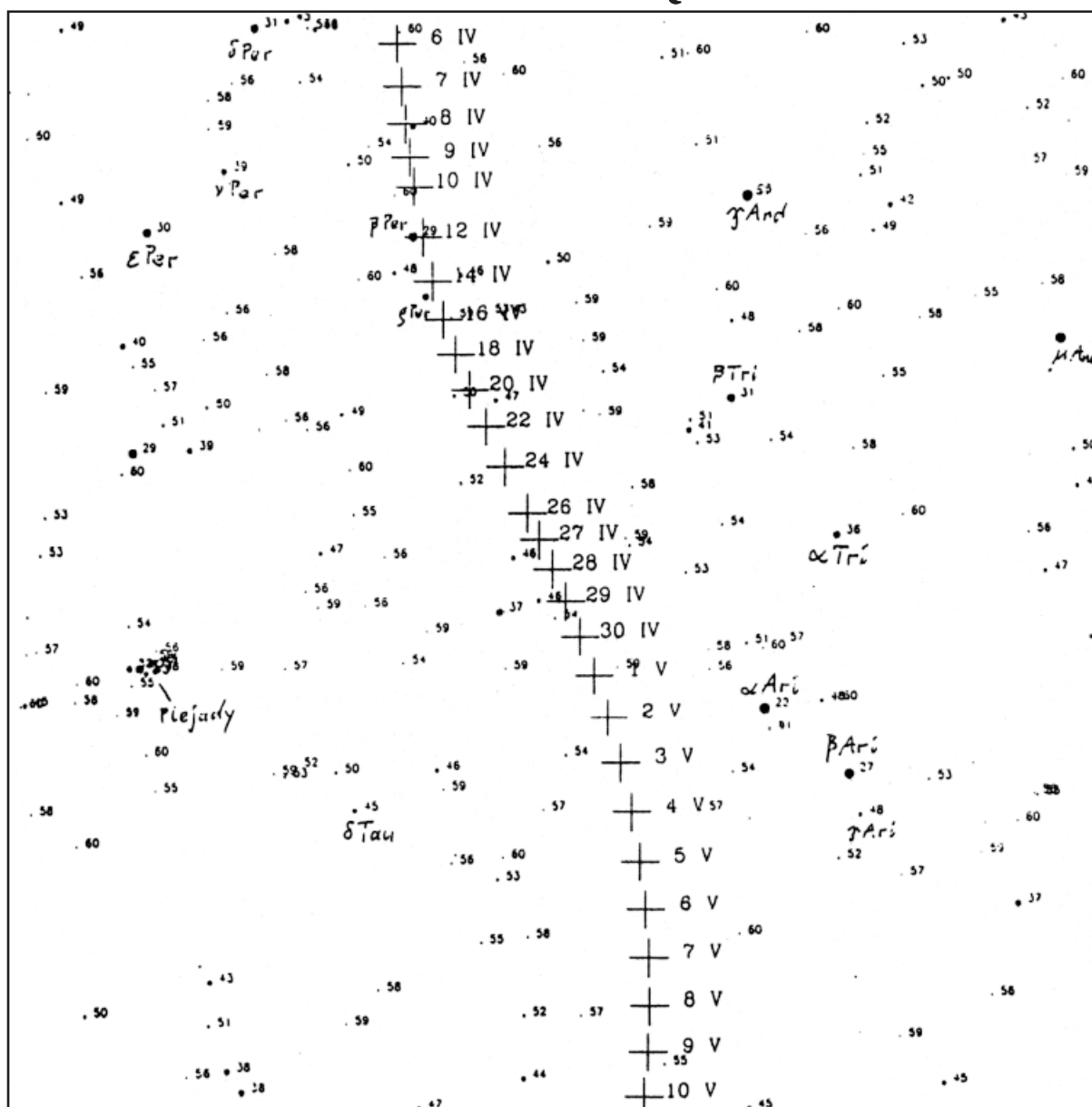


METEORYT

Biuletyn dla miłośników meteorytów
wydawany przez
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku
Pallasite Press

Widać kometę!!!



Od redaktora:

Mapka na tytułowej stronie nie oznacza zmiany profilu kwartalnika. Jednak gdy po 20 latach kometarnej „posuchy” wreszcie pojawiła się kometa, którą doskonale widać gołym okiem, redaktor nie wytrzymał. W końcu przede wszystkim jest popularyzatorem astronomii.

Na mapce uzyskanej dzięki uprzejmości Sekcji Obserwatorów Komet PTMA przedstawiona jest droga kornety Hyakutake przez gwiazdozbiory Perseusza i Barana w kwietniu i początkach maja. Kometa będzie wówczas oddalała się od Ziemi i zbliżała do Słońca. W perihelium znajdzie się 1 maja i w następnych dniach rozwinię najbardziej okazały warkocz. Wcześniej, pod koniec marca, kometa przeleci blisko Ziemi, mijając ją w odległości „zaledwie” 15 milionów kilometrów. Będzie wówczas gnała po niebie w „zawrotnym” (jak na kometę) tempie. 23 marca będzie niedaleko Arkтура, a już 28 marca zobaczymy ją w pobliżu Gwiazdy Polarnej.

Na początku maja kometa ma być jaśniejsza niż Arktur i Wega. Sądząc po jej wyglądzie w marcu jest to doŚĆ prawdopodobne. W połowie marca wyglądała jak rozmazana gwiazda, ale stopniowo powinien jej „wyrosnąć” coraz ładniejszy warkocz. W nocy z 3 na 4 kwietnia kometa będzie widoczna podczas całkowitego zaćmienia Księżyca. Będzie wówczas obok alfy Perseusza. Oby tylko dopisała pogoda!

Wygląd „Meteorytu” jest kompromisem między marzeniami redaktora, a możliwościami technicznymi. Te ostatnie zwiększyły się nieco dzięki temu, że możliwe stało się redagowanie kwartalnika w macierzystej instytucji redaktora, co można zauważyć w podtytule. Redaktor postara się pełniej wykorzysta~ te możliwości w kolejnym numerze.

Jak można zauważyć, tematy „katastroficzne” nadal dominują w nowozelandzkim „Meteorite!” i w konsekwencji w naszym „Meteorycie”. Prócz nieśmiertelnej katastrofy tunguskiej mamy deszcz meteorytów Sikhote-Alin znanych dość dobrze polskim kolekcjonerom, są też dinozaury, a także wskazówki, jak radzić sobie z katastrofą, jaką dla kolekcjonera meteorytów jest rdzewienie jego zbiorów. Jak pisze redaktor „Meteorite!”, Joel Schiff, niedawno telefonowano do niego z pewnego planetarium w Szwecji z pytaniem, co mają robić z nieustannie rdzewiejącym Canyon Diablo. Artykuł w tym numerze jest próbą odpowiedzi.



Biuletyn „Meteoryt” wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 1996 roku tylko 9 zł, czyli aż 90000 starych złotych. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej sumy na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr: **630063-3124-3210-00-01** w **BOŚ o/Olsztyn**, zaznaczając cel wpłaty. Wcześniejsze numery powielane są na zamówienie za opłatą równą wysokości aktualnej prenumeraty.

Adres redakcji: Andrzej S. Pilski, skr. poczt. 6, 14-530 Frombork, tel. (0-5543) 73-92.

Wizyta na miejscu spadku SIKHOTE-ALIN

RoyGallant

Deszcz meteorytów Sikhote-Alin, który zdarzył się 12 lutego 1947 roku o 10.30 rano, jest największym deszczem tego rodzaju i należy do najlepiej udokumentowanych spadków meteorytów. Jednak znaczna część informacji o nim, ukazujących się wciąż w różnych artykułach i książkach, jest przestarzała i w rezultacie błędna.

Przedstawiając aktualne informacje opiszę swą ostatnią wizytę w tym fascynującym miejscu wciąż obfitującym w meteoryty. Doznałem zaszczytu bycia pierwszą osobą z zagranicy, która kiedykolwiek odwiedziła miejsce spadku, jak twierdzi Walentin Cwietkow, wybitny znawca tego meteorytu i miejsca jego spadku, członek Rosyjskiego Towarzystwa Astronomicznego. Spotkałem Cwietkova w Moskwie w 1992 roku, gdy jechałem, aby wziąć udział w trzeciej międzynarodowej ekspedycji badającej Bolid Tunguski. Od 1967 roku opracował on szereg metod badawczych, które pozwoliły poznać nowe, istotne szczegóły tego deszczu meteorytów.

Kosmiczny intruz przemknął owego pogodnego mroźnego poranka po błękitnym syberyjskim niebie jako potworny bolid, który wszedł w atmosferę pod kątem około 45 stopni lecąc z kierunku NNE na SSW. Znacząc swą drogę ogonem ciemnego pyłu o długości około 35 kilometrów, rozpadł się na wysokości około 4,5 kilometra na rój małych bolidów, które spadły na przedgórze łańcucha górskiego Sikhote-Alin gdzieś w połowie drogi między Władywostokiem i Chabarowskiem. Świadkowie mówili, że bolid był jaśniejszy niż Słońce i widziano go z obszaru o promieniu 300 – 400 kilometrów. Twierdzili też, że kilka minut po ukazaniu się bolidu słyszeli grzmoty przypominające ogień z ciężkich dział, rozchodzące się echem wśród gór.

Korniej Szwiec, jeden ze świadków, z którym rozmawiałem we wsi Meteoritnyj¹ podczas mej wizyty na miejscu spadku we wrześniu 1995 roku, powiedział: „Widziałem błękitny blask skrzący się na niebie, ponieważ meteoryt płonął, a w ślad za głównym ciałem leciały mniejsze ogniki. Okna piekarni, w której pracowałem z matką i bratem, drżały. Metalowe drzwiczki pieca otworzyły się gwałtownie i kilka gorących węgli wypadło na podłogę. Miałem wtedy tylko 17 lat i byłem przerażony, bo myśleliśmy, że to amerykańska bomba atomowa. Było to niedługo po zrzuconiu bomby na Hiroszimę”.

W przeciwieństwie do Bolidu Tunguskiego, deszcz meteorytów Sikhote-Alin został dobrze zbadany i nie stanowi żadnej zagadki. Ostatnio Walentin Cwietkow wyliczył nawet elementy

orbity bolidu przed zderzeniem z Ziemią. Według niego spadek meteorytu Sikhote-Alin jest pierwszym przypadkiem obliczenia orbity na podstawie analizy elipsy rozrzutu fragmentów meteorytu.

Badacze potrzebowali 19 lat, aby zorganizować pierwszą ekspedycję na miejsce eksplozji bolidu Tunguskiego. Natomiast już po trzech dniach od spadku meteorytu Sikhote-Alin piloci wypatrzyli miejsce spadku oznaczone grupą plam o kasztanowej barwie dobrze widocznych na tle pokrytej śniegiem tajgi. Tak stwierdzono dwie ważne cechy spadku: był to deszcz meteorytów i był on kraterotwórczy. Dwa miesiące później zespół badaczy kierowany przez znanego astronoma Wasilija Grigoriewicza Fiesienkowa utorował sobie drogę do pola kraterów przez niemal nieprzebytą tajgę. Znaleźli oni 122 kratery, z których największy i pierwszy, który przebadano, miał 28 metrów średnicy i 6 metrów głębokości. Ponadto naliczyli 78 dołków”. Cztery lata później ponad 20 ton fragmentów żelaza nikłonośnego znalazło się w magazynie Radzieckiej Akademii Nauk.

Ewgenij Leonidowicz Krinow, kierownik późniejszych ekspedycji, w których Cwietkow odegrał znaczącą rolę, doszedł do wniosku, że elipsa rozrzutu miała rozmiary 1 na 2 kilometry, a jej główna oś wskazywała, że deszcz meteorytów spadał z kierunku NNW na SSE. Nie zgadzał się z tym Diwari twierdząc, że warkocz dymu, obserwowany przez ponad 180 świadków, wskazywał kierunek lotu od NNE na SSW. Krinow twierdził, że wiatr najprawdopodobniej zdmuchnął dymny ślad z prawdziwego kursu bolidu. Późniejsza praca Cwietkowa z 1975 roku przyznała rację Divariemu, ale w publikacjach naukowych w języku angielskim wciąż przedstawiane są dane Krinowa. Ekspedycja z 1975 roku stała się także przyczyną konfliktu między Krinowem a Cwietkowem.

Krinow był niestrudzonym badaczem skrupulatnym do tego stopnia, że przebadał dosłownie każdy metr kwadratowy ściółki leśnej w swej elipsie rozrzutu 1 na 2 km, zaznaczając na mapie każdy krater i dokładne położenie każdego fragmentu meteorytu względem każdego krateru. Cwietkow określał Krinowa jako bardziej podobnego do dziewiętnastowiecznych przyrodników niż biegłego w metodach współczesnej nauki. Pod koniec ekspedycji w 1915 roku Cwietkow zaproponował Krinowowi, że pozostanie z małą, dziesięcioosobową grupą i zamiast dalej stosować czasochłonną metodę badania każdego metra kwadratowego powierzchni, zbada sieć kraterów 25 na 25 m oddalonych jedna od drugiej o 200 m. Cwietkow czuł, że w ten sposób uda mu się dokładniej wyznaczyć granicę elipsy rozrzutu, niż zrobił to i utrwalił w formie publikacji Krinow.

Nowa metoda badawcza Cwietkowa szybko zaowocowała niepodważalnym rozszerzeniem terenu spadku o jakieś 10 km w kierunku NNE, a więc rozciągnęła i zmieniła kierunek

wielkiej osi elipsy rozrzutu wyznaczonej z pola kraterów. Dzięki pracy Cwietkowa elipsa rozrzutu powiększyła się do 12 na 4 km. Podczas naszej trzyosobowej ekspedycji w 1995 roku Cwietkow powiedział mi, że Krinow próbował wytłumaczyć znaleziska Cwietkowa twierdząc, że meteoryty znalezione poza granicą Krinowa zostały zniesione w bok przez wiatr. Jednak następnego dnia Cwietkow przyniósł mu okaz ważący 43 kilogramy, który w żaden sposób nie mógł zostać zepchnięty z kursu przez wiatr. To właśnie odkrycie przez Cwietkowa znacznie większej elipsy rozrzutu raz na zawsze zamknęło zacięty spór między Diwarim a Krinowem.

Po moim powrocie pytano mnie, czy nadal można tam znaleźć meteoryty w kraterach i wokół nich. Mnóstwo. Pytano mnie też, jak tam się dostać i czy odwiedziny miejsca spadku są „legalne”.

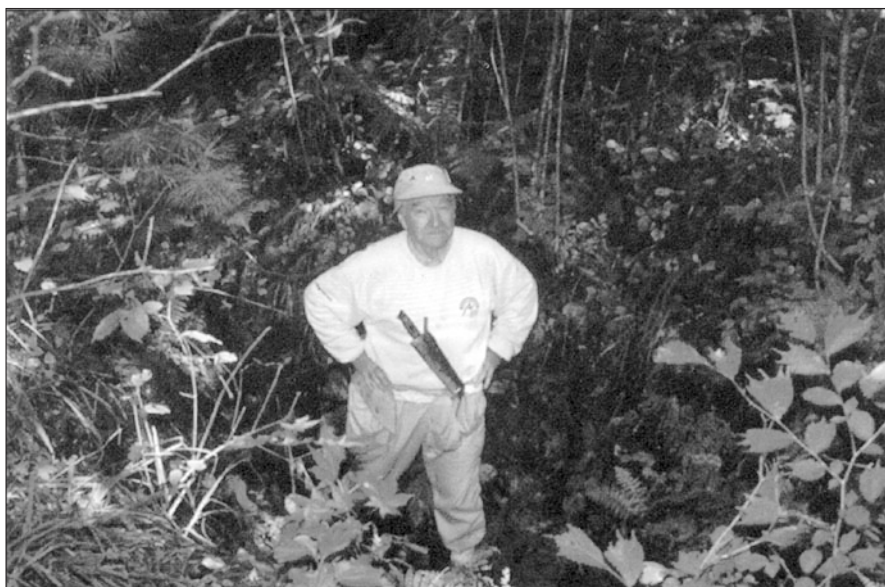
Meteoryty są rozrzucone wszędzie. Do dziś zebrano ponad 9000 meteorytów żelaznych ważących w sumie jakieś 28 – 29 ton. Największy z nich waży 1745 kg. najmniejszy mniej niż gram. Ponadto jest tam mnóstwo rozproszonych produktów ablacji wymiesza-nych z leśną glebą.

Sikhote-Alin został zaliczony do oktaedrytów bardzo gruboziarnistych. Krinow oceniał całkowitą masę, która pozostała po przejściu przez atmosferę, na jakieś 70 ton. Według ostatnich ocen Cwietkowa (i innych) masa ta wynosi około 100 ton. Fiesienkow ocenił, że meteoryt wszedł w atmosferę z prędkością 14,5 km/s. Ostatnie obliczenia Cwietkowa pokazały, że prędkość ta wynosiła 12,4 km/s.

Moja ubiegłoroczna ekspedycja

Na początku lata 1995 r. Cwietkow, jako członek Rosyjskiego Towarzystwa Astronomicznego, zaprosił mnie na miejsce spadku deszczu Sikhote-Alin. Razem z tłumaczką, która była ze mną nad Pod kamienną Tunguską, poleciałem do Władywostoku, gdzie spotkał nas Cwietkow, który przyleciał z Moskwy dzień wcześniej. Następny dzień zajęło nam uzupełnianie ekwipunku, po czym złapaliśmy poranny pociąg do Dalnereczeńska, dokąd przybyliśmy o 9.30 rano.

Wyładowaliśmy trzy ciężkie plecaki i duży worek. Cwietkow zdołał znaleźć kogoś, kto zechciał zawieźć nas 90 km do wsi Meteoritnyj na skraju tajgi, około 10 km od głównego obozu z 1947 roku położonego w środku pola kraterów. Kosztowało to czterdzieści pięć dolarów. W Rosji mówi się: „My nie mamy dróg tylko kierunki”². Droga do Meteoritnego nie miała nawet kierunku. Kierowca powiedział, że jedyny rozsądny sposób jej przebycia to śmigłowiec. Po dwóch godzinach dowiózł nas do małej wioski drwali, a potem jeszcze kilka



Autor w kraterze o średnicy 4 m, obecnie zupełnie zarośniętym.

kilometrów do Izmajlichy, innej leśnej osady liczącej 350 mieszkańców. Błotniste ulice miały ruchome przegrody ze świń, kaczek i krów.

Przenocowaliśmy u przyjaciela Cwietkowa, nadleśniczego tego terenu, Aleksandra, którego obowiązkiem jest także wiedzieć o obcych odwiedzających ten obszar. Wstaliśmy o 8 rano, przepakowaliśmy niektóre rzeczy, i o 10 wgramoliliśmy się do Ziła 131, sześciokołowego pojazdu wojskowego, który jak się przekonałem, potrafi przejechać przez niemal każdy teren. Po około półtorej godziny pokonywania strumieni, łamania, przeskakiwania i pokonywania jak się tylko dało najgęstszej puszczy, jaką można sobie wyobrazić, mieszając wypełnione wodą, głębokie po kolana koleiny błota, kompletnie wytrzęsieni zatrzymaliśmy się nagle w miejscu starego obozu z 1947 roku.

Zostaliśmy przywitani przez Rosjanina i Rosjankę, którzy przerazili się widząc nas.

Poprzedniej nocy Aleksander powiedział nam, że „grupa siedmiu meteorytowych piratów” była tam przez trzy tygodnie. Kucharka szybko zaczęła walić w kowadło, co było słychać na cały las. Jeden po drugim ukazywali się inni „piraci” i spoglądali na nas w milczeniu i podejrzliwie. Gdy rozpoznali Cwietkowa, nagle stali się uśmiechnięci i uprzejmi. Byli oni naukowcami z Moskiewskiego Uniwersytetu dorabiającymi sobie w ten sposób do skromnych pensji. Tego wieczoru przy wódce i barszczu powiedzieli nam, że zwrócili się o pozwolenie wyjazdu do Komitetu Meteorytów Rosyjskiej Akademii Nauk proponując przekazanie po-

łowy tego, co znajdą, do kolekcji Akademii. Dyrektor Szukolukow nie dał im zezwolenia. Mimo to przyjechali.

Byłem oszołomiony widząc duży stół, obok namiotu służącego za jadalnię, zavalony więcej niż setką meteorytów. Był to plon tego ranka. Największy z nich ważył około 45 kg.

Siergiej, jeden z „piratów”, powiedział, że kilka godzin pracy z wykrywaczem metali może dać żniwo do 10 kg meteorytów. Zacząłem liczyć: trzy tygodnie ciężkiej pracy daje 210 kg na osobę razy 5 osób równa się 1050 kg. Zamierzali oni być tu jeszcze trzy tygodnie, co mogło dać w sumie około 2000 kg żelaza zrabowanego z tego terenu bez żadnej dokumentacji. Widać było, że Cwietkow jest wzburzony.

Co zamierzają oni zrobić z tymi meteorytami? spytał Cwietkow ich szefa kilka dni później. Sprzedać je „pewnym firmom” działającym na międzynarodowym rynku meteorytowym. Nie padły żadne nazwiska ani adresy. „Powinni oni zapisywać miejsce znalezienia i masę każdego meteorytu” przekonywał Cwietkow. „Taka informacja jest ważna z wielu powodów – poprawia ocenę pierwotnej masy obiektu i daje więcej szczegółów na temat rozpadu obiektu w atmosferze.”

Padało, gdy przyjechaliśmy na miejsce obozu, i lało jak z cebra, gdy robiliśmy platformy pod namioty. Zanim rozbiliśmy obóz, ubrania, śpiwory, wszystko zrobiło się mokre, a moja kamera wideo i dwa Nikony zaparowały. Przez następnych kilka dni „piraci” chodzili swoją drogą, dzierżąc swe nieporęczne wojskowe wykrywacze metalu, a my swoją. Zeszliśmy do kilku kraterów, wciąż dobrze widocznych dzięki wałom skalnych gruzów, ale bardzo zarośniętych drzewkami, pnączami i inną roślinnością. Katia, moja tłumaczka, z łatwością i z powodzeniem posługiwała się moim wykrywaczem metalu, podczas gdy ja wykorzystywałem przyrząd do wyznaczania współrzędnych (GPS) do określenia położenia niektórych większych kraterów, tak że Cwietkow mógł sprawdzić współrzędne uzyskane wcześniej.

Wykrywacz metali zabrałem ze sobą jako prezent dla Cwietkowa, i po uśmiechu od ucha do ucha widać było, jak bardzo jest on wdzięczny. Sam byłem zainteresowany fotografowaniem, filmowaniem i wyznaczaniem pozycji.

Teren ten ma niezwykle różnorodną florę i faunę. Są tu mandżurskie kasztanowce i mongolskie dęby, brzozy, jodły, modrzewie, świerki, trzy gatunki klonu, osiki, czeremchy, kilka rodzajów storczyków i mocne liany wielkości małego sznurka, które łapią ciebie na każdym kroku. Także korzenie żeń-szeń używane do leczniczego napoju. Wśród zwierząt jest 250 syberyjskich tygrysów, dziki i liczne syberyjskie niedźwiedzie brunatne, które pozostawiają odciski stóp wielkości dużego talerza obiadowego, dwa gatunki jadowitych węży i trochę nieprzyjemnych roślin podobnych do trującego bluszczu.

Kraterzy są ponumerowane według rozmiarów od 1 w górę, im wyższy numer ma krater, tym jest mniejszy. Krater numer 65 zainteresował mnie, mimo małych rozmiarów – tylko 1,5 metra, ponieważ był przedmiotem innego sporu między Krinowem a Cwietkowem. Ekspedycja z 1947 roku znalazła w tym kraterze 40 kg meteoryt. Po latach Krinow powiedział

Cwietkowowi, że ten właśnie meteoryt spowodował powstanie krateru. Jednak do tego czasu Cwietkow zbadał wiele kraterów i stwierdził istnienie prostej korelacji między wielkością krateru i masą meteorytu. Gdy zastosował swój wykres do 40 kg meteorytu Krinowa, stwierdził, że nie pasuje on do jego krzywej. Powiedział Krinowowi, że w kraterze musi być zakopany o wiele masywniejszy meteoryt. Krinow nie zgodził się z nim wyrażając swą nieufność do matematycznego modelowania Cwietkova. Potem, podczas ekspedycji w 1972 roku, grupa posługująca się magnetometrem wykryła dużą bryłę zakopaną w dnie krateru, ważącą 160 kg. Pasowała ona pięknie do krzywej na wykresie zależności masy od wielkości krateru. Krinow niechętnie zgodził się, że prawdopodobnie większy meteoryt zrobił krater, a mniejszy obiekt spadł potem. Mimo to Krinow nadal nie ufał modelowaniu matematycznemu pola kraterów przez Cwietkova, a zwłaszcza stosowaniu przez niego teorii prawdopodobieństwa, którą nazywał „teorią cudów”.

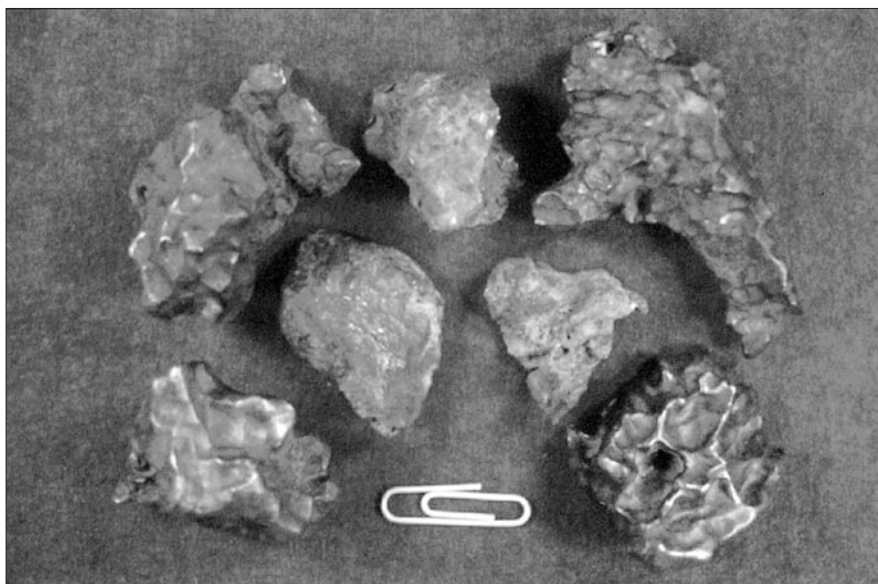
Odlamki i całkowite okazy

Są dwa rodzaje meteorytów Sikhote-Alin. Najczęściej spotykane są zwane odlamkami i zaśmiecają główne pole kraterów tkwiąc tylko kilka centymetrów w gruncie. Powstały w wyniku roztrzaskania się o zamrożony grunt brył o dość dużej masie. Rosyjscy i estońscy „piraci” wydobyli tak wiele tych odlamków, że zalały one międzynarodowy rynek: i można je otrzymać stosunkowo tanio. Cwietkow mówił, że pewien estoński zbieracz przyniósł pełne wiadro odlamków do jego moskiewskiego biura.

Jest też druga grupa, bardziej cenna, trudniejsza do zdobycia. Te meteoryty nie zostały rozbite podczas uderzenia i nazywane są całkowitymi okazami. Z powodu ogrzania podczas przelotu przez atmosferę i wynikającej stąd ablacji powstały na ich powierzchni wygładzone wyżłobienia lub regmaglipty. Całkowite okazy są wyjątkowe, ponieważ muzea na świecie nie mają takich meteorytów w swych zbiorach, jak twierdzi Cwietkow. Do dziś kolekcjonerzy mają na nie wielką ochotę.

Nasz przedostatni dzieli na miejscu spadku był najciekawszy i najbardziej pracowity.

Nasza trójka wyszła z obozu tak, aby inni nie poszli naszym śladem. Cwietkow powiedział, że zabiera nas na miejsce, gdzie można znaleźć mnóstwo całkowitych okazów. Okazało się, że czekała nas czterogodzinna wędrówka bezdrożami przez gęstą tajgę, mokradła i trzęsawiska z jadowitymi węzami i przez małą lecz bystrą rzeczkę na odległy stok górski bogaty w meteoryty. Drugi raz na taką wyprawę nie poszedłbym. Myślę, że jest tylko kilka osób, które mogłyby odnaleźć drogę do tego miejsca. Jedna godzina na zboczach wystarczyła, by odnaleźć kilka pięknych całkowitych okazów.



Cztery całkowite okazy z wyraźnymi regmagliptami otaczają trzy odłamki. Okaz z prawej u dołu waży 170,4 grama.

Gdy spytałem Cwietkova, czy planuje obecnie pokierować jakąś bardziej „oficjalną” ekspedycją w celu podjęcia dalszych badań terenu spadku, powiedział, że tak jak wszędzie w Rosji sytuacja jest dziś skomplikowana i zniechęcająca. Przede wszystkim kto jest opiekunem tego miejsca? Komitet Meteorytów twierdzi, że on, ale miejscowe władze okręgu uważają, że mają prawo kontrolować odwiedzanie tego miejsca. Do kogo więc zwrócić się o pozwolenie odwiedzenia miejsca spadku? „Czasem lepiej nie pytać” radzi Cwietkow. Mówi, że ktoś, kto chciałby uzyskać pozwolenie, powinien zwrócić się do administracji Primoria, politycznego okręgu rosyjskiego dalekiego wschodu. Administracja może dać zaproszenie do odwiedzenia miejsca spadku, ale tylko za aprobatą Rosyjskiej Akademii Nauk. Wszyscy chętni mogą być przygotowani, że znajdą się w sytuacji z Paragrafu 22. Ja otrzymałem zaproszenie ustnie od Cwietkova, a pisemnie od wpływowego geologa z St. Petersburga.

Jak mogą kolekcjonerzy zdobyć okazy tego meteorytu? Mogą znaleźć je na międzynarodowym rynku, lub, co mniej prawdopodobne, na nielegalnym rosyjskim rynku. Cwietkow twierdzi jednak, że prawie wszystkie dostępne w Rosji okazy Sikhote-Alin, to odłamki. Fakt, że niewiele całkowitych okazów jest dostępnych, może powodować, że właściciel będzie żądał wysokiej ceny. Wzruszywszy ramionami Cwietkow stwierdził „może do ośmiu dolarów zagram”.

Pierwotny rosyjski zbiór znajduje się pod kontrolą Komitetu Meteorytów, który nie sprzedaje okazów. Udostępnia okazy instytutom badawczym, lub wymienia okazy z muzeami i organizacjami naukowymi. W nielicznych przypadkach Komitet przekazał okazy w darze.

Przyszłe „oficjalne ekspedycje”?

W 1994 roku Cwietkow wystosował pismo podpisane przez przewodniczącego Towarzystwa Astronomicznego z prośbą do zbiurokratyzowanego Komitetu Meteorytów, aby objął patronat nad międzynarodową ekspedycją z okazji 50 rocznicy spadku w 1997 roku, którą Cwietkow chciałby zorganizować i poprowadzić. Przedstawił przewodniczącemu Komitetu, Szukolukowowi, w jaki sposób takie międzynarodowe przedsięwzięcie mogłoby przyczynić się do dalszego zrozumienia deszczu meteorytów Sikhote~Alin i innych spadków meteorytów i że byłoby opłacone w całości przez zagranicznych uczestników.

19 maja 1994 roku przyszła odpowiedź, w której między innymi możemy przeczytać:

Szanowny Dr Cwietkow,

Miejsce spadku meteorytu Sikhote-Alin zostało już wyczerpująco przebadane i nie ma potrzeby dalszego badania tego zjawiska. Ponadto uważam za bardzo wątpliwe, czy proponowana przez was ekspedycja mogłaby wnieść nowe dane naukowe do problemu meteorytu Sikhote-Alin. Wątpliwe też, czy badanie pyłu mikrometeorytowego przyczyniłoby się do głębszego zrozumienia zjawiska. Ponadto wywiezienie meteorytów Sikhote-Alin przez obcokrajowców zmniejsza sposobność [Komitetu Meteorytów] wymiany okazów z naukowcami, którzy mają meteoryty i innych miejsc. Jeśli chodzi o przekazanie części znalezionych fragmentów Rosyjskiej Akademii Nauk, to nie ma takiej potrzeby, ponieważ Akademia ma wystarczająco dużo odnalezionych okazów i są one dobrze przebadane. Uważamy też, że wszystkie dalsze wizyty na miejscu spadku powinny zostać zabronione.³

Czy ta absurdałna z naukowego punktu widzenia decyzja oznacza, że pozostałe 70 ton meteorytów Sikhote-Alin, rdzewiejące w ziemi, nigdy nie ujrzy światła dziennego? Nic podobnego. Zawsze przecież będą piraci.

Przypisy redaktora:

¹ Nazwę nadano wsi w 1972 roku. Wcześniej nosiła chińską nazwę.

² Cwietkow twierdzi, że autor wymyślił to sobie.

³ Zanim zaczniemy natrząsać się z Rosjan, przypomnijmy sobie sytuację naszego Morasko. Wprawdzie nie zetknąłem się z oficjalnym zakazem poszukiwania tego meteorytu, z wyjątkiem terenu rezerwatu, ale chyba tylko dlatego, że nie ma w Polsce Komitetu Meteorytowego. Żadna z instytucji naukowych nie podjęła dotąd poważnych poszukiwań. Ile warte były dotychczasowe sporadyczne badania widać z faktu, że wystarczy kilka godzin pracy z wykrywaczem, by znaleźć nawet spore okazy tego meteorytu. Ostatnio zaczynają nas wyręczać niemieccy „piraci”. Amerykanie też nie chcą być gorsi od Rosjan i wprowadzili zakaz zbierania meteorytów wokół słynnego krateru w Arizonie.

Konserwacja meteorytów

Philip Bagnall

Upolowanie, czy po prostu zakupienie meteorytu, to dopiero połowa sukcesu. Trzeba go jeszcze zachować w dobrym stanie. Oto jak to zrobić:

Z chwilą, gdy meteoryt wpada do atmosfery, zaczyna rozpadać się. O ile my na Ziemi uważamy naszą cienką gazową powłokę za istotną część ekosystemu, o tyle dla meteorytu jest to środowisko całkowicie wrogie. Nasze nasycone wodą powietrze może zniszczyć meteoryt nawet w ciągu kilku lat, a rośliny potrafią wdrzeć się w najmniejszą szczelinę najmocniejszego nawet meteorytu powodując najrozmaitsze kłopoty.

Aby zapobiec naturalnemu niszczeniu meteorytów, można stosować pewne techniki konserwatorskie. Metody te nie zatrzymają całkowicie rozpadu, ale spowolnią go do tempa możliwego do przyjęcia. Obojętne jakich metod użyjemy, konserwacja będzie zawsze tylko kompromisem. Radykalnym rozwiązaniem byłoby odstawienie meteorytu do jego naturalnego środowiska – przestrzeni kosmicznej.

Ideąłem byłoby rozpoczynanie zabiegów konserwatorskich w momencie zetknięcia się meteorytu z ziemią. W praktyce rzadko kiedy jest to możliwe. Znacznie częściej meteoryty są znajdowane dopiero po pewnym czasie, w ciągu którego zdążyło rozpocząć się ich wietrzenie.

Jeśli ktoś będzie miał szczęście znaleźć się blisko miejsca spadku meteorytu, to jest kilka rzeczy do zrobienia. Uzyskawszy pozwolenie właściciela terenu na zajęcie się meteorytem należy zrobić kilka pomiarów i sfotografować meteoryt w miejscu spadku, kładąc obok linijkę lub jakiś powszechnie używany przedmiot dla porównania. Meteoryt należy następnie zawinąć w folię, a najlepiej umieścić w teflonowym worku i dostarczyć do najbliższego muzeum przyrodniczego, jeśli ma ono dział geologiczny, lub do muzeum czy instytutu geologicznego do zbadania. Świeżo spadłe meteoryty powinny być konserwowane tylko przez specjalistów, którzy mają odpowiednie wyposażenie i wiedzę.

Stare meteoryty (czyli takie, które przez długi czas leżały w ziemi) mogą zwykle być czyszczone i konserwowane przez amatorów, ponieważ trudno, aby zrobili oni więcej szkody, niż zdążyła już zrobić przyroda.

Trzy najczęściej spotykane problemy dotyczące zwietrzałych meteorytów to kurz (głównie na terenach gorących i suchych), glina i błoto (na terenach wilgotnych) i rośliny (prawie na każdym terenie). Każdy powoduje specyficzne trudności i wymaga odrębnego rozwiązania.

Kurz najlepiej usunąć miękką szczoteczką z wielbłądziej sierści, lub pojemnikiem ze sprężonym powietrzem. Jedno i drugie można dostać w sklepach fotograficznych. Jednak gdy meteoryt leżał w kurzu przez dłuższy czas, kurz przykleił się i trudno go usunąć, zwłaszcza gdy czasem spadło trochę deszczu. Trzeba wtedy potraktować kurz ostrzejszym narzędziem, ostrożnie i bez pośpiechu, aby nie porysować meteorytu.

Glinę i błoto można usunąć twardą szczotką (zwykle używam szczotkę do butów, oczywiście nie używaną przedtem do czyszczenia butów), chociaż grubsze warstwy błota mogą wymagać zanurzenia w wodzie lub occie. Nie wolno pozostawiać meteorytu długo w cieczy: trzeba sprawdzać co 10 minut próbując odłupać błoto palcem. Jak tylko odsłoniemy powierzchnię meteorytu, należy wyjąć go z cieczy i wymyć destylowaną wodą, po czym umieścić w alkoholowej kąpieli na dwa lub trzy dni. Następnie należy wysuszyć meteoryt w ciepłym pomieszczeniu, najlepiej nad grzejnikiem. Umieszczenie go w pudełku z otworami wentylacyjnymi z boku pozwoli uciec wilgoci i uchroni przed osiadaniem kurzu na meteorycie.

Roślinność może sprawić poważne kłopoty. Jeśli narósł tylko przyłgnęła do powierzchni, można ją usunąć tak samo jak glinę i błoto. Jednak niektóre rośliny mogą wpuścić korzenie w szczeliny meteorytu i, jeśli zostawić je w spokoju, doprowadzić do jego rozpadu, lub spowodować poważne zniszczenia wewnątrz. Można zniszczyć narośle i ich korzenie stosując środki chwastobójcze. Po jakimś tygodniu rośliny zginą i wykruszą się. Korzenie można czasem wydostać pincetą, ale mogą też wyschnąć na proszek i wypaść ze szczelin. Problem polega na tym, że nie wiadomo, jak rozległe uszkodzenia wewnętrzne spowodowały rośliny i środek chwastobójczy. Jeśli roślina wprowadziła wilgoć do wnętrza meteorytu, najlepiej umieścić go w alkoholowej kąpieli na kilka dni.

Wszystkie meteor}ty żelazne, i niektóre kamienne mające plamki i wrostki żelaza, będą rdzewiały z czasem. Pierwszą oznaką jest czerwone, brunatne lub żółte zabarwienie okazu. W meteorytach kamiennych może pojawić się aureola wokół plamek metalu. Można usunąć rdzę kwasem szczawiowym lub winnym, cytrynianem sodu lub kwaśnym siarczanem sodu. Małe plamki najlepiej potraktować watą nasączoną roztworem jednej części cytrynianu sodu i pięciu czy sześciu części wody. Należy położyć t wałę na miejscu, gdzie pojawiła się rdza, na jakieś 10 – 20 minut. Po usunięciu rdzy meteoryt powinien być wykąpany w alkoholu. Można zmniejszyć szanse rdzewienia pokrywając powierzchnie przekroju dobrej jakości lakierem.

W tym miejscu, zanim niektórych zawodowych meteorytyków trafi szlag, muszę dodać pewne wyjaśnienie. Jeśli meteoryt jest cenny z naukowego punktu widzenia (np. jest rzadkiego typu), to przede wszystkim część okazów powinna trafić do muzeum czy uniwersytetu, gdzie zostaną podjęte jego badania. Lakier chroni meteoryty przed uszkodzeniami,

jakie mogą zdarzyć się, gdy meteoryt jest pokazywany publicznie, ale powoduje także problemy z chemicznego punktu widzenia zanieczyszczając skład chemiczny i budowę meteorytu. Jeśli jednak część okazu trafi do specjalistów, to powinność kolekcjonera wobec meteorytyki zostanie spełniona.

Zawodowi meteorytycy nie biorą często pod uwagę, że meteoryt w prywatnej kolekcji narażony jest na uszkodzenia, które nie grożą okazom w muzeach i pracowniach uniwersyteckich. Wyobraźmy sobie meteoryt wystawiony dumnie w pokoju na półce. Najpierw może tam wskoczyć kot i wytrzeć sobie pyszczek o meteoryt zostawiając na nim trochę włosów. Potem może stracić go na podłogę, gdzie przyklei się kurz i kłaczki z dywanu. Czteroletnia córka kolekcjonera skrzyczy kota i podniesie meteoryt rączką umazaną lichem, aby postawić go na miejsce. Gdyby powierzchnia meteorytu nie była polakierowana, byłyby kłopoty.

Meteorytycy nie biorą też pod uwagę, że większość meteorytów w prywatnych zbiorach nie jest szczególnie cenna pod względem naukowym. Często są to okazy meteorytu, który został już przebadany aż do znudzenia, albo tak zwietrzały, że niewiele ciekawego można dowiedzieć się z jego badań. Gdyby nie trafiły one do prywatnej kolekcji, to leżałyby gdzieś w polu czekając, aż zwietrzeją do reszty. Co by nie myśleć o poglądach ludzi podobnych do wielbego Pillingera, który modlił się, by żaden meteoryt nie trafił do prywatnej kolekcji, trudno mi dostrzec, jaką wartość mogłaby mieć góra rdzy gdzieś na stepach Kazachstanu.

Meteoryty są często trudne do zdobycia i drogie, więc poświęcenie trochę czasu na ich konserwację na pewno się opłaci.



Koordinator Klubu Kolekcjonerów Meteorytów OPiOA z przykrością informuje, że, przytłoczony problemami zawodowymi, nadal nie ma nic do zaoferowania kolekcjonerom, prócz adresów zagranicznych firm sprzedających meteoryty. Ponieważ zbliża się sezon turystyczny, co oznacza najazd na planetarium, są niewielkie szanse, aby sytuacja poprawiła się przed jesienią.

Konferencja Tunguska 95

Ekologiczne skutki zderzenia z Ziemią małych ciał Układu Słonecznego

Mark E. Bailey

To ambitne i szeroko zakrojone spotkanie – zarówno pod względem naukowym jak i geograficznym – miało miejsce od 18 do 26 lipca 1995 roku. Sesje naukowe odbywały się w Moskwie, Tomsku i Wanawarze. Ta ostatnia jest małą miejscowością w odległych rejonach Syberii, w kraju Ewenków. Punktem kulminacyjnym konferencji było coś, co eufemistycznie nazwano „wycieczką” do jeszcze bardziej odludnego miejsca, mianowicie epicentrum eksplozji Bolidu Tunguskiego, która wydarzyła się 30 czerwca 1908 roku. Chociaż większość uczestników przybyła z krajów dawnego Związku Radzieckiego, było także kilka referatów z Zachodu i innych krajów; konferencja odbywała się głównie w języku rosyjskim, ale wystarczająca liczba tłumaczy zapewniła, że przynajmniej główne treści każdego wystąpienia mogły być śledzone przez wszystkich.

Na każdego z zagranicznych uczestników oczekiwali w moskiewskim międzynarodowym porcie lotniczym członkowie Moskiewskiego Lokalnego Komitetu Organizacyjnego. Sesja moskiewska, która odbywała się w siedzibie Rosyjskiej Akademii Nauk, rozpoczęła się znakomitym przeglądem najważniejszych cech eksplozji tunguskiej przedstawionym przez akademika N.W. Wasiliewa z Charkowa (Ukraina), po czym nastąpiły przeglądy dynamiki komet,

wzajemnych powiązań komet i planetoid oraz dyskusja na temat natury i prawdopodobnej budowy tunguskiego pocisku.

Uwagę autora zwróciło przedstawione przez G. Longo z Bolonii (Włochy) omówienie być może pozaziemskich cząstek pyłu znalezionych w żywicy drzew z terenu katastrofy. Z jego danych wynika, że bolid tunguski był pochodzenia kometarnego, ale trzeba by potwierdzić, czy odnalezione ziarna istotnie są pozaziemskie. To wystąpienie wywołało żywą dyskusję, która była kontynuowana po kolejnych referatach przedstawionych i w Moskwie i w Tomsku przez E.M. Kolesnikowa z Moskwy, który przedstawił ostatnie pomiary anomalii chemicznych i izotopowych w warstwach torfu pochodzących mniej więcej z roku katastrofy. Kilka próbek, nie rozrzuconych równomiernie lecz zgrupowanych w kilku odrębnych miejscach wokół epicentrum, wykazywało anomalie sugerujące zanieczyszczenie materią pozaziemską. Mimo to nie jest całkiem jasne, jak takie rozmieszczenie materii na kształt łatek mogło powstać w wyniku spadku bolidu. Pojawiła się sugestia, że pierwotny meteoroid mógł rozpaść się podczas przejścia przez atmosferę, dzięki czemu jeden lub więcej fragmentów, być może o większej gęstości niż pozostałe, zostało wyhamowanych i pozostawiło materię na znacznie niższej wysokości niż nominalna, około 6 km,

wysokość głównego zjawiska. Fizyczny mechanizm tego zjawiska i sposób, w jaki części meteoroidu i produkty jego kondensacji mogły przeżyć, aby znaleźć się w drzewach i glebie blisko epicentrum, pozostaje ważnym tematem dalszych badań.

Moskiewska konferencja była kontynuowana następnego dnia dla miejscowych uczestników, podczas gdy zagraniczni uczestnicy wyjechali do Tomsku, cztery strefy czasowe na wschód, gdzie znów zostali przywitani na lotnisku i rozmieszczeni w prywatnych domach członków lokalnego komitetu organizacyjnego lub uczestników dawnych ekspedycji na teren katastrofy tunguskiej. Spotkali się oni z wyjątkową gościnnością, a syberyjska kuchnia okazała się niezrównana. Ulokowanie uczestników w prywatnych domach stworzyło wiele sposobności do poznania szczegółów zdarzenia z 1908 roku i wcześniejszych ekspedycji na miejsce zdarzenia. Nie trzeba dodawać, że ten aspekt spotkania najbardziej utkwiał w pamięci i był najprzyjemniejszy dla wszystkich zainteresowanych.

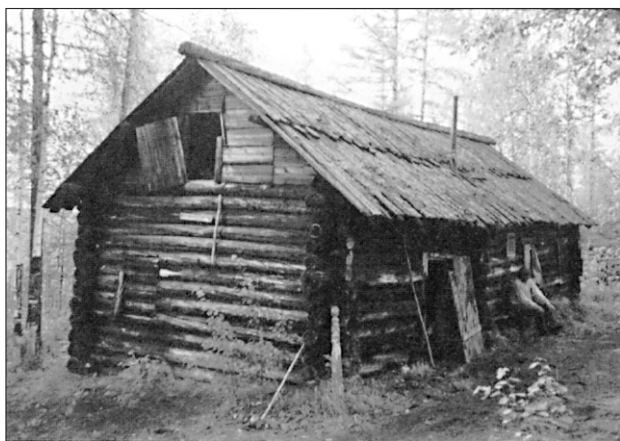
Spotkanie w Tomsku rozpoczęło się, podobnie jak w Moskwie, przeglądem głównych cech charakterystycznych wydarzenia z 1908 roku i podsumowaniem badań prowadzonych głównie przez grupę z Tomsku odkąd finansowane centralnie badania katastrofy i jej następstw zostały przerwane w latach sześćdziesiątych. Obecny astronomiczny obraz źródeł i możliwej zależności czasowej strumienia obiektów wielkości tunguskiego przedstawił w swym wykładzie S.V.M. Clube z Oxfordu (Wielka Brytania), który wyeksponował możliwy związek między obiektem, który wywołał bolid tungu-

ski, a rojem meteorów Taurydy, interpretując ten ostatni, jako gruz z rozpadu dawnej ogromnej komety. Były prezentowane także inne prace astronomiczne, na przykład W. Emelianienko z Czelabińska (Rosja) i M.E. Bailey z Liverpoolu (Wielka Brytania) podkreślili, że powinna istnieć ogromna liczba ciał wielkości bolidu tunguskiego i większych, dotąd nie odkrytych, krążących po orbitach kometarnych o wysokim nachyleniu podobnych do orbity komety Halleya. Takie obiekty na ogół nie zostałyby odkryte przez obecne techniki badawcze.

Zaprezentowano pewną liczbę prac poświęconych dynamice komet i planetoid, a późniejsza sesja skoncentrowała się na matematycznych modelach zderzenia ciał astronomicznych z Ziemią i rozważaniu „ekologicznych” skutków zderzenia włącznie ze szczegółami powalenia puszczy, lokalnych anomalii geofizycznych i przypuszczalnych biologicznych i kulturowych skutków zderzenia.

Ważnym aspektem tych badań jest, że w znacznym stopniu zachęciły one do poszukiwań zapisów historycznych i ekologicznych śladów podobnych zdarzeń w przeszłości. P. Snow z Tapanui (Nowa Zelandia) przedstawił godny uwagi opis podobnej katastrofy na południu nowozelandzkiej Wyspy Południowej, a praca Bailey’a i innych z Wielkiej Brytanii dostarczyła nowych informacji o brazylijskim „bolidzie tunguskim” z 13 sierpnia 1930 roku.

Dyskusje naukowe w większości zakończyły się w Tomsku, ale grupa około 50 uczestników wyruszyła do Wanawary odległej o pół dnia lotu na północny wschód. Cała grupa została serdecznie powitana na lotni-



Chata Kulika wzniesiona przez niego podczas jednej z pierwszych ekspedycji.

sku przez władze miasta i zaproszona na krótką wycieczkę po Wanawarze. Następnie śmigłowiec przewiózł wszystkich 70 km dalej do dawnego obozowiska Kulika w głębi syberyjskiej tajgi. Brak udogodnień cywilizacyjnych i perspektywa kilkudniowej walki z rojami komarów zdecydowanie zahartowały nawet największych teoretyków z naszej grupy. Nie tylko skala osiągnięć Kulika podczas jego pierwszej wyprawy naukowej w 1927 roku wywarła silne wrażenie, ale także trudność prowadzenia dokładnych prac terenowych w miejscu tak oddalonym od cywilizacji; prac prowadzonych przez członków grupy z Tomska przez co najmniej ostatnie 30 lat.

Spotkanie zakończyło się tak, jak się zaczęło, urzędową i prywatną gościnnością. Wracająca do domu grupa zmęczonych uczestników była pogryziona przez tunguskie robactwo i pełna wrażeń dotyczących samej Rosji jak i natury katastrofy z 1908 roku.

Co utkwilo w pamięci? Sugestywny, ale nie potwierdzony dowód, że pocisk był kometa lub chondrytem węglistym; sugestia wielokrotnej eksplozji; szybka regeneracja

lasu po zniszczeniu w 1908 roku; oraz trudności zidentyfikowania natury pocisku przez tak długi, lub tak krótki (zależy z czyjego punktu widzenia) czas po zderzeniu. Dla niektórych ciekawy był rozwój „mitologii” wokół katastrofy tunguskiej, pokazujący jak rozwijają się takie koncepcje nawet w dobie rozwoju nauki, oraz jak rzadkie zdarzenia astronomiczne mogły mieć wpływ na powstanie kultu religijnego lub stanowić powód utworzenia pewnego szczególnego miejsca pielgrzymek.

Niewątpliwie można jeszcze wiele dowiedzieć się np. poszukując, zarówno blisko jak i daleko od miejsca eksplozji, śladów ciała, które zderzyło się z Ziemią, a także przez konstruowanie numerycznych modeli rozpadu i eksplozji ciał kosmicznych o różnych właściwościach fizycznych i składzie chemicznym i porównywanie ich z topografią miejsca eksplozji oraz zaobserwowanym rozkładem przewróconych drzew. Będą kontynuowane badania ekologicznych skutków wybuchu. Pozostają natomiast do rozważenia szersze socjologiczne skutki zderzeń typu katastrofy tunguskiej, które mogłyby znacząco wpłynąć na bieg historii. Zderzenia podobnych rozmiarów występują na Ziemi średnio co 100 lat. Czy kolejna katastrofa może już być „spóźniona”; zdarzenie mające dość duże prawdopodobieństwo wystąpienia w ciągu najbliższych kilku lat, to proponowany temat spotkania z okazji 90 rocznicy, które ma odbyć się w Wanawarze w 1998 roku.

Dr. Mark Bailey jest obecnie dyrektorem Armagh Observatory w Irlandii Północnej.

Dostarczanie na Ziemię księżycowych meteorytów

Brett Gladman, Joseph A. Burns, Pascal Lee

Ponieważ odkrywanych jest coraz więcej meteorytów z Księżyca i z Marsa, stają się coraz bardziej oczywiste argumenty odłupane podczas zderzeń mogą uciec z dużych ciał łatwiej niż pierwotnie sądzono. W przypadku meteorytów księżycowych niewiele, jeśli w ogóle, można przyjąć wspólnych kraterów źródłowych. Tak więc w ciągu ostatniego miliona lat musiało wystąpić przynajmniej pół tuzina odrębnych wydarzeń, które spowodowały start meteorytów księżycowych. Ponieważ inwentarz meteorytów pochodzących z Księżyca jest niewątpliwie niekompletny, można mówić o stosunkowo dużym strumieniu materii księżycowej trafiającym w bliskie sąsiedztwo Ziemi. Badaliśmy dynamikę tego zjawiska stosując symulacje komputerowe i próbując stworzyć wewnętrznie zgodny model dostarczania meteorytów księżycowych, który brałby pod uwagę strumień pocisków, wydajność dostarczania i statystykę znalezisk meteorytów.

Aby ocenić wydajność dostarczania, podjęliśmy metodą symulacji komputerowej szczegółowe badania dynamicznej ewolucji materii, która została wyrzucona z Księżyca. Badaliśmy ewolucję orbit geocentrycznych (etap 1), a następnie ewolucję orbit cząstek, które uciekły na orbitę heliocentryczną (etap 2). W etapie 1 Księżyc jest w przypadkowy sposób bombardowany pociskami, które wyrzucają materię z różnymi prędkościami przekraczającymi prędkość ucieczki z Księżyca (2,38 km/s). Mała część tej materii jest dostarczana bezpośrednio na Ziemię podczas gdy 80 – 90% ucieka (w ciągu mniej niż kil-

kudziesięciu lat) na orbity heliocentryczne, co potwierdza wyniki poprzedniej pracy. Zależnie od prędkości startowej i kierunku wyrzucenia materia może spaść na Ziemię lub Księżyc, wyjść od razu na orbitę heliocentryczną lub ledwie uciec z układu Ziemia-Księżyc.

Śledziliśmy materię, która osiąga orbity heliocentryczne (etap 2) korzystając z programu przygotowanego przez Lewisona i Duncana. Spośród odłamków, które ledwie uciekają z układu Ziemia-Księżyc nieco ponad połowa uderza w Ziemię w ciągu 10 milionów lat. Dla odłamków wyrzuconych z większymi prędkościami ułamek materii wracającej na Ziemię w ciągu 10 milionów lat spada do jednej czwartej. Niezależnie od prędkości wyrzucenia, spośród zderzeń z Ziemią, które występują, mniej więcej dwie trzecie zdarza się w ciągu pierwszych 50 000 lat, co zgadza się ze stosunkowo młodym wiekiem ekspozycji na promieniowanie kosmiczne większości odnalezionych meteorytów księżycowych. Ilość zderzeń jest na początku bardzo wysoka, ponieważ prędkość uciekających cząstek względem Ziemi jest początkowo niska, zwiększając ziemski grawitacyjny przekrój czynny.

Z naszych symulacji widać, że meteoryty księżycowe uderzają z jednakowym prawdopodobieństwem w dowolne miejsce na Ziemi. Gdyby nie było zakłóceń po wylądowaniu, księżycowe meteoryty powinny być równomiernie rozmieszczone na Ziemi. Tak więc fakt, że 14 z 15 dotąd znalezionych meteorytów odnaleziono na Antarktydzie, jest efektem selekcji, a nie skutkiem jakiegoś zja-

wiska, które dostarczałyby meteoryty przede wszystkim do obszarów biegunowych. Średnia prędkość wejścia w atmosferę zaczyna znacznie wzrastać dla meteoroidów księżycowych powracających po milionie lat, co sprawia, że takie obiekty mają mniejsze szanse na przeżycie przejścia przez atmosferę.

W ciągu kilku milionów lat materia, która nie zderzyła się z Ziemią, rozprasza się w wewnętrznym Układzie Słonecznym. Cząstki poruszające się początkowo po orbitach podobnych do ziemskiej są rozpraszane w wyniku kolejnych zbliżeń do Ziemi. Początkowo cząstki pozostają na orbitach, których perihelium lub aphelium jest równe promieniowi orbity Ziemi. Po kilkuset tysiącach lat, gdy zaczynają one przecinać orbity innych planet, sytuacja się zmienia. Po milionie lat cząstki, które pozostały, były równomiernie rozproszone w wewnętrznym Układzie Słonecznym. Przez ponad 10 milionów lat zderzały się one

z planetami ziemskimi. Zaobserwowano wiele zderzeń z Wenus i jedno z Marsem.

Mając tę wiedzę o procesie rozpraszania cząstek możemy teraz ocenić tempo wyrzucania meteorytów księżycowych, przynajmniej w ciągu ostatnich kilkuset tysięcy lat. Przy kilku rozsądnych założeniach liczba antarktycznych meteorytów pokazuje, jaka część przybywającego strumienia meteorytów o wielkości 1 – 1000 gramów pochodzi z Księżyca. łącząc to z danymi kanadyjskiej sieci obserwacji bolidów, możemy ocenić ilość materii księżycowej wchodzącej w atmosferę. Nasze wyniki pozwalają przekształcić to w tempo wyrzucania odłamków z Księżyca.

Nasza praca podtrzymuje koncepcję, że gdy odłamki po zderzeniu uciekną z planety, to są one dość łatwo rozdzielane między pozostałe planety. Są prawdopodobnie kawałki Księżyca na orbitach planetek przecinających drogę Ziemi, oraz na Wenus i Marsie.



Spytaj GEOLOGA

odpowiada Bernhard Spörli

1. Proszę wyjaśnić skalę szokową S1, S2, ...

Zanim je znaleźliśmy, meteoryty przeżyły wiele zdarzeń. Była to kondensacja i akrecja w mgławicy słonecznej, statyczny metamorfizm w jakimś dużym ciele macierzystym i dynamiczny metamorfizm (szokowy) w wyniku zderzeń. Aby określić intensywność zdarzeń ostatniego typu utworzono skalę coraz silniejszych uszkodzeń. Nie wszystkie rodzaje materii reagują w ten sam sposób na wstrząsy, więc stosuje się nieco odmienne kryteria zależnie od rodzaju meteorytu (tzn. dla meteorytów krzemianowych albo żelaznych). Poniżej przedstawiamy skalę dla meteorytów krzemianowych.

W skrócie, w pierwszym stadium (S1) występują głównie spękania i zbliźniaczenia kryształów w skale. W drugim stadium (S2) napotykamy pierwsze dowody zaczynającego się topnienia. Plagioklaz zmienia się z krystalicznego w jednorodny, podczas gdy w minerałach takich jak piroksen i oliwin nadal występują tylko deformacje i zbliźniaczenia. Trzecie stadium (S3) rozpoczyna się, gdy plagioklaz przekształca się w płynną materię przypominającą lawę z bąblami, natomiast piroksen i oliwin nadal zachowują się jak w stadium 2. Pojawiają się także kieszenie topnienia i żyłki szkliwa. W czwartym stadium (S4) plagioklaz całkowicie zmienia się w szkliwo, a inne minerały wykazują oznaki topnienia na brzegach. W piątym stadium (S5)

stopiona i niestopiona materia zaczyna mieszać się; pirokseny i oliwiny są zupełnie zrekrytalizowane. W końcu cała skała topi się.

Intensywność efektów szokowych zależy od prędkości zderzenia i względnej masy dwóch zderzających się ciał. Aby wytworzyć rozpoznawalne efekty szokowe, prędkość zderzenia musi być co najmniej 0,7 km/s albo 1,3 km/s zależnie od tego czy meteoryt jest metalowy, czy krzemianowy.

2. Jakie są rodzaje bazaltu i jak one powstały?

Bazalty są z definicji ciemno zabarwionymi, zasadowymi skałami magmowymi. Są one zwykle drobnoziarniste lub szkliste i zawierają większe kryształy tkwiące w cieście skalnym, które bywa bardzo drobnoziarniste lub szkliste. Jeśli podczas krystalizacji wytworzyły się gazy, ich bąbelki mogły zachować się w postaci pęcherzyków. Zawartość SiO₂ w bazaltach, wyznaczona drogą analiz chemicznych mieści się w przedziale od 42% do 61%.

Na Ziemi bazalty powstają głównie w wyniku lokalnego stopienia płaszcza. Niektóre są związane z ogromnymi fontannami ciepła płynącymi z wnętrza Ziemi. Takie fontanny działały lub działają także na Marsie i Wenus. Mogą występować drobne różnice w składzie chemicznym ziemskich bazaltów zależnie od tego, czy bazalty tworzyły się w dolinie ryftowej (w strefie spreadingu), jak na Islandii, w strefie subdukcji, jak „pierścień ognia” na Pacyfiku, czy w środku płyty tektonicznej, jak na przykład na Hawajach. Różnice te są spowodowane głównie tym, ile czasu spędziła magma w zbiornikach magmowych po drodze od pierwotnego jej źródła do powierzchni.

Najczęściej stykamy się na Ziemi z erupcyjnymi wytworami bazaltowej magmy. Potoki lawy bazaltowej mają zwykle stosunkowo niską lepkość, co sprawia, że płyną one szybko i są niezbyt grube. Wnętrze zakrzepłego potoku lawy składa się ze stałego bazaltu, ale może zawierać puste kanały w postaci lawowych jaskiń. Górna powierzchnia może przyjąć postać wygładzonych sznurów zwaną pahoehoe, albo mieć bardzo nierówną strukturę ze sterczącymi fragmentami zwaną aa. Lawy bazaltowe wydostające się do wody często tworzą rury ostudzonego bazaltu, które rozchodzą się przez pączkowanie i tworzą charakterystyczne kopce lawy. Wybuchowe erupcje i fontanny ognia wytwarzają bazaltowy żużel i popiół.

Tam, gdzie erozja odsłoniła głębiej położone części wulkanu, możemy zobaczyć „zamrożone” wypełnienie przewodów, które dostarczały bazalt na powierzchnię. Mogą one występować jako mniej lub bardziej cylindryczne kanały bezpośrednio pod otworami niektórych wulkanów, albo jako płyty ułożone pionowo (dajki) lub poziomo (sille). Ponieważ te zakopane w głębi ziemi ciała miały możliwość stygnąć wolniej, są one czasem bardziej jednorodnie i nieco bardziej grubokrystaliczne niż lawy wyrzucone na powierzchnię. Głębiej w skorupie możemy odnaleźć zestalony, gruboziarnisty odpowiednik bazaltu w postaci skały zwanej gabro.

Wydaje się, że księżycowe bazalty mają nieco bardziej ograniczony zakres składu chemicznego. Są one praktycznie bezwodne i zubożone w lotne składniki. Analizy chemiczne pokazują, że mają one wyższą zawartość tlenu tytanu, pierwiastków ziem rzadkich i cyrkonu, oraz niższą zawartość niklu niż bazalty ziemskie. Utworzyły się one w początkach historii Księżyca w wyniku ponownego stopienia pewnych części wnętrza Księżyca, które zdążyły wcześniej skrytalizować, i zalania ogromnych obszarów znanych jako morza księżycowe.

Z faktu, że bazalty pochodzą z wnętrz planet, które są warstwowane pod względem składu, wynika, że te ciała uległy dyferencjacji w wyniku stopienia po ich zlepieniu się. Można to wywnioskować także z badania niektórych meteorytów, zwłaszcza kamiennych meteorytów achondrytów – eukrytów, które pod względem składu chemicznego najbardziej przypominają bazalty.

Dinozaury zdmuchnęło

Dramatyczny obraz ostatnich dni dinozaurów wyłonił się z badań nad skutkami kosmicznej katastrofy, która przypuszczalnie zakończyła ich trwające 160 milionów lat panowanie.

Niewielu naukowców wątpi obecnie w to, że 65 milionów lat temu jakiś globalny kataklizm spowodował całkowitą zagładę dinozaurów. Wielu uważa, że było to uderzenie ogromnego meteorytu, po którym krater znaleziono u wybrzeży Meksyku. Inni winią za to szereg gigantycznych erupcji wulkanicznych, o których wiadomo, że wystąpiły mniej więcej w tym samym czasie na terenie dzisiejszych Indii. Jeszcze inni przypuszczają, że jedno i drugie.

Wszyscy oni przyjmują tę samą zasadniczą tezę. Zderzenie lub erupcje wyrzuciły ogromne ilości pyłu do atmosfery uniemożliwiając na okres miesięcy dostęp światła słonecznego do powierzchni Ziemi. Gdy rośliny nie mogły rosnąć, zniszczeniu uległ cały łańcuch pokarmowy skazując dinozaury na zagładę.

To ładne wytłumaczenie ma jednak. poważną wadę, która wynika ze starego przysłowia, że co wznosi się w górę, musi w końcu spaść. Jeśli pył nie zostanie wyrzucony do stratosfery – od 16 do 50 kilometrów ponad ziemię – to spadnie z deszczem w ciągu kilku tygodni. Wyrzucenie dostatecznej ilości pyłu na taką wysokość wymaga olbrzymiej ilości energii, która przyćmiewa najpotężniejsze erupcje, takie jak wybuch wulkanu Krakatau.

Obecnie jednak zespół badaczy kierowany przez Kerry Emanuela z Massachusetts Institute of Technology twierdzi, że znalazł rozwiązanie tego problemu: apokaliptyczne zjawisko atmosferyczne zwane hiperhuraganem. Jest to wyjątkowo potężny rodzaj huraganu, wir wichru, który powoduje ogromne zniszczenia w tropikach.

Zwykłe huragany są skutkiem połączenia ciepła słonecznego docierającego do tropikalnych mórz i ruchu wirowego Ziemi. Gorące, naładowane wilgocią powietrze wznosi się wysoko do atmosfery, gdzie stygnie, opada i wciąż jeszcze więcej powietrza z dołu. Efekt

sprężenia zwrotnego przekształca szybko ten przepływ w gwałtowną burzę, a wirowanie Ziemi nadaje mu charakterystyczny spiralny kształt.

Im wyższa temperatura morza, tym gwałtowniejszy huragan. Skoro jednak temperatura zaledwie 30°C wystarcza do utworzenia niszczącej tropikalnej burzy, to uderzenie olbrzymiego meteorytu może podnieść temperaturę oceanu o 1000 stopni. Większość tego ciepła pochodziłaby bezpośrednio ze stopionych skał odsłoniętych przez zderzenie, które wykopałoby krater o głębokości 32 kilometrów.

Gwałtowność powstałego hiperhuraganu nie da się opisać i z pewnością wszystko, co znalazłoby się na jego drodze, zostałoby unicestwione. Jednak dla dinozaurów najgorszym skutkiem huraganu jest jego zdolność wyniesienia olbrzymich ilości pyłu wysoko do stratosfery. Zapoczątkowałoby to powstanie chmur i zasłonięcie Słońca na wiele miesięcy, oraz zniszczenie ochronnej warstwy ozonowej. Dopiero gdy morza ostygły poniżej 45°C huragany mogły zaniknąć.

Dzięki ogrzaniu przez uderzenie meteorytu huragany mogły siać spustoszenie przez wiele tygodni po zderzeniu. Mógł powstać ciąg huraganów: każdy rozwijałby się szybko nad morzem, wędrował nad ląd i znikał, po czym tworzył się następny.

Naukowcy sądzą, że podmorskie wulkany również mogą powodować powstanie hiperhuraganów.

