BIULETYN MIŁOŚNIKÓW METEORYTÓW

METEORYT

Nr 1 (97) Marzec 2016 ISSN 1642-588X

W numerze:

- Meteoryty żelazne i powstanie jądra Ziemi
- Meteoryt Bingol
- Polskie zabytki z żelaza meteorytowego
- Wielka wyprawa do krainy elfów
- Heksaedryty spadają rzadko
- Hotelowe spotkania z kosmitami
- Sensacyjne odkrycie po latach

METEORYT
kwartalnik
dla miłośników meteorytów

ISSN 1642-588X

Wydawca:
Olsztyńskie Planetarium
i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn
tel. (89) 533 49 51
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 2016 roku 48 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.

Redaguje i tłumaczy większość tekstów:
Andrzej S. Pilski
skr. poczt. 6
14-530 Frombork
tel. kom. 696 805 247
aspmet@wp.pl

Redakcja techniczna
i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Druk cyfrowy:
Studio AB, Olsztyn

Od Redaktora:

Kolejny rekord opóźnienia został ustanowiony. Nie będę wytykał palcem, na którego autora czekaliśmy najdłużej, bo najważniejsze, że doczekaliśmy się i numer może się ukazać. Na wdzięczność tym razem zasłużyli: Agata Krzesińska, Maciej Burski, Marcin Cimała, Wiesław Czajka, Jacek Drążkowski, Tomasz Jakubowski, Andrzej Kotowiecki (podwójnie) i Marek Woźniak (Jan Woreczko). W ten sposób rozpoczynamy 25 rok wydawania „Meteorytu”.

Opóźnienie jest tak duże, że jest już niemal za późno na zapowiadanie Pikniku Meteorytowego, który po rocznej przerwie wraca do Dzięgielowa. Marcin Cimała wraz z rodzicami zaprasza miłośników meteorytów w sobotę, 30 lipca. Na Pikniku będzie można uczcić 15 lat działalności firmy PolandMet. Formę uczczenia pozostawiam pomysłowości uczestników.

Meteorytowym wydarzeniem roku będzie dla nas 79 Konferencja Meteoritical Society, która wprawdzie odbędzie się w Berlinie, ale część jej uczestników przybędzie na wycieczkę do Moraska. Chyba po raz pierwszy tak duża liczba badaczy meteorytów pojawi się jednocześnie w naszym kraju.

Nieustająco proszę uczestników wszelkich wydarzeń meteorytowych o dzielenie się wrażeniami w formie tekstowej i fotograficznej. Tylko wtedy takie wydarzenia zostaną odnotowane, gdy ktoś zechce o nich napisać.

Wspominane w poprzednim numerze udostępnienie wszystkich dotychczas wydanych numerów na stronie internetowej Olsztyńskiego Planetarium wciąż nie może doczekać się realizacji. Jest zgoda dyrektora Planetarium, ale… diabeł siedzi w szczegółach. Może kiedyś się uda.

Andrzej S. Pilski

Dla uczczenia piętnastolecia Polandmetu Marcin Cimała zaprasza do Dzięgielowa na Piknik Meteorytowy w sobotę, 30 lipca, od godziny 10.

Okładka: Meteoryt Siewierz. Fot. Marcin Cimała (PolandMet)

Wyżej: Meteoryt Morasko IAB — płytka 250 g ze zdeformowanymi szokowo figurami Widmanstättena. Fot. Tomasz Jakubowski

Meteoryt SIEWIERZ
— sensacyjne odkrycie po latach

Marcin Cimała

Meteoryty znajduje się w terenie. Chodzi się całymi dniami, kopie setki dziur w ziemi, moknie, marznie i czasem klnie, jak.... przemoczony i zmarznięty poszukiwacz meteorytów. Zdarza się jednak czasem tak, że to meteoryt przychodzi do nas. Czasem sposobem bezpośrednim, przez dach do piwnicy, a czasem pośrednio, przez kogoś. Tak też było w przypadku meteorytu odkrytego w Siewierzu.

Cała historia zaczyna się od małego fragmentu, który został dostarczony Kazimierzowi Mazurkowi do oceny w listopadzie 2014. Okazało się, że rzeczywiście kilkunastogramowa piętka z całą pewnością jest meteorytem i wygląda na dość świeży chondryt zwyczajny. Pośrednik jednak nie znał szczegółów dotyczących meteorytu lub nie chciał ich wyjawić. Pewne było jednak to, że gdzieś tam leży sobie kilkukilogramowy okaz i czeka. Po weryfikacji próbki sprawa ucichła. Właściciele, zapewne po upewnieniu się, że mają do czynienia z meteorytem, myśleli co dalej począć i gdzie uderzyć. O całej sytuacji dowiedziałem się jakiś czas później od Kazimierza. Pokazał mi zdjęcie owego fragmentu w swoim telefonie. Potwierdziłem, że wygląda obiecująco, wzruszyłem ramionami i tyle. Nie było sensu się podniecać tym, że ktoś, gdzieś, ma coś co wygląda na chondryt, być może z Maroka. I tyle w temacie.

Następna karta w tej historii została zapisana gdzieś w styczniu 2015 roku, gdy jak co dzień odbierałem telefon od kolejnego szczęśliwego znalazcy meteorytu, który chce mi go sprzedać za okazyjne dziesiątki lub setki tysięcy złotych. Ponieważ mam niewyczerpane zasoby cierpliwości, oraz znalazłem w tym depresyjnym i niewdzięcznym zajęciu iście perwersyjną przyjemność, postanowiłem i tym razem zmierzyć się z rozmówcą mówiąc mu jak zwykle, że ma żużel albo otoczak dobry na ogrodowy klombik. Dzwoniła młoda kobieta, która była w posiadaniu meteorytu po zmarłym dziadku, kolekcjonerze rzeczy różnych. Taka historia bardzo różniła się od typowego zgłoszenia. Pomyślałem, że taki obrót sprawy jest jak najbardziej obiecujący. Po tym jak pani Anna opisała mi okaz i jego długą historię, byłem na 100% pewny, że mam faktycznie do czynienia z meteorytem. Pomyślałem sobie wtedy „No nareszcie, właśnie po to odbierasz te wszystkie telefony". Jak legendarny amerykański badacz Harvey H. Nininger, na 1000 odwiedzonych przez niego farm, znajdował jeden meteoryt, tak w tym przypadku na 1000 telefonów trafił się wreszcie kolejny meteoryt. Do poprzednich „sukcesów" mógłbym zaliczyć Sołtmany, ale w tym przypadku wolałbym akurat mieć rozładowaną komórkę. A więc był nowy polski meteoryt. Świetna wiadomość. Potwierdziłem, że z opisu faktycznie wynika, że jest to meteoryt. Kilka dni później dostałem także email ze zdjęciami okazu. Tutaj nie było już żadnych wątpliwości, jest meteoryt i to nawet całkiem ładny. Sprawę wyłożyłem Kazimierzowi i od razu doszliśmy do wniosku, że owa tajemnicza próbka z listopada pochodzi z tego okazu. Potwierdziliśmy to porównując kształt i wielkość odciętego fragmentu, który widać było na zdjęciach.

Następnie wypadki potoczyły się już tak jak powinny. W następny weekend meteoryt miał do mnie przyjechać. Nie mogło się zdarzyć lepiej. Nawet nie musiałem się po niego telepać przez pół Polski. Meteoryt Siewierz, pani Anna i jej mąż odwiedzili mnie 30 stycznia. Okaz faktycznie był całkiem spory, miał 2450 gramów, był świeży i wyglądał fantastycznie. Fakt faktem do świeżego spadku mu trochę brakowało, no ale to nie był jakiś Bensour czy Park Forest, które spadły kilka lat temu, to pewne. Okaz bardziej przypominał Pułtusk z półki w muzeum, gdyż miał już lekko podwietrzałe ziarna żelaza, a w regmagliptach znajdowała się znaczna ilość zwykłego kurzu. I całe szczęście, że nikomu na myśl nie przyszło go umyć czy odkurzyć. Gdyby tak się stało, to szczerze mówiąc ciężko by było nie brać pod uwagę scenariusza, że okaz został przywieziony z Maroka i teraz oferowany jako krajowy. Na szczęście, co by nie myśleć, takiego kurzu zrobić się nie da w rok czy dwa. Okaz musiał leżakować na półce czy w jakichś pudłach przez wiele lat.

Przy tym całym szczęściu były też dwa nieszczęścia. Pierwsze, to oczywiście niepotrzebnie odcięta, metodą masakrującą, piętka. A wystarczyło przecież wysłać tu i ówdzie zdjęcia okazu, które były bardzo dobrej jakości. Z nich nawet początkujący, nierozgarnięty amator meteorytyki wydedukowałby, że to chondryt. Całe szczęście, że próbka była mała i odcięta na już istniejącym przełamie, a więc tam. gdzie i tak by trzeba było uciąć 20 gramów do klasyfikacji, żeby nie niszczyć skorupy i regmagliptów. Drugim nieszczęściem, o wiele bardziej dotkliwym, był brak informacji o tym okazie. Wszystko co było wiadomo to to, że to jest meteoryt i pan Witold Kawecki miał go przez wiele lat. Z okazem nie znaleziono żadnej metryczki, nie widniał w żadnych zapiskach. Kompletnie nic. Samego właściciela też nie można było spytać, gdyż zmarł w latach 90-tych. Wielka szkoda, gdyż zapewne straciliśmy możliwość poznania jakiejś pasjonującej historii, nieznanego rozdziału polskiej meteorytyki. Długo męczyły mnie pytania bez odpowiedzi. Czy pan Kawecki sam znalazł ten okaz, czy był świadkiem spadku? Czy może, jako znany w okolicy kolekcjoner znaczków, monet i innych rzeczy

zakupił ciekawy okaz mineralogiczny od kogoś innego? A może wszedł w jego posiadanie na drodze wymiany z innym kolekcjonerem z kraju lub nawet za granicą? Tego już nigdy się zapewne nie dowiemy. Choć cuda się zdarzają, więc kto wie?

Póki co nie było sensu się krzywić i marudzić. Mamy kolejny polski meteoryt. Był duży, śliczny, pod ochroną i wreszcie doceniony. Koniec z leżakowaniem na strychu, czas pokazać się światu z najlepszej strony. Pierwsze co zrobiłem to oczywiście puściłem bombę na Facebooku. Wieść obiegła glob błyskawicznie docierając nawet do Wrocławia, gdzie swe westchnienie pełne żalu wydał zarząd PTMet-u, który także sobie ostrzył zęby na ten okaz. Cóż jak pech to pech chłopaki. Może innym razem.

Następną czynnością, którą należało wykonać, była klasyfikacja. Do tego celu potrzebowałem odciąć 20 gramów do badań i coś dla kolekcjonerów, którzy nie wybaczyliby mi, gdybym nie miał nic dla nich. Równocześnie trzeba było pozbyć się tej paskudnej rany, jaka widniała po odciętej piętce. Kazimierz nie miał zamiaru oddawać mi tej piętki, którą zapobiegliwie wcześniej zgarnął, więc musiałem sam coś wykombinować. W tym wypadku jedynym rozwiązaniem było cięcie na pile drutowej. Nie mogłem nic odciąć na swojej pile Silver Blade, ponieważ okaz był za duży, a jedyne miejsce do cięcia znajdowało się w takim miejscu i pod takim kątem, że tarcza by w to nie weszła. Nie chciałem także niepotrzebnie tracić materiału używając dużej, grubej tarczy i jednocześnie moczyć okaz wodą podczas cięcia. Rozwiązanie było tylko jedno, Frankfurt nad Menem. Okaz poleciał więc do Niemiec, gdzie Achim Karl profesjonalnie uciął piętkę i trzy pełne przekroje na swojej pile drutowej. Proces kosztowny, ale dokładny, bez moczenia i brudzenia okazu. Zresztą to jest nieźle zakręcone, żeby mieć stracha o to, żeby mi brudu na meteorycie nie zabrudzili podczas cięcia. Gdy już miałem co trzeba z powrotem, oficjalna próbka poszła do profesora Łukasza Karwowskiego z Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu. Miał on przeprowadzić pełną klasyfikację meteorytu Siewierz. Trwało to kilka tygodni, ale wyniki mnie nie zaskoczyły. Tak jak przypuszczałem, meteoryt okazał się chondrytem L5, stopień szokowy S3-4, stopień zwietrzenia W0. Najbardziej się ucieszyłem oczywiście z tego zera. Czyli jest to spadek obserwowany szybko znaleziony, a nie jakieś stare wykopki. Klasyfikacja

Pierwsze zdjęcie meteorytu Siewierz.

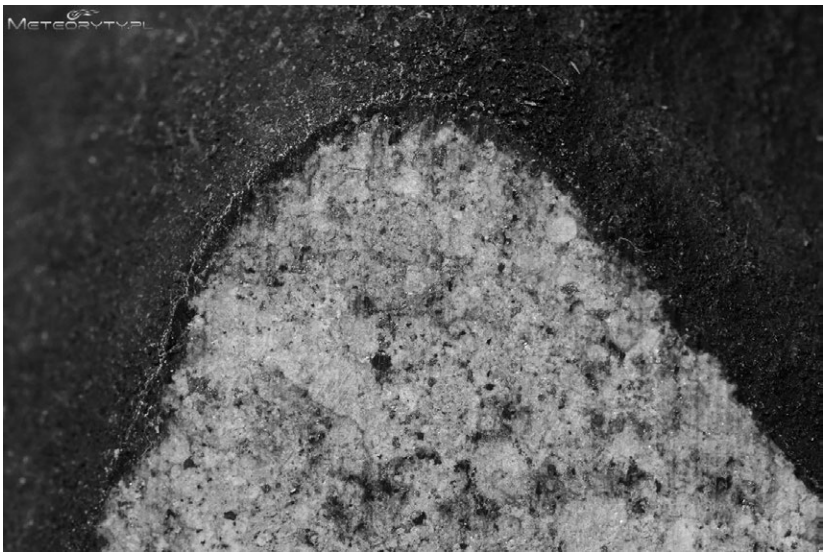
Meteoryt pokryty jest świeżą skorupą z regmagliptami.

Okienko po odcięciu 100-g materiału w miejscu „brzydkiego" cięcia wykonanego przez poprzednich właścicieli.

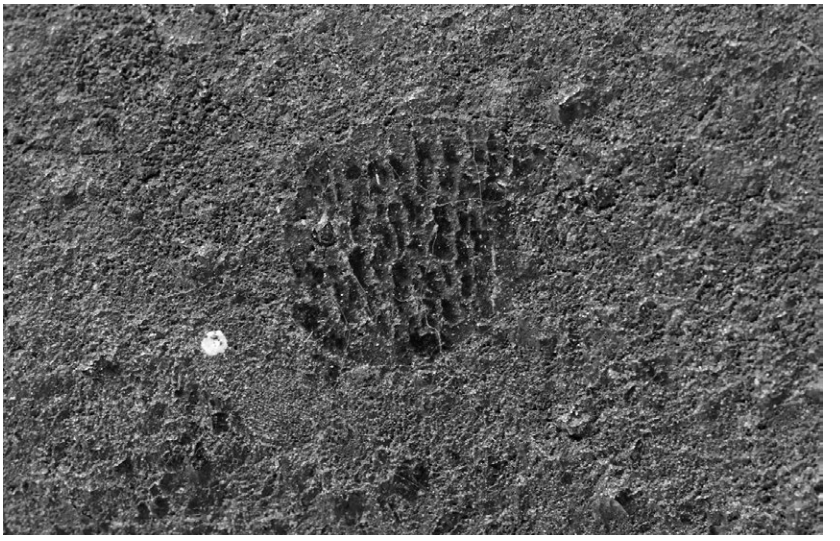
została, w srogich bólach, zgłoszona do Meteoritical Bulletin, lecz niestety z przyczyn formalnych wciąż czeka na rozpatrzenie. Mam nadzieję, że w niedługim czasie zostanie on oficjalnie zaaprobowany i będzie widniał jako 23 polski meteoryt.

Jeśli chodzi o wygląd zewnętrzny, to trzeba powiedzieć, iż Siewierz ma bardzo ładną, grubą i „soczystą" skorupę obtopieniową. Nie ma tu śladów skorupy wtórnej czy fragmentacji od większej bryły, która nastąpiła w czasie przelotu przez atmosferę. Meteoryt wygląda na kompletny okaz, który mógł być jedynym meteorytem z tego spadku. Poza tym dużym obłamaniem, meteoryt ma kilka mniejszych ubytków. Jedne z nich są wyraźnie osmalone przez rozpoczęty proces tworzenia się na nich skorupy obtopieniowej, inne są prawie nietknięte. Na nich można dostrzec bardzo drobne drobinki czy też kropelki stopionego czarnego szkliwa napylonego w procesie ablacji. Obłamany duży fragment mógł natomiast odpaść w momencie uderzenia w Ziemię i nie zostać znaleziony. Choć wydaje mi się, że on także powstał zanim meteoryt spadł. Postaram się to sprawdzić na okazie znajdującym się w kolekcji Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu, gdyż tylko na ich okazie zachował się duży fragment tego pokaźnego obłamania w całości. Na skorupie widać doskonale wiele chondr, inkluzji i obtopionych grudek żelaza. W głębokich regmagliptach zalega jasno szary pył, czyli kurz. Brak natomiast jakichkolwiek śladów drobnego piachu czy pustynnego pyłu. To jednoznacznie wyklucza pochodzenie inne niż europejskie.

Wnętrze Siewierza, to standardowy chondryt typu L5 i tyle. Nic nadzwyczajnego. Nie jest to brekcja, więc nic tam ciekawego nie „pływa", ani nie jest to niski typ petrograficzny, żeby roiło się tam od pięknych chondr. Monotonię jasno-rudego ciasta skalnego ratują tylko czarne żyłki szokowe i nieliczne słabo widoczne chondry. Żelaza jest dość sporo i jest ładnie widoczne w świetle odbitym. Całość jest na szczęście lekko zwietrzała tylko wokół ziaren żelaza. Wydaje się, że okaz jest bardziej podrdzewiały od strony obłamanej niż po lewej stronie przekroju, gdzie materiał został głębiej odsłonięty. Nie wykluczone, że meteoryt jakiś czas przeleżał w miejscu spadku i zdążył zmoknąć nim został znaleziony. Nie wydaje mi się, aby zwietrzenie głębiej w okazie było tylko wynikiem przechowywania meteorytu w warunkach domowych.



Skorupa na meteorycie jest dość gruba.



Duża chondra belkowa.

Strużki skorupy zastygłe wokół ziarenka żelaza.

Marcin Cimała jest kolekcjonerem, poszukiwaczem i dealerem meteorytów samodzielnie preparującym okazy dla kolekcjonerów i organizującym klasyfikowanie nowych meteorytów. Prowadzi firmę PolandMet.

Bingol

Maciej Burski

Drugiego września 2015 roku wieczorne niebo w południowo-wschodniej Turcji rozświetlił piękny meteor. Według różnych źródeł stało się to pomiędzy godziną 23:09 a 23:11 lokalnego czasu, a przelot bolidu zakończył się fragmentacją w okolicy miejscowości Sariçiçek niedaleko miasta Bingol. Zjawisko zostało zarejestrowane przez kamery przemysłowe w Bingol, Eliazig oraz kamery Tureckiej Sieci Bolidowej. Było też wielu naocznych świadków, a w okolicach miejscowości Sariçiçek słyszano odgłosy fragmentacji. Najprawdopodobniej były trzy wybuchy zakończone czymś, co można określić mianem furkotania. Już następnego dnia rano znaleziono pierwsze okazy. Nie było to zresztą bardzo trudne, gdyż meteoryty uderzyły w dachy co najmniej dwóch domów, a miejscowi dość szybko zorientowali się, że na ich wieś spadł meteoryt. Wkrótce potem powołano specjalne konsorcjum naukowe, bardzo liczne, mające zająć sie zbadaniem meteorytu, a na początku października miejscowość Sariçiçek odwiedził doktor Peter Jenniskens z NASA, i wtedy się wszystko zaczęło.

Informacje na temat bolidu nad Turcją znalazłem już nastepnego dnia na lunarblogspot, lecz poza informacjami o przelocie jasnego meteoru nie było tam nic interesującego. Dopiero w połowie października, po wizycie naukowców z NASA, pojawiło się mnostwo informacji o znaleziskach oraz zdjęć meteorytów w tureckich mediach, a także filmiki na youtube z poszukiwań. Co ciekawe i niewątpliwe bardzo przydatne dla każdego poszukiwacza, opublikowano też współrzędne GPS części znalezisk. Kiedy nowy meteoryt sklasyfikowano jako howardyt uznałem, że może to być historyczny spadek i warto tam pojechać.

Na wyjazd do Kurdystanu namówiłem Iwa; niestety ze względu na moje zobowiązania w pracy musieliśmy poczekać z wyjazdem do 9 listopada. W międzyczasie podczas targów minerałów w Monachium meteoryt pod nazwą Bingol miał swoją światową premierę, a pierwsze okazy na sprzedaż oferowali rosyjscy dilerzy oraz Mike Farmer. Wkrótce amerykańscy poszukiwacze udali się do Turcji, ale po kilku dniach i zakupieniu okazów, wrócili z powrotem. Natomiast ich dramatyczna relacja na temat sytuacji w rejonie spadku oraz niebezpieczeństw związanych w wyjazdem dawała do myślenia i być może zniechęciła innych zagranicznych poszukiwaczy, bo podczas naszego dziesięciodniowego pobytu w Bingol nie widzieliśmy, ani nie słyszeliśmy o innych.

Tak więc 9 listopada 2015 r. polecieliśmy do strefy wojny, jak to nazwali amerykańscy koledzy, a właściwie to trochę poza, bo do Erzurum, które leży już poza strefą „nie podróżuj", 200 km na północny wschód od Bingol.

Nie mam zamiaru opisywać, jak wyglądały dzień po dniu nasze poszu-

Nezir i Ensar Ergun z „METEORYTEM".

kiwania, bo musiałbym w kółko pisać to samo. Sam proces poszukiwawczy jest ogólnie mówiąc dość nudny i męczący, gdyż ile godzin można chodzić, mniej więcej w tych samych miejscach, ze wzrokiem wlepionym w ziemię? Chciałbym natomiast spróbować, chociaż w przybliżeniu, opisać atmosferę panującą w Bingol. A przypominała ona, chociaż trochę, gorączkę złota.

Na miejscu spadku przywitały nas tłumy lokalnych poszukiwaczy. A atmosfera przypominała trochę piknik nad rzeką. Kobiety z dziećmi, starsi panowie, młodzież szkolna i wszyscy inni, którzy akurat nie mieli nic lepszego do roboty, postanowili zostać poszukiwaczami meteorytów. Ci którzy chwilowo nie szukali, posilali się na kocykach lub gotowali jakieś potrawy przy ogniskach. Oczywiście nasz przyjazd wzbudził spore zainteresowanie. Kurdowie są bardzo otwarci i ciekawscy, więc na początku zamiast szukać meteorytów, musieliśmy ciągle się z kimś witać, opowiadać, skąd? jak? itd. I ile chcemy kupić meteorytów. Nie obyło się też bez wspólnych zdjęć, selfi itp.

Spadek meteorytu, a zwłaszcza przyjazd pracownika z NASA, spowodował duże zainteresowanie mediów. Chociaż moim zdaniem największe zainteresowanie wzbudził fakt, ile można na tym zarobić. W efekcie oficjalna cena została ustalona na 60 dolarów za gram i przez długi czas stała się obowiązująca. Apogeum meteorytowej gorączki przypadało w weekend, kiedy to do Sariçiçka przyjeżdżały pełne busy z miejscowości odległych nawet o 200 km. Większość nie wiedziała nawet, czego mają szukać, więc nosili ze sobą pełne reklamówki kamieni. Często zdarzało nam się weryfikować tego typu znaleziska.

Drugim ciekawym miejscem okazał się nasz hotel. Po pierwszym dniu poszukiwań pojechaliśmy do Bingol poszukać miejsca do spania. Mieliśmy ofertę noclegu od miejscowego pasterza z Sariçiçka, ale nie byliśmy pewni, czy przypadkiem nie z owcami, więc woleliśmy nie ryzykować. Hotel znaleźliśmy bez problemów. Można powiedzieć, że nie dla wybrednych, ale za to ze śniadaniem. Dość szybko zaznajomiliśmy się z obsługą. Manager spytał nas, czy możemy zweryfikowć znaleziska, gdyby ktoś przyszedł, na co oczywiście wyraziliśmy zgodę.

Odpoczywam z Ensarem Ergunem i Iwo Szklarskim.

Obszar rozrzutu w weekend.

Okaz 7,48 g w miejscu znalezienia.

Następnego dnia po poszukiwaniach, przed hotelem dało się zauważyć wzmożony ruch, a w środku przywitało nas około 30 osób, w większości z reklamówkami. A z każdym dniem liczba zarówno osób, jak i reklamówek, stale rosła. Wieść dość szybko się rozeszła i nasz hotel

wieczorami zamieniał się w lokalne centrum geologiczne. Tworzyły się różne kółka tematyczne, miłośników pirytów, kwarcu itp. Niektórzy dla pewności pokazywali nam niektóre okazy po kilka razy, często przysyłając np. brata lub żonę z tym samym kamieniem. Byli też tacy, którzy od razu próbowali robić jakiś biznes np. próbując odkupować okazy taniej, żeby sprzedać nam drożej, nieomieszkając przy tym wcześniej upewnić się, że dany kamień jest orginalny. Zapał trochę ostygł, kiedy okazało się, że nasz budżet jest bardzo ograniczony i przyjechaliśmy tam na poszukiwania. Oczywiście wiele osób przynosiło do hotelu piękne meteoryty, dzięki temu miałem okazję zobaczyć niesamowite okazy.

Na miejscu poznaliśmy wielu miejscowych poszukiwaczy m. in. Nezira Erguna, który był prawdopodobnie pierwszym znalazcą meteorytu Sariçiçek. Brat Nezira, Ensar i jego syn Onur Ergun często towarzyszyli nam w poszukiwaniach, pokazując gdzie znaleziono najwiecej okazów.

Już po kilku dniach poszukiwań musieliśmy zweryfikować oczekiwania dotyczące potencjalnych znalezisk. Generalnie znalezienie jakiegokolwiek meteorytu nie jest łatwe, a przy tej ilości poszukiwaczy i dość późnej porze przyjazdu okazało sie bardzo trudne. Ostatecznie udało się znaleźć kilka niewielkich okazów nie przekraczających 10 gramów. Szanse natomiast były spore, gdyż podczas naszego pobytu znaleziono największy, jak dotąd, okaz ważący ponad 3 kg (okaz został niestety zniszczony w celu szybszej sprzedaży).

Sukran

Okazy z hotelu. Ok 200 g.

22 lutego 2016 r. meteoryt został oficjalnie wpisany na listę Meteoritical Bulletin Database jako howardite pod nazwą Sariçiçek. Liczba znalezisk szacowana jest na 340, lecz moim zdaniem może wynosić nawet kilka razy tyle.

Na koniec dodam tylko, że był to jeden z moich najlepszych meteorytowych wyjazdów. Spotkałem mnóstwo miłych i przyjaznych ludzi, a okolice Bingol i wschodniej Turcji są badzo urokliwe. Niestety skomplikowana i napięta sytuacja polityczna regionu nie sprzyja wyjazdom w tamte rejony. Nas nie spotkały żadne nieprzyjemne przygody, ale podróżując tam trzeba zachować ostrożność.

Ergun family.

Maciej Burski jest członkiem Polskiego Towarzystwa Meteorytowego, z wykształcenia historykiem. W wolnych chwilach szuka meteorytów. Obecnie mieszka w Kopenhadze

Badania meteorytów
Meteoryty żelazne i powstanie jądra Ziemi

Agata Krzesińska

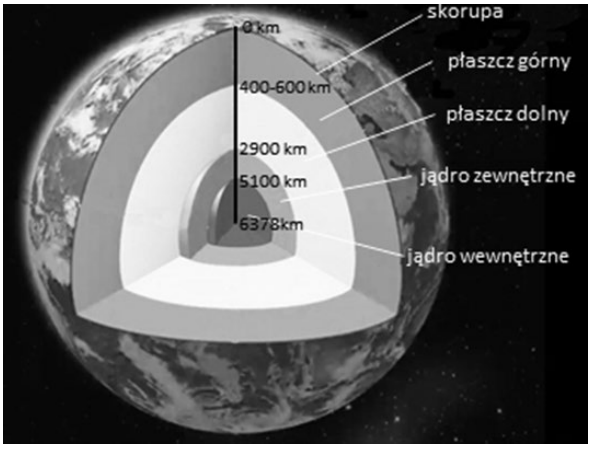
Jądro Ziemi, choć ukryte głęboko we wnętrzu planety, odgrywa ważną rolę w jej ewolucji. Jest metalową kulą o promieniu 3500 km, dzięki której wokół naszej planety powstaje pole magnetyczne, które chroni ją przed szkodliwym wpływem wiatru słonecznego. Dzięki temu Ziemia jest planetą nadającą się do życia.

Pierwszym źródłem wiedzy o tym, jak wygląda i z czego jest zbudowane jądro Ziemi, są badania sejsmiczne. Dokładniej mówiąc, o budowie wnętrza Ziemi dowiadujemy się patrząc na to, jak rozchodzą się w nim fale generowane w wyniku trzęsień ziemi. Fale te są transmitowane przez wnętrze Ziemi i podczas swojej wędrówki są załamywane i rozpraszane na granicach warstw skalnych, przez które przenikają. Ponieważ fale takie przenikają przez całą Ziemię, mogą być odebrane po przeciwnej stronie globu (przykładowo fale wygenerowane przy trzęsieniu ziemi w Japonii mogą być odebrane w Chile). Analiza zarejestrowanych zmian prędkości takich fal pozwala nam wnioskować o warstwowej strukturze Ziemi. Najbardziej zewnętrzna część to skorupa ziemska (rys. 1). Jej grubość nie jest wszędzie taka sama: pod kontynentami jest to 25–70 km, a pod oceanami tylko 6–9 km. Podstawowym budulcem skorupy są skały krzemianowe: granity i bazalty. Poniżej skorupy znajduje się płaszcz ziemski o grubości ponad 2900 km, zbudowany z tzw. perydotytów (rys. 1). W samym centrum Ziemi zlokalizowane jest jądro. O tym, że zbudowane jest z żelaza, wnioskujemy z tego, że obliczona średnia gęstość Ziemi jest dwukrotnie większa od gęstości skał, jakie znamy z powierzchni planety. Zatem część wnętrza naszej planety musi być zbudowana z materii bardzo gęstej, a właściwości żelaza „pasują" do wyników pomiarów rozchodzenia się fal sejsmicznych. Do tego żelazo jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych metali w Układzie Słonecznym, więc jego duży udział w budowie Ziemi jest zrozumiały.

Jednak problem z metodami sejsmicznymi polega na tym, że parametr, na który są czułe, to gęstość materiału skalnego, a ta może być wypadkową wielu czynników, jak na przykład skład chemiczny czy struktura skały, ale też temperatura czy ciśnienie, w jakich się skały znajdują. Dlatego idealnie jest, kiedy wyniki danych sejsmicznych możemy odnosić do przykładów skał, które znamy z innych analiz, i porównywać. Niestety jednak niewiele mamy skał, które reprezentują kolejne warstwy z głębi Ziemi. Oczywiście mamy różnorodne skały granitowe i bazaltowe ze skorupy, bo są one dostępne na powierzchni. Dodatkowo, dzięki pewnym procesom geologicznym wyniesione gdzieniegdzie zostały na powierzchnię Ziemi skały płaszcza, z głębokości około 150–300 km (tzw. kimberlity). Ale na tym się niestety kończy.

Czy mielibyśmy szansę zdobyć próbkę z jądra naszej planety? Teoretycznie, aby dotrzeć z powierzchni do samego środka, trzeba by pokonać odległość 6378 km (rys. 1), nieco mniej niż z Warszawy do Nowego Jorku. Gdybyśmy wybrali się w taką „podróż", to jądro zewnętrzne zaczynałoby się już po pokonaniu około 2900 km, czyli na trasie Warszawa-Nowy Jork już w okolicach Islandii. Choć brzmi to nienajgorzej, tak naprawdę nie mamy najmniejszych szans. Najgłębszy odwiert geologiczny, jaki kiedykolwiek w historii nauki postawiono, miał 12 km 262 m głębokości (odwiert SG-3 na Półwyspie Kolskim wykonany w latach 1970–1989). Gdy przeniesiemy tę głębokość na trasę naszej podróży, to raptem jest to odległość Warszawa-Pruszków! Dlaczego przebicie się do wnętrza Ziemi jest takie trudne? Pierwsza trudność do pokonania to woda podziemna, która pojawia się już po kilku metrach odwiertu czy wykopu. Druga trudność to temperatura i ciśnienie, które wzrastają z każdym kilometrem głębokości. Na przykład w najgłębszej kopalni na świecie, która jest zbudowana na głębokości 4 km, temperatura przekracza 55ºC. W wyżej wspomnianym odwiercie SG-3 (czyli na głębokości 12,2 km), temperatura wynosiła 190ºC i to właśnie ona uniemożliwiła dalsze wiercenie. A w samym środku Ziemi podobno czekałoby 5000–6000°C i ciśnienie 300GPa. Póki co więc, musimy szukać innych rozwiązań, aby stwierdzić jaki rodzaj materii „pasuje" do wyników badań sejsmicznych.

Szansę na zrozumienie wnętrza Ziemi dostaliśmy w postaci docierających do nas meteorytów żelaznych. Ponieważ zbudowane są one głównie z żelaza i niklu, są najbliższym odpowiednikiem tego, co wyobrażamy sobie, że znajduje się we wnętrzu Ziemi. Na to, że meteoryty żelazne reprezentują fragmenty jądra rozbitych planetoid, wskazuje ich skład chemiczny oraz budowa. Bardzo upraszczając, pierwiastki, które wchodzą w skład minerałów meteorytów żelaznych, informują nas o tym, że



Rys. 1. Przekrój przez wnętrze Ziemi odtworzony na podstawie przechodzenia fal sejsmicznych.

procesy prowadzące do powstania tych meteorytów zachodziły w wysokich temperaturach, a stop metalicznego żelaza stygł powoli. Szczególne znaczenie ma obserwacja wzajemnych proporcji takich pierwiastków jak nikiel, gal, german i iryd, które występują w śladowych domieszkach w minerałach meteorytów żelaznych (w kamacycie i taenicie). Pierwiastki te wbudowują się w strukturę minerałów w różnych temperaturach, dlatego dość dobrze informują nas o przebiegu procesu stygnięcia stopu i w efekcie proporcje tych pierwiastków są odzwierciedleniem warunków krystalizacji niklonośnego żelaza. W większości przypadków skład chemiczny i budowa meteorytów żelaznych zgadzają się z procesem bardzo powolnego stygnięcia i frakcyjnej krystalizacji stopu metalicznego (czyli krystalizacji poszczególnych faz „po kolei", zgodnie z ustalonymi laboratoryjnie szeregami), a to jest w zgodzie z warunkami, jakich oczekiwalibyśmy dla krystalizacji materiału jądra.

Przyjmujemy, że meteoryty żelazne reprezentują materiał końcowy procesów analogicznych do tych, w których powstało jądro Ziemi. Istnieją jednak takie grupy meteorytów żelaznych, których skład, budowa i chemizm są niezgodne — a nawet sprzeczne — z ideą krystalizacji frakcyjnej. Meteoryty takie, zwane niemagmowymi meteorytami żelaznymi, reprezentowane są przez dwie grupy meteorytów: IAB i IIE (grupa IIE to zaledwie 22 różne meteoryty). Zawartości pierwiastków śladowych w meteorytach tych grup nie wskazują na to, że mogły takie meteoryty powstać w drodze powolnej krystalizacji metalu. Ponadto, meteoryty te zawierają inkluzje krzemianów osadzone w metalu (rys. 2 i zdjęcia na s. 14 i 15), co stwarza problem interpretacyjny, bo kontrast gęstości pomiędzy metalem i krzemianami jest tak duży, że większość naturalnych procesów powinna prowadzić do dość szybkiej i łatwej ich separacji. I tu pojawia się pytanie: czy niemagmowe meteoryty powstawały w inny sposób niż magmowe meteoryty żelazne i nie mają wiele wspólnego z jądrem planety czy planetoidy? A może też, powstawały w taki sam sposób, jednak z jakiegoś powodu proces separacji metalu i krzemianów nie zaszedł do końca?

Aby wyjaśnić takie zagadnienie, rozważa się, że być może meteoryty te powstały wskutek rozbicia ciała macierzystego i ponownego „zmieszania" materiału metalicznego z jądra i z krzemianowej skorupy czy płaszcza (Ruzicka, 2014). Oznaczałoby to jednak, że stopiony podczas impaktu materiał musiałby szybko zastygnąć gdzieś w pobliżu powierzchni ciała macierzystego. Szybkie tempo stygnięcia byłoby w zgodzie z obserwacją inkluzji krzemianów, które nie odseparowały się od metalu, ale sam metal meteorytów IAB i IIE nie nosi śladów aż tak gwałtownego stygnięcia.

Inkluzje krzemianów zamknięte w metalu tych meteorytów, to w rzeczywistości milimetrowych-centymetrowych rozmiarów kawałki skał podobnych do chondrytów, przemetamorfizowanych chondrytów lub pierwotnych achondrytów. Szczególnie widoczne jest to w przypadku meteorytów grupy IIE (rys. 2c), które zawierają inkluzje o bardzo różnym charakterze i stopniu przetworzenia. W niektórych meteorytach tej grupy znajdowano inkluzje z reliktami chondr, podczas gdy w innych, powiązanie inkluzji z chondrytami było bardzo trudne. W żadnym jednak meteorycie IIE nie obserwowano współwystępujących ze sobą, „przemieszanych" różnych typów inkluzji (Ruzicka, 2014).

I tak na przykład meteoryt Netschaëvo zawsze opisywany był jako ten, który zawiera wyłącznie inkluzje krzemianowe podobne do chondrytów. Niedawno jednak udokumentowana została obecność inkluzji silnie przetworzonych (Van Roosbroek i in., 2016), które współwystępują z typowymi, pierwotnymi fragmentami. Nietypowe inkluzje tworzone są przez porfirokryształy oliwinu i piroksenu, osadzone w szklistej masie plagioklazu. Centrum takich kryształów ma skład identyczny jak minerały inkluzji „typowych", ale już obwódki różnią się dość mocno. Nietypowe inkluzje mają strukturę i cechy mineralne takie, jak ma wykrystalizowany stop impaktowy powstały z chondrytu. Materiał ten najprawdopodobniej więc powstał w wyniku stopienia impaktowego krzemianowej części meteorytów IIE (Van Roosbroek i in., 2016).

Z uwagi na podobieństwo inkluzji do chondrytów, meteoryty IIE próbuje się wiązać z grupą chondrytów H. Jeśli grupy te są — lub były — ze sobą związane, oznaczało by to, że meteoryty żelazne tego typu powstały wskutek separacji metalu z materiału chondrytów H. Gdy próbujemy podchodzić do takich zagadnień, zazwyczaj najbardziej przydatne okazują się badania izotopowe, w tym przypadku badania izotopów tlenu. Jak pokazują najnowsze badania w tym kierunku, sygnatura izotopowa inkluzji krzemianowych w meteorytach IIE różni się pomiędzy poszczególnymi meteorytami tej grupy (McDermot i in., 2016), a dokładniej mówiąc inną sygnaturę izotopową mają inkluzje, które przypominają chondryt, a inną te, które są silnie przeobrażone. I tak, silnie przeobrażone inkluzje są niemal identyczne izotopowo jak chondryty H, podczas gdy inkluzje bardziej pierwotne sugerują związek z materiałem bogatszym w żelazo. Może to wskazywać, że materiał źródłowy do powstania inkluzji był bardzo heterogeniczny, miejscami taki jak chondryty H, a miejscami bogatszy w żelazo w postaci metalicznej (zatem z krzemianami uboższymi w żelazo). Jeśli tak, to można posunąć się dalej i zapytać, dlaczego ciało, z którego powstały te meteoryty, nie było homogeniczne. Wyjaśnienie może leżeć w tym, że na przykład ciało takie zagregowało na tyle późno, że jego wewnętrzna aktywność wskutek rozpadu ^{26}Al pozwoliła tylko na niewielki wzrost temperatury i jedynie ograniczone topienie krzemianów i metalu, zatem tylko na wstępną wymianę izotopową i separację stopu (McDermott i in., 2016).

Różnice w zawartości żelaza pomiędzy inkluzjami pierwotnymi i przeobrażonymi można też tłumaczyć redukcyjnym charakterem reakcji chemicznych podczas metamorfizmu. Hipoteza taka została zaproponowana na podstawie badań meteorytu IIE Mont Dieu (Van Roosbroek i in., 2015). Analizowany fragment meteorytu Mont Dieu o wadze 453 kg zawiera w całej swojej masie pierwotne inkluzje, wśród nich także relikty chondr. Minerały tworzące te inkluzje — a w szczególności oliwin — w swoim składzie chemicznym mają nieco mniej żelaza niż oliwiny typowe dla chondrytów H (Van Roosbroek i in., 2015). Ale jak wiadomo z badań chondrytów, wraz z zaawansowaniem stopnia metamorfizmu (i wzrostem typu petrograficznego) wzrasta nieznacznie zawartość żelaza w oliwinie. Stąd, wzrost zawartości żelaza w krze-

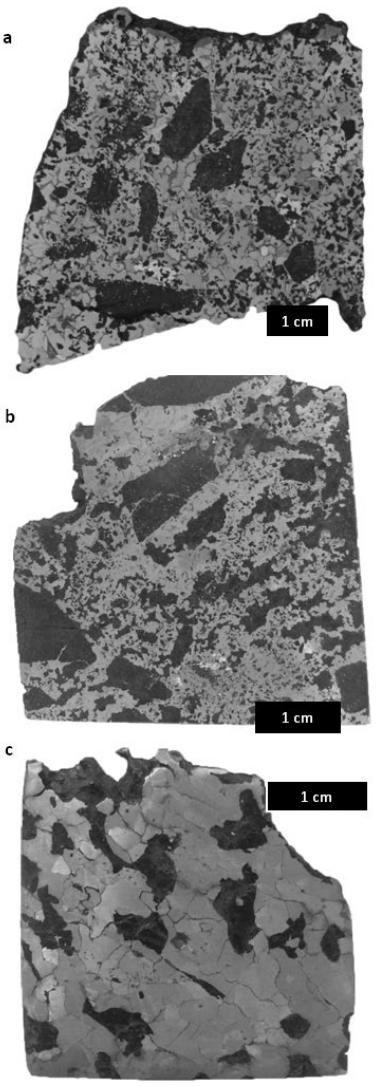
mianach inkluzji meteorytów IIE tłumaczyć można zaawansowaniem przeobrażenia metamorficznego tych inkluzji. Jest to szczególnie obiecująca hipoteza wziąwszy pod uwagę, że cechy te ze sobą rzeczywiście korelują w inkluzjach meteorytów IIE. Według Autorów badań meteorytu Mont Dieu (Van Roosbroek i in., 2015), skład jego inkluzji wskazuje na przedmetamorficzny — pierwotny charakter materiału. Jeśli Autorzy mają rację, to oznaczałoby to, że podobieństwo składu do chondrytów H inkluzje w meteorytach IIE „nabywały" podczas metamorfizmu, a materiałem wyjściowym do powstania meteorytów IIE musiały by być chondryty podobne do meteorytu Burnwell, określanego niekiedy jako meteoryt HH (Wasson i Wang, 1986; Bogard i in., 2000).

Do jeszcze innych wniosków dotyczących genezy niemagmowych meteorytów żelaznych doszli naukowcy badający fragmenty meteorytu Miles (Kirby i in., 2014). Meteoryt Miles (rys. 2c) należy także do grupy meteorytów IIE i zawiera inkluzje krzemianowe noszące ślady dyferencjacji (oddzielania się stopów o różnym składzie). Kirby i in. (2016) wykonali badanie meteorytu Miles w trójwymiarze i zauważyli, że kontakt inkluzji krzemianowych z metalem jest zawsze podkreślony obecnością fosforanów. Ponadto, krzemiany i fosforany w przestrzeni trójwymiarowej zawsze tworzą połączone elementy i kontynuują się cienką otuliną wokół ziaren metalicznych (podobnie wrażenie sprawiają krzemiany meteorytu IAB Udei Station z rys. 2, jednak jest to tylko przekrój co sprawia, że kontakt krzemianów w płaszczyźnie innej niż płaszczyzna przekroju jest dla nas niewidoczny). W świetle takiej interpretacji trzeba zrewidować nasze spojrzenie na meteoryty niemagmowe, bo w takim razie to nie metal zamyka inkluzje krzemianowe, a raczej krzemiany zamykają, „otulają" metal. Na podstawie tej zależności Kirby i in., (2016) proponują, że metaliczne żelazo w tym meteorycie wydzieliło się ze stopu krzemianowego, który zawierał żelaza dużo więcej niż był w stanie wbudować w minerały. Zdaniem Autorów tych badań, stop krzemianowy musiał znaleźć się w silnie redukcyjnych warunkach przy bardzo wysokich temperaturach (Kirby i in., 2016). Wówczas niesione w stopie tlenki żelaza zostały zredukowane do metalicznego żelaza, oraz oddzieliła się ze stopu frakcja fosforanowa.

Największym mankamentem wszystkich przedstawianych powyżej modeli jest to, że nie tłumaczą one, gdzie w procesie separacji metalu 'zniknęły' siarczki. Jeśli przyjrzeć się chondrytom, to metal współwystępuje tam z troilitem, a w meteorytach żelaznych troilit stanowi już zdecydowanie niewielką frakcję. Jeśli jądra planet tworzyły się wskutek stopienia materii chondrytowej i powolnego zapadania się stopionych, drobnych cząstek metalu, ze stopem metalicznym musiał do jądra też wędrować troilit. Jądro powstałe z takiego materiału powinno wykrystalizować jako eutektyczny agregat żelazo-niklu i troilitu i z badań metalurgicznych wiemy, że to troilit powinien przeważać masą nad niklonośnym żelazem. Tak jednak nie jest w meteorytach żelaznych. Pewnych sugestii na ten temat mogą dostarczyć obserwacje chondrytów i procesów, jakie prowadzą do separacji metalu i siarczków w warunkach pouderzeniowych.

Na przykładzie chondrytu Pułtusk (rys. 3) widać, że w wielu jego fragmentach obecne są tzw. żyłki szokowe. W żyłkach takich krzemiany nie noszą śladów stopienia, a mimo tego metal wyraźnie oddziela się od frakcji krzemianowej (rys. 3a–b; Krzesińska i in., 2015). Co więcej, w kilku fragmentach tego meteorytu obecne są aż centymetrowych rozmiarów nagromadzenia metalu. W metalu takim zamknięte są okruchy krzemianów, ale trolilit nie tworzy z metalem eutektycznych przerostów (rys. 3 c–d). Nagromadzenia takie mają więc budowę bardzo podobną do meteorytów żelaznych. Podobne struktury jak te obserwowane w Pułtusku, znane są też z chondrytu Kernouvé (Friedich i in., 2013). W jaki sposób można tłumaczyć powstawanie takich struktur? Co spowodowało, że metal preferencyjnie przemigrował z drobnych żyłek do nagromadzeń dość dużych pod względem objętości?

Wydarzenia impaktowe charakteryzują się dużą siłą i wytwarzają ogromne ciśnienia w okolicach miejsca zderzenia. W związku z tym, wskutek zderzenia musi wytworzyć się znaczący gradient ciśnienia. Zapewne na ciałach rozmiarów planetoid (mała grawitacja) gradient taki na chwilę



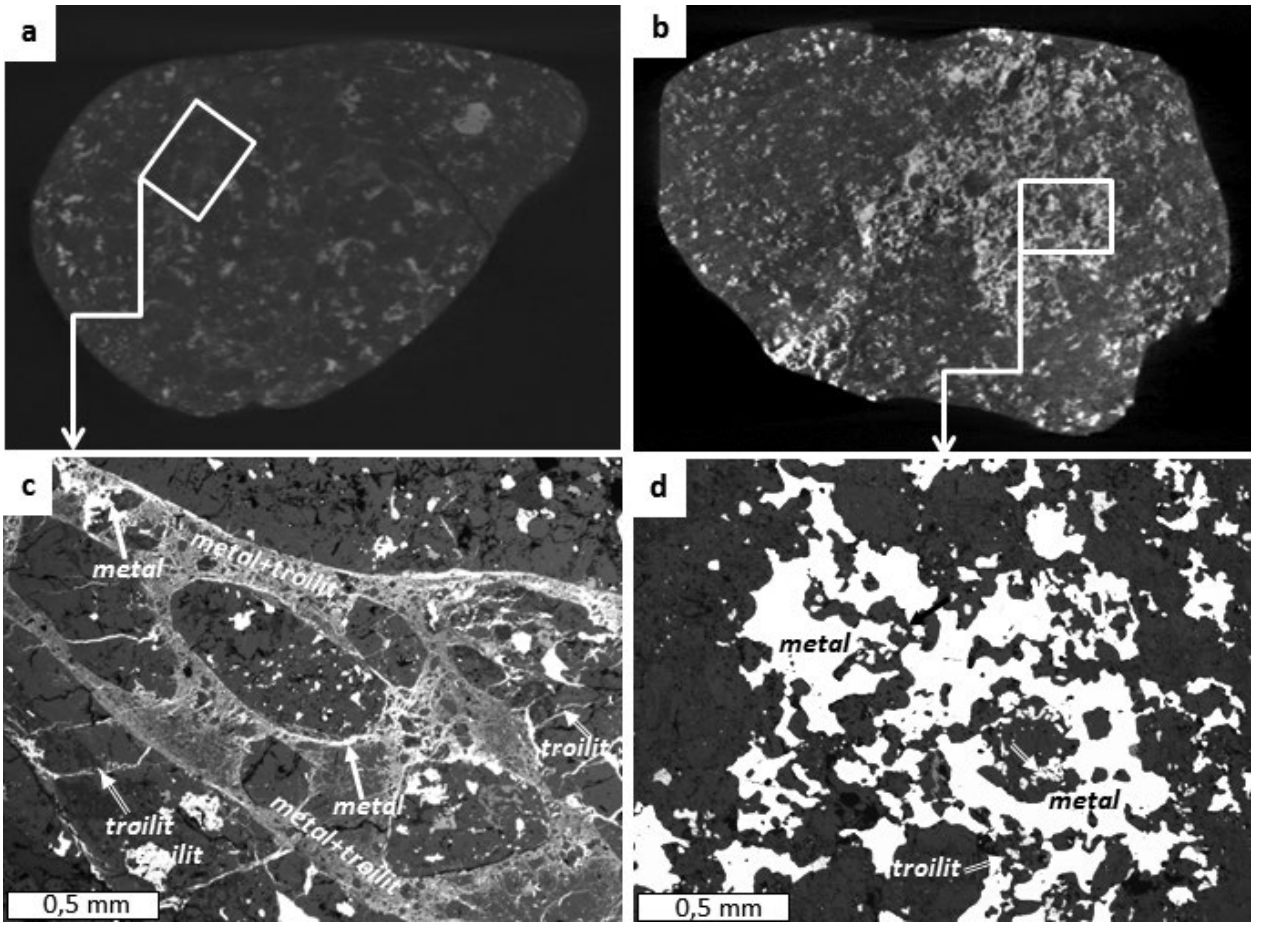
Rys. 2. Fragment meteorytów żelaznych niemagmowych.

Meteoryt Udei Station (IAB) z kolekcji Zbigniewa Tymińskiego.

Meteoryt Udei Station (IAB) z kolekcji Kazimierza Mazurka. Płytka o wymiarach 57,5 mm × 56,5 mm i grubości 3 mm (masa okazu 43,6 g).

Meteoryt Miles (IIE) z kolekcji Kazimierza Mazurka. Płytka o wymiarach 42,5 mm × 42,7 mm i grubości 5,7 mm (masa okazu 50 g).

staje się czynnikiem przejmującym kontrolę nad zachowaniem się każdego fragmentu skały. Dlatego też siły impaktowe mogą z łatwością wprawić w ruch materiał, wywołując jego przemieszczanie się i płynięcie z obszarów wysokiego ciśnienia do niskiego ciśnienia. Biorąc pod uwagę to, że metal i siarczki topią się w nieco niższych temperaturach niż krzemiany i mają niższą od krzemianów lepkość, należy się spodziewać, że stopiony metal będzie w takich warunkach płynął szybko i bardzo efektywnie. To wystarczy aby metal i siarczki odseparowały się od krzemianów w bardzo krótkim czasie, a jednocześnie, gwałtowny charakter procesu sprawia, że



Rys. 3. Różne fragmenty meteorytu Pułtusk, które pomimo swej chondrytowej struktury wskazują na segregację metalu i troilitu oraz ich oddzielanie się od krzemianów. Po lewej rekonstrukcja tomograficzna pokazująca żyły szokowe. Niżej: zdjęcie mikroskopowe w świetle odbitym żyły szokowej z rysunku a. Przeważająca masa żyły utworzona jest przez stop metalu i troilitu zamykający różnych rozmiarów fragmenty krzemianów. Miejscami jednak widoczna jest segregacja metalu ku brzegom żyły oraz troilitu, który migruje do inkluzji krzemianowych. Barwy białe – metaliczny żelazonikiel, barwy żółte – troilit, barwy szare – krzemiany.

Po prawej rekonstrukcja tomograficzna, w której widoczne jest nagromadzenie dużej objętości metalu. Niżej zdjęcie mikroskopowe w świetle odbitym pokazujące w powiększeniu nagromadzenia metalu z rysunku b. Metaliczny żelazonikiel nie tworzy przerostów z troilitem, który jest wyraźnie nagromadzony na granicach metalu i inkluzji krzemianowych.

w ruch wraz ze stopem metalicznym zabrana jest pewna frakcja niewysortowanych okruchów krzemianowych. W warunkach statycznych, czyli zdominowanych przez grawitację, takie okruchy po prostu wypłynęłyby ze stopu metalicznego, ale przy gwałtownej deformacji impaktowej mogą być niesione w obrębie takiego materiału (Tomkins i in., 2013, Ruzicka i in., 2015). Dlaczego jednak taki rodzaj deformacji tłumaczy separację metalu od siarczków (która jest nam potrzebna do wytłumaczenia składu meteorytów żelaznych)? Po pierwsze dlatego, że — przeciwnie do modelu statycznego topienia — tutaj nie należy się spodziewać topienia eutektycznego metalu i siarczków. Stopi się ten materiał, który będzie w kontakcie z falą uderzeniową, czyli topienie będzie bardzo nierównomierne. Po drugie, lepkości metalu i troilitu różnią się, więc będą one płynąć w nieco różny sposób. Po trzecie, nawet jeśli trochę stopu siarczkowego pozostanie stowarzyszone ze stopem metalicznym, to podczas stygnięcia w obecności drobnych okruchów krzemianowych, troilit zawsze chętniej przewędruje w te okruchy. Potwierdzenie takiego procesu widać na przykładzie żyły z meteorytu Pułtusk, w której troilit występuje na granicach metalu i inkluzji krzemianowych (rys. 3b, rys. 3d). I model taki zdaje się tłumaczyć dobrze wiele cech meteorytów żelaznych IAB czy IIE (rys. 2).

Jeśli przyjąć, że planety rosły wskutek ciągłych zderzeń planetezymali, kolizje prowadzące do separacji metalu mogły występować często, więc nagromadzenia metalu mogły powstawać taką drogą dość łatwo. Tomkins i in. (2013) szacują, że pojedynczy epizod impaktowy mógł być wystarczający do utworzenia się nawet tonowej wielkości agregatów metalu. Jeśli więc wyobrazić sobie, że na planetoidzie, na której powstały takie metaliczne nagromadzenia, w którymś momencie temperatura wzrosła (np. wskutek wewnętrzenj aktywności i rozpadu ^{26}Al) na tyle, że doszło do niewielkiego nawet uplastycznienia krzemianów, takie metaliczne agregaty musiały szybko i łatwo „zapadać się" grawitacyjnie w głąb tworzącej się planety. Oczywiste jest, że takie wielkie nagromadzenia metalu „zapadać się" musiały szybciej do wnętrza planetek niż drobne cząsteczki metalu. I możliwe jest, że z czasem tak nagromadzony metal zanurzał się coraz głębiej, prowadząc do powstania jądra (Tomkins i in., 2013).

Takie spojrzenie na udział procesów kolizyjnych w tworzeniu się jądra planet zmusza nas jednak do zrobienia kroku wstecz i do zastanowienia się ponownie czy ten proces miał miejsce. Wiedzę na temat czasu powstania jąder planet czerpiemy z badań izotopowych meteorytów żelaznych. Szczególnie przydatny i szeroko stosowany jest w tym zakresie system izotopowy hafn-wolfram, który bazuje na tym, że izotop ^{182}Hf

w czasie połowicznego rozpadu ~9 mln lat rozpada się do izotopu ^{182}W (np. Kruijer i in., 2012). Użyteczność tego chronometru do oznaczania czasu powstawania jądra wynika z tego, że izotop potomny — wolfram różni się znacząco od hafnu pod względem zachowania się w środowisku geologicznym i geochemicznym. Hafn jest tzw. pierwiastkiem litofilnym, co oznacza, że ma tendencję do włączania się w te minerały, które zawierają tlen, np. w krzemiany. Wolfram natomiast należy do pierwiastków syderofilnych, czyli tych, które najchętniej wbudują się w strukturę metalicznego stopu rodzimego. Jeśli więc dochodzi do stopienia krzemianów i metalu, podczas separacji stopów, powstały z rozpadu hafnu potomny izotop wolframu „ucieka" do frakcji metalicznej. Dlatego ilość wolframu w odseparowanym stopie metalicznym odzwierciedla czas powstania tego stopu. Stosując ten system izotopowy do analiz meteorytów żelaznych, obliczono że większość z nich powstała w ciągu pierwszego 1,5 mln lat istnienia materii stałej w Układzie Słonecznym (np. Kruijer i in., 2012). I rzeczywiście fakt, że jądra planet powstawały w bardzo wczesnych etapach ich ewolucji przyjmujemy niemal za pewnik. Jednakże wymogiem dla zastosowania tego chronometru — jak i każdego innego bazującego na frakcjonacji izotopów — jest to, że proces rozdziału pierwiastków zachodził w warunkach równowagi termochemicznej, tzn. że był czas na to, aby każdy pierwiastek całkowicie przemigrował do swojej „ulubionej" frakcji stopu. Oczywiście można się spodziewać takich warunków, jeśli meteoryty żelazne powstawały — jak to powszechnie uznawaliśmy za prawdziwe — w warunkach statycznej, powolnej, niezaburzonej niczym migracji cząsteczek metalu. Trudno jednak oczekiwać, by taka migracja pierwiastków mogła w pełni zajść, jeśli metal oddzielał się od krzemianów w wyniku gwałtownych epizodów impaktowych. Co więcej, trudno sobie wyobrazić, aby powstałe w wyniku impaktowej separacji nagromadzenia metalu, mające masę tony (Tomkins i in., 2013), zapadając się w głąb planety poprzez upłynnione krzemiany, były w stanie efektywnie „wyciągać" z tych krzemianów wolfram. Jeśli więc siły impaktowe przyczyniały się do powstawania meteorytów żelaznych, pełne resetowanie się systemu hafn-wolfram jest wątpliwe i obliczony tym sposobem wiek być może nie odzwierciedla wcale czasu, w którym metal odseparował się od krzemianów.

Jak widać, powstawanie meteorytów żelaznych, zarówno magmowych i niemagmowych, można tłumaczyć procesami całkowicie statycznymi, wyłącznie kolizyjnymi oraz współpracą obu tych czynników. Prawdopodobnie żaden z przedstawionych poglądów na powstawanie tych meteorytów nie wyjaśnia jeszcze całkowicie wszystkich ich cech. Co więcej, wydawać się może, że układ i następstwo procesów, jakie prowadziły do powstania poszczególnych grup meteorytów żelaznych z pewnością w żadnym przypadku nie był zupełnie analogiczny do kombinacji procesów, które zachodziły w najwcześniejszych etapach ewolucji Ziemi. Jednak fakt, że jądro Ziemi jest, i pewnie na zawsze pozostanie, niedostępne do bezpośrednich analiz sprawia, że badania różnorodności meteorytów żelaznych oraz porównania, jakie możemy stąd wynosić, są naszym jedynym sposobem przybliżania się do odpowiedzi na pytanie „jak jest zbudowane i jak powstało jądro naszej planety".

Literatura:

Bogard D.D., Garrison D.H., McCoy T.J., 2000. Chronology and petrology of silicates from IIE iron meteorites: Evidence of a complex parent body evolution. Geochimica et Cosmochimica Acta 64: 2133–2154.

Friedrich J.M., Ruzicka A., Rivers M.L., Ebel D.S., Thostenson J.O., Rudolph R.A., 2013. Metal veins in the Kernouvé (H6 S1) chondrite: Evidence for pre- or syn-metamorphic shear deformation. Geochimica et Cosmochimica Acta 116: 71–83.

Kirby R.S., King P.L., Henley R.W., Troitzsch U., Ireland T.R., Turner M., 2016. A New Hypothesis for the Evolution of the IIE Iron Meteorites Based on Geochronology and Petrology of the Miles Meteorite. 47th Lunar and Planetary Science Conference. Abstrakt 1938.

Kruijer T.S., Sprung P., Kleine T., Leya I., Burkhardt C., Wieler R., 2012. Hf-W chronometry of core formation in planetesimals inferred from weakly irradiated iron meteorites. Geochimica et Cosmochimica Acta 99: 287–304.

Krzesińska A., Gattacceca J., Friedrich J.M., Rochette P., 2015. Impact-related non-coaxial deformation in the Pułtusk H chondrite inferred from petrofabric analysis. Meteoritics and Planetary Science 50: 401–417.

McDermott K.H., Greenwood R.C., Scott E.R.D., Franchi I.A., Anand M., 2016. Oxygen isotope and petrological study of silicate inclusions in IIE iron meteorites and their relationship with H chondrites. Geochimica et Cosmochimica Acta 173: 97–113.

Ruzicka A., 2014. Silicate-bearing iron meteorites and their implications for the evolution of asteroidal parent bodies. Chemie der Erde 74: 3–48.

Ruzicka A., Brown R., Friedrich J., Hutson M., Hugo R., Rivers M., 2015. Shock-induced mobilization of metal and sulfide in planetesimals: Evidence from the Buck Mountains 005 (L6 S4) dike-bearing chondrite. American Mineralogist 100: 2725– 2738.

Tomkins A.G., Weinberg R.F., Schaefer B.F., Langendam A., 2013. Disequilibrium melting and melt migrationn driven by impacts: Implications for rapid planetesimal core formation. Geochimica et Cosmochimica Acta 100: 41–59.

Van Roosbroek N., Debaille V., Pittarello L., Goderis S., Humayun M., Hecht L., Jourdan F., Spicuzza M.J., Venhaecke F., Claeys P., 2015. The formation of IIE iron meteorites investigated by the chondrule-bearing Mont Dieu meteorite. Meteoritics and Planetary Science 50: 1173–1196.

Van Roosbroek N., Pittarello L., Greshake A., Debaille V., Claeys P., 2016. First finding of impact melt in the IIE Netschaëvo meteorite. Meteoritics and Planetary Science 51: 372–389.

Wasson J.T., Wang J., 1986. A nonmagmatic origin of group-IIE iron meteorites. Geochimica et Cosmochimica Acta 50: 725–732.

Meteoritical Bulletin: http://www.lpi.usra.edu/meteor/

Dr Agata Krzesińska pracuje w Instytucie Nauk Geologicznych PAN i w Natural History Museum w Londynie. Zajmuje się badaniami meteorytów i swoją uwagę kieruje ku rekonstrukcji procesów i wydarzeń impaktowych. W szczególności interesuje się wpływem tych wydarzeń na tworzenie się planetoid i dalszą ewolucję planet.

Odessa IAB 1950 g piętka. Fot. Tomasz Jakubowski

Toluca IAB 2950g pełen przekrój. Fot. Tomasz Jakubowski

Miles IIE 1374 g płyta. Fot. Tomasz Jakubowski

Canyon Diablo IAB 1651 g połowa okazu. Fot. Tomasz Jakubowski

Rubryka „Z Trybuny Ludu” Komentarz do noty prasowej „Kratery kosmiczne w okolicach Poznania” z 1961 r.

Wiesław Czajka

We wrześniu tego roku minie 55 lat od ukazania się tytułowej notatki w „Trybunie Ludu”. Przyczyniła się ona do utrwalenia mitu o kraterach meteorytowych w Morasku. Mimowolnymi tego sprawcami stały się ówczesne autorytety w dziedzinie meteorytyki: dr Jerzy Pokrzywnicki oraz Kirył Staniukowicz, profesor Wyższej Szkoły Technicznej im. Baumanna w ówczesnym Związku Radzieckim. Kolejne pokolenia badaczy nie potrafiły przełamać stereotypu wówczas stworzonego, uznając za pewnik, że zagłębienia bezodpływowe z moraskiego rezerwatu są kraterami meteorytowymi. Mimo upływu lat, do dzisiaj nie zidentyfikowano ani jednego śladu impaktu w miejscowych kotłach. Artykuł ten zdeterminował myślenie całego pokolenia naukowców, znajdujących szansę w tym badawczo atrakcyjnym temacie.

Przypomnijmy, że „Trybuna Ludu”, gazeta codzienna wydawana w latach 1948–1990, była oficjalnym organem Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, czyli najważniejszym pismem w Polsce rządzonej przez komunistów. W czasach, gdy nie można było zweryfikować źródeł lub było to bardzo trudne, utrwalał się dość jednostronny obraz zamieszczanych w niej treści. Gazeta o wydźwięku ideologicznym, o szerokim zasięgu oddziaływania, zamieszczała też chętnie nowinki ze świata nauki i techniki. Jeśli płynęły one ze Związku Radzieckiego, skwapliwie to wykorzystywano dla podkreślania wyższości ustrojowej państw bloku komunistycznego. Dziennik wychodzący w milionowym nakładzie, był również szansą dla popularyzowania i umocnienia własnych teorii, jeśli tylko autor miał możliwość publikowania na jej łamach. Teorie takie stawały się „prawdą objawioną” popartą ideologiczną mocą pisma. Jak wiemy, szczególnie politycy tam publikowani tracili zmysł samokrytyki, wierząc w nieomylność własnego słowa. Mimo, że nie był politykiem, tak też chyba trochę było z dr Pokrzywnickim, który po tej publikacji umocnił w sobie przekonanie do stworzonej przez siebie hipotezy. Dziennikarz nie ubarwił jego słów: „*... nie miałem jeszcze stuprocentowej pewności co do kosmicznego ich [kraterów] pochodzenia ...*”, ale po wspólnej wizycie w Morasku z prof. Staniukowiczem, przeświadczenie takie zostało w nim trwale ugruntowane. Przypomnijmy, że wizyta w terenie nastąpiła 7 września 1961 roku. Notatka ukazała się już 11 września. Pokrzywnicki w tych dniach musiał być pod silnym wrażeniem odbytego rekonesansu.

Odnośnie wypowiedzi prof. Staniukowicza, należy stwierdzić, że jako specjalista od termodynamiki gazów i autor prac z zakresu kraterów kosmicznych, w dosłownie paru słowach wyłuszczył istotę efektu dużych kolizji kosmicznych. Dużych, czyli takich w których prawa termodynamiki wpływają na obserwowane skutki zderzeń kosmicznych. Pozostaje kwestią powiązania niekwestionowanej wiedzy Staniukowicza z potencjalnymi śladami uderzenia w Morasku. Profesor w sposób skondensowany objaśnia rozpad ciała kosmicznego, które dezintegruje się nie tylko jako ciało krystaliczne, ale również przemienia się w gaz, natomiast dla przypadku moraskiego nie równoważy tych procesów po stronie gruntu podlegającego energii zderzenia. Ukuło się przez lata, że ponieważ podpoznańskie utwory geologiczne należą do skał luźnych (jeszcze nie zdiagenezowanych), to zjawiska szoku są w jakiś niewytłumaczalny sposób ograniczone. Wiemy doskonale, że tak nie jest. Fala uderzeniowa (detonacyjna) towarzysząca powstawaniu kraterów wielkości największego kotła moraskiego musiałaby być tak prędka, że niszczyłaby ziarna gruntu o wielkości mikroskopowej. Zmiany szokowe powinny być powszechnie obserwowane w tych utworach. Mimo usilnych wieloletnich badań, takiego materiału w ilościach skorelowanych z wielkością miejscowych zagłębień w gruntach ziemskich nie odnaleziono. Dla lepszego zrozumienia ostatniego zdania przytoczmy przykład lejów bombowych dość powszechnie występujących w naszym kraju po obu wojnach światowych i utworzonych w gruntach luźnych. Największe z nich mają kilkanaście metrów średnicy, co czyni je podobnymi do zagłębień w Morasku. Zniszczony materiał skalny można znaleźć w nich powszechnie.

Ta asymetryczność myślenia w latach 60-tych była dopuszczalna. Wszak mikroskopy elektronowe były dobrem rzadkim. Jednak ostatnie 10 lat badań w Morasku nie przyniosły przełomu w materii doniesień o poimpaktowych zniszczeniach skał tworzących „kraterki”. Co ciekawe w tym samym czasie w okazach meteorytów moraskich stwierdzono bogactwo zmian szokowych, a to one mają odpowiadać za wybuch w kotłach.

Czy można stawiać zarzut niekompetencji obu udzielającym wywiad. Nie. Obaj wyrażają się spójnie i logicznie, zgodnie z ówczesną wiedzą. Geolog może mieć nieco pretensji, że wypowiadają się zbyt radykalnie w genezie tworów geologicznych bez szczegółowej wiedzy w tej dziedzinie. W tamtych czasach, w roku pierwszego lotu człowieka w kosmos, każde państwo chciało mieć swój udział w badaniach kosmicznych. Romantyczna

Proletariusze wszystkich krajów łączcie się!

Trybuna Ludu

Organ KC Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej

Nr 250 (4562) ROK XIV WARSZAWA — PONIEDZIAŁEK 11 WRZEŚNIA 1961 ROKU WYDANIE A Cena 50 gr

Kratery kosmiczne w okolicy Poznania

Prof. K. Staniukowicz potwierdza hipotezę polskiego uczonego

Uczony polski z Zakładu Nauk Geologicznych i Muzeum Ziemi Polskiej Akademii Nauk, dr Jerzy Pokrzywnicki, badając grupę wgłębień w okolicy osady Morasko (kilkanaście kilometrów na północ od Poznania), wykrył w ich pobliżu odłamki żelaznego meteorytu. Dokładniejsze badania kraterów nasunęły uczonemu myśl, że mogą one być pochodzenia meteorytowego.

Jak poinformował nas dr Pokrzywnicki, **największy spośród 8 kraterów stanowi jeziorko o średnicy około 70 metrów i głębokości w środkowej części do 3 metrów.** Średnica zaś całego krateru, uwzględniając wały brzegowe, dochodzi do ponad stu metrów. Wały otaczają krater z trzech stron, przy czym największa ich wysokość jest od południa, co nasuwa przypuszczenie, że kosmolit leciał z północy na południe.

Jak doszło do tego odkrycia?

— Badając zbiory meteorytów na terenie Polski — opowiada nam uczony — natrafiłem na kilka odłamków meteorytu żelaznego, które znaleziono przypadkowo w okolicy osady Morasko pod Poznaniem. Pierwszy egzemplarz znaleźli tam Niemcy jeszcze w 1914 roku kopiąc rowy obronne. Znaleziony przez nich okaz ważył 75 kg. W 1920 roku został rewindykowany, ale już obcięty do wagi 61 kg, i znajduje się obecnie w Muzeum Paleontologii w Poznaniu.

Wywnioskowałem, że na wspomnianym terenie musi być większa ilość odłamków, przedsięwziąłem więc kilka wypraw do tych okolic i znalazłem kilka nowych odłamków tego meteorytu. Badając sąsiadujące z miejscem znalezisk tereny, odkryłem kilka wgłębień, m. in. wspomniane jeziorko. Na podstawie tego sąsiedztwa wysnułem hipotezę o meteorytowym pochodzeniu wgłębień. Ponieważ jednak istnieją zjawiska podobne, w postaci termokrasu lub innych formacji polodowcowych, nie miałem jeszcze stuprocentowej pewności co do kosmicznego ich pochodzenia.

Ostatnio w towarzystwie dr Pokrzywnickiego i dr Ostrowskiego z Politechniki Warszawskiej tajemnicze kratery pod Poznaniem odwiedził uczony radziecki, autor teorii powstawania tego rodzaju kraterów, **prof. K. Staniukowicz.** Uczony radziecki zdecydowanie potwierdza zdanie prof. Pokrzywnickiego, co do **meteorytowego pochodzenia poznańskich kraterów.**

— Upadki wielkich meteorytów na Ziemię — oświadczył nam prof. Staniukowicz — są bardzo rzadkie. Największy spośród znanych na Ziemi kraterów meteorytowych, którego lej ma średnicę 3 kilometry, odkryto niedawno na półwyspie Labrador. Ustępuje mu pod względem wielkości słynny krater arizoński o średnicy 1200 m i głębokości do 175 m. W Europie wykryto dotychczas tylko jedną grupę kraterów kosmicznych na estońskiej wyspie Ozylia (Saarema). Odkryta przez dr Pokrzywnickiego grupa kraterów jest więc drugim tego rodzaju zjawiskiem na obszarze Europy.

— Jak powstają takie kratery? — zapytaliśmy prof. Staniukowicza.

— Otóż wielki meteoryt — mówi profesor — to ogromna twarda bryła o wadze kilkudziesięciu lub kilkuset ton. Wdziera się ona do atmosfery Ziemi z prędkością od kilku do kilkudziesięciu kilometrów na sekundę. Bryła posiada olbrzymią energię kinetyczną. Opór atmosfery praktycznie nie jest w stanie zmniejszyć tej energii i kosmolit z kosmiczną prędkością uderza o Ziemię.

Z chwilą, gdy ciało meteorytowe zderza się z twardą powierzchnią, biegną przez nie oraz w głąb ziemi fale uderzeniowe. Jeżeli prędkość zderzenia przewyższa określoną granicę, wówczas ciśnienie na froncie fali uderzeniowej wzrasta do takiego stopnia, że cząsteczki i atomy sieci krystalicznej ciała stałego zbliżają się bardzo do siebie. Zaczynają działać między nimi siły odpychające i po przejściu fali detonacyjnej mamy już do czynienia nie z ciałem stałym, lecz z ciałem, w którym uległy naruszeniu wszystkie związki pierwiastków sieci krystalicznej, czyli z ciałem gazowym. Ten gaz „potwornie ściśnięty, rozszerza się następnie we wszystkich kierunkach, rozrywając środowisko, w którym się znajduje, czyli potocznie mówiąc — wybucha.

Takie zjawisko miało właśnie miejsce przed wieloma wiekami w pobliżu Poznania.

Notował: W. KUL.

wizja dr Pokrzywnickiego wpisuje się ówczesna modę, co w przypadku Polski i Moraska, wydaje się naturalne ze względu na imponujące rozmiary znajdywanych tam meteorytów. Tak jak prawdziwa cnota krytyk się boi, tak hipoteza o meteorytowym pochodzeniu zagłębień sama powinna odpierać wszelkie inne koncepcje ich genezy. Historia jednak pokazuje, że kolejni badacze zamiast weryfikować fakty, szukali wyłącznie potwierdzenia koncepcji kosmicznej, powielając bezkrytycznie nie swoją ideę. Nieliczni samodzielnie myślący przez lata zostali przygłuszeni i w zasadzie zapomniani.

Podsumowując uwagi o tym ważnym dla meteorytyki polskiej artykuliku, nasuwa się myśl o wielkiej pasji osób zaangażowanych w ówczesne badania. Z kolei wysoki poziom warsztatu dziennikarskiego sprawia, że tekst pozostaje ciągle wart czytania.

Nasuwa się też jeden wniosek naukowy, chyba rzadko podnoszony, że tak jak w kryminologii przełomem było badanie mikrośladów, co zaczęło bezspornie wiązać sprawcę z miejscem przestępstwa, tak współcześnie badane mikroślady w gruntach określają ich naturalną historię miejsca, przypisując sprawstwo właściwym procesom geologicznym.

Wiesław Czajka
Członek PTMet. Magister geodeta o specjalności geodezyjne pomiary podstawowe. W 1980 roku w ramach przedmiotu „Górnictwo" odbył ćwiczenia z użycia materiałów wybuchowych na poligonie AGH w Alwerni, zaś w roku 1986 ukończył Szkołę Podchorążych Rezerwy w specjalności startowej przeciwlotniczych rakiet dalekiego zasięgu „Wołchow".

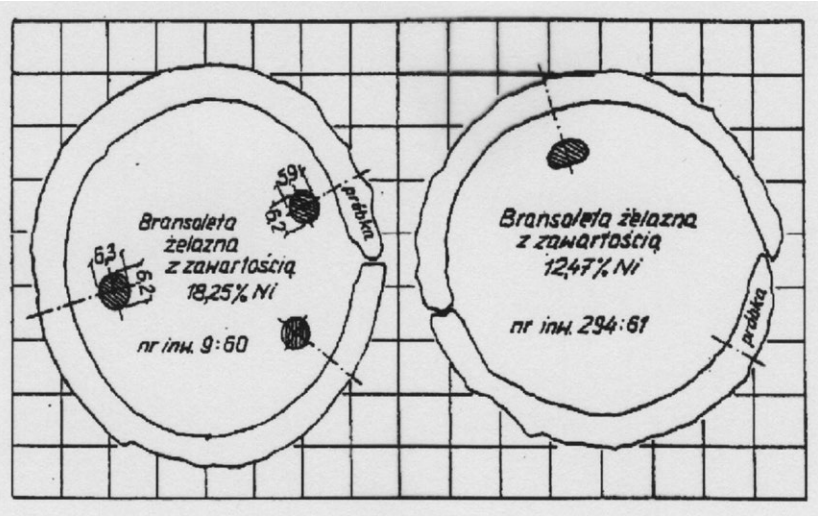
Polskie zabytki wykonane z żelaza meteorytowego

Andrzej Kotowiecki

Na liście polskich meteorytów znajdują się znalezione na terenie Polski zabytki wykonane z żelaza meteorytowego.

Należy podkreślić, że żelazo, po kamieniu i brązie, było ostatnim surowcem, od którego archeolodzy nadali nazwę wielkiej epoce dziejów. Okres ten chronologicznie obejmuje mniej więcej czasy od połowy II tysiąclecia p.n.e., a ściślej kiedy to za pośrednictwem Hetytów i Babilończyków technologia obróbki i wytopu żelaza rozprzestrzeniła się na terenie całego Bliskiego Wschodu i Egiptu, do czasów wczesnego średniowiecza na terenie Europy. Żelazo powoli wchodziło do użytku na różnych obszarach. Przez długi czas współistniało z brązem. Jednak najwcześniej, bo na przełomie IV/III tysiąclecia pojawiło się w Egipcie i Azji Zachodniej w postaci wyrobów z kutego na zimno żelaza, głównie pochodzenia meteorytowego. W Babilonii używano tego metalu już za czasów Hammurabiego, czyli od 1 płw. XVIII w. p.n.e. Jednak Hetyci są uważani za pierwszych metalurgów żelaza.

Kiedy na Bliskim Wschodzie już dawno kwitła epoka żelaza, w Europie jeszcze długo panowała epoka brązu. Na ziemiach polskich pierwsze narzędzia i broń wykonana z żelaza pojawiła się w okresie kultury łużyckiej, były to głównie wyroby z importu. Do chwili obecnej zostało w Polsce odkrytych kilka zabytków wykonanych z żelaza meteorytowego. W trakcie moich poszukiwań literatury dotyczącej tego typu zabytków natrafiłem na artykuł J. Zimnego dotyczący halsztackich wyrobów żelaznych z Częstochowy-Rakowa.[1] W trakcie badań archeologicznych prowadzonych w Częstochowie-Rakowie zostało odkrytych m.in. kilka żelaznych bransolet w grobach ciałopalnych i szkieletowych. Dwie z tych bransolet o numerach porządkowych 3 i 4 po wykonaniu badań okazały się wykonane z żelaza meteorytowego.



Technologia wyrobów żelaznych z Częstochowy—Rakowa (700—550 r. p.n.e.)

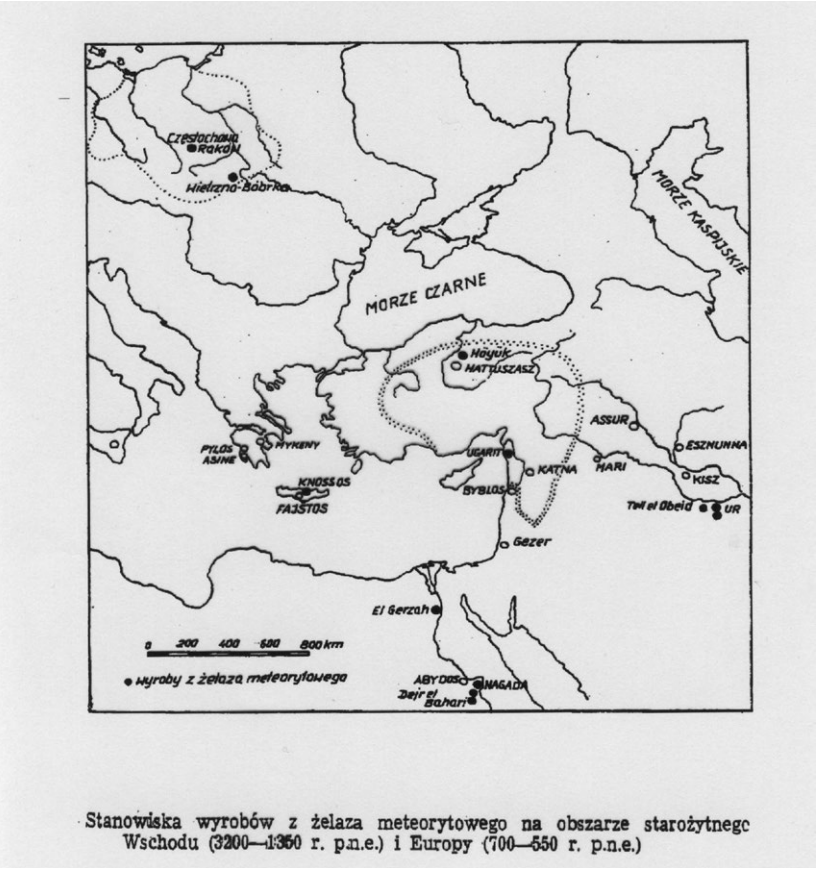
L. p.	Nazwa wyrobu	żelazo lub stal niskofosforowa	pakietowanie	zgrzewanie żelaza ze stalą	nawęglanie	hartowanie niezupełne	temperatura kucia °C	zawartość węgla %	rodzaj żelaza
1	Grot włóczni 1	●	○(?)	○(?)	○(?)	○	1150—850	0,04—0,10 0,25—0,50	żelazo i stal dynarska
2	Grot włóczni 2	●	○	●	○	○(?)	1150—850	0,06—0,12 0,20—0,50	
3	Nóż	●	○	—	—	●	1150—870	0,15	
4	Sierp	●	·	—	—	·	·	0,15	
5	Bransoleta 1	●	○	—	—	—	1350—1050	0,04—0,12 0,30—0,60	
6	Bransoleta 2	●	—	○	—	○	1200—900	0,10—0,20 0,20—0,30	
7	Naszyjnik	●	—	—	—	○	1150—830	0,15	
8	Bransoleta 3	●	—	—	—	○(?)	·	0,05	żelazo meteorytowe
9	Bransoleta 4	●	—	—	—	—	·	0,05	

1. Bransoleta opatrzona Nr. 3 pochodzi z grobu szkieletowego i po konserwacji posiada następujące wymiary: zewnątrz 71,5 × 75,3 mm, wewnątrz 59,1 × 62,8 mm; średnica przekroju pręta 6,3 mm. Badania chemiczne i spektograficzne wykazały zawartość: Ni 18,25%, węgla około 0,05%, P 0,052%, Cu 0,05%, [wyniki przybliżone]. Ten skład świadczy o tym, że zabytek ten został wykonany z meteorytu zaliczonego do grupy meteorytów o dużej zawartości niklu o nazwie ataksytów, czyli jest to prawdopodobnie jedyny polski ataksyt. Zabytek należy do typu bransolet gładkich ze stykającymi się końcami. Wykonana z pręta gładkiego o przekroju okrągłym, zachowała się w bardzo dobrym stanie, uszkodzona

[1] J.Zimny — „Metaloznawcze badania halsztackich wyrobów żelaznych z Częstochowy-Rakowa", opublik. w „Roczniku Muzeum w Częstochowie", T.I, z 1965 roku, str.329 i n.

przez korozję tylko w nieznacznym stopniu. J. Zimny uważa w swoim opracowaniu, że obróbka bransolety została dokonana za pomocą kucia i odkształcenia wywołane przekuciem wyrobu i ich kierunek, ujawnione za pomocą długotrwałego trawienia kwasem azotowym, wskazywały na średni stopień przekucia metalu. Nadto według tego autora w przekroju badanej próbki wystąpiła jednolita struktura gruboiglasta, charakterystyczna dla stopowych stali niklowych, składająca się z gruboiglastego martenzytu [bainitu] i austenitu, to jest roztworu stałego węgla w żelazie gamma o maksymalnej zawartości węgla około 2%. Oprócz tego stwierdzono, że przeciętna twardość tej struktury wynosiła 285-295 HV i pomiary twardości potwierdziły jednolitą budowę. Ponadto przy obrzeżu wystąpiło zakucie metalu z dużym wtrąceniem nie metalicznym w zarzewie.

2. Bransoleta opatrzona Nr. 4 pochodzi z grobu ciałopalnego i po konserwacji posiada następujące wymiary: średnica zewnętrzna 70 mm, średnica wewnętrzna 50 mm, przekrój pręta 8 x 4,5 mm. Wykonane badania chemiczne i spektograficzne wykazały zawartość: Ni 12,47%, P 0,052%, C ,052%, około 0,05%, Cu 0,05%. Zabytek należy do typu bransolet gładkich ze stykającymi się końcami. Stan zachowania dobry pomimo przełamania na dwie części. W przekroju bransolety w trakcie badań znaleziono zróżnicowane struktury: ferrytu niklowego, martenzytyczną i austenityczną. Autor badań podkreśla, że pomiary dokonane twardościomierzem Vickersa wahały się w granicach 239-345 HV, a mikrotwardościomierzem 145-351 HV. Nadto w trakcie badań stwierdzono, że w przekroju próbki wystąpiły tylko drobne i nieliczne wtrącenia nie metaliczne, natomiast przy powierzchni stwierdzono [przy badaniach mikroskopowych] dwa duże zakucia, w tym jedno otoczone smugami zgniotowymi. Ta bransoleta została również wykonana za pomocą kucia, z rozmieszczenia natomiast struktur oraz śladów zgrzein wynika, że zrobiono ją z czterech warstw żelaza niklowego. Zakres temperatury kucia jest według J. Zimnego trudny do określenia z uwagi na częściowe wyżarzenie się bransolety w stosie ciałopalnym, nadto badany przekrój nie



Stanowiska wyrobów z żelaza meteorytowego na obszarze starożytnego Wschodu (3200—1350 r. p.n.e.) i Europy (700—550 r. p.n.e.)

wykazywał znacznego stopnia przekucia. Skład chemiczny tego materiału świadczy o tym, że została wykonana z drobnoziarnistego oktaedrytu.

Następnym trzecim z kolei zabytkiem wykonanym z żelaza meteorytowego jest siekierka z Wietrznej-Bóbrki opisana w literaturze przez J. Piaskowskiego i A. Żakiego.[2]

3. Jest to siekierka z tuleją datowana na okres halsztacki [700-550 p.n.e.], która została odkryta na terenie grodziska w miejscowości Wietrzno-Bóbrka koło przełęczy Dukielskiej w 1957 roku. Przedmiot ten zachował się w bardo dobrym stanie z minimalną korozją, posiada kształt niedługiej okrągłej tulei o tzw. podniesionym lub podwójnie wciętym brzegu, zakończonym krótkim, stosunkowo grubym ostrzem. Wymiary siekierki: długość 11,3 cm, średnica tulei 4,1 cm, średnica otworu 3,1 cm, szerokość 4,2 cm oraz waga 376 gram. Według J. Piaskowskiego siekierka posiada trudną do wyjaśnienia strukturę. Została ona wykuta z jednego kawałka metalu co zostało stwierdzone przy prześwietleniu promieniami gamma izotopu kobaltu CO 60, jednak wydaje się, że był on zgrzewany z kilku warstw. Próbka wycięta z ostrza wykazała, bowiem strukturę warstwową, w której można było rozróżnić pięć warstw. Dalsze badania wykazały, że pierwsza, trzecia i piąta warstwa to miękka stal lub zwykłe żelazo, wytopione sposobem dymarkowym, natomiast druga i czwarta warstwa to żelazo ze znaczną zawartością niklu – ok. 8-10%. Tutaj można by polemizować z tym twierdzeniem a raczej skłonić się do poglądu, że siekierka ta została wykonana z jednego kawałka meteorytu typu oktaedryt, chociaż J. Piaskowski przytacza dwie możliwości dla wyjaśnienia struktury siekierki i tak: Została wykuta z pięciu warstw, w tym warstwy zawierającej nikiel, albo Warstwy wytworzyły się samorzutnie w wyniku segregacji niklu i węgla. J. Piaskowski wysuwa te hipotezy w pracy pt.: „Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i lateńskiego z Małopolski". Jednak rok później uważa, że bardziej prawdopodobne wydaje się zgrzewanie siekierki z kawałków miękkiej stali i żelaza niklowego [meteorytowego]. Tak, więc wykryte warstwy, druga i czwarta są częścią meteorytu odmiany średnio- lub drobnoziarnistego oktaedrytu czy też ataksytu.

[2] J.Piaskowski i A.Żaki „Żelazna siekierka halsztacka z grodziska Wietrzno-Bóbrka koło przełęczy Dukielskiej", opubl. w „Acta Archeologica Carpathica", Tom III, 1961 r., s. 177 i n.

Siekierka ta pochodzi zdaniem naukowców z importu, ale jednoznacznie nie dają oni odpowiedzi na pytanie, skąd przybyła do Polski jak również, przez kogo została zrobiona. Wartym podkreślenia jest fakt, że taka technika obróbki żelaza meteorytowego rozwinęła się u Malajów. F.L. Boschke w książce pt. „Z Kosmosu na Ziemię" na str.166 pisze między innymi: „Dwustronne ostrza ich sztyletów, nierzadko powyginane wężykowato, wyrabiano w sposób następujący: pomiędzy trzema warstwami zwykłego żelaza, względnie miękkiej stali, umieszczano dwie cienki warstwy żelaza meteorytowego. Ten pięciowarstwowy przekładaniec przekłuwano w jedną całość. Metoda ta była stosowana do wyrobu szczególnie kosztownego oręża". Zastanawiającym jest fakt, jak ta metoda przeniknęła na taką odległość, prawdopodobnie poprzez Indie do Europy. Zadziwiającym jest również, że metoda ta przetrwała tysiąclecia. Siekierka z Wietrznej-Bóbrki jak również bransolety z Częstochowy-Rakowa są wpisane na światową listę jako polskie meteoryty te ostatnie jako Częstochowa-Raków I i Częstochowa-Raków II.

4. Podobną w wykonaniu jak wyżej opisana jest siekierka pochodząca z Jezierzyc k/ Dzierżoniowa. Jest to znalezisko luźne, datowane na okres halsztacki D. Znalezisko zostało zbadane i opisane przez Prof. Jerzego Piaskowskiego.[3]

Wg J. Piaskowskiego, jak wykazały badania gammagraficzne, siekierka została wykonana w całości z jednego kawałka metalu. Wycięta jednak próbka z ostrza wykazała strukturę warstwową. Jak wykazały późniejsze badania składu siekierki zawiera ona m.in. : Ni od 1,6 do 3,0 %, Co od 0,2 do 0,5 %, Si 0,177 % i P 0,56%.[4] Po składzie i strukturze można śmiało powiedzieć, że siekierka ta została wykonana z jednego kawałka meteorytu typu oktaedryt i jest następnym polskim meteorytem, który winien być wpisany na światową listę meteorytów prowadzoną przez Muzeum Historii Naturalnej w Londynie.[Co oczywiście dopełnił autor niniejszego opracowania kompletując odpowiednią dokumentację i wypełniając stosowny formularz][5]

Muzem Regionalne w Częstochowie
Miejscowość Częstochowa-Raków gmina
Pow. stanowisko cmentarzysko
Bliższe dane gr 62 ar 13 ćw II dz a
Nr kat. 645 252
Nr inw. Cz.I-294:61
Przedmiot bransoleta żelazna
Chronologia halsztat D
Kultura łużycka
Nr inw. rys.
Nr inw. fot.
Nr inw. arch.
Rok nabycia 1961
Sposób nabycia badania systematyczne
Rysował Anna Błaszczyk
Fotografował Zenon Baruch
Miejsce na fotografię lub rysunek
Karta katalogu muzealiów archeologicznych
Skala: 1:1
Częstochowa-Raków II

5. Bardzo ciekawym zabytkiem, może nie wykonanym z żelaza meteorytowego, ale wykonanym dla meteorytu [?] jest XIII-to wieczny „Enkolpion z Trepczy" k\Sanoka. Znalezisko to zostało szczegółowo opisane przez mgr Jerzego Ginalskiego – odkrywcę tego zabytku a jednocześnie Dyrektora Muzeum Budownictwa Ludowego Park Etnograficzny w Sanoku.[6]

Enkolpion z relikwią jest unikatowym relikwiarzem jednym z kilku enkolpionów znalezionych w trakcie ratowniczych badań wykopaliskowych na terenie grodziska „Horodyszcze" prowadzonych w latach 1996–1997. Jak to opisuje autor opracowania, jest kompletnie zachowanym enkolpionem o prosto zakończonych ramionach i formie pośredniej pomiędzy krzyżem greckim i łacińskim, jego awers zdobi wyobrażenie Ukrzyżowania ukształtowane w reliefie wypukłym, rewers natomiast przedstawienie krzyża wydobyte z powierzchni przy zastosowaniu reliefu wgłębnego. Czworokątnie zakończone i nie poszerzające się na końcach ramiona sprawiają, iż odbiega on swoją formą od typowych enkolpionów kijowskich zakończonych bardzo często medalionami ujętymi w dwa kuliste guziki. Jak zauważa dalej autor różnica polega również na rozplanowaniu kompozycji: scenie Ukrzyżowania nie odpowiada na drugiej stronie wizerunek Matki Boskiej, brak także

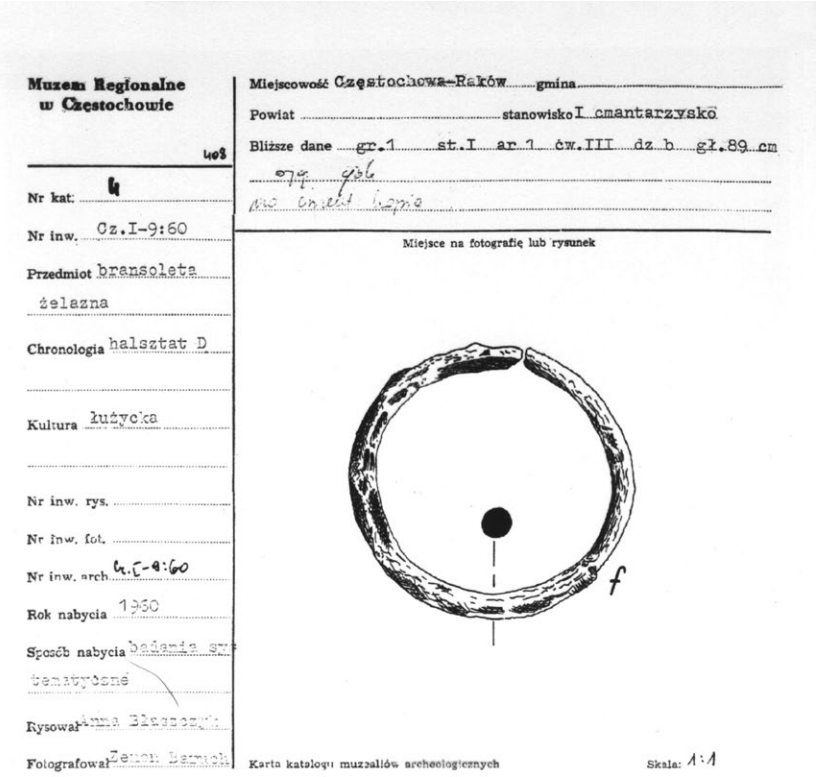
[3] J.Piaskowski „Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i lateńskiego z Małopolski", opubl. w „Materiałach Archeologicznych", Tom II, 1960 r.,s. 197 i n.

[4] J.Piaskowski „Technical Studies on High Nickel Irons, with Special Reference to the Indonesian Kris", „Archeomaterials", Vol. 6, Number 1, Winter 1992, Rockville USA

[5] Kotowiecki Andrzej, (2004), Artifacts in Polish collections made of meteoritic iron, Meteoritics & Planetary Science, vol. 39(8, Suppl.), 2004, s. A151-A156.

[6] J.Ginalski „Ekolpiony z grodziska HORODYSZCZE w Trepczy koło Sanoka", opub. w „Acta Archeologica Carpathica" Tom XXXV, Kraków 1999–2000, wyd. Oddziału PAN, s. 211–262

w otoczeniu przedstawień centralnych jakichkolwiek dodatkowych postaci, symboli, czy inskrypcji. Relikwiarz swoim kształtem nawiązuje nieco do niektórych enkolpionów palestyńskich (zwanych też syryjsko-palestyńskimi) rozprzestrzenionych w basenie Morza Śródziemnego. Wewnątrz dwudzielnego relikwiarza z Trepczy znajdowała się niewielka relikwia w kształcie trójkątnego klina. Relikwię umieszczono wzdłuż pionowej belki krzyża, ściśle dopasowując podstawą do jednej z krawędzi – tylko w tym położeniu mieściła się ona na tyle, że pektorał mógł być dokładnie zamknięty. Relikwiarze na ogół przybierały formę czczonej relikwii, dlatego też interpretowano ów przedmiot jako fragment drewna z Krzyża Świętego. Za tym stwierdzeniem przemawiał również kształt relikwii przypominający drzazgę a także jej faktura sprawiająca miejscami wrażenie powierzchni drewna. Przeczyły temu pozostałe cechy, takie jak: ciemnografitowa barwa, metaliczny połysk i idealna wręcz gładkość niektórych partii, a przede wszystkim zdecydowanie za duży jak na drewno ciężar właściwy. Szczegółowe badania laboratoryjne przeprowadzone przez Dr Marka Krąpca z AGH w Krakowie zachowanego fragmentu doprowadziły do określenia dokładnego składu pierwiastkowego. Przeprowadzona natomiast przez Dr Elżbietę Bielańską przy użyciu mikroskopu skaningowego w Instytucie Metalurgii PAN Oddział w Krakowie analiza wykazała, że dominującym pierwiastkiem występującym w ponad 90% masy relikwii jest żelazo, a wśród domieszek stwierdzono obecność chloru, ołowiu, arsenu, miedzi, wapnia, glinu oraz krzemu. Tak wysoki udział żelaza, przy jednoczesnym zupełnym braku węgla, wyklucza wykonanie tego przedmiotu w okresie wczesnego średniowiecza przy zastosowaniu dostępnych wówczas technik wytopu. Występowanie związków chloru i arsenu sugerowało, że możemy mieć tu do czynienia z żelazem meteorytowym lub ewentualnie rodzimym. Wykonano, więc dalsze analizy pod kątem występowania poszczególnych pierwiastków na powierzchni relikwii, które dowiodły, że jony domieszek są względnie regularnie rozmieszczone w strukturze krystalicznej żelaza. Biorąc pod uwagę


Muzeum Regionalne w Częstochowie

408

Nr kat: 4

Nr inw. Cz.I-9:60

Przedmiot bransoleta żelazna

Chronologia halsztat D

Kultura łużycka

Nr inw. rys.

Nr inw. fot.

Nr inw. arch. Cz.I-9:60

Rok nabycia 1960

Sposób nabycia badania systematyczne

Rysował Anna Błaszczyk

Fotografował Zenon Barnich

Miejscowość Częstochowa-Raków gmina

Powiat stanowisko I cmantarzysko

Bliższe dane gr.1 st.I ar 1 ćw.III dz b gł.89 cm

Miejsce na fotografię lub rysunek

f

Karta katalogu muzealiów archeologicznych

Skala: 1:1

Częstochowa-Raków I

całościowe wyniki analiz Dr Marek Krąpiec wysunął hipotezę, że jedynym prawdopodobnym wytłumaczeniem pochodzenia badanego fragmentu jest przypisanie mu pozaziemskiej proweniencji. Relikwia umieszczona w enkolpionie z Trepczy, jego zdaniem jest niezwykle rzadką, bo pozbawioną niklu, odmianą meteorytu żelazistego! Autor opracowania J. Ginalski zauważa, że ten jedyny w swoim rodzaju przypadek wykorzystania skrawka meteorytu jako relikwii, pozwala sądzić, że zawierający ją enkolpion został wytworzony niejako na miarę, czyli dopiero wtedy, gdy relikwię tę pozyskano. Za stwierdzeniem takim zdaje się przemawiać z jednej strony fakt jej dokładnego dopasowania do wnętrza relikwiarza, z drugiej zaś, niepowtarzalna forma trepczańskiego pektorału.

Niestety wykonane przez Prof. Łukasza Karwowskiego badania w 2014 roku wykluczyły, aby był to meteoryt. Badania wykazały, iż jest to hematyt, a szkoda bo fajnie się zapowiadało i byłby to naprawdę cenny zabytek.

Należy podkreślić, iż prasa w Polsce co jakiś czas donosi o nowych odkryciach archeologicznych, dlatego też należy w sposób szczególny uczulić archeologów, iż mogą wśród zabytków znajdować się przedmioty wykonane z meteorytów.

Wydaje mi się, że współpraca na tym odcinku powinna polegać na zapraszaniu na sympozja naukowe Polskiego Towarzystwa Meteorytowego naukowców zajmujących się archeologią i metalurgią starożytną.

Post Scriptum: na Facebooku prowadzę kilka stron edukacyjnych dotyczących między innymi zabytków wykonanych z żelaza meteorytowego i tektytów — linki

https://www.facebook.com/Antiques-or-manmade-artifacts-of-meteorites-and-tektite-glass-202619243190962/

https://www.facebook.com/Polskie-zabytki-wykonane-z--%C5%BCelaza-meteorytowego-230774530358109/

a także inne dot. meteorytów i tektytów

1. https://www.facebook.com/Legal-Status-of-Meteorites-Found-140624082728935/

2. https://www.facebook.com/OrginOfTektites/

3. https://www.facebook.com/Legal-Status-of-Polar-Territories-577732252275173/

Enkolpion z Trepczy.

Literatura:

J.Ginalski „Enkolpiony z grodziska HORODYSZCZE w Trepczy koło Sanoka", opub. w „Acta Archeologica Carpathica" Tom XXXV, Kraków 1999-2000, wyd. Oddziału PAN, s. 211–262

J.Piaskowski i A.Żaki „Żelazna siekierka halsztacka z grodziska Wietrzno--Bóbrka koło przełęczy Dukielskiej", opubl. w „Acta Archeologica Carpathica", Tom III, 1961 r. s. 177 i n.

J.Piaskowski „Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i lateńskiego z Małopolski", opubl. w „ Materiałach Archeologicznych", Tom II, 1960 r.,str.197 i n.

J.Piaskowski „Technical Studies on High Nickel Irons, with Special Reference to the Indonesian Kris", „Archeomaterials", Vol. 6, Number 1, Winter 1992, Rockville USA

J.Zimny „Metaloznawcze badania halsztackich wyrobów żelaznych z Częstochowy-Rakowa", opublik. w „Roczniku Muzeum w Częstochowie", T.I, z 1965 roku, s. 329 i n.

Kotowiecki Andrzej, (2003), Dziewiętnasty polski meteoryt, *Meteoryt*, 2, 2003, s. 25.

Kotowiecki Andrzej, (2003), Polskie zabytki wykonane z żelaza meteorytowego, Materiały, II Seminarium Meteorytowe, Olsztyn 2003, s. 55–64.

Kotowiecki Andrzej, (2004), Artifacts in Polish collections made of meteoritic iron, *Meteoritics & Planetary Science*, vol. 39(8, Suppl.), 2004, s. A151-A156.

Literatura dodatkowa:

M.M.Gready „Catalogue of Meteorites", The Natural History Museum, University Press, London 2000

J.Pokrzywicki „O starożytnych wyrobach z żelaza meteorytowego", opubl. w „Wiadomości Archeologiczne", Tom XXXV, Zeszyt 3, Warszawa 1970 r.

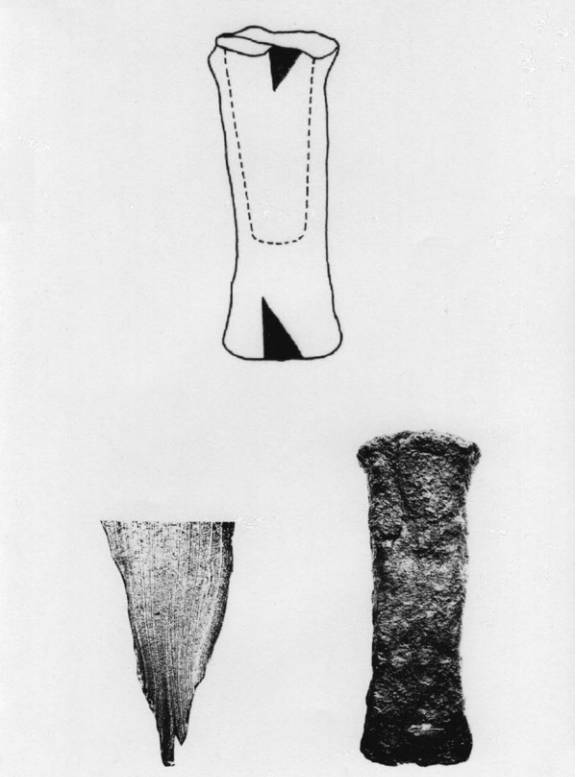
J.Pokrzywicki „Meteoryty, Meteory i Bolidy w starożytności", opubl. w „Z otchłani wieków", Rok XXIX, 1963 r., Zeszyt 1

J.Piaskowski „An interesting example of early technology", Jurnal Of The Iron And Steel Institute, Vol.194, March 1960

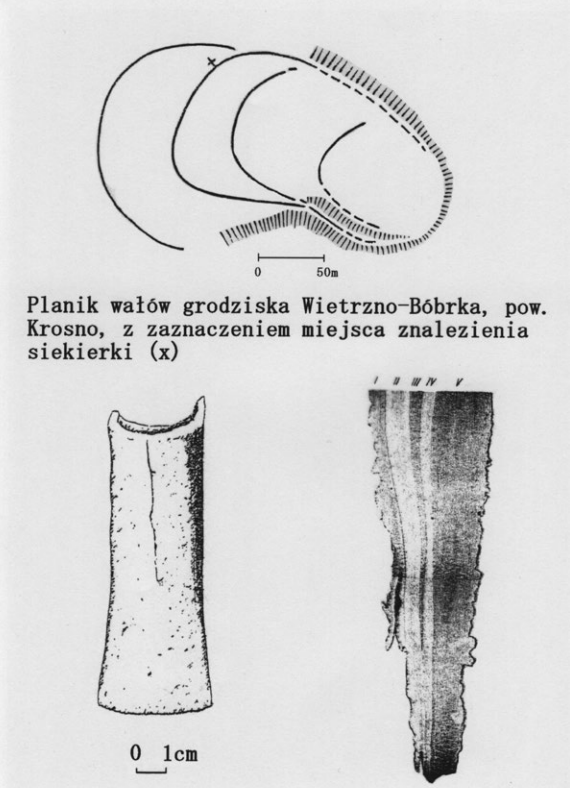
J.Piaskowski „The Earliest Iron in the World", Pact 21 - II.3, p. 37-46

J.Zimny „Halsztackie wyroby z żelaza meteorytowego z Częstochowy-Rakowa [ok.700–550 r. p.n.e.], opubl. w „Z otchłani wieków" , Rok XXXII, 1966 r., Zeszyt 1

G.F. Zimmer „The Use of Meteoric Iron by Primitive Man", Jurnal of the Iron and Steel Institute 94: 306–349, 1906



Jezierzyce, pow. Dzierżoniów



Wielka Wyprawa do Krainy Elfów

Andrzej Kotowiecki

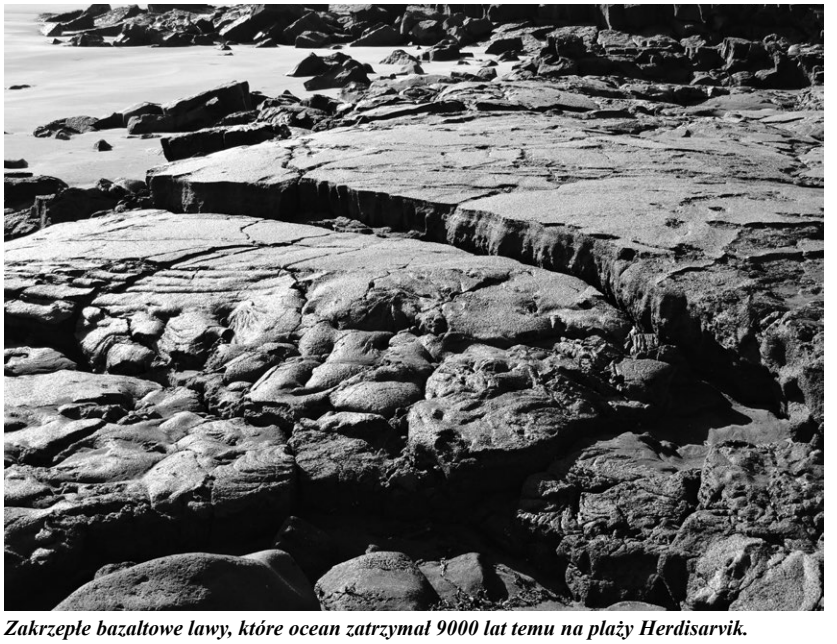
Kiedy po raz pierwszy, we wrześniu 2015 roku, zobaczyłem na Facebooku, że Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii organizuje Wielką Wyprawę po Zorzę Polarną, od razu pomyślałem: no cóż, to jest coś dla mnie. Po pierwsze chciałem zobaczyć te zjawiska na niebie, a po drugie na Ziemi jest kilka państw, w których nie znaleziono jeszcze żadnego meteorytu. Jednym z nich jest Islandia

To było wyzwanie. Byłem już wcześniej poza kręgiem polarnym, widziałem przesilenie wiosenno-letnie, gdy dzień trwa całą dobę, ale zobaczyć zorze to jest to. I jeszcze przy okazji można poszukać meteorytu. Zadzwoniłem do Marcina Cimały, oraz do Kazia Mazurka, i po kilku rozmowach namówiłem ich na wyjazd. Zostaliśmy zakwalifikowani przez Marka Substyka, organizatora wyprawy, do 32-osobowej grupy. Fajnie, że jest grupa, która będzie reprezentować również Polskie Towarzystwo Meteorytowe. Przez kilka miesięcy trwały rozmowy i przygotowania. Zostaliśmy podzieleni na ośmioosobowe grupy. W naszej grupie znaleźliśmy się oczywiście my oraz żona Kazia Mazurka — Ania, a także Ania Leszczyńska-Rożek, jej mąż Tomasz Rożek, znany jako prowadzący program Sonda 2, oraz ich dwójka dzieci: Zuzia i Janek. Kupiliśmy bilety z Berlina do Keflaviku, dokonaliśmy rezerwacji samochodu (wybraliśmy Opla Astrę), a następnie domku do zamieszkania. Postanowiliśmy, również, że na lotnisko do Berlina pojedziemy samochodem.

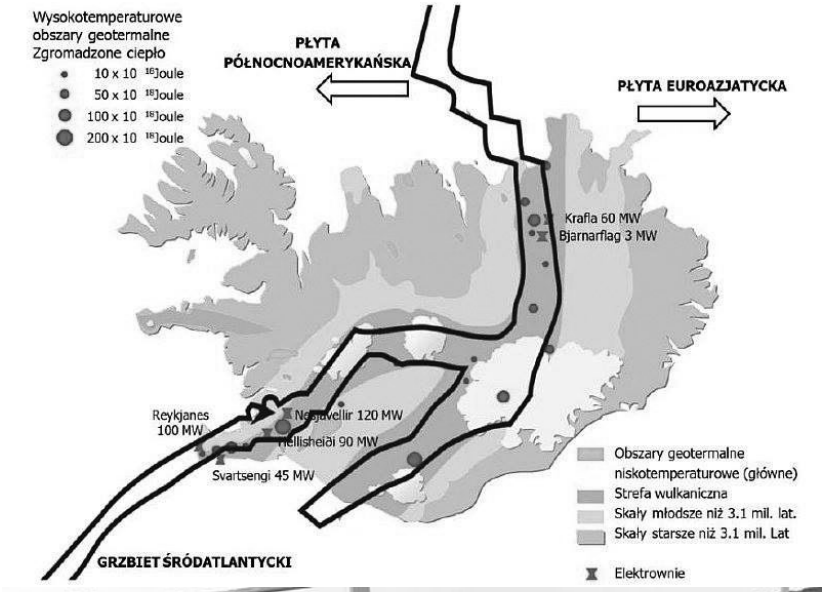
Uczestnicy wyprawy nad wodospadem Gullfoss.

Czas przed wyjazdem poświęciliśmy na literaturę i poznanie książkowe Islandii. Ja w międzyczasie wyjechałem na 2 miesiące do Indii, następnie odwiedziłem Maroko, Izrael, Terytorium Palestyńskie i Jordanię, ale cały czas myślałem o Islandii.

Warto w tym miejscu podać trochę informacji o Islandii. Pod względem geologicznym jest to najmłodszy obszar kontynentu europejskiego. Na Islandii występują współczesne skały wulkaniczne, a w miarę oddalania się od nich wiek skał wulkanicznych stopniowo wzrasta, osiągając na krańcach wyspy 7–10 mln lat. Są to wulkaniczne skały młodokenozoiczne. Wyróżnić można tylko dwie formacje geologiczne: północna część kraju jest zbudowana z bazaltów, skał powstałych w trzeciorzędzie wskutek wybuchów wulkanów szczelinowych. Natomiast pozostałą część tworzą rozległe pokrywy lawowe i tufowe, które są ułożone warstwowo, czasem jakby poprzegradzane osadami lodowcowymi i rzecznymi (żwirami piaskami i głazami morenowymi) które pochodzą z okresu plejstoceńskiego. W tamtym czasie lodowce pokrywały całą powierzchnię wyspy. Dzisiejsze ułożenie warstw skalnych wskazuje na występowanie erupcji wulkanicznych pod grubą pokrywą lodową. Aktywność wulkaniczna przejawia się obecnością wielu czynnych wulkanów stożkowych i szczelinowych, maarów, gejzerów oraz gorących źródeł



Zakrzepłe bazaltowe lawy, które ocean zatrzymał 9000 lat temu na plaży Herdisarvik.



Autor na moście Leifura Erikssona nad stykiem płyt kontynentalnych (północnoamerykańskiej i euroazjatyckiej.

i ekshalacji wulkanicznych. Niektóre erupcje zachodzą pod lodem, tworząc największe na świecie jaskinie wytopiskowe. O aktywności tektonicznej wyspy świadczą liczne, choć na ogół o niewielkiej sile, trzęsienia ziemi.[1] Położona na „gorącym punkcie" Grzbietu Śródatlantyckiego Islandia posiada liczne wulkany, w tym wiele czynnych, m.in. Heklę, Katlę, Askję, Grimsvötn, Hvannadalshnúkur (najwyższy szczyt kraju).

O aktywności wulkanicznej świadczą także liczne gorące źródła oraz gejzery (samo słowo jest pochodzenia islandzkiego). Kraj w dużym stopniu wykorzystuje tanią energię geotermalną do ogrzewania mieszkań.

Zgodnie z nazwą Islandia, to także „kraj lodu" — około 11% powierzchni tego wyżynno-górzystego kraju zajmują lodowce. Największe z nich to: Vatnajökull — 8300 km², Langjökull — 953 km², Hofsjökull — 925 km², Mýrdalsjökull — 596 km² oraz Drangajökull — 160 km²

Islandia należy do najpóźniej zasiedlonych obszarów Europy. Pierwsi osadnicy pojawili się w 874 r. Byli to norwescy wikingowie oraz celtyccy (szkoccy i irlandzcy) osadnicy. W roku 930 zebrali się oni po raz pierwszy na zgromadzeniu ogólnym, zwanym Althingiem.

Althing w średniowieczu był dorocznym zgromadzeniem wszystkich wolnych mieszkańców Islandii, a więc formą demokracji bezpośredniej, zbliżonej swym charakterem do wieców, powszechnych zarówno wśród plemion słowiańskich, jak i germańskich.

Jednak należy podkreślić, że Islandia pozostała niezależna przez 300 lat, by w XIII wieku popaść w zależność norweską, a potem duńską. Pewną autonomię uzyskała w 1874 r. W roku 1918 odzyskała niepodległość, z królem duńskim jako tytularną głową państwa, by w 1944 roku ogłosić się republiką.

Warto wspomnieć, że Islandia zasłynęła w 2008 roku, kiedy nastąpił kryzys finansowy na świecie. Prywatne banki z Wielkiej Brytanii i Holandii zrobiły z Islandii, wydawałoby się bezpieczną, „melinę", z której dokonywano gigantycznych wirtualnych i bardzo często niezgodnych z prawem operacji finansowych. Banksterskie plany „uzdrowienia" gospodarki zakładały obarczenie islandzkich rodzin długami 3,5 mld $ na 15 lat oprocentowanymi na 5,5% rocznie. Byliśmy świadkami przeogromnej presji dyplomatycznej, przede wszystkim ze strony UK, Holandii i instytucji EU oraz BŚ, aby Islandia uznała i zaczęła spłacać długi zrobione de facto przez prywatne banki. Straszono zerwaniem kontaktów dyplomatycznych, więzi gospodarczych z EU itd. Dumny naród wikingów nie ugiął się. Wychodzi na ulice i żąda nowych wyborów i referendum.

Upokorzony ale mądry naród islandzki obalił swój socjalistyczny rząd, który pod dyktando światowej finansjery zamierzał doprowadzić do formalnego bankructwa i finansowego zniewolenia swojego narodu. Model, któremu sprzeciwili się Islandczycy, jest aktualnie przerabiany w Grecji. Islandczycy pokazali, że bankructwo banków, przejęcie ich przez państwo i umorzenie większości długów społeczeństwa da się zrobić.

Dwudziestu sześciu bankierów wkrótce skazano na kary więzienia. Islandia nie wprowadziła też polityki oszczędności, promowanej w krajach Unii Europejskiej. I, mimo że daleko jeszcze do pełnego uzdrowienia, islandzka ekonomia jest stabilna i odnotowuje wzrost. Kiedy przylecieliśmy do Keflaviku, byliśmy świadkami upadku kolejnego rządu i to po demonstracji przed Parlamentem. Chodziło o „Panama papers"

Zrealizowany plan wycieczkowy Islandia 2016 r.

05.04.2016 — przylot Berlin — Keflavik

Keflavik — Selfoss — domek Cottage in the Golden Circle pod górą Burfell

06.04.2016 — wodospad Gullfoss (wspólne zdjęcie)

— pole gejzerów — Geysir, Strokkur i inne

— rzeka Hvita

— biskupstwo Skalholt (katedra, podziemia, tunelik, relikty domostw)

[1] https://sites.google.com/site/informacjeoislandii/spis-tresci/budowa-geologiczna

07.04.2016 — Tingvellir (Althing, droga skazańców, wodospad Oxararfoss)

— wulkan Kerid i pola lawowe pod wulkanem Hekla, a także podziwianie koni islandzkich osobliwej i wspaniałej rasy

08.04.2016 — miasteczko Vik (czarna piaskowa plaża)

— kamienne Trolle z plażą Reynisfjara (czarna — żwirowa)

— wjazd na skałę — płaskowyż Dyrholaey z latarnią morską

— lodowiec Myrdalsjokull (tylko podejście)

— wodospad Skogafoss (krótko, ogólny ogląd)

09.04.2016 — wodospad Siljalandsfoss (widok na wyspy Vestmannaeyjar)

— ponownie czarna plaża Reynisfjara + Trolle

— lodowiec Myrdalsjokull

— wodospad Skogafoss + wioska Skogar (skansen)

— przejazd Hekla — Keldur

10.04.2016 — pole termalne Hellisheidarvirkjun

— elektrownia geotermalna

— Reykjavik — Dom Kultury (inkunabuły…), wieża kościoła Hallgrimskirkja,

— spacer po mieście, centrum informacji…

— pole geotermalne Gunnuhver — półwysep Reykjaness

— klify Valnahunkur (latarnia morska)

— Błękitna Laguna

— most Leifura Erikssona (styk płyt kontynentalnych)

11.04.2016 — przejazd i objazd półwyspu Snaefellsness

— wodospad Laxa i Kjoss

— fiord wielorybów Hvalfjordur

— nieudane zwiedzanie wodospadu Glymur (zamknięta droga)

— klify i skały pod wulkanem Snaefellsnessjokull

— wulkan Saxholl

— plaża Djupalonssandur (resztki statków)

— miasteczko Hellissandur i Olafsvik

— Kirkjufell oraz wodospad Kirkjufellness

12.04.2016 — Eyrarbakki (więzienie) oraz plaża Stokkseyrarfjara

— jaskinia Raufarholskellir

— Reykjavik (wzgórze z muzeami)

— jezioro Kleifarvatn

— plaża Herdisarvik

— pole geotermalne Seltun

Anna i Kazimierz Mazurkowie spacerkiem po moście Leifura Erikssona z jednej płyty na drugą (z północnoamerykańskiej na euroazjatycką).

13.04.2016 WYLOT do BERLINA

W trakcie wyprawy widzieliśmy, fotografowaliśmy i podziwialiśmy wspaniałą zorzę polarną. Niestety nie zrealizowaliśmy dwóch punktów naszej wyprawy. Nie znaleźliśmy pierwszego islandzkiego meteorytu i nie udało się nawiązać kontaktu z Muzeum Historii Naturalnej Islandii, aby w przyszłości można było zorganizować Pierwszą Wyprawę Meteorytową na Islandię z Polskim Towarzystwem Meteorytowym (oczywiście na lodowce Islandii) co uzgodniłem wcześniej z naszym Prezesem Prof. Tadeuszem Przylibskim. Niestety w okresie naszej wyprawy Muzeum było zamknięte z powodu remontu. Jednak wydaje mi się, że pomimo tego można w inny sposób nawiązać kontakty i odwiedzić ponownie ten przepiękny, surowy, o krajobrazach jak z Księżyca lub Marsa, raj na końcu Europy, krainę Elfów i dumnego Narodu Wikingów.

Zorza polarna obserwowana przez członków wyprawy PTMA, 13 kwietnia 2016 r., godz. 1.14 UT, ekspozycja: 3 s. Nikon 5300 + obiektyw 18-35 f/1,8, ISO 400. Fot. Marek Substyk

Andrzej Kotowiecki
Prokurator w stanie spoczynku . Członek założyciel PTMet-u. Niezależny badacz. Lubi podróżować.

Hotelowe spotkania z kosmitami

Jacek Drążkowski

W tym roku, podobnie jak w poprzednim, przez cały czas szkolnych ferii zimowych, a są rozciągnięte w kraju na 6 tygodni, prowadziłem zajęcia dla „małych badaczy Kosmosu" organizowane przez Hotel Krasicki w Lidzbarku Warmińskim. We wtorki były to spotkania z meteorytami, a w piątki zajęcia obracały się głównie wokół Układu Słonecznego. Miejscem spotkań była piękna sala konferencyjna „Kopernik" mieszcząca się w okrągłej XIV-wiecznej baszcie prochowej na przedzamczu lidzbarskiego zamku biskupów warmińskich. To w jego murach Mikołaj Kopernik spędził kilka lat u boku swego wuja biskupa Łukasza Watzenrode i tu spisał podstawy rewolucyjnej koncepcji heliocentrycznej budowy świata opublikowane w postaci tzw. Komentarzyka.

Na czarnej marmurowej podłodze Sali Kopernik znajduje się wypiaskowany rysunek Układu Słonecznego z *De revolutionibus*. Często służy mi jako pomoc dydaktyczna do omawiania różnych kwestii, np. jak Kopernik wyznaczał odległość do gwiazd albo… dlaczego mamy w kalendarzu siedmiodniowy tydzień. Jest on też dobrym punktem wyjścia do pokazania, jak jakościowo zmienił się sposób badania naszego kosmicznego otoczenia i jak wzbogaciła się nasza wiedza o nim przez ostatnie pięć wieków.

Dla Kopernika planety były tylko jasnymi punktami przemieszczającymi się na tle sfery nieruchomych gwiazd, a obserwacje ich polegały na pomiarach kątów sferycznych. Dziś możemy nie tylko oglądać ich powierzchnię i analizować fizyczną naturę, ale dosłownie brać do ręki i badać ich materię.

Przestrzeń pomiędzy orbitami planet w naszej świadomości przestała być pusta, wypełniła ją mniej lub bardziej rozproszona materia będąca źródłem cennych informacji naukowych. Przybywająca na Ziemię w postaci meteorytów okazała się być czymś w rodzaju skamieniałości, które umiejętnie odpytywane przez badaczy zdradzają tajniki historii Układu Słonecznego.

Na zajęcia większość dzieci przychodziła w towarzystwie dorosłych opiekunów/rodziców i często okazywało się, że oni zdradzali nie mniejsze zainteresowanie przedstawianymi treściami.

Wykrywacz metalu zapiszczał, więc to może być meteoryt!

Jedno z meteorytowych spotkań w Sali Kopernik

Przede wszystkim czułem się w obowiązku uświadamiać słuchaczy, w czym tkwi prawdziwa wartość tych namacalnych gości z nieba i dlaczego powinni jak najszybciej w pierwszej kolejności trafiać w ręce uczonych. To bardzo ważne, zwłaszcza w przypadku świeżych spadków, a tu dobrym materiałem ilustracyjnym były zdjęcia i filmy oraz autentyczne okazy z głośnego spadku czelabińskiego, jak i spektakularnego przypadku w Sołtmanach.

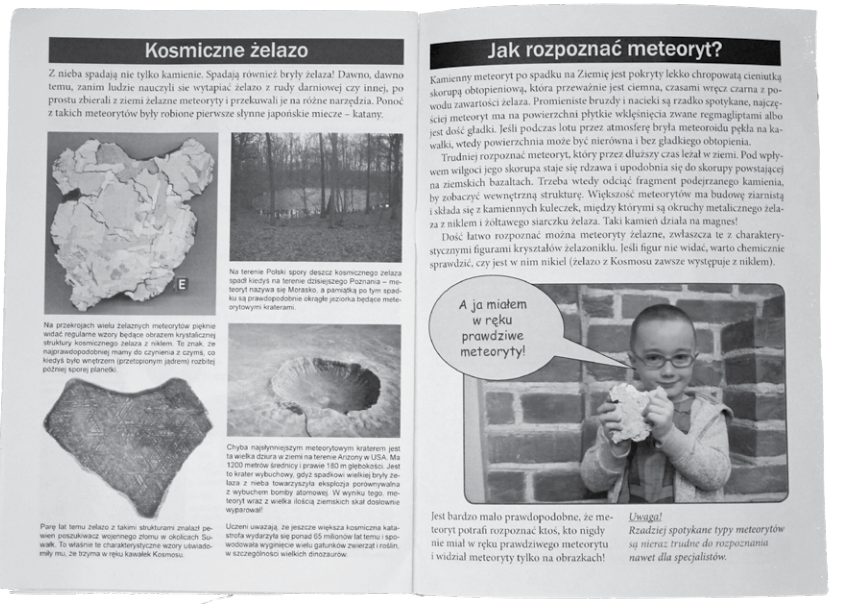
Wtorkowe zajęcia, częściowo w formie warsztatów, były okazją do pokazania rozmaitości „kosmitów" lądujących na naszej planecie oraz omawiania okoliczności ich „przylotów" i możliwości natrafienia na nich. Nie brakowało zajęć praktycznych, mających na celu pomóc w odpowiedzi na pytanie „jak rozpoznać kosmitę?".

Na zakończenie każdy młody uczestnik dostawał pamiątkowy breloczek ze skrawkami meteorytu Morasko (tu należą się podziękowania dla kol. Andrzeja Owczarzaka za nieodpłatne udostępnienie surowca) oraz opracowaną przeze mnie 12-stronicową broszurkę z informacjami i ciekawostkami dotyczącymi Układu

Słonecznego a meteorytów w szczególności.

Broszurki były personalizowane m.in. poprzez zamieszczenie w nich zdjęcia dziecka z meteorytem w ręku. Ciekawe były wybory dokonywane przez dzieci spośród dostępnych okazów. Chłopcy najczęściej sięgali po meteoryty żelazne, dziewczęta chętnie fotografowały się z bliskimi źródłom życia chondrytami węglistymi.

W tegorocznych meteorytowych spotkaniach aktywnie uczestniczyło ponad pięćdziesięcioro dzieci (i drugie tyle dorosłych!). Mam nadzieję, że zdobyta przez nich wiedza jakoś zaprocentuje w przyszłości. Może to właśnie spośród nich wywodzić się będą przyszli eksploratorzy naszego kosmicznego sąsiedztwa, jakich już zaczęły kształcić także nasze krajowe uczelnie.



Kosmiczne żelazo

Z nieba spadają nie tylko kamienie. Spadają również bryły żelaza! Dawno, dawno temu, zanim ludzie nauczyli sie wytapiać żelazo z rudy darniowej czy innej, po prostu zbierali z ziemi żelazne meteoryty i przekuwali je na różne narzędzia. Ponoć z takich meteorytów były robione pierwsze słynne japońskie miecze – katany.

Na przekrojach wielu żelaznych meteorytów pięknie widać regularne wzory będące obrazem krystalicznej struktury kosmicznego żelaza z niklem. To znak, że najprawdopodobniej mamy do czynienia z czymś, co kiedyś było wnętrzem (przetopionym jądrem) rozbitej później sporej planetki.

Na terenie Polski spory deszcz kosmicznego żelaza spadł kiedyś na terenie dzisiejszego Poznania – meteoryt nazywa się Morasko, a pamiątka po tym spadku są prawdopodobnie okrągłe jeziorka będące meteorytowymi kraterami.

Parę lat temu żelazo z takimi strukturami znalazł pewien poszukiwacz wojennego złomu w okolicach Suwałk. To właśnie te charakterystyczne wzory ułaiadomiły mu, że trzyma w ręku kawałek Kosmosu.

Chyba najpłynniejszym meteorytowym kraterem jest ta wielka dziura w ziemi na terenie Arizony w USA. Ma 1200 metrów średnicy i prawie 180 m głębokości. Jest to krater wybuchowy, gdyż spadkowi wielkiej bryły żelaza z nieba towarzyszyła eksplozja porównywalna z wybuchem bomby atomowej. W wyniku tego, meteoryt wraz z wielką ilością ziemskich skał dosłownie wyparował!

Uczeni uważają, że jeszcze większa kosmiczna katastrofa wydarzyła się ponad 65 milionów lat temu i spowodowała wyginięcie wielu gatunków zwierząt i roślin, w szczególności wielkich dinozaurów.

Jak rozpoznać meteoryt?

Kamienny meteoryt po spadku na Ziemię jest pokryty lekko chropowatą cieniutką skorupą obtopieniową, która przeważnie jest ciemna, czasami wręcz czarna z powodu zawartości żelaza. Promieniste bruzdy i nacieki są rzadko spotykane, najczęściej meteoryt ma na powierzchni płytkie wklęśnięcia zwane regmaglptami albo jest dość gładki. Jeśli podczas lotu przez atmosferę bryła meteoroidu pękła na kawałki, wtedy powierzchnia może być nierówna i bez gładkiego obtopienia.

Trudniej rozpoznać meteoryt, który przez dłuższy czas leżał w ziemi. Pod wpływem wilgoci jego skorupa staje się rdzawa i upodobnia się do skorupy powstającej na ziemskich bazaltach. Trzeba wtedy odciąć fragment podejrzanego kamienia, by zobaczyć wewnętrzną strukturę. Większość meteorytów ma budowę ziarnistą i składa się z kamiennych kuleczek, między którymi są okruchy metalicznego żelaza z niklem i żółtawego siarczku żelaza. Taki kamień działa na magnes!

Dość łatwo rozpoznać można meteoryty żelazne, zwłaszcza te z charakterystycznymi figurami kryształów żelaznikłu. Jeśli figur nie widać, warto chemicznie sprawdzić, czy jest w nim nikiel (żelazo z Kosmosu zawsze występuje z niklem).

A ja miałem w ręku prawdziwe meteoryty!

Jest bardzo mało prawdopodobne, że meteoryt potrafi rozpoznać ktoś, kto nigdy nie miał w ręku prawdziwego meteorytu i widział meteoryty tylko na obrazkach!

Uwaga!
Rzadziej spotykane typy meteorytów są nieraz trudne do rozpoznania nawet dla specjalistów.

Przykładowe strony spersonalizowanej broszurki, jaką otrzymywali uczestnicy zajęć.

Doniesienia z Wiki

Heksaedryty spadają rzadko

Jan Woreczko

14 lipca 1847 roku (środa) rankiem około 03:45 pojawiła się mała chmurka pędząca szybko na południowy wschód wzdłuż Sudetów i zostawiająca długi ślad na niebie. Nagle w chmurce zajaśniał ogień i dwie ogniste smugi skierowały się ku ziemi. Jednocześnie usłyszano dwie potężne detonacje, a potem grzechot i świst. Huk był tak silny, że słyszano go w odległym o 75 km Wrocławiu. Chmurka stała się popielato szara i powoli się rozpłynęła. Jedna ze smug trafiła w łąkę we wsi Hejtmánkovice i tam znaleziono wbity w ziemię czarny, gorący kamień. Po wydobyciu okazało się, że to żelazo — ważył 23,63 kg (dokładnie 42 funty austriackie 6 łutów).

Druga smuga trafiła w dom koło cegielni (*brickworks*) w dzielnicy (wówczas wsi) Křinice (wg materiałów z Muzeum w Broumovie meteoryt spadł na dom ceglarza). Kawał żelaza przebił dach, strop, łóżko (rozbił wezgłowie łóżka, na którym spało troje małych dzieci) i podłogę i zatrzymał się w piwnicy, gdzie został znaleziony podczas usuwania gruzu — czyli klasyczny hammer. Ważył 17,08 kg (30 funtów austriackich 16 łutów) i do dziś jest w Muzeum Narodowym w Pradze (kopia tego okazu znajduje się w Muzeum Ziemi Broumovskiej w zespole klasztoru benedyktyńskiego w Broumovie). Większy okaz został pocięty na części, które trafiły do wielu kolekcji na świecie. Meteoryt Braunau należy do rzadkiej grupy meteorytów żelaznych **heksaedrytów**.

Meteoryty żelazne spadają stosunkowo rzadko, stanowią one tylko 4,5% wszystkich obserwowanych spadków, ale ich udział w ogólnej masie jest dużo większy! Jeszcze rzadziej spadają heksaedryty. Składają się one całkowicie ze stopu Fe-Ni kamacytu (sześcienna (kubiczna) struktura alfa-Fe-Ni kryształów dała nazwę — hexahedral). Na wypolerowanej i wytrawionej powierzchni nie widać figur Widmanstättena, ale widać drobne równoległe grupy linii nazywanych liniami Neumanna. To właśnie w meteorycie Braunau po wytrawieniu wypolerowanej powierzchni kwasem, niemiecki uczony **Johann G. Neumann** (1850) po raz pierwszy zaobserwował i opisał liczne cienkie linie zwane teraz od jego nazwiska liniami Neumanna. Odkrycie to często błędnie przypisuje się innemu znanemu niemieckiemu krystalografowi Franz Ernst Neumannowi.

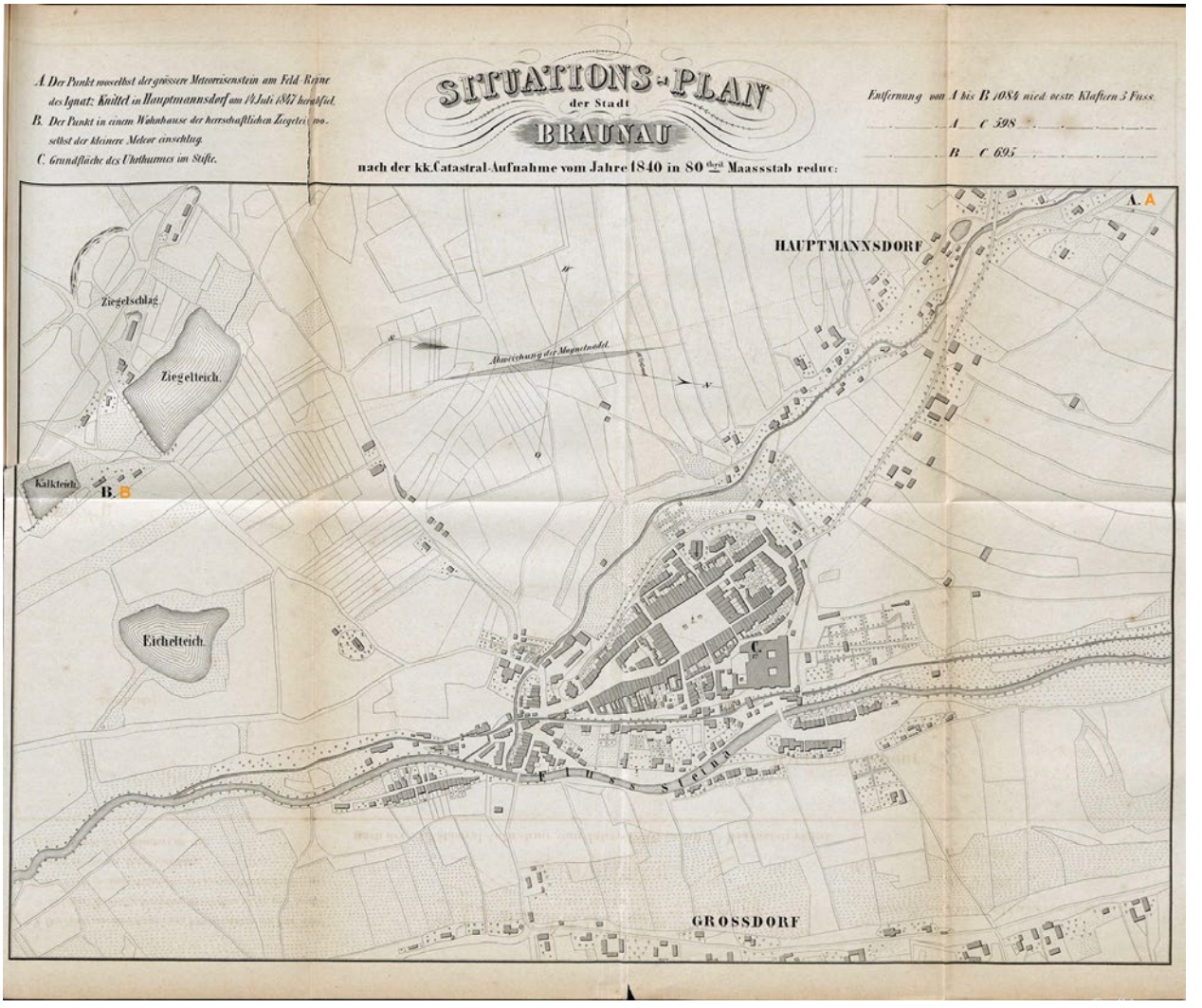
Najmniej heksaedrytów jest z grupy chemicznej IAB, najwięcej z grupy IIAB. Inne znane spadki heksaedrytów to Avce ze Słoweni i Boguslavka z Rosji.

Więcej szczegółów i ilustracji na portalu http://Wiki.Meteoritica.pl

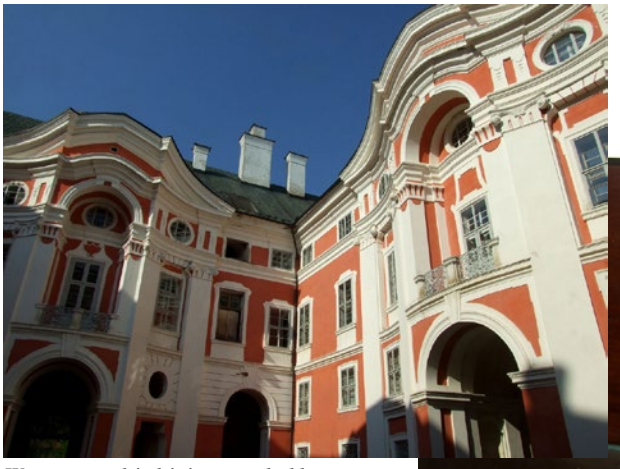
Bibliografia

Beinert Carl Christian, (1848), **Der Meteorit von Braunau am 14. Juli 1847. Actenmässige Darstellung, Beschreibung und Analyse, nebst Ansichten über die Natur der Meteoriten (*Hierbei ein Situationsplan und drei Tafeln Abbildungen*)**, Breslau 1848.

Neumann Johann G., (1850), **Ueber die kristallinische Struktur des Meteoreisens von Braunau, (*Mit einer lithographirten Tafel*)**, *Naturwissenschaftliche Abhandlungen*, Dritter Band in zwei abtheilungen, Wien 1850, s. 45–56.



Mapa okolic** Braunau **i** Hauptmannsdorf **z zaznaczonymi miejscami spadku meteorytów — oznaczonych na mapie literami** A **(większy okaz) i** B **(mniejszy) (SITUATIONS-PLAN der Stadt BRAUNAU; źródło: Beinert 1848).



Wewnętrzny dziedziniec zespołu klasztornego w Broumovie.

Kopia mniejszego okazu meteorytu Braunau znajdująca się w Muzeum Ziemi Broumovskiej w zespole klasztoru benedyktyńskiego w Broumovie.