„Gwiezdna rana” Sudbury

Robert A. Szep

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Astroblema, co znaczy „gwiezdna rana”, to stary, zwietrzały krater lub struktura uderzeniowa.

Ogromna, pierścieniowa struktura położona na północ od Sudbury, w prowincji Ontario, w Kanadzie, to właśnie to. Ścisłej jest to bardzo stara szrama lub „skaza”, która jest wynikiem uderzenia jednego z największych obiektów, jaki kiedykolwiek zderzył się z naszą planetą. Na szesnastu milach kwadratowych powierzchni kontaktu ten superpocisk, który roztrzaskał się o Ziemię z prędkością około 50 kilometrów na sekundę w okresie młodości naszej planety, nie tylko przeobraził miejscową geografię i mineralogię, ale na szczęście pozostawił największe na Ziemi, najbardziej różnorodne pokłady bogatej w metale brekcji.

Jako główna część trzeciego rozdziału mojej nowej książki „The Definitive Book on Meteorites” astroblema Sudbury, jej badanie i prace terenowe, okazują się kuszącym i otwierającym oczy tematem. Szeroka na 50 kilometrów i długa na ponad 100, licząca 1,8 miliarda lat stara tajemnicza „gwiezdna rana” przyciąga i pozornie kpi sobie z kosmicznie ciekawych, zwłaszcza kolekcjonerów kosmicznych osobliwości. Jednak przy dokładnych oględzinach doświadczonym okiem i pewnej dozie szczęścia, ślady katastrofy są nie tylko widoczne i oczywiste, ale dają się także zbierać.

W ciągu tygodni poprzedzających pierwszą ekspedycję spędziłem niezliczone godziny studiując mapy fizyczne, geologiczne, uskoku, anomalii grawitacyjnych i magnetycznych tej struktury. Zaznaczałem miejsca, gdzie były szanse znalezienia dowo-

dów kosmicznej katastrofy. Następnie pojechałem tam, znalazłem i przywiozłem trochę.

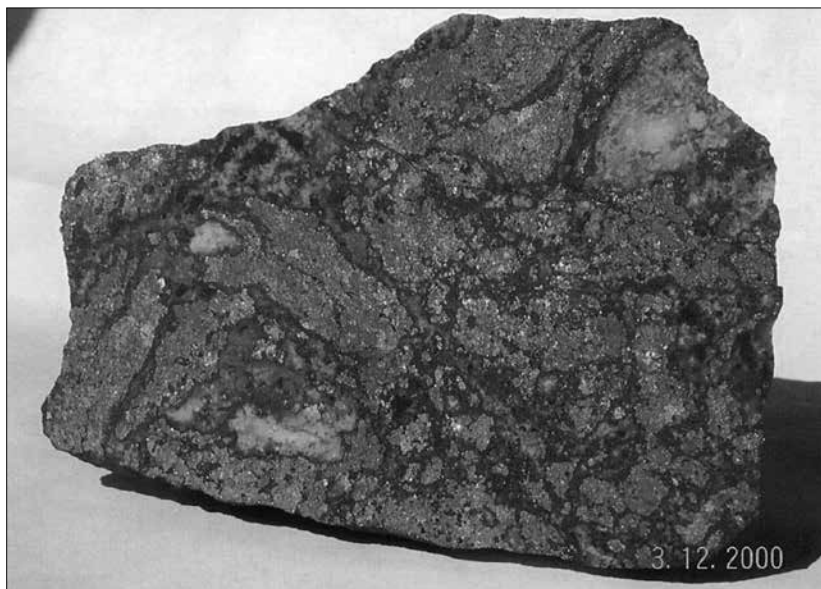
Podczas pierwszej czterodniowej podróży do superstruktury Sudbury, „podróż zapoznawczej” odwiedziłem miejsca na wszystkich czterech bokach liczącego ponad 300 kilometrów obwodu starej astroblemy. Ponadto spenetrowałem część liczącego 37 milionów lat miejsca zderzenia Wanapetei przylegającego do wschodniego brzegu struktury Sudbury także zarówno z powietrza, jak i z Ziemi. Podczas tego samego lotu helikopterem obejrzałem północną część grzbietu wokół struktury oraz dużą część jej północnowschodniego sektora. Aby umożliwić obejrzenie całej struktury helikopter musiał wznieść się na maksymalną wysokość dobrze ponad 3000 metrów. Nawet wtedy nie dało się w pełni zobaczyć północnej połowy tego

starego megakrateru, a tym bardziej całości, nawet przy najbardziej przejrzystym powietrzu.

Z satelity, ponad 300 kilometrów nad Ziemią, obraz jest jednak całkiem inny. W przeciwieństwie do konwencjonalnych zdjęć lotniczych zdjęcia NASA z kosmosu ukazują astroblemę Sudbury widniejącą w otaczającym krajobrazie jak gigantyczna, ziejąca rana. Zdumiewająca jest myśl, że arizoński krater meteorowy, uważany za duży, tylko w centralnej części krateru Sudbury zmieściłby się sto razy. Oglądanie zapierającej dech w piersiach ogromnej, odległej i malowniczej dziczy stanowiącej większość obszaru wewnątrz i na zewnątrz struktury z wysokości kilku tysięcy kilometrów sprawiło, że wycieczka śmigłowcem stała się niezapomnianym przeżyciem.

Jedząc ciastko „podróżny zapoznawczy” znalazłem i sfotografowałem sporo dużych, robiących wrażenie stożków uderzeniowych włącznie z naprawdę masywnym stożkiem o długości 30–35 cm obok górniczego miasteczka Conniston zaraz na południe od struktury. Podczas tej samej ekspedycji zebrałem kilka dość niezwykłych okazów, trochę metalu, trochę mieszanych materiałów, trochę brekcji i sporo ciekawych okazów siarczków. Próbkę te różniły się tak bardzo, jak kilka rozrzuconych miejsc, z których selektywnie zostały zebrane.

Tylko w tych próbkach znajdowały się: pentlandyt, coesyt, kobalt,



Impaktyt z Sudbury jest mieszaniną kamienia i siarczków.

magnetyt, nikiel, żelazo i węgiel. Obok niklu, z którego słynie ten obszar, z brekcji i siarczków ukrytych setki czy nawet tysiące stóp pod ziemią dokoła całej struktury pierścieniowej wydobywano platynę, złoto i srebro. Ponadto bogate w metale brekcje Sudbury są także niezwykle bogate w mniej znane rzadkie i cenne pierwiastki takie jak pallad, iryd, rod, ruten, selen i tellur. W astroblemie są znane także dwa małe złoża antraksolitu, odmiany węgla o nieznanym pochodzeniu cenionej ze względu na twardość i perłowy połysk. Mówi się także o znajdowaniu tam diamentów, chociaż nie zostało to oficjalnie udokumentowane. Obszar ten zawiera imponujący wybór pierwiastków i minerałów.

Na drugą wycieczkę „Znajdowanie i zbieranie śladów katastrofy” zaprosiłem szanowany, doświadczony autorytet z dziedziny astroblemu. Zobaczyłem wiele miejsc interesujących pod względem kosmicznym, nauczyłem się rozpoznawać mikrotektyty znajdowane w czarnej brekcji Onaping, materii, która opadła po uderzeniu, oraz obejrzałem miejsce naprawdę zdumiewających osadów impaktytów. Po szoku, jaki wywołało odkrycie kawałków „kosmicznego szkła” wielkości paznokcia, nie da się opisać słowami stopnia mojego podniecenia po przybyciu w końcu do „wielkiej kuli” szklawa stopionego uderzeniem meteorytu w pobliżu jednego z najwyższych wzniesień struktury Sudbury.

Następny dzień upamiętnił się rankiem spędzonym na zbieraniu siarczków z różnych miejsc i kolejnym popołudniem w „Górach Impaktytowych”.

Trzeci i ostatni dzień drugiej wyprawy do Sudbury spędziłem na odludnych brzegach jeziora Wanapetoi z Rickiem Doyonem, właścicielem Krainy Przyrody w Meteorowej Dolinie, miejscowym biznesmenem, przewodnikiem i propagatorem kosmicznej historii tego obszaru. Podczas tej dodatkowej wycieczki znalazłem piękny, wielkości dłoni, ważący 700 gramów stożek uderzeniowy w kształcie kopyta. Stamtąd wybrałem się na samotne poszukiwania wokół starych kopalni graniczących z południowo-wschodnią częścią struktury Sudbury. Znowu natknąłem się na ładną kolekcję



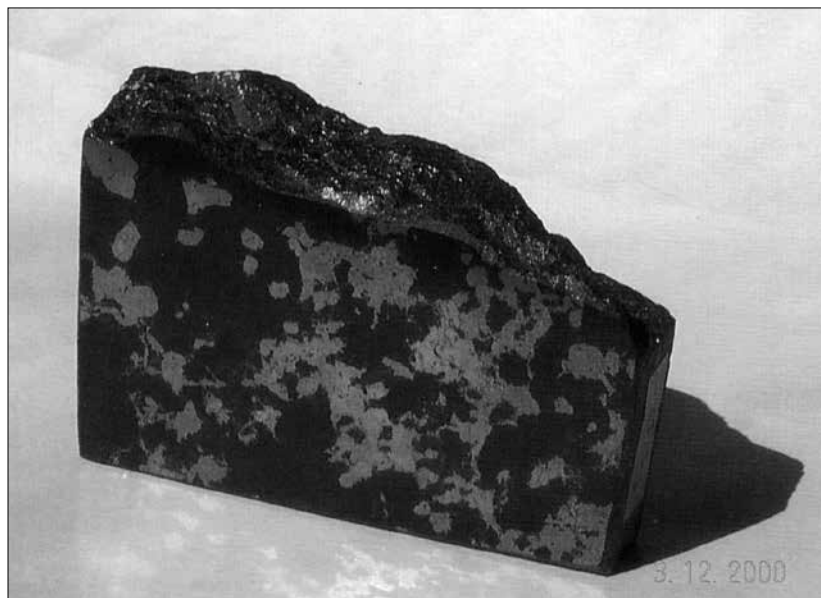
Ta materia impaktowa wygląda jak meteoryt żelazny z krzemianami.

materii związanej z meteorytem, zebrałem i zataszczyłem do samochodu trochę okazów, które dodane do zbioru z poprzednich dwóch dni wypełniły cały bagażnik na prawie 500 kilometrową drogę powrotną.

Wstępne wyniki i reakcja na okazy związane z uderzeniem meteorytu Sudbury zebrane podczas wycieczki numer dwa zachęciły do zaplanowania i realizacji wycieczki numer trzy „Zaopatrzenie się w towar”. W końcu przez długie zimowe miesiące niczego tam nie da się zebrać. Lato jest trochę za gorące na mozolne wspinanie się po stromych zboczach i dźwiganie kamieni z powrotem, nawet jeśli te kamienie są wybranymi okazami kosmicznego szkła. W maju, pod koniec wiosny w okolicy Sudbury, jest jednak nie tylko znośnie, ale i przyjemnie.

Do tej wyprawy zaangażowałem pomoc z rodzinnego miasta — Alexa z Guelph, gdzie urodziłem się, wychowałem i wciąż mieszkam, oraz trzyosobową ekipę, którą zebrał Rick Doyon. Alex w swym samochodzie i ja w swoim spotkaliśmy Ricka i ekipę z Meteorowej Doliny w jego jeepie w umówionym miejscu i od razu zabraliśmy się do zbierania jak automaty. Zrobiłem jedną wycieczkę na górę i zniósłem ładunek na dół; inni zrobili po trzy lub cztery kursy każdy.

Po powrocie z ostatniej ekspedycji zidentyfikowałem wśród impaktytów Sudbury cztery wyraźnie różniące się typy. Są dwie grupy czegoś, co ogólnie można określić jako uwarstwione, stopione szkło. W jednej widać szerokie, czarne i zielonkawo szare lub



Ta materia jest czarna z wmięszanymi żłocistymi i brązowymi bryłkami siarczków.

żółtawe pasy, w których jest niewiele inkluzji lub nie ma ich wcale. Druga grupa charakteryzuje się bardzo drobnym uwarstwieniem, różnaitością barw z ładną mieszaniną stopionych i na wpół stopionych wyraźnie widocznych fragmentów skał. Występują tam także bardzo drobne do mikroskopijnych fragmenty metalu i szkliva przypominające fragmenty skorup. Różnaitość szkliva stopionego uderzeniem w Sudbury dość często dostarcza wyjątkowych interesujących abstrakcyjnych obrazów — czasem nie tak abstrakcyjnych — wzorów lub odcisków rozbryzgów.

Czwarta grupa rodziny szkliva kosmicznego astroblemy Sudbury, to wszystkie próbki materii wywodzące się z jednej, wyróżniającej się bryły

o wadze około 270 kg. To monstrum kosmicznego szkła wygląda, jakby podczas stygnięcia tworzyło linie spękań w jednorodnych segmentach, co pozwala na pozyskiwanie próbek, przy pomocy odpowiednich narzędzi bez uszkodzenia uzyskanego okazu. Ta duża bryła przypomina mi metrowej wysokości ananas, albo dużą kiść wielkich winogron rosnących tak ciasno, że utworzyły jedną masę. Z tej masy wydostałem dwa „winogrona”, z których każde było jednym, ładnym okazem w kształcie kropki.

Po przecięciu i wypolerowaniu te osobliwe próbki ukazały mnóstwo metalu. Część jego miała postać poskręcanych kawałków, a niektóre były zaokrąglonymi kropelkami wielkości łebka od szpilki, zwykle znajdowane w gromadach otoczonych przez czarną substancję typu węgla, przy czym te skupienia okrągłych ziaren metalu prawie zawsze występowały blisko zewnętrznych brzegów dużych, bryłowatych okazów. W ciągu ostatnich kilku miesięcy wysłałem do kolekcjonerów i badaczy trochę próbek tej materii wraz z niektórymi okazami innej materii wcześniej opisaną w tym artykule.

* * *

Fragmenty podobne do prezentowanych na zdjęciach okazów (z wyjątkiem szarego szkliva) można nabyć po 2 zł za gram w ASPMET, skr. poczt. 6, 14-530 Frombork; aspmet@poczta.wp.pl



Jest to trudne do znalezienia szarego szkliva.

Targi meteorytowe Tucson 2000

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Przez lata nauczyłem się, że na Targach Klejnotów i Minerałów, Skamieniałości i Meteorytów w Tucson można spodziewać wszystkiego i w każdej chwili. Tegoroczna impreza spełniła me oczekiwania i nieustannie przypominała, jak skromny jest mój zbiór meteorytów. W tym roku mój pierwszy kontakt z Targami nastąpił w sali Michaela Caspera, gdzie zaniósłem kilka książek „Rocks from Space”. W chwili, gdy wkroczyłem do sali, świat nieco się zmienił. Michael ledwie się przywitał i już wskazał na dostojnie wyglądającego mężczyznę, którego nigdy dotąd nie spotkałem, ale którego znałem z najnowszych publikacji. Nazywał się on Robert Verish i miał marsjański kamień numer 14 — cały — całe 698 gramów. „Musimy porozmawiać”, powiedziałem szybko. Przez następne dwie godziny istotnie rozmawialiśmy na temat znanej już historii odkrycia Los Angeles 001 i Los Angeles 002. W rękawiczkach (nie szkodzi, że szczury Los Angeles deptały je przez 20 lat) pełen emocji trzymałem je w rękach. LA 001 był kanciąstą bryłką ważącą 452,6 grama ze lśniącą skorupą i dużymi kryształami plagioklazu i augitu. LA 002 był mniejszy — tylko 245,4 grama, ale był

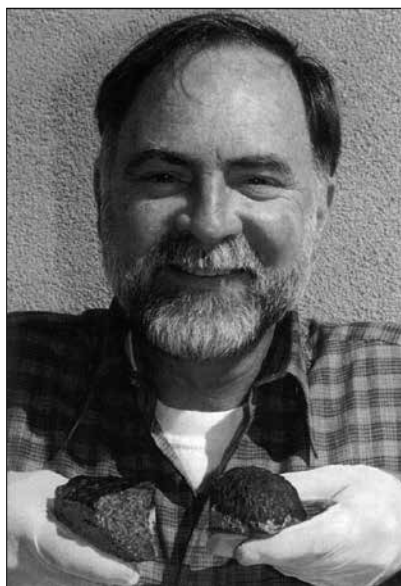
to królewski okaz. Niedostatek masy nadrabiał pięknym kształtu. Był niemal idealnie orientowany, a zastygłe strużki na skorupie podkreślały jego stożkowy kształt, co było dodatkową premią dla tego i tak już niewiarygodnego znaleziska.

Znalezienie okazu to jedna sprawa, a co z nim zrobić, to inny problem. Bob zdecydował, że większy okaz zostanie pocięty i rozprowadzony do muzeów i badaczy w całym kraju. Postanowił współpracować z dwoma dealerami, których dobrze wybrał, a którzy kupili od niego płytki meteorytu za cenę, która pozostała tajemnicą. Po tym, jak większość trafiła do muzeów i laboratoriów badawczych, kilku większych kolekcjonerów zyskało możliwość dodania tego nowego shergottytu do swych zbiorów. Mogą być dostępne niewielkie ilości więc warto śledzić oferty internetowe. LA 002 Verish zatrzymał i obecnie jest on wystawiony w kolekcji minerałów Muzeum Przyrodniczego hrabstwa Los Angeles. Przypadkowo kamień z Marsa i jego właściciel zostali uroczyście zaprezentowani w Hollywood na premierze „Mission to Mars”, co było stosownym zakończeniem niewiarygodnego znaleziska. Dobra robota, Bob!

Nie wiem, czy coś może przewyższyć to znalezisko, ale znalazłem coś blisko tego. Tego roku Joel Schiff, wydawca „Meteorite!”, przyjechał na targi i zrobiliśmy kilka „rund”, by zobaczyć, co jest oferowane. Weszliśmy do sali Ericha Haiderera, która nie wyglądała na miejsce, gdzie można znaleźć jedyny w swoim rodzaju meteoryt, ale w gablotce było tam z kilkanaście meteorytów EL4. Tak, powiedziałem EL4. Oglądając tabelę petrologiczną na stronie 185 książki „Rocks from Space”, w miejscu odpowiadającym EL4 znajdziemy białą plamę. Poniżej jest wzmianka, że chondrytów typu EL4 nie ma. Teraz można wypełnić tę lukę. Są. Na kartce opisującej meteoryt można było przeczytać:

Nowość! Niezwykle rzadki i interesujący! Chondryt enstatytowy EL4. Pierwszy okaz EL4 na świecie (nie licząc QUE 94368 z Antarktydy ważącego tylko 1,2 grama).

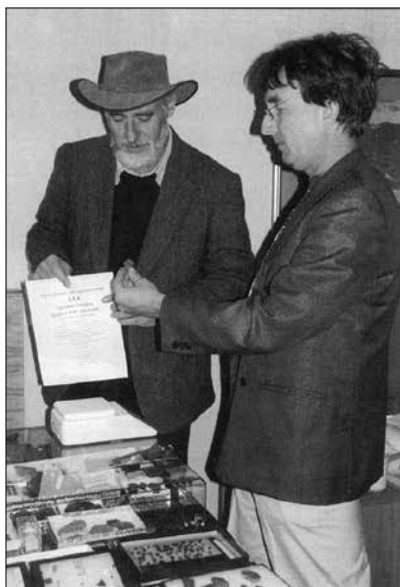
Wziąłem pożyczkę na 10 gramów rdzawego, spękanego meteorytu, który zbyt wiele lat przeżył w ziemskim środowisku. „Ale, na Boga, to jest EL4”, powiedziałem mojej żonie, Dorothy, gdy podpisywała bankowe dokumenty. Tak więc mam go i dałem do zrobienia szlifów mikroskopowych.



Znalazca Bob Verish z LA 001 i 002.



Bliskie spotkanie marsjańskiego rodzaju. LA 002 to orientowany okaz z lewej. Zwróćmy uwagę na ślady płynięcia. LA 001 z prawej prezentuje gruboziarnistą teksturę wnętrza. Oba meteoryty są bardzo mało zwietrzałe.



Erich Haiderer trzyma 10-gramowy chondryt EL4, a Joel Schiff trzyma opis tego rzadkiego znaleziska — po niemiecku.

W sali ekspozycyjnej Labennów były jak zwykle okazy muzealnej jakości, setki okazów z Sahary, ale perłą w koronie była duża płyta angrytu odcięta od głównej masy 2710 gramów. Była gruboziarnista z kulistymi pęcherzykami i spękaniami przecinającymi szarą skalę. Był to ten sam okaz, który można była zobaczyć na reklamie Labennów w poprzednim numerze „Meteorite!”. Zobaczenie go „we własnej osobie”, że tak powiem, było ogromną przyjemnością. Jedno, co mogę powiedzieć o okazach Labennów, to że nie trzeba szkła powiększającego, by je zobaczyć, obojętne jak są rzadkie. Ujemną stroną jest to, że trzeba mieć spore konto w banku, by kupić pierwotny achondryt po 1000 dolarów za gram.

Alan Lang miał na sprzedaż mnóstwo Kapoety i wydawało się, że ma więcej pierwotnych achondrytów niż kiedykolwiek przedtem. Można było wypełnić brakujące miejsca w rosnącej kolekcji winonaitami i acapulcoitami. Był Dar al Gani 430, rzadko spotykany CK3, oraz Maralinga CK4. Były też Zagami, Cat Mountain i Tucson Ring na wypadek, gdyby ktoś potrzebował go do uzupełnienia swego zbioru.

Jeśli chodzi o historyczne meteoryty, jedyne co trzeba było zrobić, to przygotować spis najslawniejszych meteorytów i mieć oczy szeroko otwarte. Było sporo Ensisheim a nawet Would Cottage. Krasnojarsk? Proszę bardzo! Wciąż nie przestaje mnie zdumiewać, że europejskie

muzea, opiekunowie meteorytowej historii, zgadzają się na wymiany tych niemal świętych okazów. Przypuszczam, że powinniśmy spojrzeć na dobrą stronę: że ta materia nie jest już skoncentrowana w jednym, zakurczonym muzeum, ale rozchodzi się po całym świecie dając innym muzeom i kolekcjonerom szansę zaopiekowania się fragmentem tej historii.

Coś nowego wirowało w meteorytowych kręgach na targach Tucson 2000. Aukcje. Były dwie. Jedna odbyła się w dość ciasnych pomieszczeniach wystawowych Michaela Caspera. Aukcjonerem był Michael Blood i robił to znakomicie. Myślę, że potrzebował kogoś, kto pomógłby opisywać meteoryty wskazując rzadkie i nietypowe cechy charakterystyczne. Jeśli audytorium nie zna oferowanego meteorytu, to będzie mniej chętne do udziału w licytacji.

teorytowej skamieniałości, została wystawiona na aukcję i szybko kupił ją Rob Elliott. Ten Szkot uratował dzień, gdyż kupił elegancki meteoryt za 7200 dolarów. Zarobiono dość, aby zapłacić za wynajęcie sali.

Jeszcze raz podkreślam, że targi w Tucson nas nie rozczarowały. Była to pora, aby zobaczyć, co jest nowego na meteorytowym rynku. Był to także czas, by zobaczyć twarze internetowych przyjaciół. Bywa, że ktoś ma mniej zahamowań w internetowych kontaktach niż w osobistych. Często ze zdziwieniem stwierdzamy, że nasz obraz innych o wspólnych zainteresowaniach jest zniekształcony. Okazja spotkania tych ludzi na gruncie towarzyskim zwykle zmienia nasze wyobrażenia. Jim Krieger i Twink Monrad, odkrywcy obszaru rozrzutu Gold Basin, gościnnie otworzyli swe domy dla tłumów



Aukcja na stoisku Michaela Caspera. Michael Blood (w środku) prowadzi aukcję, a Michael Casper stoi z prawej.

Mimo to aukcja była udana i podobala się wszystkim. Miło mi powiedzieć, że Michael planuje kolejną aukcję w przyszłym roku, ale tym razem na otwartym terenie koło basenu, gdzie może zebrać się znacznie więcej osób. Czekamy na to, Michaelu.

Druga aukcja odbyła się wieczorem w wynajętej sali w alei Ft. Lowell w Tucson. Ta aukcja dała zupełnie inne wyniki. Znowu aukcjonerem był Michael Blood. Przyszło niewiele osób wypełniając tylko jedną trzecią sali. Prawie każdy chciał sprzedawać; kupujących było niewielu. Oferowano meteoryt za meteorytem, ale nikt nie kupował. Dopiero tuż przed końcem wspaniała płyta Lake Murray, me-

meteoryciarzy. Poczęstowali znakomitą wołowiną z rożna, co pozwoliło na przebywanie ludzi ze sobą przez kilka godzin. Po męczącym tygodniu przeczesywania meteorytowego rynku była pora na dzielenie się opowieściami, omawianie meteorytów i wyjawianie naszych odczuć na temat bestii, którą wszyscy pomogliśmy stworzyć. Był to ważny czas dla wszystkich i sądzę, że Jim i Twink wiedzieli, że tak będzie. Serdecznie im dziękujemy za podarowanie nam tych chwil, gdy mogliśmy dzielić się refleksjami na temat naszej wspólnej namiętności do rzeczy niebiańskich.

nmz

Najazd Marsa na Los Angeles

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Planeta Mars była tematem wielu prac prezentowanych na XXXI konferencji Nauk o Księżycu i Planetach w Houston w Teksasie. Trzy z nich dotyczyły rozpoznanego niedawno bazaltowego shergottytu skatalogowanego obecnie jako meteoryt Los Angeles. Kolejność prezentowanych prac była następująca:

Alan E. Rubin et al. — Petrology of Los Angeles: A New Basaltic Shergottite Find (www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2000/pdf/1963.pdf)

Paul H. Warren et al. — Geochemistry of Los Angeles, a Ferroan, La- and Th- rich Basalt from Mars (www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2000/pdf/2001.pdf)

James P. Greenwood et al. — Latestage Crystallization Features of Los Angeles, a New Basaltic Shergottite (www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2000/pdf/2074.pdf)

W „Petrology” Rubin porównuje Los Angeles z czterema innymi bazaltowymi shergottytami, mianowicie Shergotty, Zagami, EETA79001 i QUE94201. Stwierdza, że lamele odmieszania augitu w pigeonicie w innych shergottytach są znacznie mniejsze, co wskazuje, że te skały stygły szybciej niż Los Angeles. Innym wskaźnikiem wolniejszego tempa stygnięcia była ilość i liczba produktów rozpadu piroferroitu. Los Angeles jest wyraźnie bardziej gruboziarnisty. Podobnie jak inne shergottyty doznał przeobrażeń szokowych, czego wyrazem jest obecność zmaskelinyzowanego plagioklastu oraz mozaikowe wygaszanie i planarne spękania w ziarnach wapniowego piroksenu. Zwrócono uwagę na ziarna chloroapatytu, ponieważ uwięzione w nich rodniki wodorotlenowe dały możliwość pomiaru stosunku D/H. Uzyskane wartości wskazywały na zwiększoną zawartość deuteru, co sugerowało marsjańskie pochodzenie.

Praca Paula Warrena „Geochemistry” także porównywała Los Angeles z innymi bazaltowymi shergottytami oraz wskazywała na różnice między LA 001 i LA 002, ale głównie koncentrowała się na składzie chemicz-

nym. Stwierdzono, że meteoryt Los Angeles jest najbardziej rozwiniętym geochemicznie okazem z dotychczas znalezionych meteorytów pochodzących z Marsa. W porównaniu z innymi marsjańskimi meteorytami ma niższą zawartość Cr i MgO oraz znacznie wyższą zawartość La, Ta, Th, lekkich pierwiastków ziem rzadkich i lotnych alkaliów. Wszystko to wskazuje, że Los Angeles nie jest magmowo spokrewniony ani z EET79001-B ani z QUE94201. Ostateczny wniosek był taki, że nie wydaje się prawdopodobne, aby Los Angeles utworzył się z pierwotnego częściowego stopu, ale prawdopodobnie jest częścią dużego wylewu, lub małej, płytkiej intruzji poprzedzonej najprawdopodobniej epizodem krystalizacji frakcyjnej i/lub wchłonięcia starszej skały skorupy.

Praca Greenwooda „Crystallization” zawiera ilustracje „obszarów stopu bogatego w K i Si”, które są godnym uwagi utworem w Los Angeles. Główna teza jest, że „Los Angeles jest bardziej zdyferencjowany niż inne shergottyty.” Praca kończy się wnioskiem, że „Los Angeles jest także wyjątkowy pod względem ilości magmatycznych utworów późnego stadium takich jak duże obszary piroferroitu, wysoka modalna zawartość fosforanów i duże obszary mezostazis bogatego w K i Si.”

Po nich nastąpiła na tej samej konferencji ustna prezentacja Everetta Gibsona, który zrelacjonował niezakończoną jeszcze pracę Larry Nyquista i Dona Bogarda z Centrum Kosmicznego Johnsona. Bogard otrzymał wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne 3 miliony lat. Wartości uzyskane przez Nyquista z pomiarów wieku metodą Rb-Sr i Nd-Sm były tak małe, że sugerowało to problem z ziemskimi zanieczyszczeniami. Przypuszczano, że ewaporaty obserwowane na skorupie obtopieniowej przeniknęły także w głąb. Tuż przed napisaniem tego artykułu obejrzałem dokładnie inną płytkę z wnętrza LA 001 i mogę potwierdzić, że ziemskie ewaporaty istotnie wni-

kały w głąb wzdłuż pęknięć. Bogard stara się „poprawić” swoje wartości ze względu na to zanieczyszczenie. Bogard nie znalazł też żadnych śladów gazów z marsjańskiej atmosfery, ale tego się spodziewano, ponieważ jego próbka nie ma kieszeni stopionego szkliwa z uderzenia w Marsa. Znalezione gazy były „typowymi gazami z marsjańskiego płaszcza.”

Inna część próbki Everetta została wysłana do Colina Pillingera z Uniwersytetu Otwartego w Milton Keynes w Anglii. Colin zmierzył skład izotopów tlenu. Proporcje izotopów mieszczą się w środku pola meteorytów SNC. Jest to więc kolejny dowód, że próbka jest podobna do innych meteorytów SNC. Resztę próbki wykorzystano do pomiaru izotopów azotu i węgla. Wyniki pokazały, że próbka nie zawiera stosunku N^{15}/N^{14} podobnego do marsjańskiej atmosfery, ale skład azotu jest podobny do składu marsjańskiego płaszcza. Jest to niezależne potwierdzenie pomiarów zawartości gazów szlachetnych robionych przez Bogarda. Pomiar izotopów węgla pokazuje obecność ewaporatów węglanowych (prawdopodobnie z Ziemi podczas leżenia na miejscu spadku). Natura dodatkowych składników węglanowych (t.j. węglanów marsjańskich, grafitu [nieprawdopodobne] i węgla z płaszcza) jest nadal analizowana. Zespół z Centrum Kosmicznego Johnsona rozpoczął analizowanie pozostałej materii na zawartość ewaporatów lub produktów przedziemskich przeobrażeń pod działaniem wody.

Podczas bezpośredniej rozmowy po konferencji Everett Gibson stwierdził, że zbadał inną płytkę odciętą od LA 001 i znalazł szkliwo z pęcherzykami, w którym przypuszczał, że mogą znajdować się uwięzione próbki marsjańskiej atmosfery. Powiedział, że po zbadaniu tej nowej płytki uważa, że LA 001 jest najbardziej niezwykłym okazem SNC i wygląda na to, że ma fragmenty podobne do księżycowej brekcji impaktowej.

Robert S. Verish

P.O. Box 237, Sunland, CA 91040



Nietypowa jasność na dużych wysokościach

Andriej Olchowatow

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Zjawiska meteorów są jednymi z najbardziej emocjonujących. Małe, szybko poruszające się, milimetrowej wielkości ciało kosmiczne (zwane meteoroidem) może wytworzyć świecenie widoczne z odległości setek kilometrów.

Zagadnienie lotu meteoroidu należy do interdyscyplinarnych, wymagających udziału wielu gałęzi nauki. Mimo znacznego postępu w rozumieniu fizyki zjawiska meteoru niektóre aspekty wciąż nie są dobrze rozumiane. Należą do nich problemy powstawania tak zwanego echa głowy; długo trwające ślady jasnych meteorów i widoczność meteorów na niezwykle dużych wysokościach.

Przyjmuje się powszechnie, że meteory zaczynają być widoczne na wysokości niewiele przekraczającej 100 kilometrów, zwykle nie większej niż około 110–115 km. Jednak w ciągu ostatnich kilku lat ukazało się kilka prac opisujących anomalnie duże wysokości niektórych meteorów. Na przykład Y. Fujiwara z kolegami stwierdził, że początkowa wysokość dwóch średniej jasności bolidów z roju Leonidów wyniosła 160 kilometrów. Podczas holenderskiej ekspedycji na obserwacje Leonidów do Chin w 1998 roku obserwowano, że początkowe wysokości trajektorii jasnych Leonidów wynosiły nawet 200 kilometrów.

Dr Z. Ceplecha napisał do autora, że natura promieniowania szybkiego meteoru na dużej wysokości jest tajemnicą. Procesy klasycznej ablacji w bardzo rozrzedzonej atmosferze są wykluczone. Wzbudzenie cząsteczek powietrza w dostatecznym stopniu, aby wyjaśnić promieniowanie uderzeniami o powierzchnię meteoroidu, także zdaniem Ceplechy należy wykluczyć.

W rzeczywistości zjawisko anomalnej jasności meteorów na dużej wysokości (AHAL) jest znane przynajmniej do kilkudziesięciu lat. Pod

koniec lat czterdziestych radziecki astronom J. Astapowicz obserwował przez kilka nocy ma Krymie coś, co nazwał „niebieskimi śladami meteorów” na wysokości do 160 km. Inny artykuł opisywał godne uwagi widmo meteoru zarejestrowane w 1970 roku. Najpierw na wysokości 137 km pojawiło się żółto-czerwone widmo ciągle, które przypisywano pierwszej dodatniej grupie pasm azotu. Do wysokości 116 km poziom jasności był mniej więcej stały. Na 116 kilometrach jasność szybko wzrosła od poprzedniego poziomu do jednorodnego kontinuum. Na 106 km pojawiła się linia D obojętnego sodu, a na wysokości 105 km pojawiły się także inne linie typowego widma meteoru. Widmo ciągle dominowało do 87 km, kiedy meteor raptownie zniknął. Szybkość meteoru wynosiła około 18,8 km/s, a jego jasność była około zerowej wielkości gwiazdowej.

Są też inne doniesienia o teoriach z niezwykle silną emisją azotu. Tak więc AHAL nie jest nowym zjawiskiem. Ponadto, chociaż nie jest to szerzej znane, w początkach lat sześćdziesiątych badano w ZSRR zjawiska świecenia towarzyszące wejściu w atmosferę powracających statków kosmicznych, których nie można było wyjaśnić świeceniem plazmy. Zjawiska te odkryli A Łazariew i N Uspienskiy w 1960 roku podczas nocnego eksperymentu z powracającym statkiem. 6 lipca 1960 roku detektor podczerwieni zainstalowany na powracającym statku zarejestrował gwałtowny wzrost jasności, który rozpoczął się na wysokości 160 km i osiągnął maksimum przy 125 km. Poziom jasności był pulsujący. Następnie jasność gwałtownie spadła i zaczęła ponownie rosnąć od około 100 km do 85 km, gdy przekaz radiowy został wygaszony przez działanie tworzącej się plazmy.

W innym eksperymencie na powracającym statku, 24 lipca 1962

roku, było kilka detektorów w podczerwonej części widma. Podczas zbliżania się do Ziemi, na wysokościach od 145 do 105 km detektory zostały nasycone silnym sygnałem. Potem sygnał spadł do minimum przy 90 km, a potem znów wzrósł. Wiadomo, że przy wchodzeniu statku w atmosferę plazma tworzy się na wysokościach poniżej 100–80 km (około 80 km przy wchodzeniu statków wielkości Sojuza i około 100 km przy dużych wahadłowcach). Detektory rejestrowały sygnał powstającej plazmy. Jakże jednak było źródło sygnału na 120 km? Badania wówczas prowadzone nie były w stanie znaleźć wyczerpującego wyjaśnienia. Tak więc wyniki przyjmowano z pewnym niedowierzaniem póki nie zostały potwierdzone podczas powrotów statków załogowych.

25 kwietnia 1971 roku był nocny powrót statku Sojuz 10. Podczas rozpoczęcia schodzenia załoga patrzyła przez okna. Po około 2–3 minutach od odłączenia się lądującej kapsuły od głównego statku zaobserwowano słabe, białawo-fioletowe świecenie, którego jasność stopniowo rosła. Nieco później odczuto niewielkie hamowanie, gdy małe cząstki zawieszone w powietrzu zaczęły uderzać w dno statku. Jasność świecenia nadal rosła osiągając poziom świecenia ziemskiego dziennego nieba. Wrażenie było takie, jakby statek wydostał się z cienia Ziemi i leciał nad dzienną stroną. Świecenie było jednorodne. Gdy statek osiągnął wysokość 80 km, fioletowy kolor świecenia zmienił się na biały, świecenie zaczęło pulsować i pojawiły się różowe pasma (najwidoczniej plazma). Wkrótce świecenie zaczęło przypominać płomienie ogniska czerwoną barwą i pulsującymi smugami.

Po uzyskaniu danych z Sojuza 10 radzieccy uczeni zrozumieli, że wyniki z lat sześćdziesiątych były praw-

dziwe, że istotnie pojawiała się rzeczywiste, niewyjaśnione świecenie z maksimum przy około 120 km. Później potwierdziła to znowu załoga Sojuza 23 podczas nocnego powrotu 16 października 1976 roku. Światło wewnątrz pojazdu wyłączono. Załoga dostrzegła świecenie po raz pierwszy, gdy statek znajdował się na wysokości 120 km. W tym czasie świecenie miało postać błysków z częstotliwością około jednego na sekundę. Potem czas trwania błysków i częstotliwość wzrosły i świecenie przeobraziło się w ciągłe. Przypominało białą mgłę i trwało przez dość długi czas. Poniżej około 100 km pojawiły się czerwone pasma plazmy. Jej świecenie było zupełnie inne niż poprzednie. W ten sposób realność AHAL przy powrotach statków kosmicznych została potwierdzona. Pojawił się jednak problem: jaki jest

fizyczny mechanizm tego świecenia?

Jeśli chodzi o powroty statków kosmicznych, jako wytłumaczenie proponowano zderzenia z cząsteczkami atmosferycznymi, fotoelektrony wytwarzane przez rozbłyski słoneczne, wyładowania elektryczne z powodu elektryzowania się statku kosmicznego. Richard Spalding z Sandia National Laboratories twierdził, że obserwowane AHAL meteorów można wyjaśnić tym, że jony z jonosfery są przyciągane elektrostatycznie do spadającego ciała i zderzając się z nim wytwarzają światło.

Autor jest zdania, że po pierwsze warto zauważyć, że czołowa powierzchnia meteoroidu Leonidów jest ogrzana o kilkaset stopni z powodu hamowania w atmosferze na wysokości 160 km. Ponadto byłoby rozsądnym zauważyć, że na wysokości 160 km gęstość atmosfery w okresie wysokiej

aktywności słonecznej może wzrosnąć nawet o 60%, a na wysokości 200 km o 130%. Atmosferyczne fale grawitacyjne także mogą zmienić gęstość nawet o kilkadziesiąt procent. Może to przesunąć „skalę wysokości meteoru” na tych wysokościach w górę o 20–30 km.

Tak czy owak, jak pokazano wyżej, oprócz Leonidów są inne przykłady zjawisk AHAL, których w ten sposób nie można wytłumaczyć. Jest kilka powodów, dla których autor jest skłonny sądzić, że niestabilność plazmy gra główną, lub przynajmniej znaczącą rolę w AHAL. Naturę tych niestabilności plazmy omówiono szczegółowo w AIAA Paper 2000-0589. Trochę dodatkowych informacji można znaleźć na stronach autora: www.geocities.com/CapeCanaveral/Cockpit/3240



Tak blisko (NEAR) a tak daleko

O. Richard Norton

(Artykuł z kwartalnika Meteorite! Vol. 6 No. 2. Copyright © 2000 Pallasite Press)

Dzień św. Walentego był w tym roku szczególny. Tego roku zostaliśmy obdarowani planetoidą, z bliska i osobiście. Statek kosmiczny NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous = spotkanie z planetoidą bliską Ziemi) dokonał czegoś, co wydawało się niemożliwe. Wśliznął się na powolną orbitę wokół wydłużonego kawału planetoidy o nazwie Eros, od imienia greckiego boga miłości. Podobnie jak wiele historii miłosnych, Eros i statek NEAR miały wyboisty początek. Pierwotnie planowano, że NEAR wejdzie na orbitę wokół Erosa 23 grudnia 1998 roku, ale awaria głównego silnika spowodowała, że do wejścia na orbitę nie doszło i kontrolerzy lotu z Laboratorium Fizyki Stosowanej Uniwersytetu Johna Hopkinsa dokonywali heroicznych wysiłków, aby ustabilizować koziołkujący statek i umieścić go na kursie do drugiej próby spotkania z Erosem 14 lutego 2000 roku.

Eros został odkryty fotograficznie 13 sierpnia 1898 roku przez

Gustava Witta z Urania Sternwarte w Berlinie, który szukał planetoidy 185 Euniker. Krótki ślad Euniker był bez trudu widoczny na płycie fotograficznej, ale w pobliżu był znacznie dłuższy ślad, zbyt długi jak na planetoidę z głównego pasa taką jak Euniker. Zaledwie trzynaście dni po odkryciu nowej planetoidy wyznaczono jej orbitę. Jej peryhelium znajdowało się głęboko wewnątrz orbity Marsa, blisko orbity Ziemi. Była to pierwsza odkryta planetoida przecinająca orbitę Marsa. Nadano jej nazwę 433 Eros. Dziś planetoidy, których peryhelia znajdują się między orbitami Ziemi i Marsa, zaliczane są do grupy Amora od planetoidy 1221 Amor odkrytej 30 lat później, która zbliża się do ziemskiej orbity na 13,6 miliona kilometrów.

Dopasowywanie meteoroidów do macierzystych planetoid

Niemal każdy z miłośników i badaczy meteoroidów zgadza się, że przeważająca większość meteoroidów, to

fragmenty odlupane od planetoid. Dość łatwo to stwierdzić, ale nie tak łatwo udowodnić. Jeśli meteoroidy są fragmentami planetoid, to możemy tylko stwierdzić, że istnieje przynajmniej tyle typów planetoid, ile jest typów meteoroidów. W rzeczywistości nasze zbiory meteoroidów najpewniej nie obejmują wszystkich typów planetoid, które istnieją w głównym pasie. Najbardziej oczywistym sposobem określenia zależności między meteoroidami i planetoidami jest porównanie ich składu chemicznego. Znowu łatwo to powiedzieć, ale nie tak łatwo zrobić. Badacze planetoid badają przy pomocy dużych teleskopów światło odbite od planetoid korzystając z metody zwanej spektrofotometrią odbiciową. Powierzchnię planetoid niewątpliwie pokrywa regolit w dużym stopniu podobny do tego na Księżycu. Miliardy lat zderzeń dużych i małych rozkruszyły materię powierzchni na drobne ziarna składające się z minerałów powszechnie występujących w meteoroidach. Gdy światło słoneczne przechodzi przez

kryształy minerałów, atomy tworzące siatki kryształów selektywnie pochłaniają i odbijają promieniowanie widzialne i podczerwone zależnie od ich składu chemicznego. Utwory absorbcyjne to szerokie, ciemne pasma, które w rzeczywistości są mieszaniną kilku minerałów. Są one rozdzielane przez porównywanie widm z widmami czystych minerałów. Okazuje się, że tylko kilka minerałów wytwarza wyraźnie widoczne utwory absorbcyjne w widmach planetoid. Są to minerały obecne w większości meteorytów: oliwiny i pirokseny. Meteority ściera się wobec tego na proszek symulujący regolit planetoidalny i uzyskuje się laboratoryjne widma meteorytowego pyłu do porównania z widmami planetoid.

Stosując tę metodę podzielono planetoidy na 14 typów różniących się składem chemicznym. Niektóre typy planetoid dobrze pasują do meteorytów, podczas gdy inne nie mają meteorytowych odpowiedników. Planetoida 4 Westa na przykład ma widmo, które doskonale pasuje do grupy HED bazaltowych achondrytów. Planetoidy typu C mają niskie albedo, niższe niż albedo Księżyca, i widma dobrze pasujące do chondrytów węglistych. Do tej grupy należy około 75% planetoid głównego pasa. Szukając w głównym pasie planetoid, których widma odpowiadają chondrytom zwyczajnym natrafiamy na trudności. Nie ma planetoid, których widma dokładnie odpowiadałyby chondrytom zwyczajnym.

Zagadka planetoid typu S

Na podstawie liczby spadków chondrytów zwyczajnych można sądzić, że nasze zbiory meteorytów zupełnie nie są reprezentatywne. Na przykład z 1005 obserwowanych spadków meteorytów 739 czyli 73,5% to chondryty zwyczajne. Z 22507 znanych meteorytów 14265 czyli 63,3% to chondryty zwyczajne. Wynika z tego, że chondryty zwyczajne są bardzo pospolite. Nasuwa się wniosek, że ciała macierzyste chondrytów zwyczajnych powinny być równie pospolite wśród planetoid głównego pasa. Najbardziej pasują do nich planetoidy typu S, zajmujące drugie miejsce pod względem liczebności. Mają one umiarkowane albedo 10–22%, a w ich widmach występują utwory absorb-

cyjne mieszaniny oliwiny i piroksenu połączone z „poczerwienieniem” wywołanym przez metaliczne żelazo nikłonośne. („Poczerwienienie” w terminologii planetoidalnej oznacza, że albedo w bliskiej podczerwieni jest jasne, a nie że planetoida ma czerwony kolor.) Brzmi to jak skład chondrytów zwyczajnych, ale widma te różnią się od widm chondrytów. Budowa meteorytów wskazuje, że powinniśmy oczekiwać nieco zmetamorfizowanego ciała macierzystego o jednorodnym składzie chemicznym. Zróżnicowany skład z wysoką zawartością żelaza lepiej pasuje do ciał które uległy dyferencjacji, tak jak meteority żelazno-kamienne. Widma są bardziej spłaszczone, a pasma absorbcyjne płytsze, niż w widmach chondrytów zwyczajnych. Michael Gaffey z Rensselaer Polytechnic Institute w Trou, w stanie Nowy Jork doszedł do wniosku, że planetoidy typu S można podzielić na siedem podtypów różniących się składem chemicznym i albedo. Tylko około 16% z nich ma widma, które są podobne do chondrytów zwyczajnych. Oznaczono je S(IV). Widma pozostałych lepiej pasują do widm bogatych w metal zdyferencjowanych meteorytów, lub nie mają odpowiedników meteorytowych.

Wietrzenie kosmiczne

Clark Chapman z Southwest Research Institute w Boulder w stanie Colorado zaproponował, że jakiś rodzaj wietrzenia kosmicznego zmienia optyczne własności materii na powierzchni planetoid podobnie, jak to się dzieje na Księżycu. Eksperymenty laboratoryjne podczas których widmo odbiciowe sproszkowanego meteorytu (L5 Elenkova) badano przed i po oświetlaniu materii impulsami laserowymi, pokazały, że materia chondrytów zwyczajnych w symulowanych warunkach kosmicznych jest modyfikowana przybierając wygląd planetoid typu S. Okazuje się, że prawdopodobnie wietrzenie kosmiczne zmienia widma planetoid typu S, tak że przestają one pasować do chondrytów zwyczajnych.

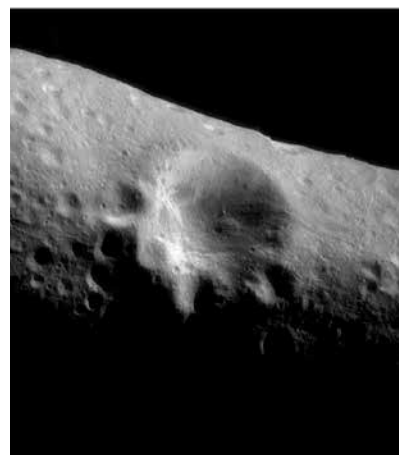
Naziemne obserwacje widm planetoid mają stosunkowo niską rozdzielczość i nie pozwalają na łatwe odróżnienie świeżej powierzchni od zwietrzałego regolitu. Statek kosmiczny znajdujący się blisko planetoidy

pozwoliłby na uzyskanie znacznie wyższej rozdzielczości. Tak było w przypadku przelotu sondy Galileo obok planetoidy typu S 243 Ida w sierpniu 1993 roku. Przyrządy Galileo pokazały, że większość powierzchni była poczerwieniona w wyniku wietrzenia kosmicznego. Wyjątkiem były te obszary, gdzie była rozrzucona materia wyrzucona z niedawno utworzonego krateru. Materia ta była stosunkowo młoda i znacznie mniej zwietrzała.

NEAR to wszystko obejrzy

NEAR pozostanie na orbicie wokół Erosa mniej więcej przez rok, dostatecznie długo, aby dokładnie zbadać jego skład chemiczny i mineralogiczny, co nie byłoby możliwe ani przez naziemne teleskopy ani z przelatującego obok statku kosmicznego. W ciągu tego czasu będzie stopniowo schodził na coraz niższą orbitę aż do odległości mili od powierzchni, co pozwoli na badanie regolitu z wysoką rozdzielczością (3 metry) i sporządzanie map składu powierzchni z wysoką rozdzielczością przestrzenną. W ciągu tego czasu dowiemy się, czy ta planetoida typu S jest chondrytem zwyczajnym, czy meteoritem żelazno-kamiennym. Poznamy skutki wietrzenia kosmicznego. Już dzięki pomiarom masy i objętości wiemy, że średnia gęstość Erosa wynosi 2,7 g/cm³, czyli mniej więcej tyle, ile skał w ziemskiej skorupie. Wskazuje to, że Eros jest stałym, zwartym ciałem, a nie stertą gruzu po poprzednich zderzeniach połączonego w całość. Gdy NEAR ukończy swą pracę będziemy znacznie więcej wiedzieli o meteoroidach w naszych zbiorach.

N.M.



Jedno ze zdjęć wykonanych przez NEAR-a



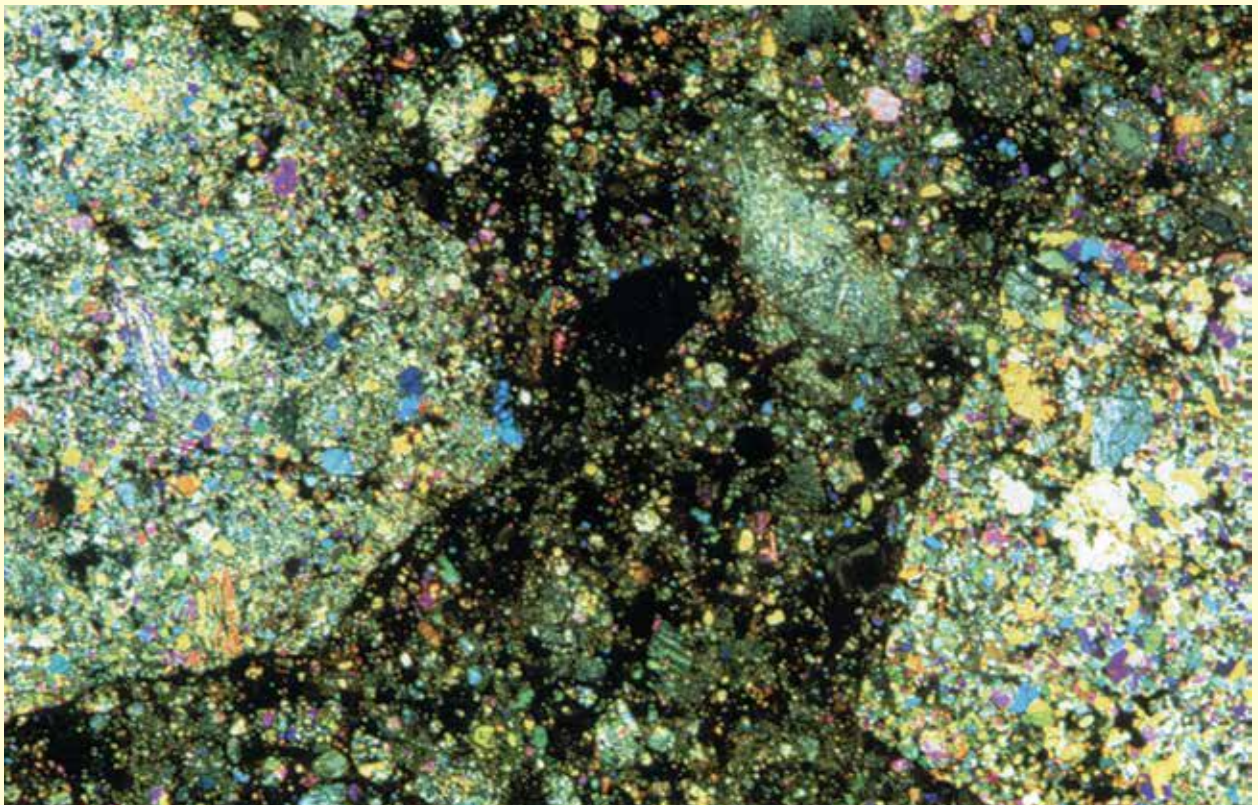
Eros sfotografowany przez NEAR-a



Przekrój meteorytu żelazno-kamiennego, mezosyderytu. Czy tak wyglądają skały na powierzchni Erosa?



Typowy chondryt zwyczajny H niskiego typu petrologicznego. Czy pochodzi on z planetoidy takiej jak Eros?



Zbrekcjowany chondryt zwyczajny; fragment zgruchotanej i ponownie scementowanej planetoidy. Czy jest on fragmentem planetoidy podobnej do Erosa? Fot. Tom Toffoli.