

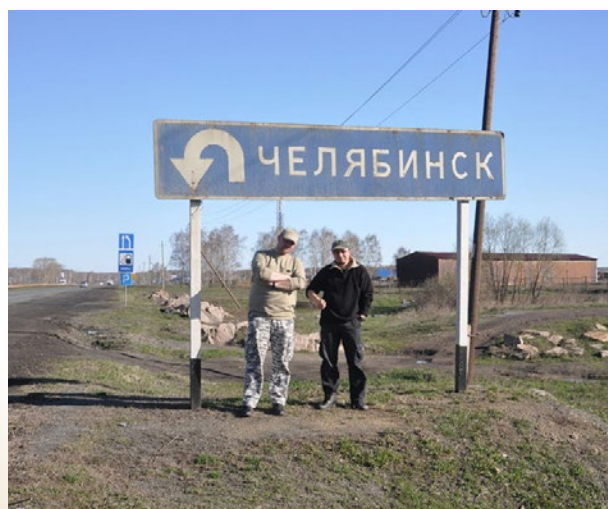
METEORYT

Nr 3 (87)

Wrzesień 2013

W numerze:

- Meteoryt Morasko po 99 latach
- Ryzyko zderzenia z planetoidą a globalny wzrost zaludnienia
- Czelabińsk. W poszukiwaniu okruchów kosmosu
- Czelabińsk, bolidy i fragmentacja
- Opowieści o trafionych c.d.
- Wizerunek grobu Chladniego



METEORYT

kwartalnik
dla miłośników meteorytów

Wydawca:

Olsztyńskie Planetarium
i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn
tel. (0-89) 533 4951
opioa@planetarium.olsztyn.pl

konto:

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

Kwartalnik jest dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2013 roku 44 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto wydawcy nie zapominając o podaniu czytelnego imienia, nazwiska i adresu do wysyłki. Wydawca dysponuje także numerami archiwalnymi.

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

Redaguje i tłumaczy większość tekstów:

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

Redakcja techniczna i skład komputerowy: Jacek Drażkowski

Druk: Drukarnia Jan, Lidzbark W.

METEORITE

THE INTERNATIONAL QUARTERLY
OF METEORITES
AND METEORITE SCIENCE

Arkansas Center for Space
and Planetary Sciences
FELD 202
University of Arkansas
Fayetteville, AR 72701, USA
Email: metpub@uark.edu
<http://meteoritemag.uark.edu>

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

Od Redaktora:

Na tegorocznej konferencji Polskiego Towarzystwa Meteorytowego w Olsztynie czekały na uczestników dwie książki. Większa „Morasko. Największy deszcz meteorytów żelaznych w Europie środkowej”, przygotowana przez piątkę redaktorów z pomocą wielu innych osób, i mniejsza „Bolid wielkopolski. Okoliczności spadku meteorytu Morasko”, którą napisał Wiesław Czajka. Nie umniejszając znaczenia tej pierwszej, do której powstania sam się przyczyniłem, nie mogę oprzeć się wrażeniu, że znaczenie tej drugiej z czasem będzie coraz bardziej rosło.

W przedmowie autor wspomina Kopernika. Uprzedzając ataki prześmiewców, którzy gotowi są zarzucić, że chce przypisać tej książeczce takie samo znaczenie, jak „De revolutionibus”, wyjaśniam, że porównanie, które mi się nasunęło, określa charakter książeczki, a nie jej rangę. Książeczka ta może mieć podobne znaczenie, jak „Commentariolus” Kopernika. Nawet ma zbliżoną liczbę stron, jeśli weźmiemy pod uwagę zasadniczą treść, bez licznych, a przydatnych, dodatków. Autor przedstawia w zwarty i spójny sposób istotę swojej koncepcji na temat deszczu meteorytów Morasko, wskazuje na wspierające ją argumenty, ale sam przyznaje, że jest to dopiero wskazanie kierunku dalszych badań, aby potwierdzić (albo obalić) tę koncepcję.

Elementy hipotezy Bolidu Wielkopolskiego były już prezentowane na łamach „Meteorytu”, więc przypomnę tylko, że impulsem do powstania tej koncepcji była obserwacja Krzysztofa Sochy, że znajdowane przez niego okazy Moraska wyglądają zbyt świeżo, by mogły spaść pięć tysięcy lat temu, zwłaszcza gdy weźmiemy pod uwagę klimat. Socha sugerował ich wiek ziemski na 100 — 150 lat, ale było oczywiste, że wówczas taki deszcz żelaza nie mógł spaść niepostrzeżenie. Autor natomiast zauważył, że w wielu miejscach są zapiski o ogromnym deszczu kamieni z nieba na początku XIV wieku lokalizujące go głównie na terenie dzisiejszych Niemiec, po którym nie widać żadnego śladu. Uznał, że mogą one dotyczyć właśnie meteorytów Morasko. Prezentowana hipoteza Bolidu Wielkopolskiego jest owocem jego dociekań historycznych.

Jeden z nowych argumentów na korzyść koncepcji autora spadł nieoczekiwanie z nieba tuż przez opublikowaniem książeczki. Deszcz meteorytów koło Czelabińska pokazał, że spadające w Morasku meteoryty mogły spowodować opisywane w kronikach szkody na terenie Niemiec, tak samo jak czelabiński deszcz spowodował zniszczenia w Czelabińsku, choć nie spadł tam żaden meteoryt. Sądząc po masie znalezionych dotychczas okazów i gęstości znalezisk Bolid Wielkopolski musiał być znacznie potężniejszy niż czelabiński, więc i szkody musiały być większe.

Zachęcam do wnikliwej lektury tej pozycji. Szczególnie zachęcam przeciwników tej koncepcji, bo łatwiej mogą oni znaleźć błędy i niedostatki, co pozwoli dalej rozwijać tę hipotezę.

Chciałbym jeszcze odnieść się do wyrażonego w przedmowie żalu autora, że naukowcy nie kwapią się podjąć tego tematu. Choćbyśmy nie wiem jak szukali, to nie znajdziemy w Polsce naukowca, który z racji wykonywanego zawodu miałby zajmować się przede wszystkim Moraskiem. Najbliżej tego jest prof. Andrzej Muszyński, ale na nim też ciąży masa innych, pierwszoplanowych obowiązków, związanych choćby z kształceniem studentów. W podobnej sytuacji są inni profesorowie zajmujący się Moraskiem. W gruncie rzeczy to, co udało się dotąd osiągnąć w badaniach Moraska, jest wynikiem zapału i uporu grupy osób, które wykorzystując możliwości wynikające z ich miejsc pracy, uparli się, by Morasko badać. W tym względzie autor niczym nie różni się od etatowych profesorów.

Andrzej S. Piłski

Zdjęcia na okładce:

Autor relacji z poszukiwań okruchów Czelabińska w towarzystwie Marcina Stolarza pod tablicą z nazwą miasta. Niżej fragment obrazu inspirowanego tekstem o Morasku — artystyczna wizja pofragmentowanego meteoroidu, jeszcze przed wejściem w atmosferę, autorstwa Katarzyny Kurdek. Ciekawostką jest fakt, iż *passé-partout* obrazu zostało namalowane farbą wymieszaną z opilkami Moraska.



Meteoryt Morasko po 99 latach

Andrzej S. Pilski

Artykuł ten napisałem na początku roku dla „Uranii — Postępów Astronomii” chcąc przedstawić miłośnikom astronomii tło wydarzenia roku 2012, jakim niewątpliwie było znalezienie największego okazu meteorytu Morasko przez Magdalenę Skirzewską i Łukasza Smulę. Materiał przeleżał jednak w redakcji ponad pół roku, po czym dostałem propozycję opublikowania go za rok, w setną rocznicę znalezienia pierwszego okazu Moraska. Propozycja była dla mnie nie do przyjęcia, ponieważ tekst rocznicowy powinien być bardziej historyczny, o czym wspominam nieco dalej, a ponadto już w ciągu tego roku pojawiły się nowe elementy i publikowanie starego tekstu źle by świadczyło o autorze. Mam nadzieję, że czytelnicy mi wybaczą, iż, zamiast wyrzucić materiał do kosza, przedstawiam tu jego zaktualizowaną wersję.

Zacząło się 99 lat temu od listu dr Coblinera do kierownika Muzeum w Poznaniu, w którym czytamy:

„Podczas kopania szańców znalazłem dziś w nienaruszonym gruncie (żwir), około pół metra pod powierzchnią, bryłę metalu ważącą 75 kg. Prócz całkiem małego narożnika, który odłamał się i jest w moim posiadaniu, bryła jest zupełnie nienaruszona.” List nosi datę 12 listopada 1914 roku.

Dziś, po znalezieniu w Morasku ponad 1500 brył i bryłek zardzewiałego żelaza z niklem ważących łącznie blisko 2 tony, wiemy, że spadł tam jeden z największych w Europie deszczy meteorytów żelaznych. Dostęp do lepszych wykrywaczy metalu zaowocował w ostatnich latach efektownymi znaleziskami dużych brył, 164 kg w 2006 roku i 261 kg w 2012 roku. Dostęp do lepszego sprzętu badawczego pozwolił na dokładniejsze poznanie budowy znajdujących meteorytów. Uzyskanie dzisiejszej wiedzy jest zasługą wielu osób i mam nadzieję, że setna rocznica za rok będzie okazją do przypomnienia i uhonorowania wszystkich zasłużonych. Tu natomiast chciałbym skupić się na samych meteorytach.

Klan IAB

Znajdowane w Morasku meteoryty składają się głównie z metalicznego żelaza z dodatkiem 6,6% niklu. Jest to średnia wartość z analiz wykonanych niedawno przez Johna Wassona z UCLA (Uniwersytet Kalifornijski w Los Angeles), na potrzeby naszego projektu badawczego N N307 33 3533. W analizowanych okazach zawartość niklu wahała się od 6,0% do 7,1 %. Rozbieżności są spowo-

dowane budową meteorytów. Nikiel nie jest rozsiany w żelazie równomiernie, lecz jest wbudowany, wraz z żelazem, w sieć krystaliczną dwóch minerałów o różnej zawartości niklu. Minerale te z reguły rozmieszczone są naprzemiennie, co ładnie widać po wytrawieniu przekroju meteorytu słabym, alkoholowym roztworem kwasu azotowego (fot. 1). Dominującym minerałem jest kamacyt, o niższej zawartości niklu, który na zdjęciu ma jasnoszarą barwę. Drugi minerał, taenit, o wyższej zawartości niklu, na zdjęciu tworzy wąskie, czarne paski czy nawet nitki przedzielające kamacyt. Miejscami jednak taenit tworzy dość szerokie, czarne pola. Do analizy chemicznej wycinane są kwadraciki 5×5 mm, które zwykle obejmują kamacyt i wąski pasek taenitu. Jeśli jednak kwadracik obejmie przypadkiem szerszy, czarny pasek taenitu, to zawartość niklu skoczy w górę.

Zawartość niklu w meteorytach żelaznych jest jednym z czynników branych pod uwagę w klasyfikacji chemicznej tych meteorytów, którą zapoczątkowano w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, ale którą rozwinął w pełni wspomniany już John Wasson, publikując od roku 1967 coraz dokładniejsze analizy różnych meteorytów żelaznych. Prócz niklu brana jest pod uwagę zawartość galu i germanu, irydu, a ostatnio także złota. Ilości tych pierwiastków w meteorytach żelaznych są śladowe, ale pozwoliły na podział większości tych meteorytów na odrębne grupy i, co ważniejsze, zasugerowały, w jaki sposób te meteoryty mogły powstać. Pierwsze grupowanie brało pod uwagę zawartość galu i germanu w stosunku do niklu i pozwoliło na wyodrębnienie czterech grup oznaczonych rzymskimi cyframi: I, II, III i IV. Kolejność odpowiadała rosnącej zawartości galu



Fot. 1. Minerale Moraska: jasnoszary kamacyt, ciemnoszary cohenit, czarny taenit.



Fot. 2. Morasko z cohenitem. Powierzchnia przekroju wytrawiona. Kostka ma bok 1 cm.

i germanu. Dodanie irydu wyodrębniło podgrupy oznaczone literami, np. IA, IB, IIA, IIB itp. Później, w miarę analizowania kolejnych meteorytów żelaznych, postanowiono niektóre podgrupy połączyć i wtedy pojawiły się znane obecnie grupy jak IAB czy IIIAB.

Meteoryt Morasko został zaliczony do grupy IAB, ale wyróżniał się w tej grupie wyjątkowo niską zawartością irydu. Spowodowało to przeniesienie Moraska, blisko 20 lat temu, do grupy IIIICD, gdzie też nie bardzo pasował. Ostatecznie jednak, po uwzględnieniu zawartości złota, utworzono duży klan IAB obejmujący także poprzednią grupę IIIICD, a meteoryt Morasko trafił do głównej grupy tego klanu i otrzymał oznaczenie IAB-MG. Wciąż jednak kłůła w oczy niska zawartość irydu i najnowsza publikacja (Pilski et al., 2013) sugeruje, by uznać Morasko za anomalny meteoryt tej grupy.

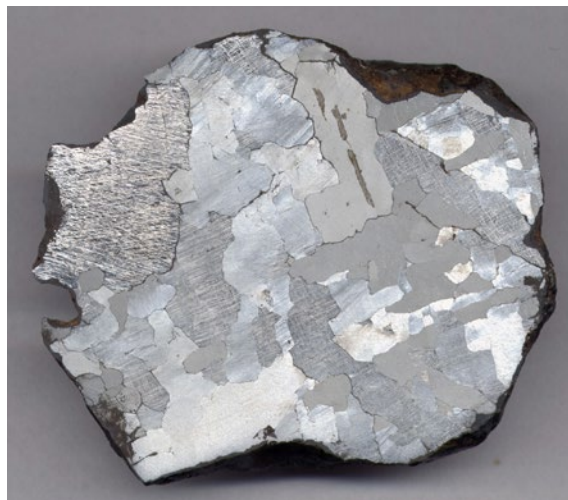
Analiza zawartości wspomnianych pierwiastków klasyfikacyjnych pozwoliła na stwierdzenie, że przeważająca większość meteorytów żelaznych powstała we wnętrzu planetoid tworząc ich żelazne jądra. Różnice między poszczególnymi grupami były jednak na tyle istotne, że meteoryty z każdej grupy musiały pochodzić z jądra innej planetoidy. Oczywiście skoro trafiły na Ziemię,

to ich macierzyste planetoidy musiały zostać rozbite albo całkowicie, albo przynajmniej na tyle, by odsłonić żelazne jądra. W dwóch grupach zawartość pierwiastków wskazywała jednak, że meteoryty z tych grup nie mogły powstać w jądrach planetoid, lecz muszą pochodzić z niewielkich zbiorników metalu, które najprawdopodobniej utworzyły się na dnie kraterów powstałych po silnych zderzeniach planetoid. Są to grupy: IIE, której meteoryty pochodzą prawdopodobnie z kraterów na planetoidzie 6 Hebe, oraz cały klan IAB, którego meteoryty pochodzą z kraterów na planetoidach podobnych do macierzystych planetoid chondrytów węglistych. Meteoryty IAB nie pasują jednak do żadnej ze znanych grup chondrytów węglistych i jedynymi meteorytami kamiennymi,

które mogą mieć wspólne pochodzenie z nimi, są bardzo rzadko spotykane winonaity.

Meteoryty z dna krateru

Wyobraźmy sobie taką kosmiczną katastrofę. W macierzystą planetoidę Moraska uderzył fragment innej planetoidy. Energia zderzenia była tak duża, że skały zostały stopione i na dnie utworzonego krateru powstał basen magmy przysypywany stopniowo pyłem i gruzem opadającym po zderzeniu. Można przypuszczać, że warstwa pyłu i gruzu skalnego pokrywającego planetoidę była tak gruba i porowata, że uderzający fragment wbił się głęboko i niemal cała energia zderzenia zamieniła się w ciepło, a tylko niewielki procent poszedł na kruszenie słabo skonsolidowanych



Fot. 3. Morasko bez cohenitu. Cienkie kreszczki w kryształach kamacytu to linie Neumanna. Ciemne paski w dużym kryształach u góry to schreibersyt.



Fot. 4. Morasko 164 kg po przecięciu i wytrawieniu. Część z cohenitem jest z lewej.

skał. Dlatego basen magmy był dość głęboki.

Nie mamy wśród znanych meteorytów odpowiednika składu tej planetoidy, więc możemy tylko przypuszczać, że jej skały składały się z krzemianowych chondr, między którymi były ziarna siarczku żelaza i metalicznego żelaza z niklem, oraz drobne ziarna węgla. Niewątpliwie w skład tej planetoidy musiały wchodzić wszystkie minerały znalezione w Morasku, choć część z nich może pochodzić także z uderzającego fragmentu innej planetoidy. W powstałym basenie magmy następowała zapewne separacja i segregacja składników, czyli lżejsze unosiły się ku powierzchni i tam zastygały, a cięższe opadały na dno. Było to jakieś 4,5 miliarda lat temu, bo taki jest wiek formowania się meteorytów klanu IAB, i wtedy wnętrza planetoid mogły być jeszcze gorące, więc stygnięcie dolnej części basenu mogło następować wolniej. Było więc trochę czasu i na migrację składników magmy. Tempo stygnięcia metalowej części basenu można ocenić na podstawie wytworzonej krystalicznej struktury metalu po zakrzepnięciu stopu i stwierdzono, że musiało to być kilkadziesiąt stopni na milion lat.

Wspomniane tempo stygnięcia dotyczy metalu gorącego, ale już zakrzepłego. Możliwa w nim jeszcze była lokalna migracja niektórych składników i formowanie się dodatkowych minerałów, ale podstawowe rozseparowanie składników musiało nastąpić przed zakrzepnięciem i na to było trochę mniej czasu, tym bardziej, że od góry ciągnęło zimno przestrzeni kosmicznej. Możemy więc przypuszczać, że najpierw zakrzepły najlżejsze składniki przy powierzchni basenu przysypanej gruzem, czyli odpowiednik szlaki przy wytopie metalu na Ziemi, a potem bardziej zanieczyszczone i przez to lżejsze części metalowego stopu. Głębiej metal był mniej zanieczyszczony, stygł wolniej i powstawały nieco większe kryształy.

Aby jakiś fragment tego zakrzepłego basenu magmy z dna krateru dotarł do Ziemi, konieczne było przynajmniej jeszcze jedno zderzenie, wystarczająco silne, by rozbić pokrywę oraz metal i wyrzucić jego fragmenty w kosmos. Można przypuszczać, że fragment, który w końcu zderzył się z naszą planetą, obejmował zarówno

część warstwy wyżej położonej i bardziej zanieczyszczonej węglem, jak i część warstwy głębszej z mniejszą zawartością zanieczyszczeń.

Zobaczmy wobec tego, z czego składają się kawałki tego fragmentu, które przedarły się przez ziemską atmosferę i spadły w Morasku.

Struktura meteorytu Morasko

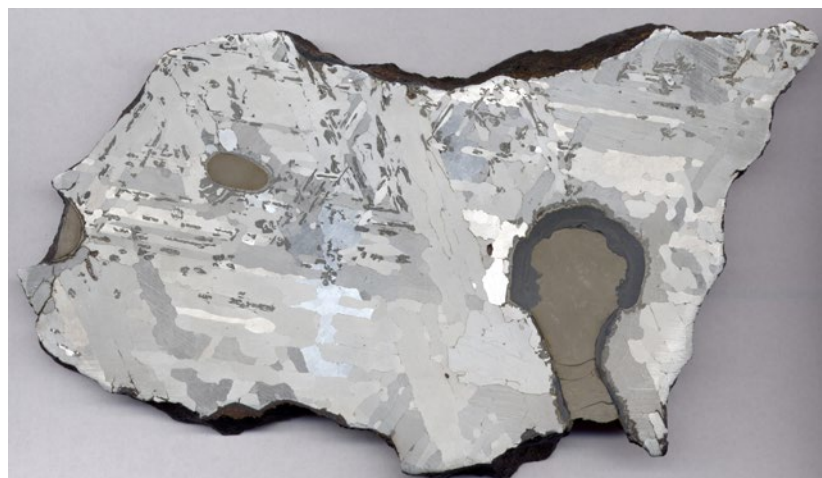
Mniejsze okazy meteorytu Morasko mają czasem tak różną budowę, że pojawiały się wątpliwości, czy rzeczywiście wszystkie znajdowane w Morasku meteoryty spadły jednocześnie i pochodzą z tego samego źródła. W niektórych okazach jest bardzo dużo cohenitu, który jest węglikiem żelaza, niklu i kobaltu. Jego wtrącenia widać na fot. 1 w postaci ciemnoszarych, podłużnych wrostków, ułożonych przeważnie wzdłuż pasków kamacytu. Przykład takiego okazu widzimy na fot. 2. Na fot. 3 mamy natomiast okaz, w którym cohenitu nie ma wcale, kryształy kamacytu są większe, a niektóre całkiem duże, z wrostkami schreibersytu, czyli fosforu żelaza i niklu. Jednak wśród dużych okazów często trafiały się takie, w których część okazu zawierała cohenit, a część nie. Mocnego dowodu na wspólne pochodzenie wszystkich różniących się strukturą okazów dostarczyło przepiłowanie dużego okazu



Fot. 5. Nodula troilitu z obwódkami grafitu, schreibersytu i cohenitu.

znalezionego w roku 2006. Widać na jego przekroju (fot. 4), że składa się on i z części zawierającej cohenit i z części bez cohenitu z szerokimi paskami kamacytu i z licznych nodulek zawierających siarczki żelaza zwany troilitem oraz grafit.

Popatrzmy, jak mogła powstać taka nodula (fot. 5). Stopiony troilit nie miesza się z płynnym metalem, podobnie jak olej nie miesza się z wodą, więc tworzy w metalu kuliste bąble. Ponieważ jego gęstość jest mniejsza, bąble mają skłonność do wędrowania w górę, wydłużając się i tworząc troilitowe rurki. Na zdjęciu widzimy tylko koniec takiej rurki, bo reszta oderwała się z innym fragmentem meteorytu. Wędrując w górę troilit napotkał chłodniejsze warstwy, o większej lepkości, i tu najwidoczniej jego wędrowka zakończyła się, bo metal zrobił się za zimny i za gęsty, by go przepuścić. Węgiel lepiej rozpuszcza



Fot. 6. Płytkę z nodulek z fot. 5 i z cohenitem w górnej części.

się w metalu, więc dołączył do troilitu, w postaci warstwy grafitu, dopiero w niższej temperaturze. Wskutek dalszego stygnięcia z metalu wydzielił się schreibersyt, który utworzył cienką warstwę na graficie i troilicie. Ponieważ w miarę stygnięcia następowało przekształcanie taenitu w kamacyt, w którym węgiel rozpuszcza się znacznie słabiej, to nadwyżka węgla wydzieliła się w postaci cohenitu układającego się wzdłuż pasków tworzącego się kamacytu.

Można przypuszczać, że metal z rozpuszczonym węglem, jako lżejszy, zebrał się na górze i tam dość szybko stygł wskutek chłodzenia od góry. W efekcie powstała warstwa z cohenitem widoczna na tym przekroju (fot. 6). Widać teraz, że nodula z fot. 5, która jest fragmentem tego przekroju, chyba rzeczywiście zawędrowała wysoko do chłodniejszej warstwy, na której jej wznoszenie się zostało zatrzymane.

Dotąd była mowa o składnikach meteorytu, które są widoczne gołym okiem, ewentualnie z pomocą lupy binokularnej przy niewielkich powiększeniach. Okazało się jednak, że jest też sporo interesujących minerałów w mikroskopijnych ilościach, które w większości zaczęły być zauważane stosunkowo niedawno dzięki udoskonalaniu aparatury badawczej. Minerały te najczęściej lokują się na obrzeżach nodulek troilitowych, gdzie wytrwale tropi je Łukasz Karwowski z Uniwersytetu Śląskiego. Są to *siarczki*: pirotyn (FeS), daubreelit (FeCr_2S_4), sfaleryt (ZnS) i z rzadka djerfischeryt ($\text{K}_3(\text{Cu,Na})(\text{Fe,Ni})_{12}\text{S}_{14}$); *fosforany*: apatyt ($\text{Ca}_5[\text{F}](\text{PO}_4)_3$), brianit ($\text{Na}_2\text{CaMg}[\text{PO}_4]_2$), buchwaldyt ($\text{NaCa}[\text{PO}_4]$) i merrillit ($\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$), a także *krzemiany*: oliwiny ($(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$), pirokseny: enstatyt ($\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$), kosmochlor ($\text{NaCr}[\text{Si}_2\text{O}_6]$), należący do skaleni albit ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) oraz krzemionka (SiO_2). Występuje też chromit (FeCr_2O_4), miedź rodzima (Cu), rutil (TiO_2) i rzadko spotykany alitait (PbTe).

Pobyt na Ziemi sprawia niestety, że do tej listy minerałów zaczynają być dodawane nowe, będące skutkiem rujnowania meteorytu przez ziemskie środowisko. Na ich czele plasuje się kolekcja wodorotlenków żelaza znanych powszechnie jako rdza. Mimo zawartości niklu meteoryty żelazne

nie są nierdzewne i z upływem czasu są coraz bardziej nadgryzane przez korozję.

Kiedy spadły

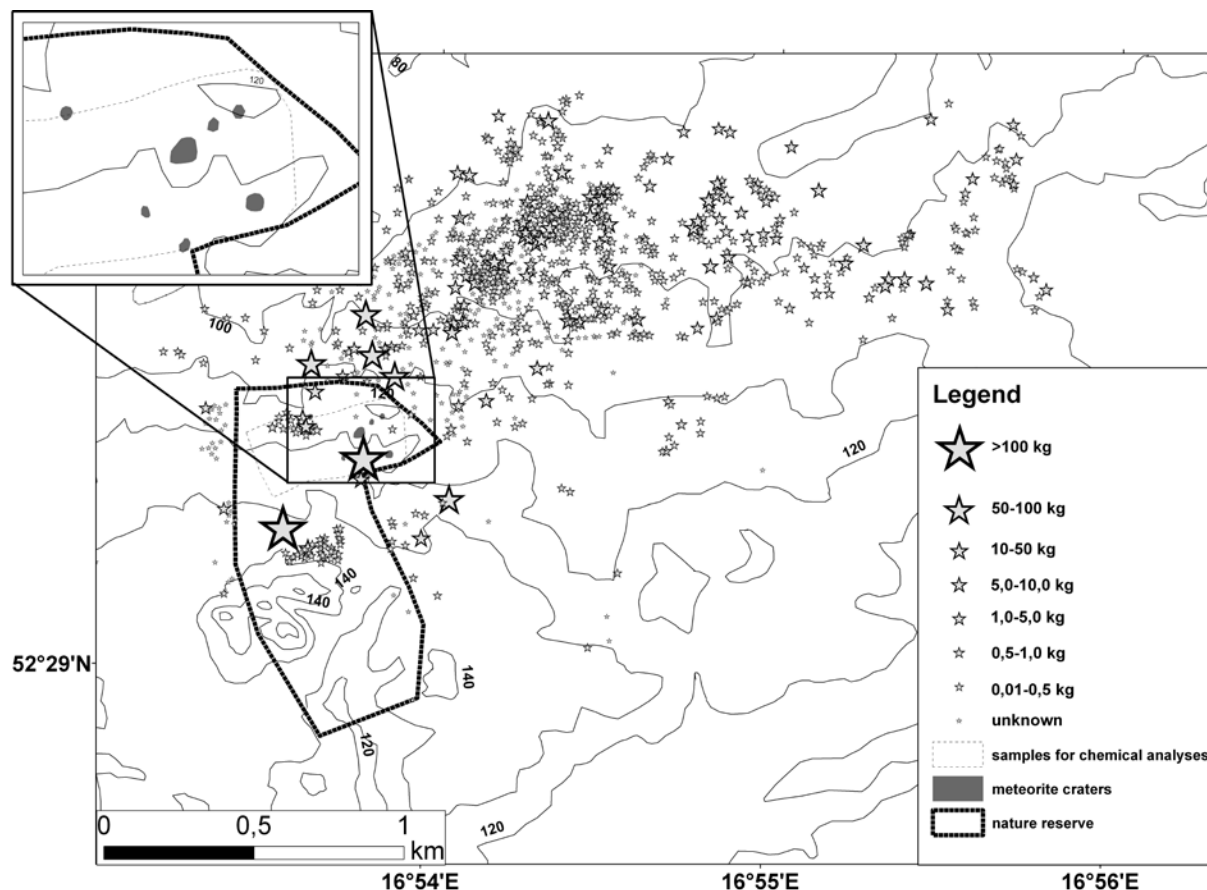
Wykopywane z ziemi okazy meteorytu Morasko są mocno zardzewiałe. Okazuje się jednak, że stopień zardzewienia jest bardzo różny, zależnie od gruntu, w którym tkwił meteoryt. Niektóre okazy są bardzo mocno skorodowane, tak że niemal rozsypują się w rękach. Inne mają tak dobrze zachowane pozostałości skorupy wytworzonej podczas spadania przez atmosferę, że przypominają wyglądem znajdowane w ostatnich latach okazy meteorytu Sikhote-Alin, który spadł jako deszcz żelaza w 1947 roku. Nie ulega jednak wątpliwości, że tak ogromny deszcz nie mógł spaść niepostrzeżenie ani w XX ani w XIX wieku. Kiedy więc spadł?

Dotychczasowe próby datowania wykorzystywały założenie, że istniejące w rezerwacie Morasko krateru zostały wytworzone przez spadające meteoryty, a nie są pozostałością po ostatnim zlodowaceniu. W takim przypadku zgromadzone w kraterach osady organiczne musiałyby powstać dużo później, niż zaraz po ustąpieniu lodowca, i wiek najstarszych osadów powinien być zbliżony do momentu uderzenia meteorytów i powstania kraterów. Datowanie metodą radiowęglową, a także datowanie palinologiczne, czyli analizowanie zawartości pyłków roślin w osadach na dnie kraterów, wskazało, że najstarsze osady, a zatem i krater, powstały około 5000 lat temu. Podobny wiek dało datowanie metodą termoluminescencji zwietrzeliń oblepiającej meteoryty. I byłoby dobrze, gdyby nie datowanie metodą radiowęglową resztek organicznych w zwietrzelinie oblepiającej jeden meteoryt, które dało wyniki od około 2000 do około 1000 lat temu zależnie od tego, które okruszki materii datowano. Do wieku 5000 lat nie pasuje także stopień zwietrzenia znajdowanych okazów. Niespełna 5000 lat temu spadł ogromny deszcz meteorytów żelaznych w Argentynie, znanych teraz pod nazwą Campo del Cielo i te meteoryty są zdecydowanie bardziej skorodowane, niż Morasko. Wskutek dobrego przewodnictwa cieplnego metalu spadające meteoryty żelazne

mają powierzchnię rozgrzaną do kilkuset stopni i to powoduje zatarcie ich struktury do głębokości około 2 mm pod powierzchniową skorupą. W miarę rdzewienia meteorytu skorupa, a potem warstwa podpowierzchniowa, jest niszczone przez korozję i w meteorytach Campo del Cielo tej warstwy już nie ma. Natomiast w wielu okazach Moraska ta warstwa podpowierzchniowa z zatartymi figurami jest doskonale widoczna podobnie jak w tych meteorytach żelaznych, które spadły niezbyt dawno, jak wspomniany Sikhote-Alin.

W starych kronikach można znaleźć zapiski o strasliwym deszczu kamieni z nieba, który nawiedził środkową Europę około roku 1305, wzniecając pożary i powodując ogromne zniszczenia. Stanisław Lubieniecki w swoim *Theatrum Cometicum* pisze o strasliwej, krótkotrwałej komecie, ale w kronice cystersów wyraźnie jest zapisane, że z nieba spadały ogniste kamienie. Wspomina też o tym Chladni w swojej książce. I oto mamy z jednej strony setki brył żelaza wykopywane z ziemi na przedmieściach Poznania, które nie wiadomo kiedy spadły, a z drugiej strony relacje o deszczu kamieni, który nie wiadomo, gdzie się podział. Nasuwa się podejrzenie, że jedno z drugim może mieć coś wspólnego, ale trzeba by to jakoś udowodnić.

Gdy Wiesław Czajka przedstawił taką sugestię na konferencji Polskiego Towarzystwa Meteorytowego, spotkał się ze zdecydowaną krytyką. Oponenci wskazywali, że przecież wiadomo, iż meteoryty Morasko spadły około 5000 lat temu, że gdyby spadły w czasach historycznych, to byłyby jakieś ślady ich wykorzystywania do wyrobu narzędzi, czy broni, że to oznaczałoby, iż krateru nie mają związku z meteorytami. Nieliczni zwolennicy zauważali, że były to czasy, kiedy ludzie martwili się, jak nie zginąć z głodu, czy od miecza, więc szukanie żelaza z nieba niezbyt ich interesowało, a skoro większość brył żelaza wbiła się w ziemię tak, że dopiero nowoczesne wykrywacze metalu pozwoliły na ich odnajdywanie, to trudno się dziwić, że ich wtedy nie znaleziono. Niemniej warto przejrzeć żelazne zabytki z początków XIV wieku, bo może jakiś kowal zrobił użytek z żelaza, które spadło z nieba.



Fot. 7. Obszar rozrzutu meteorytu Morasko. Z Muszyński et al.

Próby pokazały, że żelazo z Moraska daje się kuć nawet mimo tak licznych zanieczyszczeń.

Bolid wielkopolski

Gdy analizowano zawartość pierwiastków syderofilnych w meteorytach żelaznych tworząc klasyfikację chemiczną tych meteorytów, w roku 1980 Alfred Kracher zwrócił uwagę, że są jeszcze dwa meteoryty żelazne o tak samo osobliwym składzie chemicznym, jak Morasko. Jeden z nich znaleziono na Syberii, ale drugi w Przełazach koło Świebodzina, niecałe 100 km na zachód od Moraska. Kracher zasugerował więc, że meteoryty z Przełazów i Moraska mogły spaść jednocześnie.

Meteoryt z Przełazów, które wówczas nazywały się Seeläsgen i taką nazwę meteoryt otrzymał, znalazł pewien rolnik kopiąc rów odpływowy na łące. Zawiózł go do kowala w Sulechowie i tam w roku 1847 pewien mechanik zauważył, że ta bryła żelaza jest podobna do tych, które właśnie spadły z nieba w Braunau, w Sudetach. Meteoryt trafił do Wrocławia i tam stwierdzono, że wprawdzie w tym meteorycie też widać linie Neumanna, które właśnie odkryto w Braunau, ale

budowa jego jest inna i jest bardziej zwiertzały, więc nie mógł spaść jednocześnie. Meteoryt pocięto na płytki, które trafiły do różnych kolekcji, a jedną z tych płytek można zobaczyć we wrocławskim Muzeum Mineralogicznym.

Gdy do Przełazów wyruszyli poszukiwacze z dobrymi wykrywaczami, to w pobliżu wsi, gdzie prawdopodobnie znaleziono ten meteoryt, nie udało się nic więcej znaleźć, ale między Przełazami a Wilkowem odnaleziono kilkanaście fragmentów meteorytów żelaznych przypominających budową meteoryt Morasko. Jeden z tych ostatnio znalezionych meteorytów został przeanalizowany przez profesora Wassona i jego skład jest identyczny ze składem meteorytów Morasko i Seeläsgen. Widać więc, że deszcz takich samych meteorytów, jak w Morasku, spadł także koło Przełazów. Pytanie tylko, czy w tym samym czasie.

Kilka lat po odnalezieniu meteorytu Seeläsgen podobny meteoryt znaleziono w Tabarzu, w Niemczech. Znalazca twierdził, że widział, jak meteoryt spadł, ale meteoryt był zbyt zwiertzały, by mogło to być prawdą. Z tego meteorytu zachowała się w zbiorach tylko niewielka płytka. Gdy Rainer

Bartoszewicz zorganizował jej badanie, wyniki analizy, wprawdzie mniej dokładne niż analiz profesora Wassona, pokazały, że jest to meteoryt podobny do Moraska i Seeläsgen. A Tabarz jest z grubsza na przedłużeniu linii łączącej Morasko i Przełazy.

W roku 2004 na konferencji Polskiego Towarzystwa Meteorytowego w Poznaniu, Mateusz Szyszka pokazał meteoryt żelazny znaleziony niedaleko Gniezna, w miejscowości Jankowo Dolne. Powiedział też, że prócz tej dużej bryły z ładnymi regmagliptami znalazł tam jeszcze kilka mniejszych fragmentów, które miały budowę podobną do meteorytu Morasko. Po odcięciu piętki z dużej bryły okazało się, że jej struktura przypomina stary okaz Seeläsgen. Kropkę nad i postawił profesor Wasson analizując próbkę meteorytu z Jankowa razem z próbkami meteorytów Morasko. Wyniki okazały się identyczne. I, jak czytelnicy już wiedzą, Jankowo Dolne jest z grubsza na przedłużeniu linii Morasko—Przełazy, tylko w przeciwną stronę.

Łącząc te wszystkie znaleziska Wiesław Czajka zaproponował hipotezę bolidu wielkopolskiego (Czajka, 2013), który lecąc od zachodu był

widziany nad Niemcami, był obserwowany przez cystersów z Bierzwnika i rozpadł się na kilka fragmentów, z których największy rozsypał się nad Moraskiem. Przelot tego bolidu widział włoski malarz, Giotto, który uwiecznił go w postaci Gwiazdy Betlejemskiej na słynnym fresku „Pokłon Trzech Króli” w kaplicy Arena w Padwie. Ta hipoteza wywołała jeszcze większe niedowierzanie. Przecież wszyscy wiedzą, że Giotto namalował kometa Halleya. Owszem, wszyscy wiedzą, ale podstawy tej wiedzy są warte co najwyżej tyle, ile hipoteza, że Giotto namalował bolid. Wiadomo dziś, że kometa Halleya pojawiła się kilka lat przed ukończeniem fresku i nie była specjalnie okazała. Dużo ładniejszą kometa mógł widzieć Giotto w 1304 roku, więc mógł ją namalować, ale... na fresku jest bolid, a nie kometa. Dlaczego Giotto miał malować kometa, skoro wiedział że mędrców prowadziła gwiazda? Gdy ujrzał olśniewającą gwiazdę mknącą nad Alpami, mógł pomyśleć, że tak mogła wyglądać gwiazda betlejemska. Ale to już są tylko domysły.

Niespodziewany argument za hipotezą bolidu wielkopolskiego spadł z nieba 15 lutego koło Czelabińska. Pierwszy raz zobaczyliśmy tak wyraźnie skutki działania fali uderzeniowej wywołanej wtargnięciem w atmosferę sporego fragmentu planetoidy. Spowodowała ona zniszczenia w Czelabińsku, chociaż meteoryty w mieście nie spadły. Działaniem fali uderzeniowej

można więc tłumaczyć zapiski o potłuczonych naczyniach, czy pożarach (np. od rozrzuconych palenisk) w miejscach na zachód od Moraska.

Obszary rozrzutu

Poszukiwaniem meteorytów w Morasku i okolicy zajmują się przede wszystkim amatorzy poświęcający na to mnóstwo czasu i niemało pieniędzy. To dzięki nim tak wiele okazów zostało uratowanych przed powolnym rozpadem i mieszaniem się z ziemskim gruntem. To dzięki nim tak wiele wiemy o tym deszczu meteorytów. Wiedzielibyśmy jeszcze więcej, gdyby chcieli bardziej współpracować z naukowcami, a z tym niestety bywa różnie. Dla wielu poszukiwaczy celem jest tylko znalezienie meteorytu i okoliczności znalezienia zupełnie ich nie interesują. Inni notują wprawdzie miejsca znalezienia i czasem nawet głębokości, ale nie chcą tych informacji udostępnić. Dlatego wciąż nie wiemy, jak duży jest obszar rozrzutu meteorytu Morasko. Część poszukiwaczy wskazała miejsca swych znalezisk, ale dokładność tych wskazań jest różna. Większość szuka tam, gdzie wszyscy, by coś znaleźć, i mało kto próbuje sprawdzić, jak daleko sięga obszar występowania meteorytów. Jedynie Krzysztof Socha poinformował, że w kierunku północnym stwierdził, iż od pewnego miejsca meteoryty już nie występują. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że nie wszystkie tereny są dostępne do poszukiwań. Część

terenu jest zabudowana, część zajmuje poligon wojskowy. W efekcie nie mamy pewności, czy uzyskana mapa znalezisk ukazuje rzeczywisty obszar rozrzutu, czy tylko teren dostępny do poszukiwań. Mapa rozrzutu meteorytów, sporządzona na podstawie informacji od poszukiwaczy, ukazuje dość zaskakujący obraz. Gdy meteoroid, który wtargnął w ziemską atmosferę, rozpada się na kawałki, to mniejsze są silniej hamowane przez powietrze i spadają bliżej, a większe lecą dalej. Mapa sugeruje więc, że meteoroid spadał od wschodu. Nie pasuje to do żadnej z dotychczasowych koncepcji. Jerzy Pokrzywnicki, na podstawie kształtu kraterów i informacji o przypuszczalnym znalezieniu meteorytów także koło Obornik Wielkopolskich, sugerował, że meteoryty spadały od północy. Potwierdzały to późniejsze badania rozmieszczenia pyłu meteoroidowego w gruncie. Hipoteza bolidu wielkopolskiego sugeruje natomiast kierunek zachodni. Ta wersja łatwiej daje się obronić, bo mamy przykład meteorytu Łowicz, gdzie świadkowie widzieli z daleka bolid lecący od zachodu, a największe okazy znaleziono na zachodnim krańcu obszaru rozrzutu, podobnie jak w Morasku.

Mapa została sporządzona przed znalezieniem największego okazu w październiku zeszłego roku, po czym okazało się, że znaleziony okaz idealnie wpisuje się w tendencję widoczną wcześniej. Co więcej, największe meteoryty występują w okolicy kraterów, co potwierdza pośrednio, że kratery mogły zostać wytworzone przez meteoryty. Dodatkowo w okolicy kraterów znajdowane są tak zwane szrapnele, czyli fragmenty meteorytów rozerwanych przy zderzeniu z ziemią (fot. 8), czego skutkiem są widoczne deformacje struktury. Obecność szrapneli zwykle jest uznawana za wskazówkę, że spadające meteoryty wytworzyły kratery, więc jakieś kratery powinny być. Do uznania kraterów w rezerwacie za niewątpliwie meteorytowe brakuje tylko dwóch drobiazgów: w większych kraterach, przypuszczalnie wybuchowych, powinny być impaktyty, a w mniejszych kraterach, uderzeniowych, powinny być zagrzebane duże meteoryty. Ani jednego ani drugiego dotąd nie znaleziono.

Obszar rozrzutu meteorytu Seeläsgen jest poznany o wiele mniej dokład-



Fot. 8. Wytrawiony przekrój szrapnela z widocznymi deformacjami figur.



Fot. 9 Szrapnel znaleziony przez autora.

nie, ale podstawowe jego cechy są te same: duży meteoryt na zachodnim krańcu obszaru rozrzutu i mniejsze meteoryty na wschodnim krańcu. Czyli oba meteoryty spadały w ten sam sposób. Wciąż nie mamy jednak pewności, czy jednocześnie. Ponadto i niedaleko Przelazów i w Jankowie znaleziono szrapnele, co by sugerowało, że tam też powinny być jakieś krater. W pobliżu Przelazów zbadano nawet kilka podejrzanych zagłębień i wiek osadów w nich jest nawet młodszymi niż w Morasku.

Przełomowe znaleziska

Kilkanaście lat temu Geoffrey Notkin napisał dla kwartalnika „Meteorite” relację ze swej pierwszej wyprawy ze Stevenem Arnoldem na poszukiwanie meteorytów na pustyni Atacama w Chile. Duch Domeyki sprawił, że ta opowieść została przetłumaczona na polski i opublikowana w naszym kwartalniku „Meteority”, co jej autorowi bardzo się spodobało. To nawiązana wówczas współpraca sprawiła, że gdy obaj poszukiwacze stali się znani jako „Meteorite Men” dzięki serialowi telewizyjnemu w Science Channel, Geoff przyjął propozycję zrealizowania jednego z odcinków serialu w Morasku i przekonał do niej twórców serialu.

Po kilku miesiącach przygotowaliśmy, po uzyskaniu zgody na poszukiwania i filmowanie w rezerwacie Morasko, Geoff przyleciał najpierw na rekonasans. Wraz z autorem, któremu pożyczył jeden ze swoich wykrywaczy, przez dwa dni przeszukiwali wybrane miejsca w rezerwacie i poza nim, czego owocem było znalezienie przez autora półkilogramowej kawałka zardzewiałego żelaza, który niezbyt przypominał wyglądem okazy

Moraska. Na szczęście po przecięciu i wytrawieniu przekroju pojawiły się lekko zdeformowane figury.

W Morasku znajdowane są dwa rodzaje meteorytów. Większość, to całkowite okazy pokryte skorupą z płytkimi wgłębieniami — regmagliptami — uformowanymi podczas spadania przez atmosferę. Ich przekroje ukazują po wytrawieniu regularne figury. Drugi rodzaj, to wspomniane już szrapnele — odłamki całkowitych okazów rozbitych wskutek zderzenia z ziemią. Zwykle mają one nieregularne, poszarpane kształty i otartą powierzchnię bez regmagliptów, a na ich przekrojach, po wytrawieniu, widać zdeformowane figury. Szrapnele, to efekt silnych zderzeń dużych brył, wskutek których powstają krater, a bryły są rozrywane na kawałki.

Typowe szrapnele, efektownie porozrywane i poskręcane, można znaleźć przy kraterach takich meteorytów, jak Sikhote-Alin, czy Henbury, gdzie spadające bryły żelaza uderzyły w skały. W Morasku jednak grunt jest przeważnie miękki. O co więc miały roztrzaskać się bryły żelaza?

Częścią odpowiedzi na to pytanie może być prędkość. Wiadomo, że przy dużej prędkości i dużej powierzchni zderzenia można roztrzaskać się i o powierzchnię wody. Widać jednak też, że wiele szrapneli Moraska wygląda inaczej niż szrapnele Sikhote-Alina czy Henbury. Są bardziej obłe i mniej poszarpane, a rozpoznaje się je przede wszystkim po zdeformowanych figurach. Być może odpowiedź wskazuje okaz znaleziony przez autora, który leżał w warstwie kamieni. Ten meteoryt nie musiał zostać rozerwany przy zderzeniu z kamieniami, ale z pewnością stawiały one większy opór niż ziemia, co mogło spowodować deformację

i powierzchni i wewnętrznej struktury.

Na filmowe poszukiwania Meteorite Men przybyli już obaj i z wykrywaczem zdolnym zlokalizować meteoryty tkwiące głęboko. Efektem było znalezienie bryły ważącej 34 kg, na głębokości ponad półtora metra, w miejscu, gdzie podczas rekonesansu typowe wykrywacze nie dały wyraźnego sygnału. Znów Geoff nie miał szczęścia, bo meteoryt znalazł Steve. Ale dla nas ważniejszy był fakt, że meteoryt tkwił w barwnych łąkach poznańskich. Dotąd niemal wszystkie meteoryty znajdowano niezbyt głęboko, przeważnie pół metra pod ziemią, bez względu na wielkość okazu. Nawet największa bryła, 164 kg po oczyszczeniu, znaleziona przez Krzysztofa Sochę w 2006 roku, była tylko 70 cm pod ziemią. Ponieważ większość meteorytów znajdowano na północnych zboczach moreny czołowej, jaką jest Moraska Góra, pojawiło się przypuszczenie, że może meteoryty spadły na lodowiec i zostały przetransportowane przezeń do moreny czołowej, gdzie osiadły. Gdyby spadły bezpośrednio na wzgórze, to większe bryły powinny wbić się głębiej.

Lodowiec ustąpił jednak spod Moraska kilkanaście tysięcy lat temu, a barwne łąki poznańskie liczą sobie około 5 milionów lat. Nie ulega więc wątpliwości, że meteoryt musiał się w nie wbić, a więc nie mógł być pozostawiony przez lodowiec. Meteorite Men wydobyli więc całkiem ładny okaz i pograżyli ostatecznie pomysł z lodowcem. Stało się oczywiste, że dość płytkie znaleziska są tylko efektem mniej czułych wykrywaczy.

Gdy odcinek serialu rozpowszechniał wiedzę o Morasku w USA, a potem i w innych krajach, Magdalena Skirzewska i Łukasz Smuła posta-

nowili pokazać, że Polacy też potrafią. Ponieważ jednocześnie chęć prowadzenia badań w rezerwacie zgłosił Pierre Rochette z CEREGE we Francji, który szukał wcześniej z powodzeniem meteorytów na Antarktydzie, profesor Muszyński wystarał się o kolejne zezwolenie na poszukiwania i międzynarodowa ekipa rozpoczęła pracę w połowie września ubiegłego roku. Efektownym rezultatem było odnalezienie na początku października rekordowo dużego (261 kg po oczyszczeniu) meteorytu, na rekordowej głębokości 2,15 m pod powierzchnią, co jest wyłączną zasługą polskich poszukiwaczy. Magdalena i Łukasz pokazali, że mają równie dobry sprzęt i umiejętności, jak Amerykanie. Tylko czy ktoś nakręci o nich serial?

Słabo związany gruz?

Wyobraźmy sobie, że bryła, odlupana wskutek katastrofalnego zderzenia od macierzystej planetoidy, była mocno pogruchotana, tak że jej części trzymały się tylko na włosku. Gdy napotkała Ziemię, fragmenty które pierwsze zaczęły o atmosferę, odrywały się i spadały w Tabarz, w Seeläsen, w Morasku, w Jankowie... Jeden poleciał jeszcze dalej i znaleziono go w Burgavli na Syberii. Dziś to wciąż jeszcze fantazjowanie, ale sugerujące dalszy kierunek badań. Z jednej strony warto pokusić się o komputerową symulację takiego zderzenia z Ziemią, by sprawdzić, czy teoretycznie jest to możliwe i przy jakich warunkach. Z drugiej warto nadal szukać meteorytów, nie tylko w Morasku. Pojawiają się czasem doniesienia o okazach znalezionych w innych miejscach, ale wymagają one wnikliwego sprawdzania i nie zawsze znalazcy chcą współpracować. Często nie chcą w ogóle ujawniać miejsca znalezienia, bo liczą że tam jeszcze coś znajdą i nie życzą sobie konkurencji, albo szukanie tam było z jakiegoś powodu zabronione. Inni, dla świętego spokoju, podają przybliżone miejsce albo wręcz fałszywe. Niemniej jest całkiem możliwe, że meteoryty żelazne o takiej samej budowie, jak meteoryt Morasko leżą też w innych miejscach Wielkopolski.

Jak wiadomo, badania meteorytu Morasko organizuje od dłuższego czasu Andrzej Muszyński z Instytutu Geologii UAM w Poznaniu. Przedstawiony tu stan wiedzy opiera



Fot. 10. Meteorite Men w Morasku tuż po wydobyciu znaleziska.

się w większości na wynikach pracy kierowanego przez niego zespołu realizującego projekt badawczy N N307 33 3533, w skład którego weszli, prócz niego, Łukasz Karwowski, Ryszard Kryza i autor. Ten projekt został zakończony, ale badania są kontynuowane w innych formach. Profesor Muszyński prosi więc poszukiwaczy o informacje o ich znaleziskach: współrzędne, najlepiej GPS, albo przynajmniej zaznaczenie miejsca na mapie, głębokość na jakiej znaleziono meteoryt, rodzaj gruntu w otoczeniu meteorytu (piasek, żwir, glina, kamienie), zdjęcie i waga znalezionego okazu. Informacje te są szczególnie cenne, gdy meteoryt został znaleziony w miejscu dotąd nieznanym. Kontakt: anmu@amu.edu.pl

Bibliografia

- Czajka W., 2012: Bolid wielkopolski a kometa Halleya. *Meteoryty* 1(81), 16-18.
- Czajka W., 2013: Bolid Wielkopolski. Okoliczności spadku meteorytu Morasko. Wydanie własne autora (Warszawa), 96 str.
- Karwowski Ł., Brzustowicz G. J., 2009: Strzelce Krajeńskie — średniowieczny deszcz meteorytów. *Acta Soc. Metheor. Polon.*, vol. 1, 59-66.
- Karwowski Ł., Muszyński A., Kryza R., Pilski A., 2009: Polimineralne nodule w gruboziarnistym meteorycie Morasko. *Acta Soc. Metheor. Polon.* 1: 52-58
- Karwowski Ł., Pilski A.S., Muszyński A., Arnold S., Notkin G., Gurdziel A., 2011: New finds in the Morasko Meteorite Preserve, Poland, *Meteorites*, 1:21-28,
- Muszyński A., Kryza R., Karwowski Ł., Pilski A. S., Muszyńska J. (eds). 2012:

Morasko. The largest iron meteorite shower in Central Europe. Bogucki Wydawnictwo Naukowe (Poznań) 111 pp.

Muszyński A., Stankowski W., Bartoschewicz R., Pilski A.S., Kryza R., Nowak M.: The strewnfield of the Morasko iron meteorite and its possible extension to a few more iron finds. (In preparation).

Pilski A. S., Wasson J. T., Muszyński A., Kryza R., Karwowski Ł., Nowak M., 2013: Low-Ir IAB-irons from Morasko and other locations in central Europe: one fall, possibly distinct from IAB-MG. *Meteoritics & Planetary Science* (forthcoming).

Stankowski W., 2008: Morasko meteorite a curiosity of the Poznań region. Time and results of the fall. Adam Mickiewicz University Press, Poznań, Ser. Geologia 19: 1-94

Wasson J.T., Kallemeyn G.W., (2002) The IAB iron-meteorite complex: a group, five subgroups, numerous grouplets, closely related, mainly formed by crystal segregation in rapidly cooling melts. *Geochem. Cosmochim. Acta* 66, 2445-2473.



Autor z największym dotychczas znalezionym okazem Morasko na zdjęciu wykonanym przez Magdę Skirzewską.

Ryzyko zderzenia z planetoidą a globalny wzrost zaludnienia

Timothy Reyes

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 2. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Powietrzna eksplozja małej planetoidy nad Czelabińską obłastą w środkowej Rosji (fot. 2) to kolejny istotny moment w naszej zbiorowej świadomości. Chociaż wciąż trwa walka o prawa jednostki, nasze istnienie ma dwoisty charakter. Niewiele już zostało miejsc, na które światowe wydarzenia nie mają wpływu. II Wojna Światowa na zawsze połączyła ze sobą pokolenia globalnie. Tak samo, jak po całym globie rozeszły się fale dźwiękowe o niskiej częstotliwości wywołane przez małą planetoidę, to proste wydarzenie,

eksplozja kosmicznej skały nad gęsto zaludnionym miejscem, rozeszło się szerokim echem po całym świecie poprzez środki komunikacji. Było to jak puk puk, kto tam, do naszej zbiorowej świadomości. To, co dotknęło rosyjskich ludzi, jest jednocześnie znamienne, brzemienne w skutki i nie jest to coś, czego można by życzyć sobie lub innym. Sto lat temu chłopstwo zostało brutalnie przebudzone i przez uderzenie komunizmu i uderzenie z nieba nad głową. Dziś Rosja nie jest już odległym, bezimiennym miejscem, jakim była w czasie katastrofy tungu-

skiej. Jest ona tuż za rogiem i ludzie tam zajmują się codziennymi sprawami tak samo, jak my.

Powinienem więc skończyć z filozofowaniem i po prostu przypomnieć sobie ów wieczór w strefie Pacific Standard Time, gdy to się wydarzyło. Byłem z przyjaciółmi na kolejnym szalonym wieczorze z karaoke po kręglach. Siostrzeniec przysłał wiadomość o artykule w Huffington Post o spadku meteorytu i obawach przed UFO w Rosji. Zastanowiłem się przez chwilę. Artykuł w Huffington Post — nie mogę tego zlekceważyć.



Fot. 1. Zagrożenie ze strony planetoid wydawało się abstrakcyjne z powodu odległych zdarzeń — w przeszłości i daleko od nas. Jednak ta druga eksplozja powietrzna nad Rosją umiejscawia te zdarzenia tu i teraz.

Właściwie mógłbym, ale to całe myślenie — zderzenie, UFO, stało się dodatkiem do zabawy tej nocy. W dodatku dopiero co zdarzyły się dwa nieprawdopodobne spadki meteoroidów w promieniu stu mil od Zatoki San Francisco. Co tu się dzieje? Mój smartfon miał pełną baterię, więc zacząłem przekopywać internet w poszukiwaniu informacji. Teraz, dziś, mamy wspólnie nieprawdopodobny obraz tego, co przydarzyło się naszym kolegom w byłym Związku Radzieckim. Może to być jedno z łatwiejszych do ogarnięcia globalnych zdarzeń, ale jest ryzyko, że ześliznie się w niepamięć. Jest wiele innych, bardziej bliskich i niebezpiecznych wyzwań dla naszego zbiorowego istnienia. Weźmy pod uwagę uderzenie socjalnego radykalizmu od czasu katastrofy tunguskiej w 1908 roku. Pomyślmy o uderzeniu ery atomowej, które zatrzymało pięcioletnią wojnę tylko po to, by zacząć pięćdziesięcioletnią zimną wojnę. Zdajemy sobie sprawę, jak regionalne susze, naturalne katastrofy i szoki ery przemysłowej wpływają na nas globalnie. Jednak ryzyko zderzenia z planetoidą jest zagrożeniem dla każdego z osobna, dla ludzkości i dla całego życia na Ziemi. Jest tu kontekst egzystencjalizmu i pytanie, co powinniśmy zrobić wspólnie, ale cofnijmy się nieco i popatrzmy na liczby. Od czasu katastrofy tunguskiej dramatycznie zmieniła się globalna liczba i rozmieszczenie ludności. Nie możemy więc potraktować eksplozji powietrznej nad Czelabińskiem jako tylko pechowego przypadku, czegoś co po prostu czasem się zdarza. Zastanówmy się, gdzie jesteśmy dziś w porównaniu z tym, gdzie byliśmy w 1908 roku i gdzie będziemy w roku 2100.

Jak pokazuje wykres na fot. 3., światowe zaludnienie w czasie katastrofy tunguskiej w 1908 roku wynosiło około 1,75 miliarda. W 1900 roku było to 1,65 miliarda. Sześćdziesiąt lat później, w roku 1968, globalne



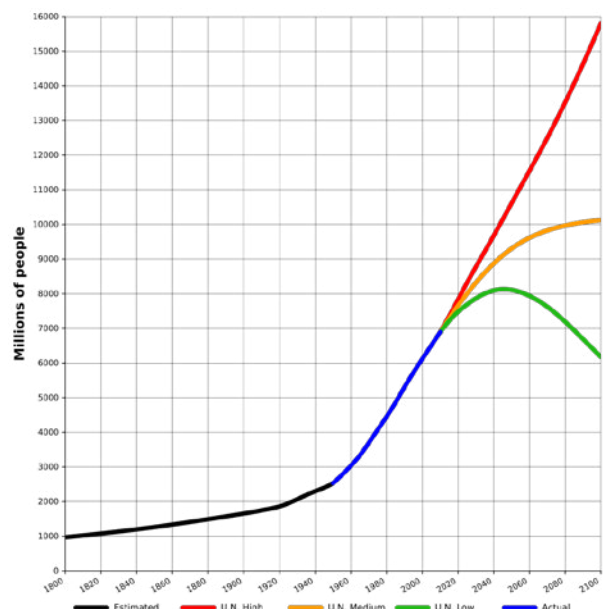
Fot. 2. Czelabińska eksplozja powietrzna, 15 lutego 2013 r. (AP foto/Nasza Gazeta)

zaludnienie podwoiło się do 3,5 miliarda. Dziś, po kolejnych 50 latach, populacja znów podwoiła się do ponad 7 miliardów. W ciągu ostatnich stu lat zaludnienie Ziemi wzrosło czterokrotnie. Chociaż słyszałem

i czytałem o tym wielokrotnie, to musiałem wyciągnąć mój wysłużony kalkulator i wstukać te liczby, by zobaczyć je na własne oczy. Doprawdy zdumiewające. Od roku 1800 do 1900 globalne zaludnienie nawet nie podwoiło się i to samo można powiedzieć od 1700 do 1800 i o każdym poprzednim stuleciu. Wcześniej, wciąż w historycznych czasach, na podwojenie się światowego

zaludnienia potrzeba było tysiąca lat. Natomiast obecnie, na być może ostatnie podwojenie się światowego zaludnienia potrzeba było tylko 50 lat. I na koniec, dla roku 2100, gdy nasze dzieci czy wnuki będą zastana-

wiać się nad trzecią i ostatnią zmianą zawodowej kariery, oceny wahają się od zmniejszenia do 6 miliardów do osiągnięcia maksimum 16 miliardów. Będąc optymistą i realistą czuję się dobrze z medianą około 10 miliardów.



Fot. 3. Wzrost światowego zaludnienia od 1800 do 2100 roku (źródło: Wikipedia, UN i US Census Data).

Tak więc świat, z jego florą i fauną, prawdopodobnie nie zobaczy kolejnego podwojenia się liczby ludności, ale ta liczba wciąż będzie ogromna. A co ze zderzeniem z planetoidą? Dziś nasze najlepsze oceny częstotliwości występowania uderzeń planetoid niszczących miasta lub większych, są zgrubne. Wahają się od około 30 do 60 lat. Oceny opierają się na danych historycznych, a w szczególności na obserwacjach Departamentu Obrony przy pomocy systemu satelitów systemu wczesnego ostrzegania NORAD.

Tabela 1. Procent światowego zaludnienia na obszarach miejskich.

Rok	Procent populacji ludzkiej w obszarach zurbanizowanych
1900	14%
1908	~15%
2010	50%
2050	70%

Tabela 2. Powierzchnia świata zajęta przez obszary miejskie.

Rok	Powierzchnia świata zajęta przez miasta (7000 osób na milę kw.)	Procent powierzchni świata (7000 osób na milę kw.)	Procent powierzchni świata (1000 osób na milę kw.)
1908	38 000 mil kw.	0,025%	0,18%
2010	500 000 mil kw.	0,25%	1,8%
2050	1 000 000 mil kw.	0,5%	3,5%

Dr Peter Brown z kanadyjskiego Uniwersytetu Zachodniego Ontario, jest odpowiedzialny za większość analiz tych przeważnie tajnych danych. System wczesnego ostrzegania USA ma tylko około 40 lat, więc jest to ekstrapolacja danych. W okresie 105 lat znamy dwa zjawiska: Tunguska i Czelabińsk, ale nasza zdolność obserwowania nieustannie i czujnie takich zjawisk na całym globie nie obejmuje całego tego okresu. Z całej powierzchni globu 71% jest pokrytych wodą. Ogromne obszary Pacyfiku i mroźnych okolic biegunów nie były zamieszkałe, albo przynajmniej często odwiedzane aż do niedawna. Zderzenia małych planetoid czy eksplozje powietrzne nad Pacyfikiem czy Antarktydą mogły łatwo uchodzić uwadze aż do bardzo niedawnych czasów.

Na zagrożenie dla ludzkiego życia ze strony planetoid ma także wpływ to, jak żyjemy. W 1908 roku szybko pozostawialiśmy za sobą rolniczy styl życia rosyjskich wieśniaków XIX w. (fot. 4). Obecnie mamy rozległe obszary miejskie — Nowy Jork, Moskwa, Pekin, a nawet miasta, które wyrosły na pustyni jak Dubaj (fot. 5) i to właśnie tam zagrożenie dla życia i zdrowia wzrosło w ostatnim stuleciu dwukrotnie i nadal rośnie. Tłoczmy się obecnie w wielu gęsto zaludnionych obszarach.



Fot. 5. Dubaj, Zjednoczone Emiraty Arabskie.

Populacja całego globu w większości rezyduje w wielkomiejskich obszarach. Tabela 1 ukazuje procentowe zmiany miejskiej populacji na całym globie.

Ta koncentracja w miastach pozostanie jednym z warunków ludzkiej egzystencji przez resztę tego stulecia i w następnym. Fot. 6 pokazuje wielkość trzech wyróżniających się obszarów wielkomiejskich w porównaniu z zasięgiem strefy podmuchu katastrofy tunguskiej. Wielkość tunguskiej planetoidy ocenia się na

100 metrów. Prędkość tunguskiej planetoidy jest nieznana, niemniej całkowita energia uwolniona podczas takiego zderzenia jest proporcjonalna do kwadratu prędkości. Mniejsze planetoidy, pomiędzy ciałem tunguskim a czelabińskim, którego średnicę ocenia się na 17—20 metrów, wciąż mogą zdewastować takie miejskie obszary i spowodować dziesiątki i setki tysięcy ofiar. W strefie pomiędzy Wenus i Marsem istnieją setki tysięcy planetoid o wielkości pomiędzy meteoroidem tunguskim (~100 metrów) a czelabińskim (~20 metrów).

W ciągu stu lat po zdarzeniu tunguskim powierzchnia lądu zajęta przez miejskie obszary ogromnie się powiększyła. Tabela 2 ukazuje ten wzrost w milach kwadratowych i jako procent powierzchni Ziemi. Przyjmuje się z definicji, że obszar miejski oznacza gęstość zaludnienia większą niż 7000 osób na milę kwadratową. Odpowiada to krajobrazowi miejskiemu takiemu jak znajduje się w basenie Los Angeles. Definicja tego, co uważa się za obszar miejski, różni się znacznie w różnych miejscach globu. Ktoś może równie dobrze przyjąć gęstość 1000 osób na milę kwadratową, co daje procentowość pokazaną w czwar-



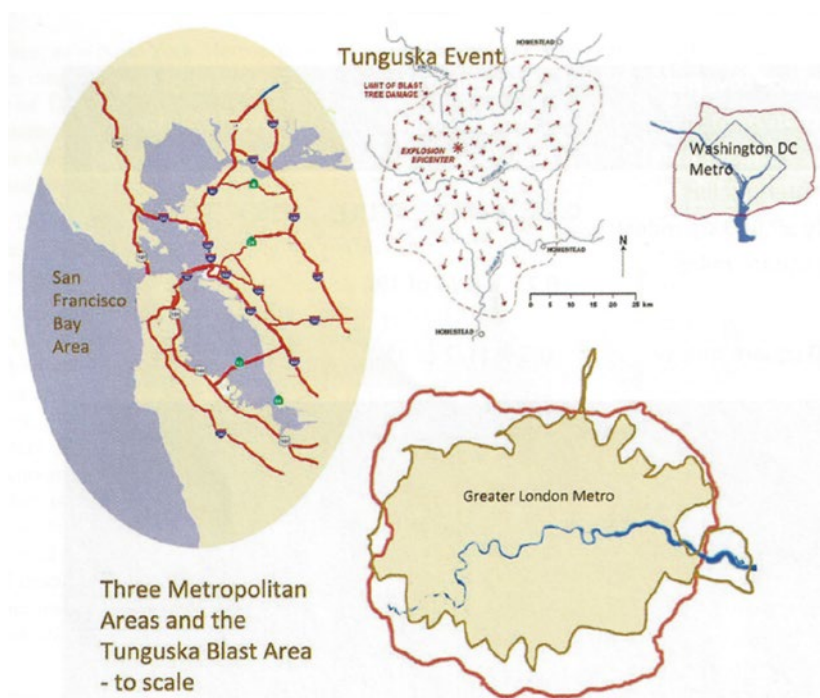
Fot. 4. „Na zaoranym polu”, Klodt von Yurgensburg, 1872, Państwowa Galeria Tretiakowska, Moskwa, Rosja.

tej kolumnie tabeli 2. Wielkość części miasta przeznaczanej na tereny zielone redukuje gęstość zaludnienia i prowadzi do bardziej rozległego obszaru wielkomiejskiego.

Z obecnej populacji ludzkiej mniej więcej połowa rezyduje w miejskich krajobrazach — 3,5 miliarda. Do roku 2050, przy założeniu, że populacja wzrośnie do około 10 miliardów, miejska populacja się podwoi. Odzwierciedleniem tego będzie dwukrotny wzrost powierzchni Ziemi zajętej przez miasta. Większość przyrostu światowej populacji w tym stuleciu będzie otaczać istniejące miasta, obszary miejskie.

Weźmy także pod uwagę liczbę dużych miast całego świata. Tabela 3 pokazuje, jak to się zmieniło.

Katastrofa tunguska położyła 1000 mil kwadratowych lasu, co oznacza obszar o promieniu 18 mil (29 km). To jest obszar, w którym całe drzewa zostały powalone na ziemię. Jednak siły zderzenia, które byłyby destrukcyjne dla mienia i fatalne dla ludzi, sięgały 10 do 20 mil dalej. By więc ocenić prawdopodobieństwo zderzenia blisko zaludnionych obszarów, trzeba brać pod uwagę zaludnioną ziemię i dodatkowo jej obrzeża. Zależy to także od



Fot. 6. Porównanie wielkości światowych obszarów metropolitalnych z zasięgiem katastrofy tunguskiej.

energii uwolnionej podczas zdarzenia. Zaczynając od zaludnionych obszarów lądu w tabeli 2 i zakładając zderzenie tunguskie lub eksplozję powietrzną w odległości 10 mil od obszaru miejskiego, prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest podane w tabeli 4. Dla pojedynczego obszaru miejskiego

zakłada się na przykład, że miasto jest okrągłym obszarem o promieniu 20 mil ze zdarzeniem tunguskim w obrębie 10-milowego rozszerzenia co daje promień około 30 mil.

Można rozważyć bardziej rozległe obszary dotknięte w taki sposób, jak w regionie Czelabińska. W przyszłości

ludzką wybierz ostrzeżenie takich rozległych, zaludnionych obszarów przed małymi, zbliżającymi się planetoidami takimi jak ta, która przybyła 15 lutego 2013 roku. Dlatego rozważmy obszary miejskie i ich rozszerzenie o 20 mil, co daje promień 40 mil. Prowadzi to do prawdopodobieństwa wymienionego w tabeli 5. Czy uderzenie planetoidy ma nastąpić nad obszarem zamieszkałym przez 100, 1000 czy 1 000 000, ludzkość zareaguje tak samo i da odpowiednie ostrzeżenie. Nie jest więc rozsądne przesuwanie prawdopodobieństw w kierunku gęsto zaludnionych terenów, ale raczej rozważenie prawdopodobieństw opartych na terenach o mniejszej gęstości zaludnienia ~1000 osób na



Fot. 7. Słynne zderzenia i bliskie przełoty w historii Układu Słonecznego. Od lewego, górnego rogu zgodnie z ruchem wskazówek zegara: Ilustracja przełotu komety Siding Spring (19 października 2014), zderzenie komety Shoemaker-Levy 9 z Jowiszem (lipiec 1994), mała planetoida nad Czelabińskim (15 lutego 2014), zdjęcia Jowisza w świetle widzialnym po SL9.

milę kwadratową. Wniosek jest taki, że prawdopodobieństwo uderzenia planetoidy z negatywnymi skutkami dla ludzi dramatycznie wzrosło w ostatnich 100 latach z powodu wzrostu globalnego zaludnienia. Są to zgrubne oceny. Są różne rodzaje sposobu zaludnienia terenów miejskich. Około połowa światowej populacji nie żyje w miastach. Te 3,5 miliarda osób wciąż żyje w miejscach, które przypominają wsie lub miasteczka. Znów więc, nie jest nierealistyczne zakładanie niższej gęstości zaludnienia (1000 na milę kwadratową) dla terenów miejskich (Ośrodków Koncentracji Zaludnienia).

Jest jeszcze inny sposób rozważania szans, gdy weźmiemy pod uwagę typy powierzchni Ziemi. Diagram przedstawiony na fot. 7 pokazuje, że 8,8% powierzchni Ziemi to grunty orne, co oznacza, że tam żyją ludzie. Część populacji rezyduje w górach i na pustyniach, więc w sumie można stwierdzić, że ludzie zamieszkują około 10% powierzchni Ziemi.

Wybermy więc jakąś liczbę. To co ja wybieram na teraz i resztę tego stulecia, to szansa 1 na 10, że Ośrodek Koncentracji Zaludnienia dozna szkody z powodu uderzenia lub powietrznej eksplozji planetoidy typu Czelabińska albo większej. Są jednak jeszcze dwa prawdopodobieństwa, które trzeba rozważyć. Jedno to prawdopodobieństwo uderzenia lub eksplozji planetoidy takie, jakiego właśnie doświadczyliśmy. Możemy przyjąć obecnie, że jest to 1 na 30 lat. Dla każdego zdarzenia, które nastąpi, jest

Tabela 3. Wzrost wielkich miast.

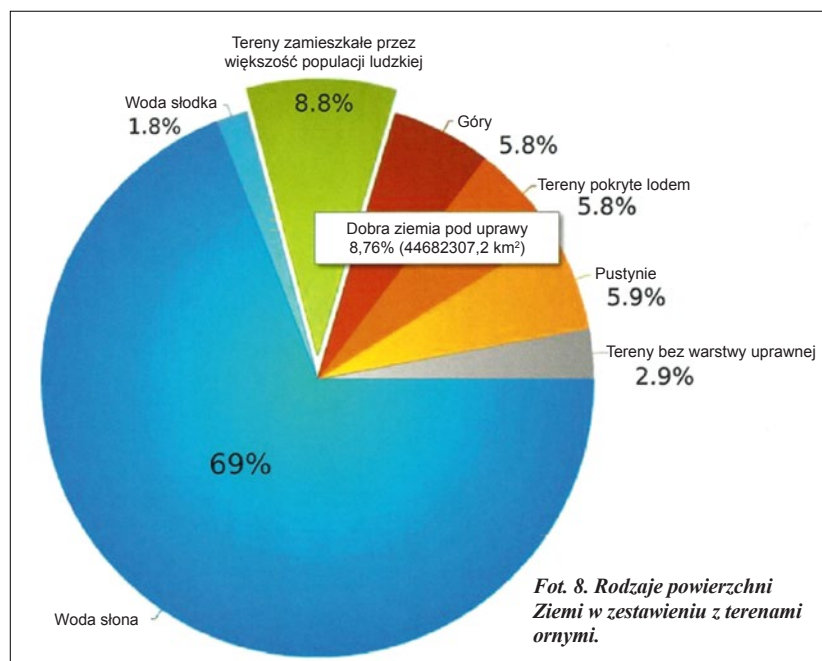
Rok	Liczba miast, centrów światowych powyżej 1 miliona mieszkańców
1908	12
2010	400
2050	~500

Tabela 4. Prawdopodobieństwo katastrofy tunguskiej w obrębie 10 mil wokół obszaru miejskiego.

Rok	Prawdopodobieństwo zniszczenia w odległości nie większej niż 10 mil od terenów miejskich	
(wg tab. 2)	dla 7000 osób na milę kw.	dla 1000 osób na milę kw.
1908	1 na 1800	1 na 300
2010	1 na 177	1 na 25
2050	1 na 88	1 na 12

szansa 1 na 10, że OKZ dozna szkody. W sumie daje to częstotliwość jednego zdarzenia na 300 lat — uderzenia, które zaszkodzi tysiącom czy milionom ludzi. W międzyczasie wszystkie kamery świata będą wylapywać mniejsze bolidy rozjaśniające niebo. I to będzie przypominać, że jakiś duży czai się w mrokach kosmosu. Nawet przy małym prawdopodobieństwie katastrofy z nieba w ciągu najbliższych stu lat pozostaje nagła potrzeba, by nie marnować czasu. Przypomnijmy sobie zderzenie komety Shoemaker-Levy 9 z Jowiszem (fot. 8). Nikt nie spodziewał się, że takie zdarzenie nastąpi tak szybko. Weźmy pod uwagę przelot komety Siding Spring, która 19 października 2014 r. minie Marsa w odległości 75000 mil (fot. 8), a może być, że dużo mniejszej. Gdyby to była Ziemia, a nie Mars, z kometa odkrytą w odległości Saturna i kierującą się

ku nam z możliwością, że zderzy się z Ziemią, ale bardziej prawdopodobne, że nie, czy moglibyśmy spać spokojnie? Prawdopodobnie nie. Chociaż wszystkie te zdarzenia występują rzadko, to nie jest prawdą, że są nieoczekiwane. Raczej mogą wskazywać, że kosmiczne zderzenia zdarzają się częściej niż możemy sobie wyobrazić, lub obecnie przewidywać. Tak więc obecny status zagrożenia ze strony planetoid pozostaje nieznany. Liczba planetoid o wielkości obiektu czelabińskiego rezydujących w wewnętrznej części Układu Słonecznego może sięgać milionów. Jednak mamy obecnie możliwości odnalezienia wszystkich planetoid większych niż 100 metrów i możemy skonstruować system wczesnego ostrzegania, który może pozwolić społeczności podjąć akcję wobec zagrożenia zdarzeniem typu Czelabińska czy Tunguski. Pozostaje pytanie, jak długo chcemy czekać i pozostawać pod egzystencjalnym zagrożeniem dla życia i naszej własności — naszej Dobrej Ziemi?



Fot. 8. Rodzaje powierzchni Ziemi w zestawieniu z terenami ornymi.



Tim Reyes jest inżynierem programistów w NASA. Od roku 1992 uczestniczy w tworzeniu orbiterów i lądowników wysyłanych na Marsa. Pochodzi z Whittier w Kalifornii. Ukończył University of Alabama w Huntsville specjalizując się w fizyce plazmy.

Czelabińsk. W poszukiwaniu okruchów kosmosu

Paweł Zaręba

Zmodyfikowana relacja ze strony autora <http://www.meteority.eu/czelabinsk-w-poszukiwaniu-okruchow-kosmosu/>

Droga do Czelabińska to świetny sprawdzian z refleksu. W większości składa się owa „droga” z dziur, więc jazda z prędkością około 100 km/h wiąże się z mocniejszym biciem serca — obyśmy nic nie urwali. Nie urywamy i po 3 godzinach wjeżdżamy w obszar spadku. Pierwsze pytanie: to gdzie zaczynamy? Bliżej Czelabińska czy może bardziej w stronę Czebarkuła?

15 lutego 2013 roku nad Uralem wybuchł potężny meteoroid. Niedługo po tym kosmicznym incydencie padło hasło — „A może byśmy tam pojechali?” W sumie tak spektakularny spadek meteorytów zdarza się statystycznie raz na około 100 lat, więc może już drugiej takiej okazji nie będzie? Po początkowych ustaleniach — kto, kiedy, co i jak — zawiązała się grupa czterech „chętnych i mogących”. Marcin, Iwo, Maciek i ja. Zaczęło się planowanie wyprawy. Bukowanie biletów lotniczych, załatwianie wiz, co jak się później okazało nie było jedynie „formalnością”, oraz cała masa innych przygotowań. Wreszcie wszystko dopięte, bilety i wizy w garści, plecaki spakowane.

21 kwietnia po południu wylecieliśmy do Moskwy. Po dwóch godzinach lotu i kilku nerwowych chwilach na lotnisku Szeremietiewo (mieliśmy 40 minut na odbiór i ponowne odprawienie bagażu) wsiedliśmy do drugiego samolotu. Po kolejnych dwóch godzinach wylądowaliśmy w Jekaterinburgu. Po zmianie stref czasowych o cztery godziny była to czwarta rano. Na dzień jutro był umówiony odbiór aut, którymi mieliśmy dojechać w okolice Czelabińska, więc rozłożyliśmy „obóz” w lotniskowej poczekalni, by się trochę przespać. Później Iwo z Maćkiem wyruszyli na poszukiwanie wypożyczalni. O dziewiątej wprawdzie aut nie było, ale ostatecznie do 13 udało się je załatwić i około 16 dojechać na teren spadku.

Zjeżdżamy z „trasy” i lokalnymi drogami próbujemy dotrzeć na wybrane miejsce. Widać na GPS’ach, że dróg w terenie jak na lekarstwo. Pierwsze co „uderza” w oczy — już po drodze — a teraz jeszcze mocniej — to, że wszędzie rosną głównie brzozy. Białe ściany, gdzie nie spojrzeć.

Mijamy niewielkie jezioro pokryte sporą jeszcze taflą lodu. Dobry znak — zima niedawno ustąpiła zabierając z pół śnieg. Meteoryty dopiero co zostały odsłonięte i jest szansa że dużo ich jeszcze leży na polach. Droga jest przejezdna, choć miejscami stoją kałuże. Później się przekonamy, co się dzieje z tutejszymi drogami po kilku zaledwie minutach deszczu.

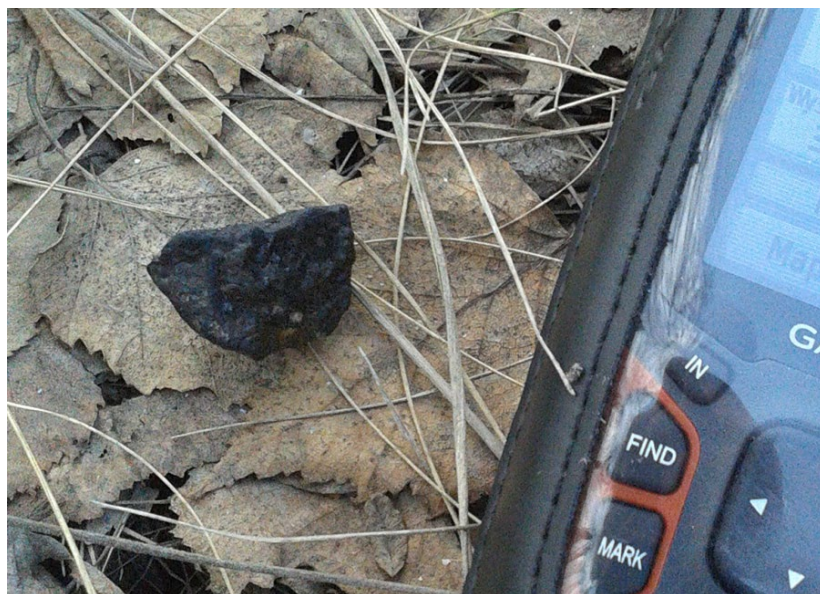
Jedziemy powoli, rozglądając się uważnie. Czasem przystajemy, robimy krótkie rekonesanse. Wokół rozległe tereny z resztkami jesiennej flory. I wszechobecne brzozy.

Dojeżdżamy w ustalone miejsce. Pora ruszać na łowy. Krótka narada, GPS’y i krótkofalówki w garść — ruszamy. Serce bije ciut mocniej — przecież zaczynamy poszukiwania meteorytów z super bolidu!

Po pół godzinie zastygam. Jest! Nieduży — 11 gramów — pierwszy na naszej wyprawie. Jesteśmy w dobrym miejscu! Wołam chłopaków. Ogólna radość, gratulacje. Zapisuję pozycję w GPS, starannie zamykam kamyk w torebce opatrzonej numerem „1”. Jestem przeszczęśliwy. Nie mija godzina jak slysze Marcina „na radiu”. Znalazł. 2:0! Chodzimy do wieczora — już bez rezultatów. Przynajmniej tak mi się wtedy wydawało.

Do samochodu docieram pierwszy. Po chwili dostrzegam Marcina i Maćka. Wracają. Iwo jeszcze krąży (potem się przekonam, jaki z niego „pies na metki”). Chłopaki idą nieśpiesznym krokiem. Pytam o wyniki. Marcin bez zmian, za to Maciek z dziwnym uśmiechem mi się przygląda. Wyciąga zza pleców...

Chyba nigdy wcześniej nie opadła mi tak szczeka. Skubaniec ma w rękę piękny orientowany okaz meteorytu. Na oko około kilograma. Szok! Podniecony pytam — gdzie, kiedy... Okazuje się, że znalazł go niedaleko naszych, dosłownie 200 m dalej. Długo go oglądamy. Ależ trafienie. Pojawia się Iwo.



Pierwszy znaleziony okaz.



825 gramów kosmosu.

Pierwszy dzień poszukiwań za nami. Musimy jeszcze znaleźć miejsce na nocleg. Przez pierwszą część wyprawy planujemy spać na terenie spadku, bo szkoda nam czasu na dojeżdżanie do hotelu. Po doprowadzeniu się do ładu (warunki polowe) szybka kolacja, dzielimy się wrażeniami z pierwszych godzin poszukiwań i kładziemy się spać. Pierwsza nocka w miejskim autku...

Pobudka. Ależ to auto ciasne... Karaskamy się ze śpiworów, poranna toaleta. Kawa. Tutaj muszę nadmienić, że piszę tę relację z perspektywy głównie własnych poszukiwań — z prostej przyczyny — nie robiłem żadnych notatek przez te kilkanaście dni i nie jestem teraz w stanie opisać ze szczegółami, co i kiedy znajdowali moi Kompani. Zresztą nie same „kamienie” są tu wbrew pozorom najważniejsze, lecz atmosfera która towarzyszyła ich poszukiwaniom...

Po śniadaniu ruszamy w teren. Pada propozycja, żeby zacząć poszukiwania trochę dalej na południe od wczorajszego obszaru. Jednak, gdy po kilku godzinach nie znajdujemy żadnego meteorytu, postanawiamy wrócić na wczorajsze miejsce. Rzuca się w oczy duża liczba śladów kół na polach i łąkach. Widać, że miejscowi (i nie tylko) nie próżnują.

Wcześniej jednak jedziemy do najbliższej wsi uzupełnić zapasy. Odnajdujemy wieś, ba — odnajdujemy nawet sklepik, choć lokalne siedliska mają niepowtarzalny urok końca świata. Duże wrażenie robi na nas Wiejska Napowietrzna Żółta Instalacja Gazowa. Rury dokładnie oplatają i przecinają wieś (tę i wszystkie wokół) tworząc skomplikowane arterie.

Czy na końcu świata nie ma popijających kierowców mogących



100-gramowa kosmiczna piramidka.

„niechący” dokonać rozklekotaną ładą aktu energetycznego sabotażu? Panie w sklepie są bardzo życzliwe, wręcz towarzyskie. Wypytyują, skąd my. „Aaa, paljaki...”. Z uśmiechem (a może ze śmiechem?) podają miejscowe wiktuały, podpytują, jak jest w Polsce, oglądają polskie pieniądze (mamy jakieś niedobitki w portfelach). Jest sympatycznie.

Przed sklepem pojawia się miejscowa „młodzież”. Oczywiście chcą nam sprzedać meteoryty. „Nie kupujemy. Szukamy.” Wracamy w teren. Zbliży się wieczór, a ja nic nie mogę znaleźć. Słyszę na radiu, że chłopaki notują kolejne trafienia.

Hmm... Czyżby dziś nic? Jestem cokolwiek zmęczony, więc humor mam nie najlepszy. Postanawiam powoli wracać do auta. Nie wiadomo skąd pojawia się Marcin. Wracamy razem. Gdy już godzę się z myślą, że drugi dzień zakończę „na zero” — jest! Ładny ponad 130 gramowy okaz leży i szczerzy do mnie szare zębiska. Nie jestem mu dłużny i też się wyszczerzam w niepohamowanej głośniejszej radości. Drugi dzień dobiega końca. Jest dobrze.

Pobudka, ząbki, kawa, prostowanie kości. Ustalamy zgrubny plan poszukiwań. Wymieniamy dane GPS, żeby mieć pojęcie co i gdzie już znaleźliśmy. Dzień mija na udanych poszukiwaniach. Znajdujemy sporo okazów. Humor dopisuje. Iwo bohaterem dnia — trafia piękny kilkusetgramowy okaz.

Postanawiamy tym razem spędzić nockę w jakimś cywilizowanym miejscu. Przydałoby się porządnie umyć i obejrzeć — w okolicy grasują stada kleszczy. Strząsamy je z ubrań co chwila. Docieramy do hotelu w Jemanzelińce, gdzie spotykamy ekipę

rosyjskich i amerykańskich poszukiwaczy. Niestety wszystkie miejsca są zajęte. Niedobrze. Jesteśmy zmęczeni i cokolwiek brudni, więc nie bardzo uśmiecha nam się dzisiejsza nocka w autach.

Jedziemy więc do Jemanzelińska — ponoć tam jest jakiś hostel. Jest prawie północ, gdy udaje nam się go odnaleźć. Jest miejsce do spania i ciepła woda. Więcej nam dziś już do szczęścia nie trzeba.

Rano wracamy w teren. Pada. Niby niezbyt mocno, ale upierdliwie. Ziemia niemiłosiernie oblepia buty. Co chwila trzeba odklejać błotniaste opony. Nieistotne. Szukamy.

Mamy coraz więcej danych, coraz skuteczniej szukamy, więc co jakiś czas słyszę na radiu — „Mam...”. Mija południe — tylko ja jakoś nie bardzo trafiam. Łażę po lesie. Co jakiś czas między drzewami widzę przemyskającego Marcina. Słyszę jak rozmawia na radiu z Iwem — ten ma dziś dobry dzień. Idziemy w jego kierunku. Faktycznie — znalazł dziś piękne okazy. Zwłaszcza jeden z okazów — całkowicie z piękną „pianą”. Bajka.

Nie planuję zbyt długo myśleć o Iwa placyku, ale tego okazu nie mogłem nie zauważyć... Jakież 30 m od nas, pod krzakiem. Leży. Piękny. Czarny. Mokry. Cudo. Podchodzę. Wydieram się. Tak — w y d z i e r a m! Chłopaki podbiegają. Mam w rękach piękny orientowany duży okaz meteorytu.

Nie posiadam się ze szczęścia (później Iwo trochę mi podokucza, że mu „podebrałem” okaz... ale nadal się lubimy). Przy okazji zostawiam w krzakach połamanego e-papierosa. Marcin nie omieszkiał mi przypomnieć, że obiecałem dzień wcześniej definitywnie rzucić palenie, jeśli znajdę duży okaz.

Słowo się rzekło... Pierwsza euforia mija. Szukam dalej. Okaz starannie owinięty miło cięży w plecaku. To mój numer „11”. Przez kolejne 5 godzin nic nie znajduję. Zbliża się wieczór więc ruszam w stronę auta. Jest. „12”. Ładny, kilkadziesiąt gramów. Mam dziś świetny humor.

Docieram do samochodu. Maciek też już jest przy swoim. Gotuje wodę na kawę. Ja rozglądam się za jakimś patykiem do oskrobania błota z butów. Obchodzę naszego krążownika — i nagle oczy o mało nie wyłażą mi z orbit! Niespełna 4 metry od auta beczelnie w trawie leży kolejny kilkusetgramowy okaz. Nie mogę uwierzyć. Wołam Maćka. Ktoś mówił, że „13” jest pechowa?

Bez słowa patrzy to na mnie to na okaz leżący ciągle u naszych stóp. Mam dziś farta. Choler nego. Po godzinie wraca Marcin. Widać, że nie jest w formie. Załapał jakieś przeziębienie. Szkoda. Iwo wraca późnym wieczorem. Gościu jest nie do zdarcia.

Oczywiście słyszę porcję uwag o „podwędzonym” okazie. Lubię tego Iwa.

Kolejny dzień i znów na pole. Chodzimy po coraz bardziej nam znanym terenie. Nie wspomniałem wcześniej, ale każdego dnia spotykamy miejscowych. Jeżdżą na quadach. Powoli. W parach. On i ona. Jeżdżą też poszukiwacze — jeepami. Widać, że nastawiają się na duże okazy, bo małych nie mają szans wypatrzyć. Kilka razy zdarzyło nam się wydłubywać niewielkie okazy wgniecione kołami samochodu lub quada w grunt. Pola nie obeschły do końca po wczorajszym deszczu, ale szuka się nieźle.

Robi się słonecznie. I wietrznie. Jak świeci, rozpinam się, jak zajdzie za chmury — wiatrzysko przenika

przez kurtkę. Cały dzień chodzę tylko po polach. Chłopaki mają trafienia, słyszę ich na radiu. Ja też dziś trafiam — niewielkie, ale ładne okazy. Na mojej trasie widzę kilka brzoź tkwiących jak wyspa na środku pola. Wchodzę między drzewa. Pusto. Wracam na pole. Jest! 100 gramowa piramidka na skrzyżowaniu śladów kół. Jakim cudem nikt go nie zauważył? Dzień powoli dobiega końca. Wracam do auta. Po drodze mam jeszcze dwa ładne trafienia.

Następnego dnia wyruszamy w inne miejsce. Po drodze krótki rekonesans w pobliżu kopalni złota. Znajduję jeden niewielki okaz. To moja „dwudziestka”. Dojeżdżamy na miejsce. Dookoła las. Znowu pada deszcz. Mamy dziś w planach długą trasę. Ruszamy. Po drodze różne lokacje — raz łatwiej raz trudniej. Moja pałatka zaczyna przemakać. Nie nastraja mnie to szczególnie bojowo. Niemal cały dzień pada, niemal cały dzień jesteśmy w lesie. Znajdujemy kilka okazów, ale szału nie ma. Marcin zdrowieje, a mnie chyba zaczyna właśnie rozkładać... Niech to szlag. Na szczęście od dziś w hotelu. Zwolniły się miejsca. Ciepła woda.

Kolejny dzień znów w lesie. Na szczęście nie pada. Po całym dniu mizerne efekty — jeden okaz. Spotykam Roberta Warda. Mały ten obszar spadku...

Ale i tak bywa — ponad dwadzieścia kilometrów w nogach i raptem jeden 40 gramowy okaz w ręku. Wieczorem kolacja w międzynarodowym gronie. Jest bardzo sympatycznie. Świat robi się taki mały. Dobrze piwo. Ciekawe rozmowy. Muszę popracować nad angielskim. Rosyjski jakoś tak łatwiej ogarnąć. Gestami.

Niestety nieźle się przeziębilem.

Chłopaki rankiem ruszają w teren. Iwo z Maćkiem. Marcin z Robertem Wardem. Ja z konieczności robię przerwę w poszukiwaniach i siedzę w hotelu. Nudzę się niemiłosiernie. Oglądam swoje okazy. Miodzio.

Następnego ranka wciąż kiepsko się czuję, ale ruszam w teren. Po 3 godzinach wracam jednak do hotelu. Dobrze, że cokolwiek znalazłem. Ładny 50 gramowy okaz. Dwudziestka piątka. Chłopaki polują, ja popijam kawę w barze. Czasem i tak bywa. Wieczorem kolejna porcja relacji z terenu i rozmów w międzynarodowym towarzystwie.

Kolejny dzień bez zmian. Leżę i zdycham. Za to chłopaki wracają z fajnymi trafieniami. Marcin znajduje ładny, prawie 300 gramowy okaz. Jutro wracamy do Polski.

6.00 rano. Wczoraj, a właściwie już dzisiaj, pożegnaliśmy się z rosyjskimi i amerykańskimi przyjaciółmi. Była rosyjska wódka, rosyjska muzyka i rosyjskie tańcowanie. Rankiem w promieniach wschodzącego słońca Maciek szoruje brykę z błota, po czym pakujemy się do aut i ruszamy w drogę powrotną do Jekaterinburga.

Po drodze robimy sobie fotki przy tablicy z nazwą Czelabińsk. Niech będzie jakaś pamiątka po tej eskapadzie. Bez większych przygód docieramy na lotnisko. Po dwóch godzinach lądujemy w Moskwie. Jakies suweniry, kawa i ostatnie zdjęcie „klubowe” — Maciek odlatuje do Kopenhagi, my wracamy do Polski.

Pożegnalne uściski rąk na Okęciu kończą polską wyprawę poszukiwawczą na obszar spadku meteorytów Czelabińsk.

Do następnego razu Panowie.



Kolacja w międzynarodowym gronie.



Polska ekipa w drodze powrotnej do kraju.



Doniesienia z Wiki

Najstarszy polski spadek

Badacz meteorytów Jerzy Pokrzywnicki odszukał w źródłach pisanych po niemiecku i łacinie doniesienie, które jednoznacznie opisuje spadek meteorytu. Kronikarze odnotowali, że zdarzenie miało miejsce o 6 rano przy ładnej pogodzie we wsi Dubrow na Łużycach, a meteoryt spadł na pole kolonisty Mateusza Schebacka (Matthaei Schebacki Coloni). Stało się to **6 marca 1636 roku**. Wszystkie relacje pochodzą z drugiej ręki, ale pomimo niejednoznaczności w nazewnictwie i trudności w interpretacji źródłowych zapisów, docieklivy Jerzy Pokrzywnicki po żmudnym śledztwie doszedł do wniosku, że wymieniona wieś Dubrow to prawdopodobnie dzisiejsza Dąbrowa Łużycka.



Strona z pracy Vechnerus z 1645 roku (źródło: GoogleBooks)

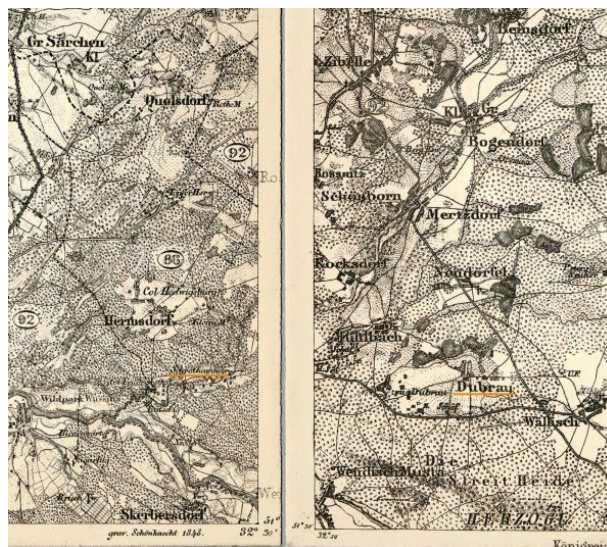
Spadły z wielkim hukiem (łac. *magno cum fragore*) meteoryt miał oryginalny kształt czary lub misy (łac. *figura capidis, sini*), opaloną powłokę (łac. *igne adusta*), był kruchy (łac. *friabilis*), z licznymi gruzelkami czy też wrostkami metalu (łac. *vario metallo plenus*). Ważył wg zapisów 2 talenty. Jeśli były to talenty duże, to było to ponad 120 kg, jeśli małe — tylko (!) 52 kg. Prawdopodobnie był to meteoryt kamienny (łac. *lapis*), chondryt. Los kamienia nie jest znany.

Ze źródeł wynika, iż meteoryt spadł w miejscu (wsi) o nazwie **Schrot hammer** na zachód od Dąbrowy Łużyckiej (Dubrau, Dubrow)!

Dzieło Vechnerusa z 1645 roku jest prawdopodobnie pierwotnym źródłem?

Współcześnie nie ma na mapach wsi **Młotów** (*Schrot hammer*; niem. *hammer* — młotek). Ale na starych mapach tego rejonu, na przecięciu rzeczki **Skroda** (niem. *Schrot*) i drogi nr **350** znajduje się wieś „**Schrot hammer**”! To tu zapewne na pole Mateusza Schebacka spadł kilkudziesięciokilogramowy okaz meteorytu.

Tak duże okazy meteorytów nie spadają pojedynczo. Meteoryty kamienne z pojedynczych spadków z reguły nie mają więcej niż kilkanaście kilogramów. Spadek >100 kg okazu



Arkusze 369 i 370 mapy *Karte des Deutschen Reiches* z ok. 1893 r. z nazwami Dubrau i Schrothammer (źródło: MAPSTER)

z dużym prawdopodobieństwem, towarzyszył deszczowi meteorytów! (hipoteza Woreczko). Znane **spadki meteorytów kamiennych**, których największe okazy były bardzo duże: Allende, Jilin, Knyahinya, Kunya-Urgench, Norton County, Paragould, Tsarev — były deszczami meteorytów, gdzie znajdowano setki i tysiące okazów (wyjątkiem jest tu pojedynczy, ponad 330 kg, okaz meteorytu Bjurböle). Być może w okolicach Dąbrowy Łużyckiej, pod wsią Młotów, spadło więcej okazów? Dziś teren ten porośnięty jest gęstym lasem, czy szukać warto?

Ale, jak pisze Pokrzywnicki, meteoryt miał „kształt czary lub misy” (łac. *figura capidis, sini*), co mogłoby sugerować, że był to okaz orientowany, więc — raczej pojedynczy spadek!?

Jan Woreczko

Największy deszcz meteorytów żelaznych
w Europie środkowej

Morasko

The largest iron meteorite shower
in Central Europe



<http://ksiegarnia.bogucki.com.pl/pl/p/Morasko.-Najwiekszy-deszcz-meteorytow-zelaznych-w-Europie-srodkowej/259>

Opowieści o trafionych

— odcinek z chondrytami zwyczajnymi

Alan Rubin

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 2. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Chondryty zwyczajne (OC) składają się z trzech, ściśle ze sobą powiązanych, grup meteorytów. W ich właściwościach chemicznych i fizycznych widać systematyczne zmiany: w miarę przechodzenia z H do L i LL obserwujemy: (1) wzrost średniej wielkości chondr, (2) wzrost proporcji cięższych izotopów tlenu, (3) zmniejszanie się całkowitej zawartości żelaza i (4) wzrost przeciętnego stopnia utlenienia. Te ostatnie zmiany powodują występowanie dodatkowych efektów takich jak (a) zmniejszanie się zawartości metalicznego żelaza, (b) wzrost stosunku taenit/kamacyt, (c) wzrost zawartości

kobaltu w kamacycie, (d) spadek średniej zawartości niklu w kamacycie, (e) wzrost stosunku $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ w oliwinie, niskowapniowym piroksenie, chromicie i ilmenicie i (f) wzrost stosunku oliwin/piroksen w całej skale (np. Prior, 1916; Snetsinger and Keil, 1969; Snetsinger et al., 1967; Sears and Axon, 1976; Rubin, 1990). Chociaż zdarzają się nieliczne mieszane brekcje chondrytów zwyczajnych (np. okruchy chondrytu H w brekcji regolitowej LL, St. Mesmin i okruchy LL w brekcji regolitowej H, Dimmitt; Dodd, 1974; Rubin et al., 1973) to rzadkość ich występowania wskazuje, że grupy OC pochodzą z trzech różnych planetoid.

Niemniej bliskie powiązanie właściwości tych trzech grup sugeruje, że uformowały się one w bliskim sąsiedztwie, w mgławicy słonecznej.

Późną nocą, 26 marca 2003 roku, mój wujek Bob został zaskoczony widokiem jasnej kuli ognistej za oknem sypialni w Chicago; okazało się, że to chondryt zwyczajny (L5), ten który spadł w Park Forest, na południe od Chicago. 15 lutego 2009 roku bolid rozświetlił niebo nad wschodnią częścią środkowego Teksasu; odnalezione kamienie Ash Creek, które trafiły do mojego laboratorium kilka dni później, okazały się innym chondrytem zwyczajnym (L6). Najnowszy kalifornijski



Destrukcyjne meteoryty, zgodnie z ruchem wskazówek zegara od góry: Peekskill, Mbale, Mihoneski, Sylacauga i Chelyabinsk.

spadek trafił w dach w Novato 17 października 2012 roku; gdy ten kamień dotarł do mego laboratorium, nie byłem zbytnio zaskoczony stwierdzając, że też jest to chondryt zwyczajny (L6). A cztery lata po spadku Ash Creek meteoroid Chelyabinsk zanurkował w atmosferę i rozrzucił fragmenty innego chondrytu zwyczajnego (LL5) na i pod powierzchnią pokrytego lodem rosyjskiego jeziora. Gdyby wyjąć słowa proroka Izajasza z kontekstu, to mógłby on także opisywać poetycko podobny spadek chondrytu zwyczajnego ponad 2700 lat temu: „Jakże to spadłeś z niebios, jaśniejący, Synu Jutrzenki? Jakże runąłeś na ziemię...”

Oczywiście nie wszystkie spadające meteoryty są chondrytami zwyczajnymi. Tylko większość z nich. Jeśli ograniczymy przeszukiwanie bazy danych Meteoritical Bulletin do meteorytów, których nazwy zostały zaakceptowane, to stwierdzimy, że 77% obserwowanych spadków, to chondryty zwyczajne. Masa ich waha się od 0,1 grama chondrytu L5 Vilna z Kanady, do 4 ton chondrytu H5 Jilin z Chin. Obserwowane spadki chondrytów zwyczajnych występują niemalże każdego roku: jeśli pominiemy rok 2005, w którym nie zanotowano żadnego spadku, to musielibyśmy cofnąć się do roku 1953, w którym się urodziłem, by znaleźć inny rok podobnie pozbawiony doniesień o spadku OC.

Najstarszy meteoryt w naszych zbiorach, którego spadek obserwowano, także jest chondrytem zwyczajnym. Nogata, ważący 472 g chondryt L6, spadł nocą, 19 maja 861 roku w prefekturze Fukuoka, w Japonii. Ten kamień, odnaleziony przez wieśniaków następnego ranka, był przechowywany w pobliskiej świątyni Shinto. Ktoś później opisał okoliczności spadku i umieścił Nogata w drewnianej kasetce.

Chociaż od momentu tego spadku upłynęło więcej czasu niż Matuzalem miał chodzić po ziemi, chondryty zwyczajne docierały do naszej planety już wiele lat przed Nogatą, a nawet dużo wcześniej przed pojawieniem się ludzi, którzy mogli ich spадanie zauważyć. I Allan Hills 88019 (H5) i Lewis Cliff 86360 (L4) spadły ponad 2 miliony lat temu. Żył już wtedy Homo habilis (choć nie na Antarktydzie), ale przy pojemności czaszki ponad dwukrotnie mniejszej od Homo sapiens człon-

kowie tego nieoświeconego gatunku prawdopodobnie nie spędzali wiele czasu na rozmyślaniach o meteorytach.

Najazdy chondrytów zwyczajnych zdarzały się jednak i w bardziej odległej przeszłości. W ordowiku, około 470 milionów lat temu, gdy morza były patrolowane przez ryby pancerne i trylobity, a na suchym lądzie rezydowały rośliny podobne do mchu, na Ziemię spadały chondryty typu L. Wiele z nich zachowało się w wapiennym mule na dnie płytkich mórz południowej Skandynawii. Odnaleziono i zbadano ponad 40 skamieniałości chondrytów L i chmurę ziaren chromitu, które wypadły z tych chondrytów. Na podstawie oceny tempa sedymentacji badacze doszli do wniosku, że dopływ meteorytów był w owym czasie stukrotnie bardziej intensywny niż obecnie (Schmitz et al., 2001). Skąd jednak przybyły te wszystkie meteoryty? Radiometryczne datowanie chondrytów L pokazuje, że dwie trzecie z nich doznało silnych zmian szokowych około 470 milionów lat temu (Heymann, 1967; Korochantseva et al., 2007), co wskazuje na silne zderzenie, które mogło rozbić macierzystą planetoidę tych chondrytów. Wiele jej fragmentów zbombardowało Ziemię; dziesiątki zachowały się w szwedzkich wapieniach jako meteorytowe skamieniałości.

W chondrytach zwyczajnych jest coś szczególnego. Nie tylko są one najczęściej spadającym obecnie typem meteorytów, ale znaleziska z ordowiku wskazują, że bombardowały one Ziemię przez ponad 10% jej historii. Sugeruje to, że macierzyste planetoidy chondrytów zwyczajnych prawdopodobnie znajdują się blisko silnego rezonansu, który może wydajnie wysyłać meteoryty na orbity przecinające ziemską (np. Wasson, 1985). Może to być rezonans 3:1 z Jowiszem, znajdujący się na 2,5 j.a. W tym miejscu planetoidy obiegają Słońce trzykrotnie w tym samym czasie, gdy Jowisz wykonuje jeden obieg. To okresowe, grawitacyjne poszturchiwanie przez Jowisza powoduje niestabilność i w rezultacie planetoidy są wypychane z tej strefy i zmuszane do wysyłania swych fragmentów do wewnętrznej części Układu Słonecznego.

Większość meteorytów spada do oceanu; wiele ląduje na niezamiesz-

kałych ziemiach. Jednak przeciętnie cztery czy pięć razy w roku obserwuje się spадanie chondrytu zwyczajnego. Co jakiś czas te kamienie (potocznie nazywane wtedy „młotami”) uderzają w dach (np. San Juan Capistrano, H6, 1973), obijają samochód (np. Peekskill, H6, 1992), wgniatają skrzynkę pocztową (np. Claxton, L6, 1984), lądują w garnku (Juancheng, H5, 1997), rzekomo zabijają krowę (Valera, L5, 1972), albo konia (New Concord, L6, 1860) lub naprawdę uderzają w człowieka (Sylacauga, H4, 1954). Ilekroć to się zdarzy, kolekcjonerzy i handlarze przybywają tłumnie na to miejsce z wypchanymi portfelami. A badacze meteorytów trzymają mikroskopy i mikrosondy w gotowości czekając, aż napłyną cenne próbki.

Bibliografia

- Dodd R. T. (1974) Petrology of the St. Mesmin chondrite. *Contrib. Mineral. Petrol.* 46, 129-145.
- Heymann D. (1967) On the origin of hypersthene chondrites: Ages and shock effects of black chondrites. *Icarus* 6, 189-221.
- Korochantseva R. V., Trierloff M., Lorenz C. A., Buykin A. I. Ivanova M. A., Schwarz W. H., Hopp, J. and Jessberger E. K. (2007) L-chondrite asteroid breakup tied to Ordovician meteorite shower by multiple isochron 40Ar-39Ar dating. *Meteorit. Planet. Sci.* 42, 113-130.
- Prior G. T. (1916) On the genetic relationship and classification of meteorites. *Mineral. Mag.* 18, 28-44.
- Rubin A.E. (1990) Kamacite and olivine in ordinary chondrites: Intergroup and intragroup relationships. *Geochim. Cosmochim. Acta* 54, 1217-1232.
- Rubin A. E., Scott E. R. D., Taylor G. J., Keil K., Allen J. S. B., Mayeda T. K., Clayton R. N. and Bogard D. D. (1983) Nature of the H chondrite parent body regolith: Evidence from the Dimmitt breccia. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 13th*, A741-A754.
- Schmitz B., Tassinari M. and Peucker-Ehrenbrink B. (2001) a rain of ordinary chondritic meteorites in the early Ordovician. *Earth Planet. Sci. Lett.* 194, 1-15.
- Sears D. W. and Axon H. J. (1976) Ni and Co content of chondritic metal. *Nature* 260, 34-35.
- Snetsinger K. G. and Keil K. (1969) Ilmenite in ordinary chondrites. *Am. Mineral.* 54, 780-786.
- Snetsinger K. G., Keil K. and Bunch T. E. (1967) Chromite from "equilibrated" chondrites. *Am. Mineral.* 52, 1322-1331.
- Wasson J. T. (1985) Meteorites: Their Record of Early Solar-System History. Freeman, New York, 267 pp.



Czelabińsk, bolidy i fragmentacja

Robert Beauford

Artykuł ukazał się najpierw w METEORITE, Vol. 19, No. 2. Copyright: Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, 2013

Kosmiczne skoki do wody

Gdy wkładasz rękę do wody, to przenika ona przez powierzchnię łatwo, z niewielkim tylko oporem. Jeśli uderzysz ręką tę samą powierzchnię tak szybko i mocno, jak tylko potrafisz, to zachowa się ona tak, jakby była twarda. Woda stawia opór i możesz stłuc sobie dłoń. Opisując młodym ludziom, jak meteoroidy oddziałują z atmosferą, porównuję to z efektem skoku do wody. Dzieci często pamiętają swe pierwsze, bolesne próby zanurkowania do basenu. Płynność, w pierwszym przybliżeniu, jest funkcją szybkości uderzenia. Woda, przy

dość umiarkowanej prędkości, jest odczuwana przez rękę, jako ciało stałe. Uderzona z prędkością około kilometra na sekundę zatrzyma i rozkruszy pocisk. Ziemskie, gęste, dolne warstwy atmosfery, przy prędkościach wielu kilometrów na sekundę, w podobny sposób stawiają opór krzemianowym skałom i żelazu.

W potocznym języku mówimy, że meteoroidy przechodzą przez atmosferę i uderzają w ziemię. Dla Ziemi, Wenus i innych ciał Układu Słonecznego, które posiadają dość gęste atmosfery, taka koncepcja jest niemal całkowicie nieścisła. Większość

meteoroidów „uderza” w atmosferę, nie w powierzchnię planety, i całość ich energii zderzenia z prędkością kosmiczną jest wyładowywana na zewnętrznej, rozrzedzonej, gazowej otoczce planety. W niewielkim ułamku przypadków, gdy fragmenty uderzającego ciała docierają do stałej lub ciekłej powierzchni planety pod atmosferą, to co spada na ziemię, jest zaledwie resztkami odrzuconymi po zderzeniu, które nastąpiło wiele kilometrów wyżej.

Chociaż można by dyskutować, że to rozróżnienie jest jedynie semantyczne, to zmiana sposobu myślenia o zjawisku, które nazywamy meteor, i rozważanie go jako zderzenie tunelowe czy kraterotwórcze z płynną (gazową) zewnętrzną powierzchnią planety, może sprawić, że część związanej z tym dziwnej fizyki będzie bardziej intuicyjnie zrozumiała.

Ziemska atmosfera

Chociaż cienka woalka cząsteczek rozciąga się do ponad 600 km powyżej powierzchni planety, to w większości przypadków rozsądne jest stwierdzenie, że gazowa atmosfera naszej Ziemi ma grubość około 100 do 120 km. Większość masy atmosfery, dobrze ponad 75%, znajduje się w dolnych 12 km. Tak jak jakiś szalenciec czy kaskader skaczący z budynku może być wyhamowany i ująć cało lądując na miękkim, puszystym podłożu, lecące z dużą prędkością meteoroidy są w pewnym stopniu chronione podczas przelotu przez znacznie mniej gęste, górne warstwy atmosfery. „Chronione” w tym kontekście, to dość względne pojęcie. Reprezentuje ono mniej lub bardziej różnicę między uderzeniem zwykłym młotem podczas wystawienia na poziom ciepła odpowiadający wrzącej skale (fot. 1), a wystawieniem na równoważnik młota pneumatycznego



Fot. 1. Skorupa obtopieniowa jest dowodem skrajnie wysokich temperatur wytworzonych przez sprężenie atmosfery wokół i przed meteoroidem. Zdjęcie ukazuje powierzchnię meteorytu kamiennego, na której ablacja dosłownie zagotowała krzemianową skalę. Fot. Paweł Zaręba.

podczas podróży przez tornado plazmy o temperaturze 4500 K.

Gdy meteoroid opada, ciśnienie powietrza wzrasta, najpierw stopniowo, a potem, na niskiej wysokości, bardzo szybko. Większość meteoroidów spala się dużo wcześniej, zanim osiągną one dolne warstwy atmosfery. Te nieliczne, które przetrwają, jeśli nie straciły całej swej początkowej prędkości w cienkiej, zewnętrznej warstwie atmosfery, są hamowane bardzo szybko i gwałtownie, gdy zbliżają się do powierzchni. Bardzo niewiele dociera do ziemi w całości.

Chodzi wyłącznie o prędkość

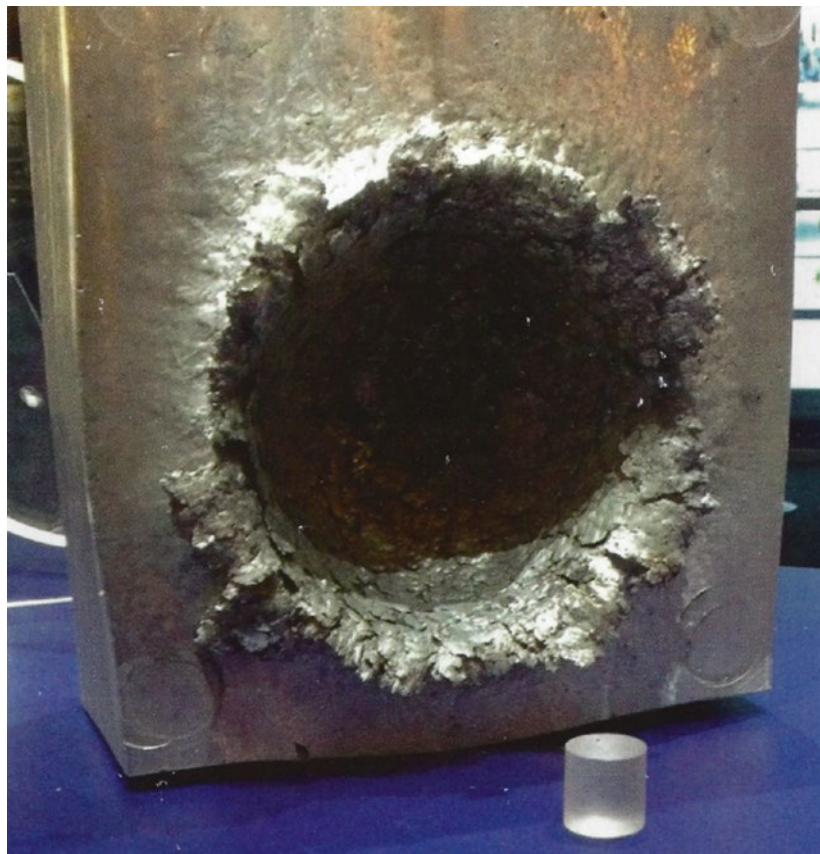
Jedynym najważniejszym czynnikiem określającym ogólne skutki zderzenia jest prędkość (fot. 2). Jest to matematyczna prawda. Energia kinetyczna zderzenia jest zdefiniowana jako $\frac{1}{2}$ masy obiektu pomnożona przez kwadrat jego prędkości. Jeśli zwykła, 145-gramowa piłka baseballowa jest rzucona z prędkością 45 metrów na sekundę (bardzo szybki rzut), to



Fot. 3. Szrapnel (z prawej) z meteorytu Sikhote-Alin ukazuje siłę zdolną rozzerwać żelazo na strzępy, ale to było niewiele w porównaniu z energetycznym oddziaływaniem, które przekształciło ponad 90% meteoroidu w gaz i plazmę, zanim dotarł on do powierzchni. Pokryte regmagliptami okazy Sikhote-Alina ukazują powierzchnie, które były opiekane przez strumień ciepła z plazmy otaczającej meteoroid wchodzący w atmosferę. Zdjęcie autora.

nieśie ona około 147 dżuli energii kinetycznej. Jeśli zwiększymy masę piłki dziesięciokrotnie, to energia jej uderzenia wzrośnie dziesięć razy. Jeśli jednak zostawimy tę samą masę,

a zwiększymy dziesięciokrotnie jej prędkość, to energia zderzenia wzrośnie stukrotnie. Przy prędkości 18 km/s, umiarkowanej prędkości wejścia meteoroidu w ziemską atmosferę, ta sama piłka miałaby energię uderzenia prawie 23,5 miliona dżuli, czyli około 60 razy więcej niż energia samochodu jadącego 60 mil na godzinę. Tak samo, jak bardzo krucha skała, przy zderzeniu z powietrzem piłka zostałaby natychmiast przekształcona w ciepło, światło i poruszające się powietrze zostawiając za sobą tylko pył i gaz. Innymi słowy piłka by eksplodowała.



Fot. 2. Przy prędkościach dużo wyższych, niż te, z którymi zwykle mamy do czynienia, intuicja nie jest dobrym przewodnikiem, gdy chodzi o zrozumienie dynamiki zderzenia. Względna twardość czy gęstość uderzającego ciała i uderzanego obiektu odgrywa bardzo małą rolę w porównaniu z jedynym czynnikiem prędkości. W tym przypadku aluminiowy blok o grubości 10 cm został uderzony 1-calowym, plastikowym pociskiem z prędkością 6,8 km/s, około 1/3 czy 1/4 prędkości, którą ma większość meteoroidów wchodzących w atmosferę. Zdjęcie zrobił autor w Johnson Space Center w Houston.

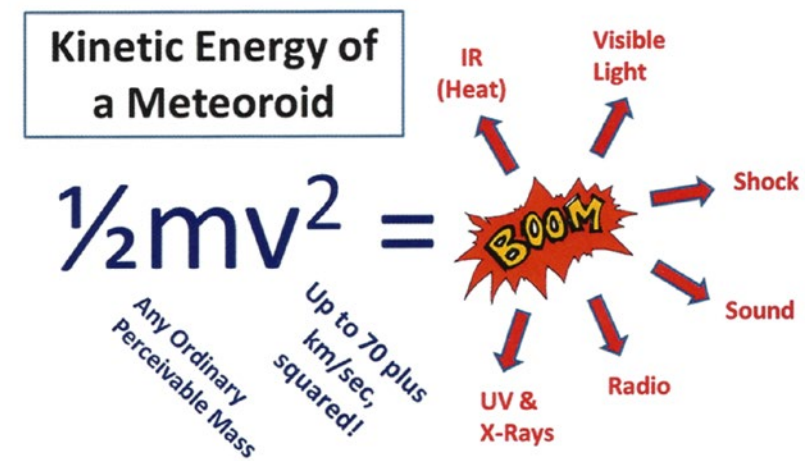
Hiperprędkość i prędkość końcowa

Przejście meteoroidu przez atmosferę składa się w mniejszym lub większym stopniu z dwóch faz: najpierw wyhamowanie hiperprędkości, a potem spадanie z prędkością końcową.

Meteority zaczynają swą drogę przez ziemską atmosferę z prędkością, którą nazywamy kosmiczną — od 11 do 72 km/s. Ta prędkość jest połączeniem ich własnej prędkości orbitalnej wokół Słońca, prędkości względem ruchu Ziemi przez kosmos i przyspieszenia, które zyskują, gdy zostają przyciągnięte przez ziemską grawitację. Od momentu wejścia w atmosferę meteoroidy zaczynają być hamowane. Zaczyna się to od sprężenia powietrza przed meteoroidem w górnych warstwach

atmosfery. Na tej wysokości ciśnienie powietrza jest mniejsze niż 1/1000 ciśnienia na poziomie morza. Gdy meteoroid zwalnia, jego energia kinetyczna, czyli energia ruchu, jest przekształcana na ciepło w cienkiej warstwie atmosfery wokół niego, na fale uderzeniowe, które rozchodzą się na zewnątrz przez atmosferę, i na światło i inne elektromagnetyczne emisje. Silne światło, które jest wydzielane, to znajome zjawisko zwane meteor. W tym samym czasie dzieją się pewne rzeczy i w kamieniu i na jego powierzchni. Każdy kto kiedykolwiek leciał samolotem przez niespokojny obszar powietrza, zna sposób, w jaki zmiany w atmosferze mogą wysłać wibracje i szok przez nawet stosunkowo wolno poruszające się obiekty. Fale uderzeniowe i sprężanie potrząsają kamieniem, podczas gdy w pobliżu powierzchni powstaje gradient temperatury. Powierzchnia topi się i paruje. Małe kawałki i ziarna mogą się odrywać, a wewnątrz kamienia mogą powstawać pęknięcia. Małe kawałki, które oddzielają się od głównej masy meteoroidu, szybko parują.

Jeśli ciało jest dostatecznie duże, by przedostać się poza tę zewnętrzną otoczkę gazu, napotyka bardziej gęstą, dolną warstwę atmosfery, troposferę. Ta warstwa, która ma niecałe



Rys. 1. Z wielu form energii emitowanej typowo przez duży bolid odbieramy z reguły bezpośrednio tylko jedną: światło widzialne. W rzadkich przypadkach odbierane są także bezpośrednio fale dźwiękowe i infradźwięki.

20 km grubości, zawiera czterokrotnie więcej gazu niż 100 km atmosfery, przez które meteoroid już przeleciał. Hamowanie staje się bardziej gwałtowne. Ściskanie i szok wewnątrz skały stają się bardziej intensywne, a meteor, czyli otoczka silnie ogrzanej, emitującej światło plazmy wokół kamienia, staje się atmosferycznym bolidem, obłokiem energetycznej materii, który może świecić jaśniej od Słońca z punktu widzenia osoby na ziemi.

Podczas fazy hiperprędkości w trakcie przelotu przez atmosferę, energia emitowana przez meteoroid

tworzy się na kilka sposobów. Atmosfera bezpośrednio przed obiektem zostaje sprężona do plazmy, podczas gdy powstający szok i ciepło powodują mechaniczny i chemiczny rozpad obiektu (fot. 3). Wytworzony wskutek parowania uwolnionych cząstek gaz, ogrzany w wyniku tarcia i sprężania, natychmiast miesza się ze zjonizowanymi atomami w plazmie złożonej z atomów pochodzących i z meteoroidu i z atmosfery. Ta kombinacja emituje złożone widmo światła i ciepła (rys. 1). Wychodzący szok wytwarza front fali energii kinetycznej w postaci granicy sprężonego powietrza.

Energia na tym froncie wyraża się jako początkowy, niemal momentalny wzrost ciśnienia, i podążająca za nim dynamiczna strefa malejącego ciśnienia. Energia kinetyczna fali uderzeniowej będzie później przekazana do otoczenia jako ciepło i światło z gazu podczas i po zjawisku spadku ciśnienia za falą uderzeniową. Poza bolidem rekombinacja stygnących atomów wytwarza dodatkową emisję powiązaną z chemicznymi zmianami, podczas gdy zapadające się struktury plazmy wytwarzają emisje elektromagnetyczne poprzez magnetohydrodynamiczne oddziaływania z ziemskim polem magnetycznym z najbliższego otoczenia. Łącznym i końcowym wynikiem tych procesów jest



Fot. 4. Przepchnięcie obiektów przez dolne warstwy atmosfery jest trudne. Nawet przy bardzo małych prędkościach, z jakimi my, i rzeczy które zbudowaliśmy, oddziałują z gęstą atmosferą przy powierzchni Ziemi, zadajemy sobie wiele trudu, by stworzyć aerodynamiczne kształty zdolne przenikać powietrze. Spacer z parasolem w bardzo wietrzny dzień może dać choć małą namiastkę podmuchów, które zmniejszają meteoroid do rozmiarów kamyków, jak ten NWA widoczny na dole, czy jeszcze mniejszych jak te znalezione koło Czelabińska czy wśród okazów NWA 869 pokazanych u góry. Zdjęcie autora.



Fot. 5. Ta płytka, którą udostępnił Gary Fujihara, umożliwia zobaczenie fragmentacji dużego bolidu. Zamrożony proces dezintegracji tej płytki pokazuje, jak powstawanie spękań w meteoroidzie prowadzi potem do naruszenia struktury i rozbicia na fragmenty wielkości ziarenek grochu.

gwałtowna kombinacja szoku i jasnego światła z promieniowaniem elektromagnetycznym wyrażonym w całym widmie od radiowego przez widzialne, podczerwone i ultrafioletowe.

W tym momencie ogromna większość wszystkich meteoroidów robi jedną z dwóch rzeczy. Albo ulegają one fragmentacji, albo zostają szybko wyhamowane do prędkości zatrzymania (fot. 4). Jeśli rozpadają się, powstające fragmenty albo ulegną ablacji albo bardzo szybko zostaną wyhamowane. Fragmentacja meteoroidu powoduje gwałtowny wzrost powierzchni. Małe cząstki nie mogą przelatywać przez atmosferę równie skutecznie jak jedna duża masa i ogromny procent energii kinetycznej meteoroidu może być przekształcony na ciepło i energię elektromagnetyczną na bardzo krótkim dystansie. Ten proces, z punktu widzenia obserwatora na Ziemi, jest odbierany jako rozbłyśki i turbulencja atmosferyczna.

Punkt, w którym meteoroid traci całą prędkość kosmiczną, jest nazywany punktem zatrzymania. Jest to koniec procesu oddziaływania hiperprędkości. Z punktu widzenia obserwatora przejście od lotu z hiperprędkością, przez punkt zatrzymania

do prędkości końcowej zaznacza się przez koniec widocznego meteoru na niebie i początek „ciemnego lotu”, podczas którego meteoroid, już szybko stygnący, nie jest widoczny. Fragmenty podczas „ciemnego lotu” opadają łukowato po zwykłej trajektorii. Podczas końcowej części spadania istniejące jeszcze fragmenty osiągają prędkość końcową, przy której opór powietrza równoważy przyciąganie grawitacyjne, tak jak w przypadku obiektu zrzuconego z mostu czy wysokiego budynku. Z reguły jest to najwyżej kilkaset mil na godzinę. W przypadku małych fragmentów może to być dużo mniej.

Dlaczego nie wszystkie meteoroidy ulegają fragmentacji?

Prędkość może być najważniejszym czynnikiem określającym skutki zderzenia, ale nie jest to jedyny czynnik. Znaczenie mają także wielkość, kształt, kruchość składowych minerałów i obecność wcześniejszych spękań w meteoroidzie. Zwarta bryła żelaza i zlepek okruchów chondrytu węglistego zupełnie inaczej zareagują na przechodzenie przez atmosferę. Każdy nowy duży spadek pozwala to lepiej zrozumieć.

Zalecana literatura

Bronshten V. A. 1983. Physics of Meteoric Phenomena, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland 1983.

Cepplecha Z., Borovicka J., Elford W. G., ReVelle D. O., Hawkes R. L., Porubcan V., Simek M. 1998. Meteor phenomena and bodies. Space Science Reviews 84: 327-471

Jenniskens P., Laux C. O., Wilson M. A., Schaller E. L. 2004. The Mass and Speed Dependence of Meteor Air Plasma Temperatures. Astrobiology 4(1):81-94

Love S. G. and Brownlee D. E. 1993. A direct measurement of the terrestrial mass accretion rate of cosmic dust. Science 262:550-553.



Robert Beauford jest redaktorem „Meteorite” i doktorantem na Uniwersytecie Arizońskim. Zajmuje się badaniem kraterów Ozark i meteorytu Sutter's Mill. Tworzy także biżuterię, czasem z meteorytami.



Wizerunek grobu Chladniego we Wrocławiu

Wiesław Czajka

Miejsce spoczynku Chladniego

W przeprowadzonych pracach badawczych związanych z organizacją Konferencji meteorologicznej we Wrocławiu w 2008 roku dokonałem przebadania możliwego miejsca pochówku Ernesta Chladniego, Ojca meteorologii, zmarłego we Wrocławiu w 1827 roku. Wątpliwości były co do lokalizacji właściwego cmentarza, na którym spoczął. Wrocławskie cmentarze zostały zniszczone w czasie II wojny światowej, gdy Wrocław zamieniono w hitlerowską twierdzę w 1945 roku. W już polskim Wrocławiu, niektóre zabytkowe nekropolie nie zostały odtworzone, a pamięć o nich uległa zapomnieniu. Poszukiwania prowadzone przeze mnie na początku 2008 roku doprowadziły do ustalenia miejsca pochówku Chladniego na nieistniejącym Cmentarzu Wielkim przy ulicy Legnickiej. Rezultat poszukiwań został zamieszczony w artykule „Cmentarz Wielki we Wrocławiu — miejsce pochówku E.F.F. Chladniego”

w kwartalniku METEORYT (Nr 3 (67), 2008) oraz amerykańskim METEORITE (vol. 15 No. 1, 2009). Opis okoliczności pogrzebu oraz wskazanie lokalizacji cmentarza miało na celu nie tylko utrwalenie wiedzy na ten temat, ale przede wszystkim uaktywnienie dalszych poszukiwań śladów po „słynnym akustyku”¹. Jego życie, będące częścią kultury europejskiej, i pamięć o nim padły ofiarą nazistowskiego szaleństwa II wojny światowej. W artykule o miejscu pochówku zamieściłem również rekonstrukcję grobowca, licząc na to, że może ktoś, kiedyś, natrafi na jego ślad lub też dokładniej określi się miejsce pochówku na samym cmentarzu.

Warto wspomnieć, że w trakcie moich prac we Wrocławiu w 2008 roku, z wiarą w dalsze sukcesy, służył mi pomocą kolega Tomasz Jakubowski, członek Polskiego Towarzystwa Meteorologicznego. Zainteresowanie pracami i artykułem wykazali: pani Halina Okólska z Muzeum Miejskiego Wrocławia oraz pan Antoni Stryjewski

z miejscowego Muzeum Mineralogicznego. Innego zainteresowania ze strony władz miasta i lokalnych organizacji nie odczułem mimo moich prób propagowania tematu Chladniego i Cmentarza Wielkiego. Natomiast w 2009 roku spotkała mnie miła niespodzianka, gdy otrzymałem pocztą internetową list od pana Witolda Hana-ka, mieszkańca Wrocławia, potomka wrocławskich rodów śląskich, którego przodkowie zamieszkiwali w kamienicy przy ulicy Dobrej. Posesja stykała się z Cmentarzem Wielkim. Poznanie historii z Chladnim przez p. Witolda okazało się ważnym momentem w całej tej przygodzie.

Graficzna rekonstrukcja pomnika Chladniego i Bernera

Szczegółowy opis wydarzeń można znaleźć w podanym wyżej artykule. W skrócie wydarzenia miały następujący przebieg. Ernst Florens Friederich Chladni został znaleziony martwy w wynajętym mieszkaniu, w środę, 4 kwietnia 1827 roku, podczas pobytu we Wrocławiu, gdzie przebywał na zaproszenie profesora Henrika Steffensa (1773–1845), który był wykładowcą mineralogii na tamtejszym Uniwersytecie. Został pochowany 7 kwietnia na Cmentarzu Wielkim (Der grosse Begräbnis Platz). Szczegółowy opis uroczystości pogrzebowych zawdzięczamy Johannowi Gottfriedowi Hientzschowi (1787–1856), wykładowcy muzyki i wydawcy pism muzycznych. Uroczystości prowadzone były przez kapelmistrza, najważniejszej ewangelickiej parafii związanej z kościołem św. Elżbiety, Fryderyka Wilhelma Bernera (1780–1827). Nieoczekiwanie Berner zmarł pięć tygodni później i został pochowany w tej samej mogile. Tak więc, grób Chladniego stał się grobem podwójnym. Mogiłę postanowiono zamienić na pomnik



Fot. 1. Nie istniejący żeliwny Most Królewski (dziś plac Jana Pawła II), przed którym odbyła się ceremonia pożegnania Chladniego z udziałem chóru pod dyrykcją Kapelmistrza Friedericha Wilhelma Bernera (fragment stalorytu ze zbiorów autora).

¹ Na początku XIX wieku nie było jeszcze pojęcia meteorologii. Chladni był znany w Europie ze swych prac w dziedzinie akustyki.

ku ich pamięci, co zrealizowano do 1830 roku. Graficzne odtworzenie wyglądu budowli możliwe było dzięki relacji Hientzscha opisującej dyskusję nad formą pomnika i dodanemu spisowi wydatków na budowę. Próba rekonstrukcji obrazowej mogła mieć znaczenie w ewentualnej analizie niepublikowanego jeszcze zasobu fotograficznego. Przybliżony kształt budowli został przeze mnie opracowany w formie modnych w XIX wieku pocztówek i zamieszczony w wymienionych wyżej artykułach.

Doniesienie pana Witolda

W styczniu 2013 roku dość nieoczekiwanie otrzymałem wiadomość od pana Witolda Hanaka, że na portalu poświęconym „Dolnemu Śląskowi na fotografii” (<http://dolny-slask.org.pl/>) znajduje się zdjęcie przedstawiające nagrobek Ernesta Chladniego na Cmentarzu Wielkim. Fotografie dodał: TW40 (Data: 2012.08.19 19:53:48) Zdjęcie pochodzi z magazynu „Illustrierte Zeitschrift für die Pflege heimatlicher Kultur” (numer 1 z 1912 roku, wydawnictwo Phönix-Verlag, Breslau). Fotografem był dr J. Richter. Zdjęcie jest ilustracją artykułu „Schlesien und die Meteoriten” napisanego przez dr. Carla Hintze z Wrocławia. Istotnym jest fakt, że zdjęcie pochodzi z około 1912 roku, gdy cmentarz był jeszcze wykorzystywany zgodnie ze swoim przeznaczeniem. Po pierwszej wojnie światowej nekropolia znalazła się niemal w centrum miasta, co w sposób naturalny zatrzymało pochówki.

Cmentarz stał się lapidarium, w pewnym sensie parkiem miejskim.

Przedstawiony obraz nagrobka potwierdza opis Hientzscha z XIX wieku oraz moją rekonstrukcję. Na podmurówce znajdują się dwa postumenty na których ustawiono bloki marmuru z opisem. Perspektywa zdjęcia nie ukazuje drugiego bloku, jednak dwa postumenty na to wskazują. Według opisu pomnik był podmurwany na około stopę i przykryty płytą z piaskowca o grubości pół stopy. Na płycie ustawiono dwa piękne oddzielne bloki „marmuru śląskiego”. Pierwszy poświęcony Chladniemu stał nad głowami zmarłych, zaś drugi poświęcony Bernerowi, nad ich stopami. Całość została ogrodzona płotkiem żelaznym. Inskrypcje o dacie urodzenia i śmierci umieszczono na przednich stronach obu bloków, zaś na tylnych, krótkie uwagi o przyczynie upamiętnienia zmarłych.

W swej rekonstrukcji typowałem, że użyty „marmur śląski” prawdopodobnie pochodził z Piławy Górnej (Gnadenfrei). Był to najbliższy Wrocławia kamieniołom wapienia krystalicznego, a przymiotnik śląski (schlesisch) używany był do pierwszej połowy XX wieku, dla wydobywanych tam marmurów. Typowałem, że był to marmur jasnoszary. Białe bloki podpowiada, że mogły to być bloki „Białej Marianny” wydobywanej w Stroniu Śląskim pod Śnieżnikiem. Do dzisiaj marmur ten należy do najcenniejszych śląskich surowców.

Co do innych uwag to w rekonstrukcji nad blokami dodałem gzymsy.

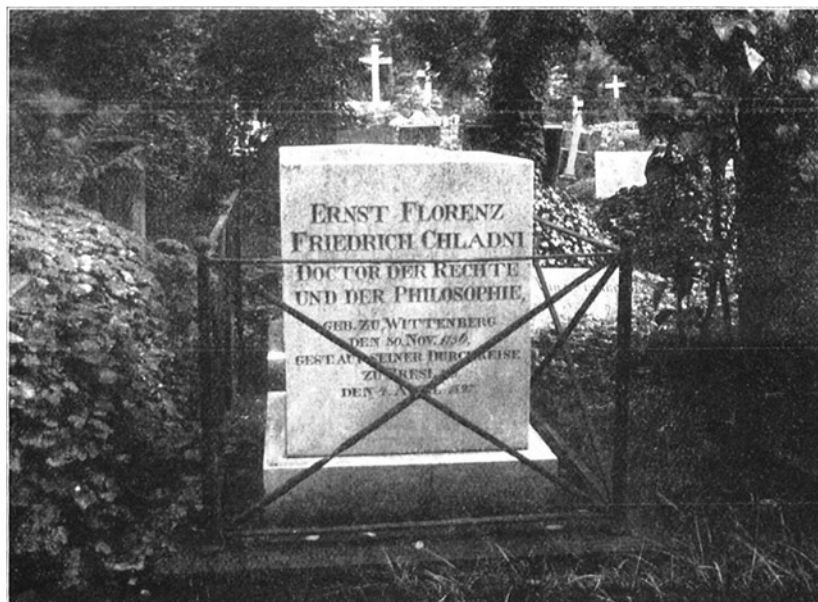


Fot. 2. Rekonstrukcja graficzna wykonana w 2008 roku na podstawie opisów budowy zamieszczonych w piśmie EUTONIA (1828–1830) (opracowanie autora).

Wydawało mi się, że detal ten nawiązuje do ówczesnej mody zamykania od góry tego typu pomników. Myliłem się. Modernistyczna bryła sześciennych bloków, bez motywów religijnych, odpowiada sposobowi pochówku członków łóż masonów. Pochówek Chladniego i Bernera przygotowywała wrocławskie loża „Fryderyka pod złotym berłem”, co odnotowuje sam Hientzsch. Można stwierdzić, że budowla upamiętniająca Chladniego i Bernera była dość charakterystyczna i na swój sposób wybiegająca w przyszłość. Miała pełne szanse przetrwać zniszczenia II wojny światowej. Bloki pewnie zostały pocięte na nowe nagrobki. Użyty marmur należy do trwałych. Możliwe jest ciągle znalezienie fragmentów literatury. Możemy spodziewać się dalszych odkryć. Charakterystyczne białe bloki umożliwiają uściślenie położenia nagrobka na podstawie zdjęć lotniczych.

Przesłanie, zawarte w podsumowaniu artykułu z 2008 roku o kolejnej próbie dokończenia biografii Chladniego, zostało dopełnione w kolejnej części. Następnie, jestem pewny, dopisze przyszłość. Wszystko przed nami.

Korzystając z okazji dodajmy informację z Kuriera Warszawskiego Nr 103 z 17 kwietnia 1827 roku według pisowni oryginalnej: „D. 4 b.m. zakończył życie w Wrocławiu Doktor Medycyny *Schladny* w 71 roku życia, ten szanowany starzec jest powszechnie żalowany”.



Fot. 3. Zdjęcie grobu wykonane około roku 1912 na Cmentarzu Wielkim we Wrocławiu (źródło i opis w tekście).

VII (bosy) Piknik Meteorytowy w Dzięgielowie



Trochę przesadzam. Nie wszyscy zrezygnowali z butów, mimo upału, ale bosych stóp było wyjątkowo dużo. Zachętą była upalna pogoda i ładnie przystrzyżona murawa. Przykład dał tym razem sam gospodarz pikniku.

Pogoda była wymarzona do siedzenia w cieniu, pod rozłożystym drzewem. Meteoryty też czuły się wyśmienicie, bo było sucho i ciepło. Ich stolik był bardziej nasłoneczniony. Oferta nie była imponująca, ale było co oglądać. Najwięcej było NWA 869 i Gao. Niektórzy próbowali znaleźć wśród nich jakieś, nie zauważone wcześniej przez nikogo, skar-

by. Bardzo interesująco wyglądały świeżo pocięte płytki Chelyabinska. Poza tym były pojedyncze płytki różnych, atrakcyjnych saharyjskich okazów (bo innych Marcin nie oferuje) i spory okaz Tazy z długą inkluzją troilitu widoczną na wytrawionym przekroju.

Jak zawsze można było przyglądać się meteorytom i rozmawiać o nich do woli. A dotykaniem rękami fragmentów planetoid i jednocześnie dotykaniem stopami naszej własnej planety, to już czysta metafizyka. Mam nadzieję, że powtórzymy to za rok.

Andrzej S. Piłski