

Meteoryt Morasko po 99 latach

Andrzej S. Pilski

Meteority Morasko znajdowane są od prawie wieku, jednak gdy 2 lata temu do Poznania zawitała ekipa „Meteorite Men” i znalazła kosmiczne żelazo na głębokości, na jakiej nikt wcześniej jego tam nie szukał, dali impuls do nowych poszukiwań. Ich owocem jest znaleziony w październiku ur. największy dotychczas okaz ważący ponad 260 kg. Przybyło nam też wiedzy, na temat samego spadku...

Zaczął się 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 deszczu meteorytów żelaznych. Dostęp do lepszych wykrywaczy metalu zaowocował w ostatnich latach efektownymi znaleziskami dużych brył, 164 kg w 2006 r. i 261 kg w 2012 r. 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 meteority składają się głównie z metalicznego żelaza z dodatkiem 6,6% niklu. Jest to średnia wartość z analiz wykonanych ostatnio przez Johna Wassona z UCLA (Uniwersytet Kalifornijski w Los Angeles), gdzie zawartość niklu wahała się od 6,0% do 7,1%. Rozbieżności są spowodowane budową meteorytów. Nikiel nie jest rozsiany w żelazie równomiernie, lecz jest wbudowany wraz z żelazem w sieć krystaliczną dwóch minerałów o różnej zawartości niklu. Minerały 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 widać dość szerokie, czarne pola taenitu. 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 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 meteority 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 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 obecne grupy jak IAB czy IIIAB.

Gdy spada deszcz meteorytów, to wszystkie meteority z tego deszczu otrzymują jedną nazwę i mówimy o jednym meteorycie liczącym wiele okazów. Dlatego mówimy o meteorycie Morasko, choć wiadomo, że tych meteorytów jest wiele. Meteoryt Morasko został zaliczony do grupy IAB, ale wyróżniał się w tej grupie wyjątkowo niską zawartością irydu. Spowodowało to w końcu przeniesienie Moraska do grupy IIICD, gdzie też nie bardzo pasował. Ostatecznie jednak, po uwzględnieniu zawartości złota, utworzono duży klan IAB obejmujący także poprzednią grupę IIICD, 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 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 meteority 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.

Zawartość pierwiastków w dwóch grupach 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 jakichś planetoidach podobnych do macierzystych planetoid meteorytów kamiennych, nazywanych chondrytami węglistymi. 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.

Meteoryt 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 cie-



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

pło, a tylko niewielki procent poszedł na kruszenie słabo skonsolidowanych skał. Dlatego basen magmy był dość głęboki.

Nie mamy wśród znanych meteorytów odpowiednika składu tej planetoidy, więc możemy tylko przypuszczać, że miała ona budowę podobną do chondrytów węglistych, czyli jej skały składały się z krzemianowych chondr, między którymi były ziarna siarczku żelaza i metalicznego żelaza z niklem, oraz węgiel w związkach organicznych, w węglanach i w postaci grafitu. Niewątpliwie w skład tej planetoidy powinny 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 następowało 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. Dlatego krystalicznej struktury meteorytów Morasko nie da się podrobić na Ziemi; nie wystarczy na to czasu. Nie jest to dobra wiadomość dla amatorów zarobku metodą podrobienia poszukiwanych meteorytów.



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



Fot. 3. Morasko bez cohenitu. Cienkie kreseczki w kryształach kamacystu to linie Neumanna. Ciemne paski w dużym kryształcie u góry to schreibersyt

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.



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

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 znajdujące 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 znalezione 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. Tu widzimy tylko koniec takiej rurki, bo reszta się oderwała z innym fragmentem meteorytu. Wędrując w górę troilit natknął na chłodniejsze warstwy, o większej lepkości, i tu najwidoczniej jego wędrówka zakończyła się, bo metal zrobił się za zimny i za gęsty, by go przepuścić. Węgiel lepiej rozpuszcza się w metalu, więc dołączył do troilitu, w postaci warstwy grafitu, dopiero w niższej temperaturze. Wskutek dalszego stygnięcia z metalu wydzielił się schreibersyt, któ-



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

ry 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 wydzielila 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

(FeCr_2O_4), miedź rodzima (Cu), rutyl (TiO_2) i rzadko spotykany altait (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 wartości 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 znajdują-

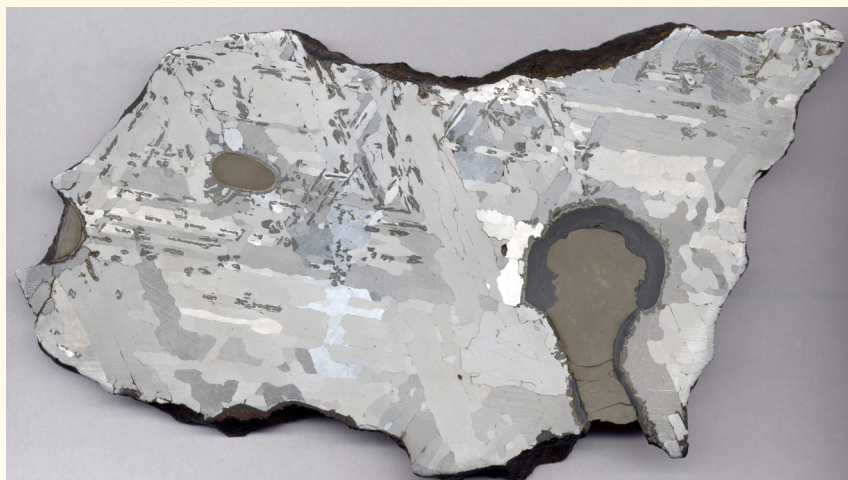
linologiczne, czyli analizowanie zawartości pyłków roślin w osadach kraterów, wskazało, że najstarsze osady, a zatem i kratery, powstały około 5000 lat temu. Podobny wiek dało datowanie metodą termoluminescencji zwietrzliny oblepiającej meteoryty. i byłoby dobrze, gdyby nie datowanie metodą radiowęglową resztek organicznych w zwietrzelinie oblepiającej jeden meteoryt, które dało wyniki od około 2000 do około 1000 lat temu zależnie od tego, które okruszy materii datowano.

Do wieku 5000 lat nie pasuje także stopień zwietrzenia znajdujących 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 ciepłego metalu spadające meteoryty żelazne mają powierzchnię rozgrzaną do kilkuset stopni i to powoduje zatarcie ich struktury do głębokości około 2 mm pod powierzchnią skorupy. 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 zatarciami 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 strasznym deszczu brył żelaza, który nawiedził środkową Europę około roku 1305, wznecając 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 Chładni w swojej książce. Skoro jednak był to tak ogromny deszcz żelaza, to dlaczego nic z niego nie pozostało?

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 żelaza, 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

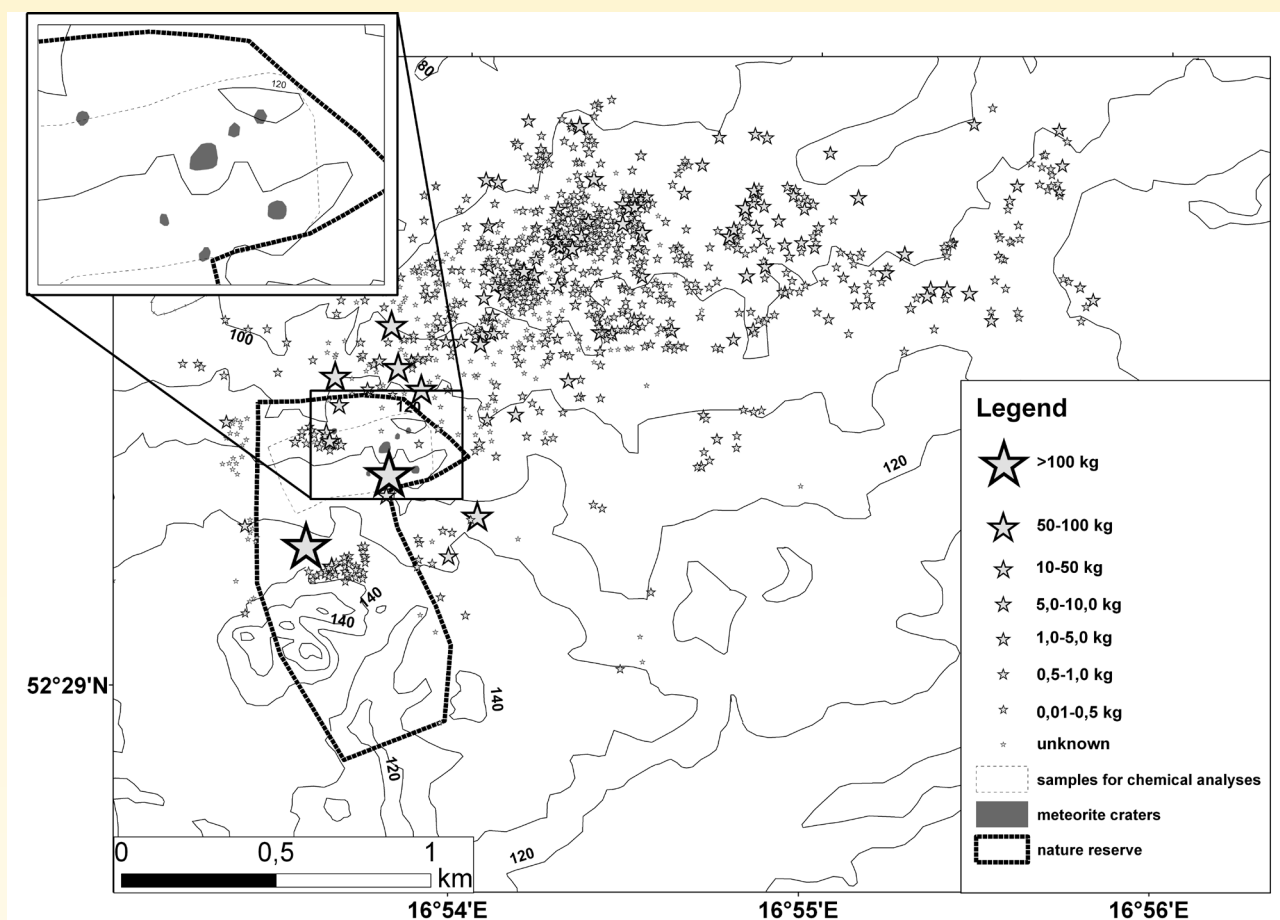


Fot. 6. Płytką z nodulą z fot. 5 i z cohenitem w górnej części

w mikroskopijnych ilościach, które w większości zaczęły być zauważane stosunkowo niedawno dzięki udoskonalaniu aparatury badawczej. Minerały te najczęściej lokują się na obrzeżach nodule 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 ($\text{K}_3(\text{Cu},\text{Na})(\text{Fe},\text{Ni})_{1-2}\text{S}_{14}$); *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 ($(\text{Mg},\text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$), pirokseny: enstatyt ($\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$), kosmochlor ($\text{NaCr}[\text{Si}_2\text{O}_6]$), należący do skalenia albit ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) oraz krzemionka (SiO_2). Występuje też chromit

ne 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 kratery zostały wytworzone przez spadające meteoryty, a nie są pozostałościami 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 pa-



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

Towarzystwa Meteorytowego, spotkał się ze zdecydowaną krytyką. Oponenti 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 kratery nie mają związku z meteorytami. Nieliczni zwolennicy wraz z autorem 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. Próby pokazały, że żelazo z Moraska daje się kuć nawet mimo tak licznych zanieczyszczeń.

Bolid wielkopolski

Gdy analizowano zawartość pierwiastków syderofilnych (czyli lubiących żelazo) w meteorytach żelaznych tworząc klasyfikację chemiczną tych me-

teorytów, 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 Przelazach koło Świebodzina, niecałe 100 km na zachód od Moraska. Kracher zasugerował więc, że meteoryty

z Przelazów i Moraska mogły spaść jednocześnie.

Meteoryt z Przelazów, 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



Fot. 8. Wytrawiony przekrój szrapnela z widocznymi deformacjami figur

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 wprowadzie w tym meteorycie też widać linie Neumanna, które właśnie odkryto w Braunau, ale budowa jego jest inna i jest bardziej zwietrzały, 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 Przelazów wyruszyli poszukiwacze z dobrymi wykrywaczami, to w pobliżu wsi, gdzie prawdopodobnie znaleziono ten meteoryt, nie udało się nic więcej znaleźć, ale między Przelazami 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 Przelazów. 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 zwietrzały, by mogło to być prawdą. Z tego meteorytu zachowała się w zbiorach tylko niewielka płytka. Gdy Rainer Bartoschewitz zorganizował jej badanie, wyniki analizy, wprowadzie mniej dokładne niż analizy profesora Wassona, pokazały, że jest to meteoryt podobny do Moraska i Seeläsgen. a Tabarz jest z grubsza na przedłużeniu linii łączącej Morasko i Przelazy.

W roku 2004 na konferencji Polskiego Towarzystwa Meteorologicznego 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 może czytelnicy już podejrzewają, Jankowo Dolne jest z grubsza na prze-

dłużeniu linii Morasko—Przelazy, tylko w przeciwną stronę.

Łącząc te wszystkie znaleziska Wiesław Czajka zaproponował hipotezę bolidu wielkopolskiego, który lecąc od zachodu był widziany nad Niemcami, był obserwowany przez cystersów z Bierzwonika 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 r., 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.

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 mieszaniami 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 wprowadzie 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. Jedy-

nie 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. Z mapy wynika 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 meteoritowego 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 meteoritowe brakuje tylko dwóch drobiazgów: w większych kraterach, przypuszczalnie wybuchowych, powinny być impaktyty, a w mniejszych kraterach, uderzeniowych, powinny być za-

grzebane duże meteoryty. Ani jednego, ani drugiego dotąd nie znaleziono.

Obszar rozrzutu meteorytu Seeläsen jest poznany o wiele mniej dokładnie, 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 kratery. W pobliżu Przelazów zbadało nawet kilka podejrzanych zagłębień i wiek osadów w nich jest nawet młodszy niż w Morasku.

Przełomowe znaleziska

Kilkanaście lat temu Goeffrey 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 „Meteoryt”, 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 przygotowań, po uzyskaniu zgody na poszukiwania i filmowanie w rezerwacie Morasko, Geoff przyleciał najpierw na rekonesans. 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 półkilogramo-

wego 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 kratery, a bryły są rozrywane na kawałki.

Typowe szrapnele, efektownie porzywane 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 stawiły

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 wykrywacze użyte podczas rekonesansu nie dały wyraźnego sygnału. Znowu 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 r., 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 mln 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 pogrzeżyli 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 Skirzew-



Fot. 9 Szrapnel znaleziony przez autora



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

Magdalena i Łukasz Smuła postanowili 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?

Slabo 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 Seeläsgen, 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 wa-

* Patrz „Urania-PA” nr 6/2012, s.

runkach. 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. Problemy wynikają z faktu, że meteority mają na rynku kolekcjonerskim pewną wartość, co chętnie podkreślają dziennikarze, i niektórzy znalazcy chcą tylko potwierdzenia, że to meteoryt, by go spokojnie sprzedać. 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 meteority żelazne o takiej samej budowie, jak meteority Morasko leżą też w innych miejscach Wielkopolski.

Badania meteorytu Morasko organizuje od dłuższego czasu Andrzej Muszyński z Instytutu Geologii UAM w Poznaniu. Przedstawiony tu stan wiedzy opiera się w większości na wynikach pracy kierowanego przez niego zespołu realizującego projekt badawczy N N307 33 3533, w skład którego weszli 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. *Meteoryt* 1(81), 16-18.

Karwowski Ł., Brzustowicz G. J., (2009), Strzelce Krajeńskie – średniowieczny deszcz meteorytów. *Acta Soc. Meteor. Polon.*, vol. 1, 59-66.

Karwowski Ł., Muszyński A., Kryza R., Pilski A., 2009: Polimineralne nodule w gruboziarnistym meteorycie Morasko. *Acta Soc. Meteor. Polon.* 1: 52-58

Karwowski Ł., Pilski A.S., Muszyński A., Arnolds S., Notkin G., Gurdziel A., 2011: New finds in the Morasko Meteorite Preserve, Poland, *Meteorites*, 1:21-28,

Muszyński A., Stankowski W., Bar-toschewitz 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.: Low-Ir IAB-irons from Morasko and other locations in central Europe: one fall, possibly distinct from IAB-MG. *Meteoritics & Planetary Science* (submitted).

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.



Andrzej S. Pilski jest astronomem i od 40 lat zajmuje się popularyzacją astronomii we fromborskim planetarium. W latach 80. jego zainteresowania skupiły się na materii pozaziemskiej trafiającej na Ziemię w postaci meteorytów, czego efektem są m.in. liczne artykuły i książki, wystawy oraz prowadzony ponad 20 lat kwartalnik „Meteoryt”.