

METEORYT

Nr 101

Sierpień 2021

ISSN 1642-588X

W numerze:

- nowa książka Svenda Buhla
- meteoryty granitowe i andezytowe?
- Peter Simon Pallas
- wyprawa po meteoryt Ozerki
- nowy spadek w Polsce!
- meteoryty w Moskwie
- złudny obraz Moraska
- efekty dźwiękowe bolidów
- kwestie prawne meteorytów



METEORYT

aperiodyk
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



Aperiodyk jest dostępny w postaci
cyfrowej na stronie internetowej
wydawcy.

[https://planetarium.olsztyn.pl/
meteoryty](https://planetarium.olsztyn.pl/meteoryty)

oraz na stronie:

<http://meteoryt.info>

Redaguje i tłumaczy większość
tekstów:

Andrzej S. Pilski

14-530 Frombork

tel. kom. 696 805 247

aspmet@wp.pl

Redakcja techniczna
i skład komputerowy:

Jacek Drązkowski

jotde@ol.onet.pl

Na okładce: Kurhany Garamantów, pustynia Tamesna.



Od Redaktora:

W setnym numerze „Meteorytu” wyrażałem nadzieję na kontynuację w formie aperiodyku wydawanego tylko w formie elektronicznej. Nadzieja ta odżyła pod koniec 2019 roku, gdy Andrzej Kotowiecki zaproponował artykuł o sprawach sądowych związanych z meteorytami, a Svend Buhl wydał świetną książkę „For a fistful of rocks”, którą zamierzałem zarekomendować publikując wybrane fragmenty. Ponadto artykuł obiecała Agata Krześcińska.

Dopiero jednak półtora roku później udało się Agacie zrealizować obietnicę, ale warto było czekać. Doszły też inne materiały i wreszcie możemy z Jackiem Drązkowskim zaprezentować „Meteoryt” 101. Pojawia się on na stronie Olsztyńskiego Planetarium, gdzie dostępne są online także wcześniejsze numery „Meteorytu”: <https://planetarium.olsztyn.pl/meteoryty/?/meteoryty>

Niestety nie doczekał tego momentu autor publikowanej w tym numerze przedmowy do książki „For a fistful of rocks”, Dave Gheesling. Jego niespodziewana śmierć w listopadzie 2020 roku zasmuciła miłośników meteorytów. Dave był autorem wielu artykułów tłumaczonych dla „Meteorytu”. Ostatnią jego opowieścią była historia okna z okolic Czelabińska potrącanego przez falę uderzeniową wywołaną bolidem („Meteoryt” 2/2015) napisana wspólnie ze Svendem Buhlem.

Chciałbym wyrazić kolejną nadzieję, że „Meteoryt” 102 będzie można zaprezentować w przyszłym roku na 20 rocznicę utworzenia Polskiego Towarzystwa Meteorytowego. Zależy to jednak od autorów. Na wdzięczność za materiał do tego numeru zasłużyli: Agata Krześcińska, Andrzej Kotowiecki, Svend Buhl i Dave Gheesling, Alicja Morys, Jarosław Morys i Andrzej S. Pilski.

ASP



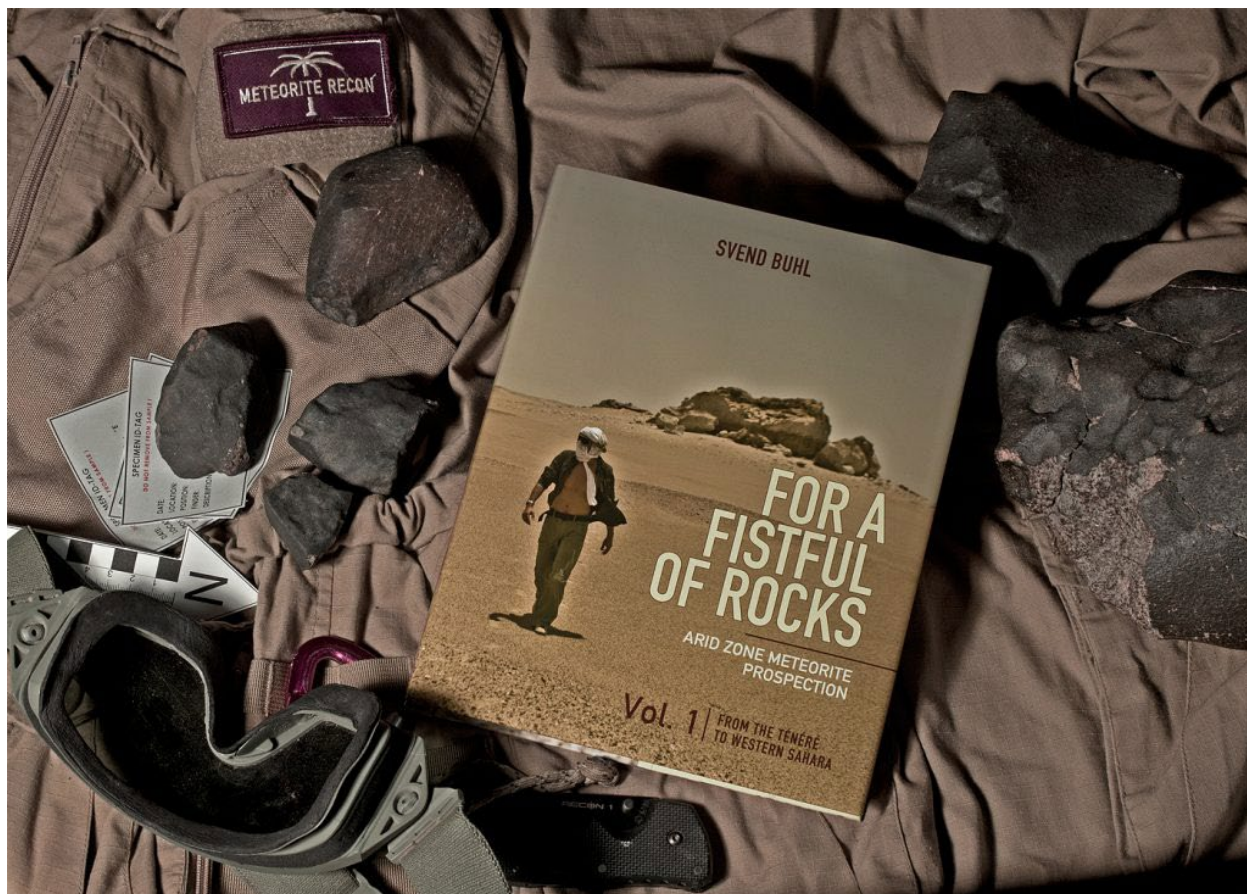
Redaktor Pilski w towarzystwie Dave'a Gheeslinga, 2018 r.

◀ Katarzyna Łuszczek jest adiunktem w Katedrze Górnictwa i Geodezji na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Zajmuje się między innymi badaniami meteorytów, zwłaszcza chondrytów zwyczajnych, najpopularniejszej klasy meteorytów znajdujących na powierzchni Ziemi.

Prezentowana książka to pierwsze w języku polskim omówienie najistotniejszych zagadnień związanych z budową, klasyfikacją oraz pochodzeniem chondrytów zwyczajnych, a także ich ciał macierzystych. Na podstawie danych, jakich dostarczają misje kosmiczne, autorka przedstawia planetoidy — ich klasyfikację, skład mineralny i klasy spektralne.

Chondryty zwyczajne i ich ciała macierzyste to pożyteczna lektura nie tylko dla studentów, badaczy meteorytów i przyszłych eksploratorów planetoid, lecz również dla amatorów zainteresowanych astronomią, meteorytyką i materiały pozaziemską.

Książka do nabycia w sprzedaży wysyłkowej: zamawianie.ksiazek@pwr.edu.pl



„Ta książka nie jest o kamieniach. Jest o wszystkim, co wiąże się z ich znajdowaniem, i o pasji, która kieruje tymi, którzy się tym zajmują. To niezliczone wspomnienia chwil, samo doświadczenie bycia tam, są prawdziwym skarbem. Buhl sprawia, jak nikt przed nim, że czytelnik czuje się, jakby był razem z nim, w jego ekipie, pokonując wspólnie każdy krok tej drogi.”

W pełni zgadzam się z tym, co napisał wyżej Dave Gheesling. Lektura tej książki jest ogromną przyjemnością i chciałbym zachęcić do niej miłośników meteorytów znających język angielski. Dlatego przedstawiam przedmowę i dwa fragmenty. Książkę można zamówić u autora: <https://www.meteorite-recon.com/home/meteorite-documentaries/forafistfulofrocks> albo na Amazonie: https://www.amazon.de/Fistful-Rocks-Meteorite-Prospection-Western/dp/3000626700/ref=sr_1_1?__mk_de_M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&d-child=1&keywords=for+a+fistful+of+rock+Buhl&qid=1626343462&sr=8-1

Andrzej S. Pilski

Przedmowa

Dave Gheesling

To duży zaszczyt zostać poproszonym przez autora o napisanie tej przedmowy. A ponieważ dr Svend Buhl stworzył dzieło, którego znaczenie niewątpliwie będzie rosło z upływem czasu, ten zaszczyt łączy się nierozdzielnie z ciężarem odpowiedzialności.

Na wstępie trzeba koniecznie wspomnieć, że Buhl i autor tej przedmowy są bliskimi, serdecznymi przyjaciółmi. Urodziliśmy się i mieszkamy przez całe życie na różnych kontynentach. Jednak regularnie odbywamy wspólne podróże, parokrotnie odwiedzaliśmy się wzajemnie wraz z rodzinami w naszych domach i często kontaktujemy się ze sobą na różne sposoby. Dlatego — pomimo najlepszych intencji i dążenia do obiektywizmu — z natury rzeczy, w tym co dalej piszę, musi być pewna doza stronniczości.

Jest wielu w meteorytowym środowisku, którzy mają większe osiągnięcia w niektórych, nawet licznych aspektach na meteorytowej arenie, tych które ogólnie rzecz biorąc, są przedmiotem zainteresowania książki „Po garść kamieni”. Między innymi są to poszukiwania, kolekcjonowanie, meteorityka, fotografia, wideofilmowanie, historia geologiczna, antropologia i oczywiście pisanie. Niewątpliwie w każdej z tych kategorii z osobna można znaleźć przykłady osób, których osiągnięcia i wkład do danej dziedziny są większe niż Buhla.

Weźmy na przykład pierwszy element czyli poszukiwania. Mój przyjaciel, Robert Ward — który jest jedyną osobą odpowiedzialną za to, że piszący to uczestniczył po raz pierwszy w poszukiwaniach meteorytów — zgromadził prywatny zbiór osobistych znalezisk, który nie ma so-

bie równego na świecie. Prawdę mówiąc, badania w zakresie planetologii, a przede wszystkim odnajdywanie meteorytów, to główne zajęcie Warda, i temu poświęca od lat cały swój czas.

Buhl natomiast od dawna odnosi sukcesy jako pełnoetatowy, ceniony profesjonalista w dziedzinie biznesu, co jest całkowicie poza światem meteorytów. Trzeba koniecznie podkreślić, że pomimo tego znacznego utrudnienia, tytuł tej książki jest przesadnie skromny — co doskonale pasuje do osobowości i charakteru autora. Buhl osobiście odnalazł zdecydowanie więcej niż tylko „garść kamieni”, do tego ze szczególnym zaangażowaniem, o czym czytelnik wkrótce się dowie na dalszych stronach.

W świecie poszukiwaczy meteorytów wiadomo powszechnie, czego często nie doceniają lub nie zdają sobie z tego sprawy ci, którzy jeszcze się tym nie zajęli, że trzeba niezmiernie dużo czasu, by znaleźć choć jeden okaz. Zrozumiałe więc — wobec licznych obowiązków Buhla nie związanych z meteorytami — że niektórzy mają na koncie znacznie więcej znalezisk od niego. To samo dotyczy innych, wspomnianych wcześniej, elementów świata meteorytów.

Nie ma jednak obecnie innych miłośników meteorytów, którzy potrafią łączyć te wszystkie elementy w taki sposób, jak to robi Buhl. W istocie, ponieważ pewne technologie nie były wcześniej dostępne dla takich jak na przykład H.H. Nininger, można powiedzieć, że nikt wcześniej nie doprowadził wszechstronnej, wielowątkowej dokumentacji do takiego poziomu, jak to zrobił Buhl.

Nie sposób przecenić znaczenia dokumentacji, która w przypadku Buhla jest kombinacją wszystkich rzeczy wspomnianych wcześniej. Bez odpowiedniej proveniencji (we wszystkich znaczeniach tego słowa), meteoryty osiągałyby asymptotycznie oś zerowej wartości. Gdy wspominam o wartości, proszę zauważyć, że jej składnik pieniężny ma tu najmniejsze znaczenie. Przez wiele lat robiłem niezliczone prezentacje o meteorytach i astronomii dla wielu tysięcy uczniów i miłośników starając się poprzez edukację znaleźć tych, którzy znajdą radość, a może i zajęcie, w meteorytowej społeczności. Jednym z najczęściej zadawanych pytań po tych prezentacjach było oczywiście „Ile meteoryty są warte?” Gotowa odpowiedź jest prosta: „Bez nauki i proveniencji byłyby one praktycznie bez wartości. Jest to więc zasługa tych, którzy wnieśli wkład (i nadal to robią) do tego, co składa się na prawdziwą wartość meteorytów. Bez tych dwóch elementów układanki nie byłoby przede wszystkim materialnej zachęty do odnajdywania meteorytów.” Zbyt często zdarza się, nawet dziś, że meteoryty automatycznie tracą wartość już w momencie znalezienia — tylko wskutek braku odpowiedniej dokumentacji. Nikt nie rozumie tego lepiej niż Buhl.

Na koniec trzeba ujawnić, że autor poprosił piszącego te słowa o zredagowanie swego dzieła. W pewnym sensie zostało to zrobione. Bliższe prawdy byłoby jednak stwierdzenie, że po prostu została zrobiona korekta. Zostało to



Dave Gheesling (z lewej) i autor książki „For a fistful of rocks” podczas wspólnej ekspedycji. Sierra Muerto, Atacama, Chile, luty 2019.

dokonane z użyciem długopisu na wydrukowanych stronach zamiast programu do redagowania, aby rozmyślnie ograniczyć stopień, w którym „redagowanie” mogłoby zniekształcić oryginalne dzieło autora. Buhl jest z natury znakomitym gawędziarzem, więc nie zrobiono niczego, co by zmieniało zasadniczą treść, narrację czy ogólny charakter jego oryginalnego manuskryptu.

Buhl wybrał pisanie w języku angielskim, który nie jest jego ojczystym językiem, aby dotrzeć do szerszej grupy czytelników. Ci, którzy znają Buhla, wiedzą już o jego biegłej znajomości języka angielskiego i bogatym słownictwie w tym języku. Pracując nad korektą piszący to wielokrotnie zastanawiał się, o ile bardziej wymyślne i elokwentne byłoby dzieło Buhla w jego ojczystym, niemieckim języku. Prawdę mówiąc ta książka mogłaby z powodzeniem zostać opublikowana w pierwotnej wersji i zostałaby tak samo dobrze przyjęta, jak zostanie z pewnością końcowa wersja. Szczerze powiedziawszy niewiele było do „korygowania”.

Było to wielkie szczęście, że zostałem niedawno zaproszony przez Buhla na wspólną, dwutygodniową wyprawę na pustynię, jedną z tych, które przypuszczalnie pojawiają się w drugim tomie. Chociaż miałem szczęście znaleźć 38 okazów z 27 różnych meteorytów, to łączna waga moich znalezisk jest dobrze poniżej 2 kilogramów. Dosłownie garść kamieni. Każdy z nich jest bezcenny, ale tylko dzięki powiązaniu ich z ogólnym doświadczeniem i dzięki ich obszernej dokumentacji.

Ta książka nie jest o kamieniach. Jest o wszystkim, co wiąże się z ich znajdowaniem, i o pasji, która kieruje tymi, którzy się tym zajmują. To niezliczone wspomnienia chwil, samo doświadczenie bycia tam, są prawdziwym skarbem. Buhl sprawia, jak nikt przed nim, że czytelnik czuje się, jakby był razem z nim, w jego ekipie, pokonując wspólnie każdy krok tej drogi.

UCZCIWA PRZESTROGA

Svend Buhl

W mojej świadomości epizody, które opisuję w tej książce, wciąż są bardzo świeże i aktualne. Jednak atrament w mych dziennikach już blednie. Szukając niektórych wydarzeń, których świadkami byliśmy zaledwie dwadzieścia lat temu, znajduję je jako wzmianki w przypisach do badań historycznych, przesłonięte mgłą pojawiających się licznie encyklopedii internetowych.

Nie oczekujcie, że dodam coś do nich. Nie jest to ani edukacyjna, ani szczególnie naukowa relacja. Ale nie jest to też fikcja: bazując na moich notatkach z wypraw połączyłem me przypadkowe obserwacje z wiedzą zdobywaną pomiędzy wyprawami. Książka ta jest raczej próbą uchwycenia i zachowania szeregu zdarzeń, które w innym przypadku zostałyby bezpowrotnie utracone. Podczas gdy nasze podróże odcisnęły bezdyskusyjnie bardzo osobiste piętno na mnie, zawsze czułem, że znaczenie naszych wędrówek sięga poza anegdotyczne opowieści.

Pod bezpośrednim wpływem doświadczenia byłem głęboko przekonany, że krajobrazy i okoliczności, które mieliśmy szczęście poznawać, były niepowtarzalne — nie tylko jako przeżycia, ale także w sensie historycznym. Z perspektywy czasu widać jeszcze wyraźniej, że to prawda. Pod wieloma względami nasze podróże na pustynie Afryki i Półwyspu Arabskiego były jak zdjęcia zrobione krainie, która za chwilę miała zniknąć. Zaledwie kilka miesięcy po naszej podróży do Nigru, krucha fasada cywilizacji, utrzymująca w całości tę wielonarodową społeczność, pękła. Zapoczątkowana szeregiem porwań fala islamskiego terroru ogarnęła kraj, przekształcając się wkrótce w wojnę na pełną skalę, która ogarnęła też sąsiednie Mali i Algierię — posyłając ten kraj z powrotem w otchłań, z której dopiero co pracowicie się wydostał.

Gdy odwiedziłem Libię w 2004 r., Wielka Socjalistyczna Republika Ludowa Kaddafiego była kwitnącą gospodarką i kamieniem węgielnym stabilności Unii Afrykańskiej. Zaledwie siedem lat później Arabska Wiosna i zachodnia interwencja zniszczyły reżim „Braterskiego Przywódcy”. Wojna domowa, która nastąpiła później, kosztowała życie 50 tys. Libijczyków i rozbiła prosperujący naród na liczne frakcje pozostawiając jeden z najbogatszych krajów kontynentu w ruinie i anarchii. Dziś wydaje się, że większość Środkowej Sahary powróciła do stanu z połowy XIX wieku — kraju niedostępnego dla podróżników z Zachodu, kontrolowanego przez plemien-

nych kacyków, watażków i fanatyków religijnych. Kraju, z którego siedmiu na dziesięciu wyruszających badać jego wewnętrzne regiony, nie powracało.

Inne pustynie, w mających więcej szczęścia regionach globu, rozwinęły się w przeciwnym kierunku. Południowa część Rub al Khali, gdzie rosyjscy i niemieccy poszukiwacze tworzyli pod koniec lat 90. XX wieku mapy pierwszych znanych obszarów rozrzutu meteorytów Omanu, jest obecnie w większej części terenem zabudowy. Sułtanat, dysponujący ogromnymi środkami, rozciągnął sieć znakomitych dróg i usług publicznych do odległych karawanserajów, dokąd przez ostatnie trzy tysiące lat można było dotrzeć tylko na wielbłądach. Przedsiębiorcza administracja znalazła nowe pole działania zaprowadzając porządek w niezamieszkałych wadi i ergach — czego ubocznym skutkiem jest zakaz poszukiwania meteorytów, z wyjątkiem uczestników dorocznego projektu omańsko-szwajcarskiego.

Jestem dzieckiem epoki silnika spalinowego. Mój ojciec uczył mnie, jak odnaleźć drogę według gwiazd, a wykreślając pierwszą trasę korzystałem z papierowej mapy, ekierki i kompasu. Gdy zaczynałem wyprawy na pustynie, byłem jeszcze po drugiej stronie cyfrowej przepaści. Gdy piszę to zaledwie dwie dekady później, moje własne dzieci dorastają jako cyfrowi tubylcy. Obecnie w terenie ciśnienie w kołach samochodu jest monitorowane przez czujniki bluetooth, a nasza trasa jest wyliczana przez aplikację nawigacyjną na podstawie cyfrowej kopii mapy satelitarnej. Dziś, gdy jesteśmy w sąsiedztwie jednej z licznych instalacji naftowych, to nawet w najdalszych zakątkach algierskiej Sahary twój telefon komórkowy ma pełny zasięg. W dzisiejszym hiperpołączonym świecie nieliczne obszary pozostające poza siecią znikają w tempie jeżącym włosy na głowie. Ludzka pomysłowość w zakresie eksploatacji ogromnych bogactw, które są ukryte pod piaskami tropikalnych pustyń, już o to zadba. Jeśli nie będzie nieustannych konfliktów zbrojnych, to w końcu wszystkie kontynentalne pustynie zostaną „ucywilizowane”. Mam nadzieję, że zanim to nastąpi, załogowe loty kosmiczne otworzą nowe rubieże i ludzkość zyska inne planetarne pustkowia do penetrowania.

W sierpniu 2018 r., kilka miesięcy przed ukończeniem tej książki, z ogromnym żalem, lecz pełen pięknych wspomnień, uczestniczyłem w pogrzebie. Zmarł mój kompan Rolf Poppinga.

Razem przemierzaliśmy Ténéré, a teraz wędruje on po innych, większych przestrzeniach.

Zmiany są nieodłączną częścią naszego życia, ale są rzeczy, które pozostają niezmiennie — i które stają się nawet cenniejsze dla nas na tle nieustannych przejść i przekształceń. Jedną z nich jest silna więź zaufania i wspólnoty, rosnąca w naszym zespole w wyniku wspólnych trudów i przygód. Grupa najbardziej różnorodnych postaci złączona niezaspokojoną ciekawością, co też może leżeć za następnym wzniesieniem — dzieląca to samo dręczące pragnienie sprawdzenia, czy może legendarny aerolit nie oczekuje na odnalezienie na prastarej równinie, która z pewnością musi być tuż za horyzontem.

Dedykuję to mojemu zespołowi i tym, którzy mi towarzyszyli; bez których nic z tego nie byłoby możliwe.

MOUNT TAZERZAIT

Svend Buhl

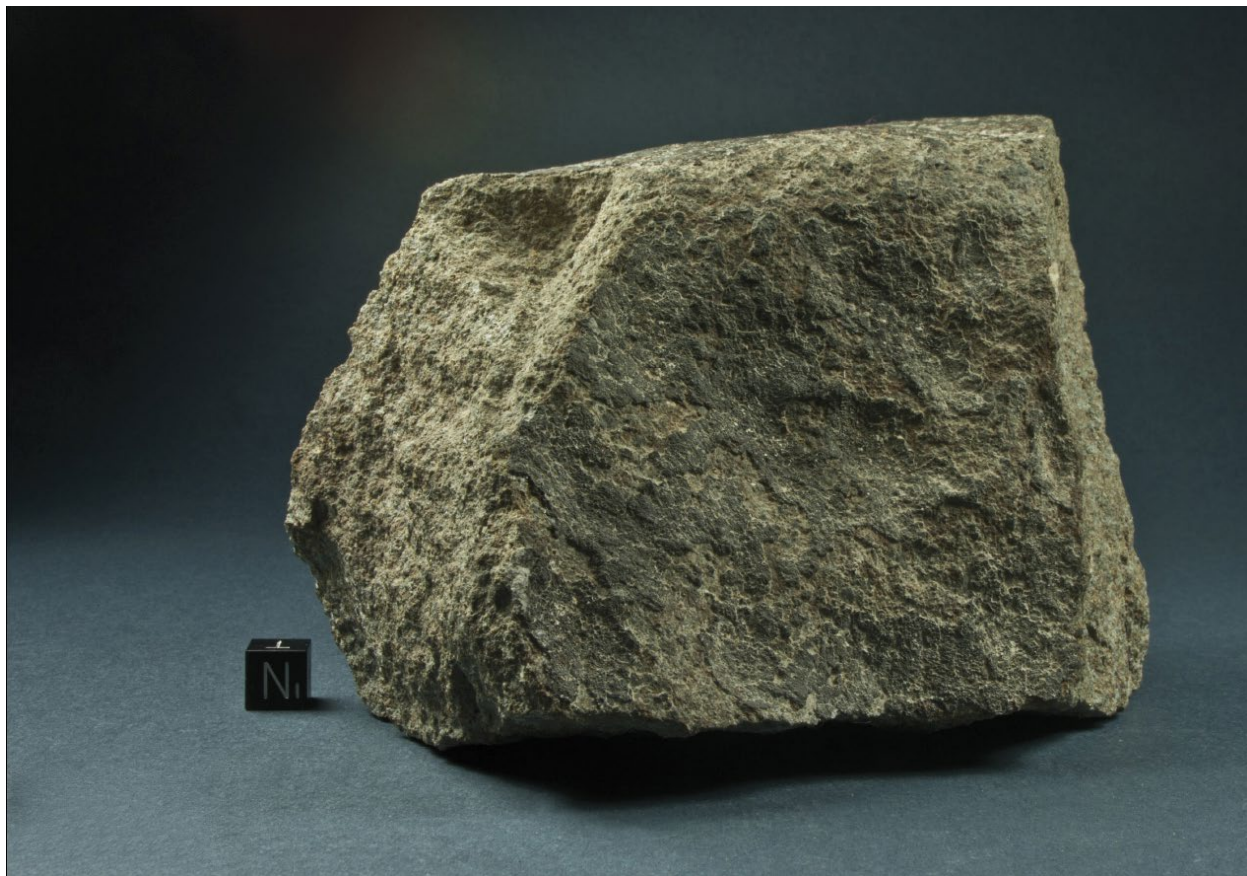
Nawet w naszym odludnym obszarze poszukiwań natrafiłszy na wiadomość o takim oto obserwowanym spadku. Po południu, 21 sierpnia 1991 r., kula ognista, po której pozostał ogromny, dymny ślad, i seria eksplozji, przeraziły małego, tuareckiego chłopca. Siedmioletnie dziecko, zarazem siódme dziecko swego ojca, było członkiem lokalnego, wędrownego plemienia Tuaregów. Chłopak tropił właśnie bezpańską kozę u podnóża góry Tazerzait, w północnowschodniej Tamesna, gdy stał się świadkiem tego niebieskiego spektaklu. Szukając burzowego kamienia znalazł dołek, w którego środku spoczywał ogromny czarny kamień, do połowy zagrzebany w jasnej, gliniastej ziemi. Chłopak i jego bracia ocenili, że waga kamienia przekracza 200 funtów, i nie mają jak przetransportować tak ciężkiego obiektu. W końcu postanowili rozbić ogromny kamień na dogodniejsze do transportu kawałki i w kolejnych dniach ferajna rozłukła meteoryt na ponad pięćdziesiąt fragmentów ważących w sumie około 100 kilogramów.

Członkowie rodziny odwiedzali naukowców i geologów w Agadez i Niamey, by pokazać znaleziska chłopców, ale nikt z nich nie wierzył w ich opowieść, albo nie okazywał zainteresowania. Chociaż byli świadkowie jego spadania, meteoryt omal nie popadł w zapomnienie. Dopiero po pięciu latach opowieść o spadku meteorytu usłyszał młody Algierczyk podczas pobytu w Tamanrasset. Podróżnik ukończył właśnie służbę w algierskiej

armii w okolicy krateru meteorytowego Amguid i wiedział o okazjonalnym znajdowaniu meteorytów na pustyni. Zainteresował się opowieścią o meteorycie Mt. Tazerzait i w końcu spotkał się z kuzynem znalazcy, który zgodził się przybyć do Tamanrasset i przedstawić swą opowieść. Ten młody Algierczyk zdołał nabyć większość meteorytu i około 40 kg wysłał do Rolfa Buehlera w Szwajcarii. Buehler zorganizował badania petrologiczne i chemiczne, oraz klasyfikację, które zrobił Juergen Otto z Uniwersytetu we Freiburgu w Niemczech.

Mt. Tazerzait został sklasyfikowany jako chondryt L, typu petrologicznego 5 i opublikowany w Meteoritical Bulletin No. 81 w 1997 r. Dokładne przeszukanie miejsca spadku przez innego Tuarega zaowocowało znalezieniem dodatkowych fragmentów i całkowita znana waga meteorytu podobno przekroczyła 110 kg. Pierwotna masa była widocznie dużo większa.

Chociaż Mount Tazerzait należy do grupy meteorytów nazywanych chondrytami zwyczajnymi, to w istocie jego budowa jest bardzo niezwykła. W przeciwieństwie do większości innych chondrytów zwyczajnych Mt. Tazerzait ma bardzo małe, jeśli w ogóle, wywołane zderzeniami przeobrażenia szokowe. Jego stopień szokowy wyznaczono jako najniższy, S1. Jest to o tyle osobliwe, że materia musiała zostać oddzielona od ciała macierzystego bardzo delikatnie, zanim mogła rozpocząć podróż w kierunku Ziemi. Stwierdzono, że wiek ekspozycji Mt. Tazerzait na promieniowanie kosmiczne, około 61 milionów lat, jest niezwykle długi w porównaniu z większością innych chondrytów. Dodatkowo, w przeciwieństwie do niemal wszystkich innych członków tej grupy meteorytów, Mt. Tazerzait ukazuje jeszcze jedną osobliwość

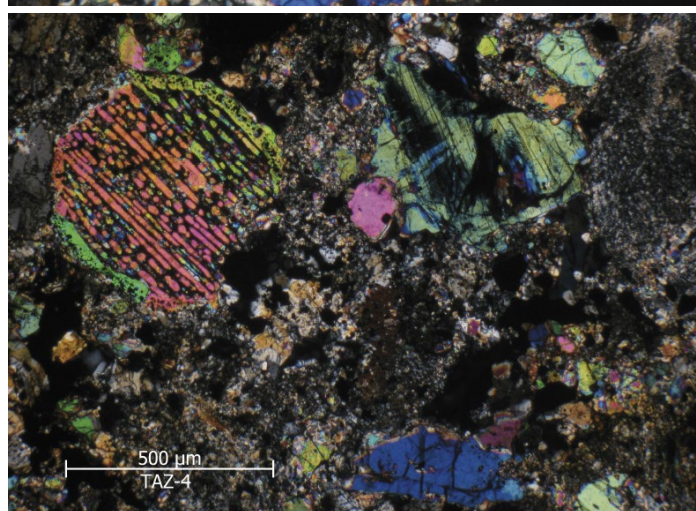
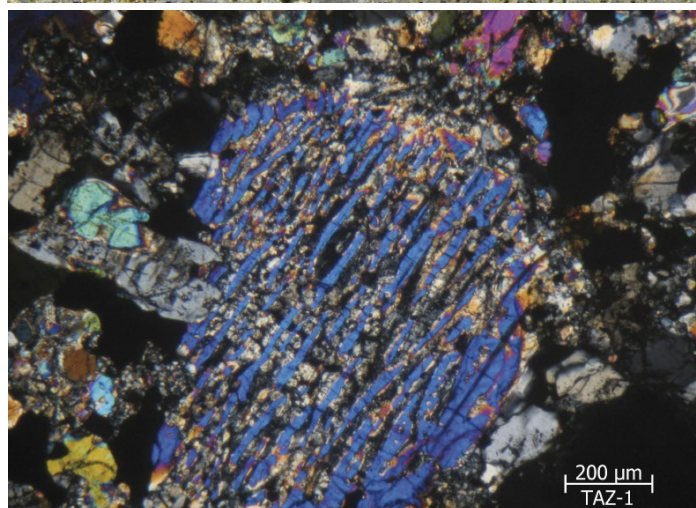
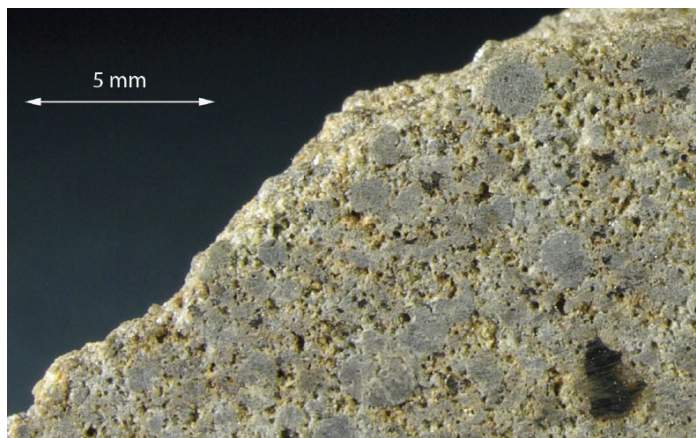


Ważący 1,9 kg fragment meteorytu Mount Tazerzait z kolekcji autora. Zauważmy czarne łatki skorupy obtopieniowej na powierzchni.

dostrzegalną gołym okiem: ma niezwykle wysoką porowatość, 12,6 procent, z dużą liczbą pustych przestrzeni w matriks, często wypełnionych kryształami od automorficznych do ksenomorficznych, które utworzyły się w tych porach. Podobnie wysoką porowatość zaobserwowano w meteorycie L5 Baszkówka, który ma także podobny do Mt. Tazera zait długi wiek ekspozycji na promieniowanie kosmiczne, podobne proporcje gazów szlachetnych, oraz podobną datę spadku (trzy lata i cztery dni po Mt. Tazera zait). Podobnie wysoką porowatość stwierdzono w niewielkiej liczbie innych chondrytów, takich jak Tjerebon, Miller, NWA 2380, Sahara 98034, i Nuevo Mercurio. Badacze sugerowali, że te meteority najprawdopodobniej pochodzą z tego samego ciała macierzystego.

Chociaż niektórzy sugerują, że porowatość w meteoritach jest pierwotną cechą wynikającą tylko z mniejszego stopnia sprasowania, to inni wskazują dowody na rzecz bardziej złożonych teorii formowania. Zespół z Politechniki Wrocławskiej, kierowany przez Tadeusza Przylibskiego, zaproponował wiarygodny model formowania się porowatego ciała macierzystego, który bierze także pod uwagę, że ta materia składa się z mieszaniny składników nieprzeobrażonych i stopionych. Według nich porowata materia utworzyła się na planetoidzie lub planetozymali w wyniku powolnej, wywołanej grawitacją akrecji słabo posortowanych składników. Najbardziej prawdopodobnym scenariuszem dla takiego formowania się jest środowisko powstałe po zderzeniu dwóch planetoid. Zderzenie musiało stopić znaczne części obu ciał, ale w powstałej gorącej chmurze gruzu części ciał macierzystych wyrzucone w przestrzeń w początkowej fazie zderzenia najwidoczniej uniknęły przetopienia. Po zderzeniu gruz opadał na ciało, które pozostało, a materia łączyła się w dość wysokiej temperaturze, ponieważ gęstość pozderzeniowej chmury przeciwdziałała szybkiemu stygnięciu. Powoli opadające na powierzchnię cząstki przy wysokiej temperaturze zgrzewały się w mocną, ale bardzo porowatą skałę. Bardziej porowata i mniej ściśnięta materia, jak Baszkówka, byłaby usytuowana stosunkowo blisko powierzchni, a mniej porowata i bardziej ściśnięta materia jak Mount Tazera zait musiałaby pochodzić z głębszych warstw ciała macierzystego. Według polskich naukowców pory w matriks mogły także umożliwić cyrkulację roztworów. Ponieważ kryształy w tych porach musiały rosnąć z fazy lotnej podczas metamorficznego równoważenia macierzystej skały, domniemanie odpowiedzialnej za to hydrotermalnej aktywności wydaje się oczywiste. Istotnie, według wyników badań polskiego zespołu, kryształy w porach są dowodem hydrotermalnych procesów w historii ciała macierzystego meteorytu.

Aktywność hydrotermalna zwykle zachodzi w kometach. Gdy komet zbliza się do Słońca, gazy zamrożone w jej jądrze zaczynają sublimować, a lód wodny się topi. W rezultacie reakcje hydrotermalne zmieniają oryginalną naturę i skład pierwotnych minerałów. Sugerowano więc,



Na przekroju meteorytu Mount Tazera zait widać wysoką porowatość matrix (u góry). W płytkach cienkich, sfotografowanych w świetle spolaryzowanym przy skrzyżowanych nikolach, widzimy rozmaitość belkowych chondr oliwinowych (niżej).

że planetoidy zawierające porowatą materię przeobrażoną przez wodne roztwory mogą być nazywane kometami, ponieważ początkowo stanowiły otwarte systemy, w których woda mogła cyrkulować. Co za ironia, że meteoryt z prawdopodobną wilgotną przeszłością wybrał na miejsce lądowania tak bardzo suche miejsce jak Tamesna w środkowej Saharze.

Następnego dnia zakończyliśmy pracę terenową na zachód od Aïr i przygotowaliśmy się do długiej podróży do środkowej Ténéré. Zanim wyruszyliśmy w góry Aïr, skierowaliśmy się do miasta Arlit, aby uzupełnić nasze zapasy. Elkontchi znał teren, po którym teraz poruszaliśmy się,

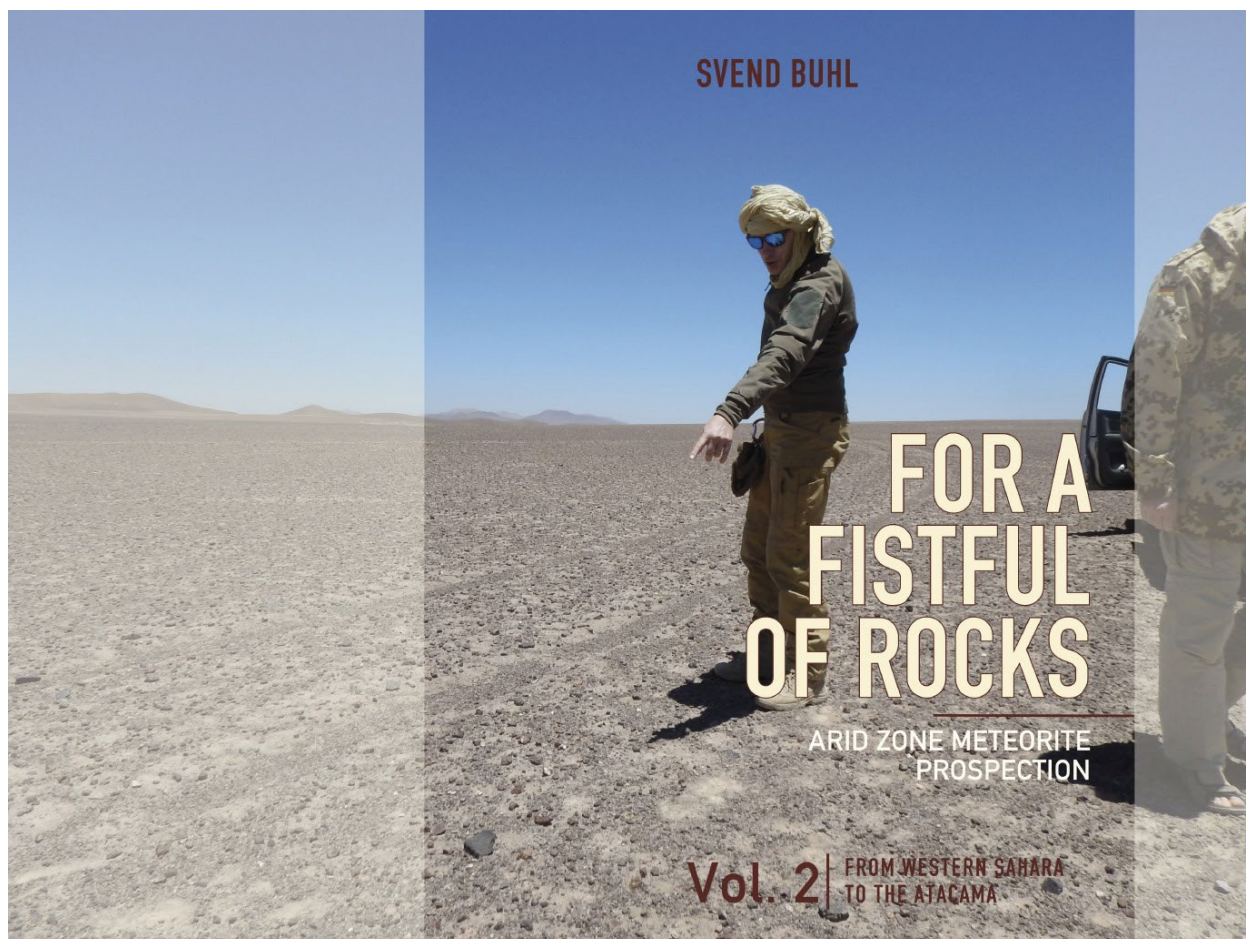
z czasów pierwszego powstania Tuaregów. Wspominał nam o „sztucznych wzgórzach” około 60 km na zachód od Arlit. Postanowiliśmy zmienić trasę i odwiedzić to miejsce.

„To tutaj,” zawołał Elkontchi wskazując na horyzont, gdzie nikt z nas nie mógł niczego dostrzec. Dopiero po kilku minutach dalszej jazdy przedislamskie cmentarzysko stało się widoczne. Ponad czterdzieści kurhanów rozrzuconych było na obszarze trzy na sześć kilometrów. Przez chwilę po prostu staliśmy tam chłonąc niesamowity widok. Kilka z tych kurhanów miało aż 18 stóp wysokości przy średnicy niemal 90 stóp. Mogliśmy wyróżnić dwa okresy. Starszy, z kurhanami typu rotundy, i młodszy, z kopcami o owalnych kształtach. Na niektórych, większych budowlach widać było ślady dawnego rabunku grobów. Parę zagłębień blisko grobowców wyglądało na zapadnięte tunele. Pojedyncze skorupy glinianych naczyń w wykopach pokazywały, że ta działalność, przynajmniej w niektórych przypadkach, była owocna.

Później dowiedzieliśmy się, że płaskie płyty piaskowca, które wykorzystano do budowy grobów, pochodziły ze źródła oddalonego o jakieś 25 km dalej na południe. Widać, że starożytni budowniczowie osiągnęli w tym miejscu mistrzostwo logistyczne. Trudno wyobrazić sobie dokonanie takiego dzieła bez zakładania znajomości koła. Od greckiego historyka Herodota wiemy, że tylko legendarni Garamantowie byli znani z takich osiągnięć.

Królestwo Garamantów, których Herodot opisuje jako „ludzi o gigantycznej wysokości, którzy zasiedlali oazy Wielkiego Morza Piasku”, istniało od około 1000 roku p.n.e. Przodujący pod względem techniki i organizacji praojcowie dzisiejszych Tuaregów ścigali etiopskich Troglodytów (jaskiniowców) na rydwanach, gdy tylko pojawili się oni na otwartej pustyni. Jest bardzo prawdopodobne, że Troglodyci, jak Herodot nazywa mieszkańców gór Ennedi i Tibesti, byli ostatnimi potomkami pierwotnej, neolitycznej populacji libijskich pustyń.

Późnym popołudniem minęliśmy kopalnię Arlit. Już z odległości 15 kilometrów widzieliśmy chmurę czerwonego pyłu wiszącą nieruchomo nad kamieniołomem. Złoża karbońskiego piaskowca i węgla Basenu Iullemmeden, położone na zachód od masywu Aïr, zawierają uran pochodzący z granitów masywu. Operacja pozyskania tych zasobów o strategicznym znaczeniu była gigantyczna. Rozbudowane przez francuski rząd pod koniec lat 60. kopalnie dostarczały w swym najlepszym okresie w latach 80. XX wieku 40% światowej produkcji uranu. W owym czasie uran stanowił 90% eksportu Nigru. Cały system francuskich elektrowni jądrowych, a także francuski program broni jądrowej, był i jest zależny od uranu wydobywanego w Arlit. By zrozumieć postawę Francji względem rozwoju Nigru trzeba zdawać sobie sprawę z tej zależności.



W przygotowaniu: For A Fistful of Rocks, Volume 2, From Western Sahara to the Atacama.

Po nowości i aktualizacje zapraszamy na Meteorite-Recon.com, do polubienia Meteorite Recon na Facebooku, albo odwiedzania nas @meteoriterecon na Instagramie.

Badania meteorytów.

Meteoryty granitowe i andezytowe – czy poza Ziemią istniały kontynenty?

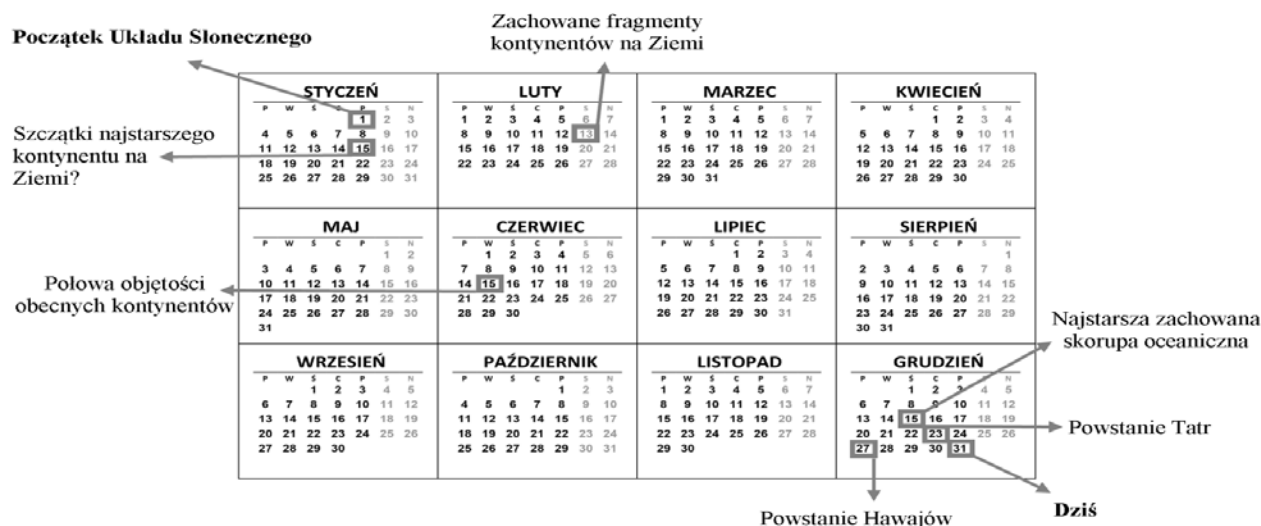
Agata Krzesińska

Co wspólnego mają ze sobą szklany wazonik, naszyjnik z ametystu, piasek na plaży i światłowody? Każda z tych rzeczy zawiera głównie tlenek krzemu, który w przyrodzie występuje jako minerał o nazwie kwarc. Choć na Ziemi jest to bardzo pospolity minerał, poza naszą planetą wydawało się, że nie występuje. Powstawanie kwarcu związane jest z krystalizacją skał granitowych i andezytowych, a te skały są dominującym budulcem skorupy kontynentalnej. Kontynenty pokrywają 40% powierzchni Ziemi i dlatego wydają się nam takie pospolite. Jednak stanowią zaledwie 1% objętości planety i powstały wskutek dość specyficznych — i nie do końca jeszcze poznanych — procesów geologicznych. Skorupa kontynentalna, to dość osobliwa cecha naszej planety.

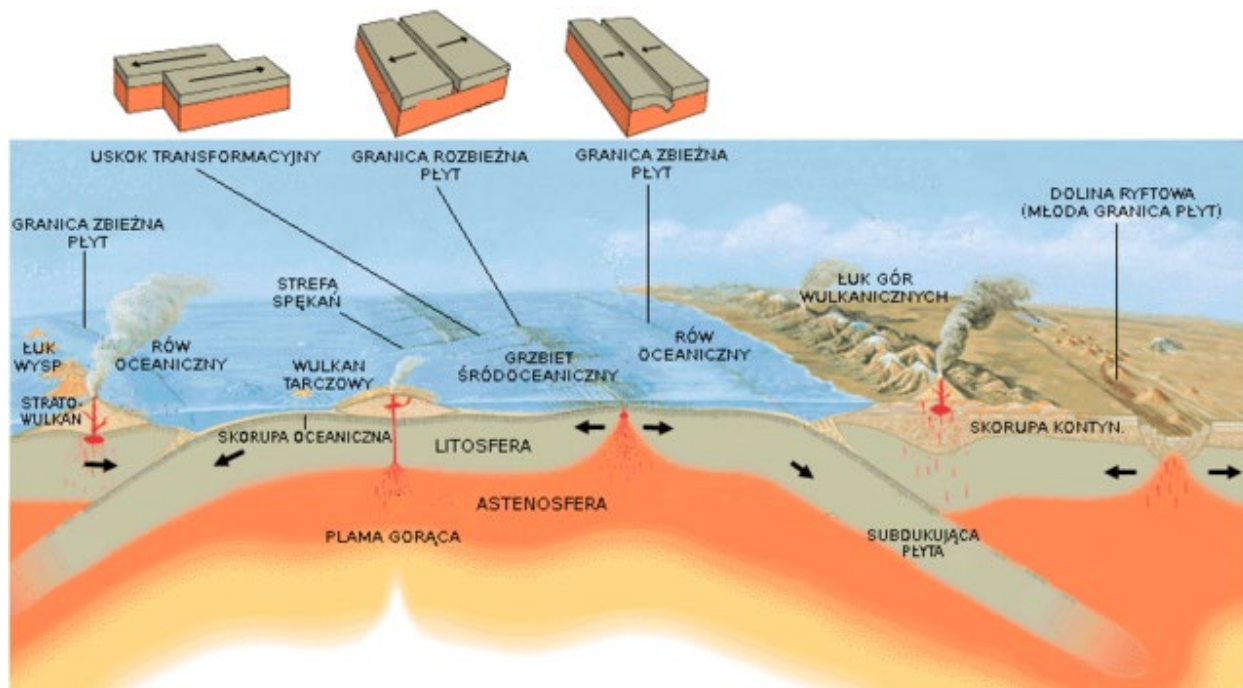
Według tego, jak rozumiemy obecnie proces powstawania skorupy kontynentalnej, tworzy się ona wskutek geologicznej ‘przeróbki’ bazaltów, np. tych tworzących skorupę oceaniczną. Na początku historii Ziemi, kiedy metaliczne jądro odseparowało się od krzemianowego płaszcza, z płaszcza zaczęła wydzielać się bazaltowa

skorupa, taka jaka jest pod oceanami. Taka pierwotna skorupa bazaltowa znana jest także z ciał pozaziemskich, np. z planetoidy Westa. Jej fragmentami są eukryty. Powstanie skał skorupy kontynentalnej wymaga bardziej zaawansowanych procesów.

Krystalizacją skał z magmy rządzi podstawowa zasada, że zawsze na początku powstają minerały ubogie w krzemionkę, takie jak oliwin i piroksen. W miarę zaawansowania krystalizacji, resztkowy stop staje się bogaty w SiO_2 i dopiero z niego zaczynają krystalizować minerały bogatsze w krzemionkę: plagioklasy i skalenie potasowe. Tak więc, najpierw powstają bazalty, zbudowane z piroksenu i plagioklazu, a dopiero na końcu granity, bogate w krzemionkę na tyle, że tworzy ona minerał kwarc — czyste SiO_2 (rys. 1). Można sobie jednak wyobrazić, że przy takim przebiegu krystalizacji, nawet z dużych ilości magmy, ilość resztkowego stopu zdolnego dać czystą krzemionkę, jest znikoma. Stąd też trudno oczekiwać, aby masa kontynentów utworzyła się wskutek takiej prostej frakcjonacji materiału. Jednak na powierzchni Ziemi mamy całkiem spore ilości skał bogatych w krzemionkę.



Rys. 1: Historia Układu Słonecznego i Ziemi przedstawiona w skali jednego roku. 1 stycznia, godzina 00:00:01 to zabyśnięcie Słońca, zgodnie z wiekiem inkluzji wapniowo-glinowych CAI datowanych na 4,568 mld lat. 31 grudnia, godzina 23:59:59 to chwila obecna. Najstarsze relikty skorupy kontynentalnej na Ziemi mają wiek 4,1-3,9 mld lat (połowa lutego), ale pojedyncze ziarna cyrkonów z Jack Hills w Australii sugerują, że być może kontynenty istniały już 4,3-4,4 mld lat temu (15 stycznia). Połowa istniejącej dziś skorupy kontynentalnej jest starsza niż 2,5 mld lat (połowa czerwca). W przeciwieństwie, bazaltowa skorupa oceaniczna nigdzie nie jest starsza niż 200 mln lat. Dla porównania Tatr i powstanie Hawajów to wydarzenia drugiej połowy grudnia. Jak widać, na Ziemi tworzenie się skorupy kontynentalnej i oceanicznej, to proces mocno rozłożony w czasie. Dla kontrastu, meteoryty NWA 11119 i Erg Chech 002 sugerują, że podobna do ziemskiej skorupa kontynentalna istniała na planetozymalach już kilka mln lat po początku aktywności Słońca (2-3 mln lat po CAI, czyli o godzinie 6-7 rano 1 stycznia). 4,53 mld lat temu (3 stycznia) materiał taki powstał gdzieś w stowarzyszeniu z chondrytami zwyczajnymi i został wbudowany w regolit ciała, którego fragmentem jest brekcja Adzhi-Bogdo.

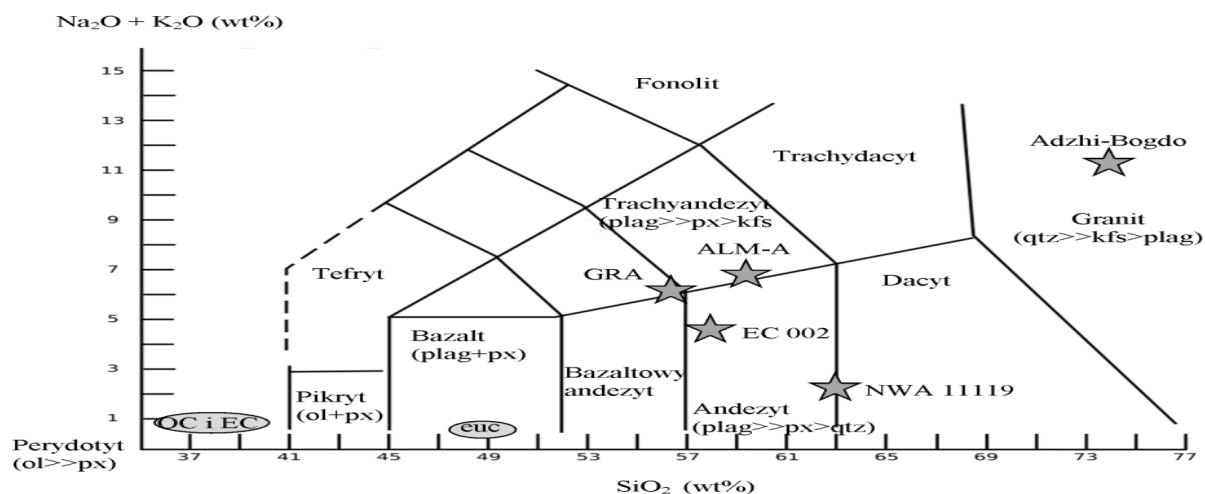


Rys. 2. Przekrój przez ziemską litosferę (skorupa i górna część płaszcza). W strefie subdukcji, płyta oceaniczna podsuwana jest pod płytę kontynentalną. Podczas wciągania do płaszcza ziemskiego, bazalt i osady z dna oceanu ulegają topieniu. Powstała magma jest źródłem andezytowego wulkanizmu i powstania nowej skorupy kontynentalnej. Źródło ilustracji: Wikipedia.

Wydaje się, że odpowiedzialne za to są dwa czynniki. Po pierwsze skały granitowe mają dużo niższą gęstość niż skały bazaltowe. Skorupa ziemska podlega ciągłemu dryftowi i, kiedy płyty kolidują ze sobą, recyklingowi. Bazaltowa skorupa oceaniczna cały czas powstaje w obszarach ryftów oceanicznych, ale jest wciągana z powrotem do płaszcza w strefach subdukcji. W przeciwieństwie do niej skorupa kontynentalna, lżejsza od bazaltu, nie daje się 'wciągnąć' w strefę subdukcji i jeśli raz powstała, pozostanie na powierzchni na zawsze. Dlatego też z czasem geologicznym ilość skorupy kontynentalnej na powierzch-

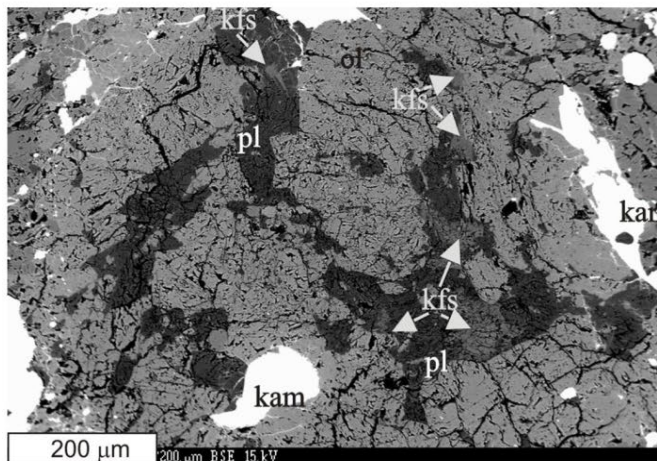
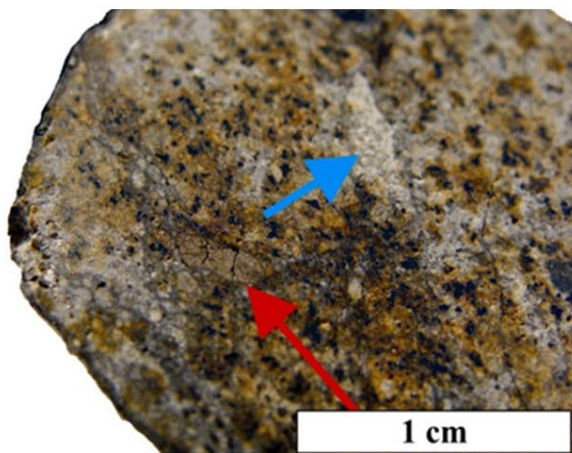
ni Ziemi się zwiększa. Najstarsze zachowane relikty skał kontynentalnych datowane są na 3,9–4,0 mld lat temu, a ponad połowa obecnej skorupy istniała na Ziemi przed 2,5 miliardami lat (Bonin i in. 2002). Dla porównania nie mamy zachowanej skorupy oceanicznej starszej niż 200 mln lat (dla wyobrażenia skali czasu, rys. 1).

Drugim, ważniejszym czynnikiem jest to, że krystalizacja frakcyjna przebiega inaczej, jeśli w magmie zawarta jest pewna ilość wody. Woda działa jak katalizator i sprawia, że magmę można dłużej utrzymać w stanie ciekłym, dzięki czemu powstałe wcześniej minerały



Rys. 3. Klasyfikacja skał magmowych uwzględniająca ich zawartość krzemionki i alkaliów. Wyjściowa magma o zawartości SiO_2 mniej niż 45 % w procesach geologicznych ulega frakcjonacji i produkty skalne są coraz bogatsze w SiO_2 (skład zmienia się ku prawej stronie wykresu). Na Ziemi typowa skorupa oceaniczna ma skład bazaltu, natomiast skorupa kontynentalna andezytu-granitu. Utworzenie skorupy kontynentalnej wymaga wielokrotnego wytapiania materiału bazaltowego i wzbogacania skał w SiO_2 . Tak zaawansowany chemicznie materiał poza Ziemią niemal nie występuje. Produkty uboczne takiego wytrącania, czyli perydotyty i piroksenity, są zubożone w krzemionkę, i lokują się bardziej ku lewej stronie diagramu.

Materiał chondrytowy (OC i EC, chondryty zwyczajne i enstatytowe) ma poniżej 40 wt% SiO_2 . Typowe znane achondryty (np eukryty, euc) mają skład bazaltu i zawartość krzemionki nie większą niż 50 wt%. Tylko bardzo unikatowy materiał, jak mł. wielkości klasty w brekcji Adzhi-Bogdo oraz pojedyncze przypadki achondrytów: NWA 11119, Erg Chech 002 (EC 002) i GRA 06128/129 (GRA) zawierają więcej krzemionki i prawdopodobnie są fragmentami skorupy podobnej do ziemskich kontynentów, jednak pochodzącej z planetozymali.



Rys. 4. Chemicznie zaawansowany materiał jest bardzo rzadki wśród skał chondrytowych i achondrytowych. Poza jednym meteorytem, Adzhi-Bogdo, kwarc nie występuje wśród próbek z planetoid. W niektórych chondrytach jednak istnieją minerały wskazujące na to, że procesy wzbogacania w SiO_2 następowały do pewnego stopnia. Np. meteoryt Pultusk w niektórych klastach typu H6/H7 (strzałka) zawiera skalenie potasowe, które w ziemskich skalach występują w trachyandezytach. Źródło: Agata Krzezińska, praca doktorska.

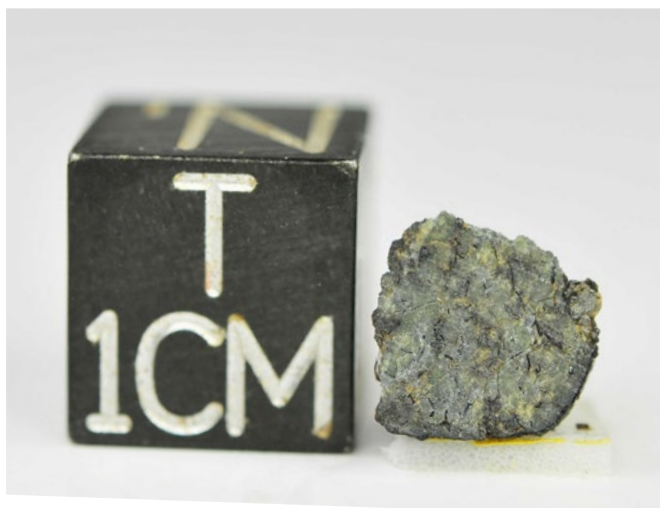
wchodzą w reakcję z pozostałym stopem i skutkiem tego więcej jest minerałów bogatych w SiO_2 . Z tego powodu ze skał bazaltowych topionych z pewną ilością wody mogą powstać spore ilości kwarcu. Taki proces tzw. uwodnionego magmatyzmu jest powszechny na Ziemi w strefach subdukcji, gdzie bazaltowa skorupa oceaniczna wraz z osadami z dna (zawierającymi wodę i inne składniki lotne), wciągana jest do płaszcza Ziemi i tam topiona (Campbell i Taylor, 1983). W tych strefach powstają największe ilości ziemskich skał andezytowych i granitowych. I to te miejsca są 'fabryką' kontynentów (rys. 2). Stąd wynika powszechnie przyjęte w geologii stwierdzenie: Nie ma wody, nie ma granitu — nie ma oceanów, nie ma kontynentów.

Ponieważ zarówno woda na powierzchni, jak i globalna tektonika, to cechy specyficzne, właściwe tylko Ziemi, wydaje się, że tylko na Ziemi mogą istnieć kontynenty. Rzeczywiście, wszystkie znane meteoryty achondrytowe (czyli te, które powstawały z procesów segregacji magmy) takie jak meteoryty marsjańskie, eukryty-diogenity-howardyty, aubryty, czy ureility, to skały magmowe niedosycone w krzemionkę. Wszystkie te meteoryty mają skład 'pierwotnego' bazaltu (rys. 3).

Czasem w meteorytach spotykane są fragmenty zawierające skałen potasowy (np. w silnie zmetamorfizowanych klastach meteorytu Pultusk, rys. 4, Krzezińska, 2016), ale nigdy kwarc. Skałen potasowy do powstania potrzebuje znacznej ilości SiO_2 , ale taka ilość krzemionki może powstać bez wody, bez procesów tektoniki globalnej. Sporadycznie dokumentowane były drobne fragmenty granitów w meteorytach żelaznych, czy w howardycie Dominion Range 2010 (Hahn i in., 2017). Najbardziej znany był pod tym względem chondryt Adzhi-Bogdo (Bischoff i in., 1993). Ten chondryt, brekcja LL3-6 zawiera bardzo różnorodne klasty, a same klasty granitowe mają rozmiary około 0,5–1 mm i osadzone są jako materiał regolitowy. Małe ilości tego materiału nie powodowały jednak kontrowersji dotyczących mechanizmu powstania. Mogły one powstać jako egzotyczny, resztkowy materiał frakcyjnej krystalizacji magmy bazaltowej gdzieś na planetoidach.

Klasty te zawierają pewną ilość apatytu, minerału, który w swojej sieci krystalicznej zawiera trochę ołowiu (Pb). Dzięki rozpadowi promieniotwórczemu Pb można było zbadać wiek apatytu i poznać czas utworzenia się klastów. Materiał ten powstał 4,53 mld lat temu (Terada i Bischoff, 2009), czyli dość wcześnie w historii Układu Słonecznego. W tym czasie na Ziemi nie istniały jeszcze nawet załążki kontynentów (rys. 1).

Pustynne znaleziska meteorytów w ostatnich latach skierowały uwagę na możliwość istnienia granitów/ andezytów — i być może skorupy kontynentalnej — na innych ciałach Układu Słonecznego. Jednymi z pierwszych tego typu meteorytów były antarktyczne achondryty GRA 06128/129 oraz ureilit Almahata-Sitta. Spadek Almahata-Sitta w 2008 r. dostarczył około 600 fragmentów meteorytów, głównie ureilitowych (rys. 5). Ureility są zbudowane głównie z oliwinu i prawdopodobnie reprezentują tzw. rezydium płaszcza, z którego wytopiona została jakaś skorupa. O tej skorupie jednak nic nie było wiadomo. W październiku 2009 r., w obszarze spadku Almahata Sitta, znaleziony został 24-gramowy fragment trachyandezytu (rys. 3), zbudowany z piroksenów, plagioklazu i skałen potasowych. Nazwany został



Rys. 5. Ureilit Almahata Sitta. Okaz z kolekcji Tomasza Jakubowskiego. Waga 0,18 g. Fotografia: Tomasz Jakubowski.

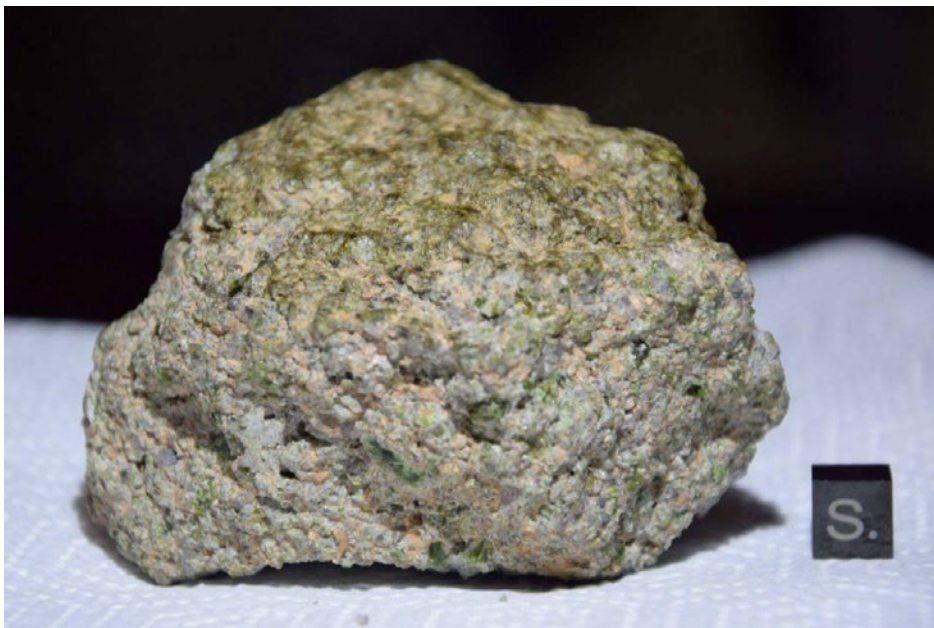
ALM-A. Fragment ten musi reprezentować unikatową skorupę ureilitowego ciała macierzystego, a jego powstanie datuje się na 4,562 miliardy lat, czyli jakieś 7 milionów lat po powstaniu Układu Słonecznego (Bischoff i in., 2011).

Jeszcze ciekawsze było znalezienie i klasyfikacja meteorytu NWA 11119 (rys. 6) oraz nieco później Erg Chech 002. NWA 11119 znaleziony został w Mauretanii, w 2016 r. Jest to pojedynczy fragment o masie 450 gramów, częściowo pokryty jasnozieloną skorupą obtopieniową. Skąła ta zbudowana jest z plagioklazu, piroksenu i w 22%

z czystej krzemionki. Jest to niezgrupowany achondryt, izotopowo być może podobny do ureilitów (Srinivasan i in., 2018). Z kolei Erg Chech 002, to znalezisko kilkunastu meteorytów z Algierii w 2020 r. Ten meteoryt zbudowany jest ze skaleni, piroksenu i 5% wolnej krzemionki. Izotopowo najbardziej przypomina eukryty lub angryty (Barrat i in., 2021). Oba te meteoryty zostały poddane datowaniu i okazuje się, że NWA 11119 powstał jakieś 3–4 miliony lat od początku Układu Słonecznego (Srinivasan i in., 2018), a Erg Chech 002 nie później niż 2–2,5 mln lat (Barat i in., 2021). Oznacza to, że reprezentują one relikty andezytowych skorup planetozymali powstałych na samym początku akrecji (rys. 1).

W jaki sposób tak zaawansowana chemicznie skorupa mogła powstawać na planetozymalach? I to tak wcześniej? Tego nie wiemy. Jest to bardzo ciekawe pytanie dla geologii i, aby poszukać odpowiedzi, prowadzone są badania geochemiczne. Pewne procesy topienia i ponownego krystalizowania skał można śledzić poprzez analizę zawartości różnych pierwiastków. Najciekawsze w procesach magmowych są pierwiastki ziem rzadkich, REE. Są one bardzo niedopasowane do struktury krzemianów, co oznacza, że jeśli tylko jest wybór pomiędzy minerałem a stopem, pierwiastki te będą w stopie. Zatem, kiedy rozpocznie się wytapianie materiału, na samym początku do stopu przejdą niemal wszystkie dostępne REE, a reszta pierwiastków będzie stopniowo dołączać do stopu wraz z dalszym topieniem. Z kolei przy krystalizacji skał REE wbudowane będą dopiero w ostatnie produkty mineralne. A zatem, jeśli ilość REE w badanej skale jest taka sama jak w materiale pierwotnym, stopieniu uległa duża ilość materiału pierwotnego. Jeśli natomiast skała zawiera dużo REE — prawdopodobnie wytopiona została tylko niewielka frakcja materiału, która została szybko odizolowana. Ziemska skorupa kontynentalna zawiera niemal cały planetarny budżet REE.

Okazuje się, że NWA 11119 ma tzw. płaski wykres zawartości REE (Srinivasan i in. 2018). Ten achondryt powstał z całościowego topienia materiału chondryto-



Rys. 6. Masa główna meteorytu NWA 11119. Niezgrupowany achondryt o składzie andezytu. Okaz o wadze 453 g z kolekcji Abdelhadi Aithiba. Fotografia: Abdelhadi Aithiba.

wego. Możliwe, że przyczyną topienia był impakt, kiedy następuje gwałtowne intensywne topienie i gwałtowna krystalizacja, bez możliwości segregacji materiału na większą skalę. Co prawda trudno obliczyć, jaki chondryt mógłby być materiałem wyjściowym dla powstania tej skały. Nie mamy w kolekcjach niczego, co by pasowało. Np topienie chondrytów zwyczajnych L czy H (Usui i in., 2015) może doprowadzić do powstania andezytu, takiego jak NWA 11119, ale taki andezyt miałby dużo więcej Fe niż ma go NWA 11119. Z kolei topienie chondrytów R (Lunning i in., 2020), dałoby dobrą ilość Fe, ale dużo więcej alkaliów, a zatem powstałby trachyandezyt a nie andezyt (rys. 3).

Dla odmiany Erg Chech 002 zawiera bardzo mało pierwiastków ziem rzadkich, co interpretuje się tak, że andezyt wytopiony został z materiału już wcześniej zubożonego (Barrat i in., 2021). Jeśli wcześniej na planetozymali powstała skorupa bazaltowa, to do niej przeszły pierwiastki REE, a pozostałe produkty resztowe (piroksenity) pozostały ubogie w takie pierwiastki. Ekstrakcja nowego stopu z tego zubożonego materiału może prowadzić do powstania takich skał jak Erg Chech 002. Jest to proces bardzo analogiczny do tworzenia skorupy ziemskiej i rzeczywiście EC 002 pod względem zawartości pierwiastków ziem rzadkich mocno przypomina ziemskie andezyty.

Jeszcze inna historia zarysowuje się z badań meteorytów GRA 06128/129. W tych meteorytach nietypowa jest zawartość pierwiastków syderofilnych. Są to pierwiastki, które preferują bardziej minerały metaliczne i siarczkowe niż krzemiany (np. Fe, Ni, Co), zatem wraz z procesem tworzenia się metalicznego jądra na planecie, coraz mniej ich zostaje we frakcji krzemianowej. Ziemska skorupa, zarówno oceaniczna jak i kontynentalna, jest silnie zubożona w takie pierwiastki. A andezyty GRA 06128 i 06129 zawierają sporo tych pierwiastków, co sugeruje, że powstały na planetozymalu, który nie miał wcale metalicznego jądra (Day i in., 2009, Day i in., 2012). Kluczem do powstania andezytu w tym przypadku może być duża

zawartość substancji lotnych (Shearer i in., 2010), które — jak opisano powyżej — działają jak katalizator podczas frakcjonacji magmy.

Jak się więc okazuje, bogate w krzemionkę lawy powstawały z materiału chondrytowego i możliwe, że bardzo pierwotne planetozydale posiadały skorupę nie bazaltową, a taką jak nasze ziemskie kontynenty. Oczywiście procesy powstawania takiej skorupy są dość odmienne od ziemskiej tektoniki.

Czy jednak skorupy andezytowe i granity tworzyły się powszechnie w Układzie Słonecznym? Dlaczego tak mało meteorytów je reprezentuje? Możliwe, że tworzenie się andezytu na planetozymbalch było bardzo ograniczone w czasie. Modele termiczne pokazują, że planetozydale, które zaczęły akrecję nie później niż 1 mln lat po powstaniu inkluzji CAI, mogły osiągnąć temperatury około 1500°C. Później, ilość energii z rozpadu krótkotrwałych izotopów była już niewystarczająca, a zatem zaawansowany magmatyzm już nie był możliwy. Po drugie, bardzo prawdopodobne, że żadne z takich ciał po prostu nie przetrwało do dziś. W czasie późniejszej akrecji, ciała te kolidowały ze sobą, były rozbite i wbudowane zostały w tworzące się planety. Rzeczywiście, spektra meteorytu Erg Chech 002 nie pasują do widm żadnej obecnie obserwowanej planetoidy. Dlatego więc meteority andezytowe pozostaną raczej egzotycznym materiałem w kolekcjach, choć bardzo ciekawym, bo zmieniły nasze spojrzenie na unikatowość ziemskich kontynentów i magmatyzm we wczesnym Układzie Słonecznym.

Literatura:

- Barrat i in., 2021: A 4.565-My-old andesite from an extinct chondritic protoplanet. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118: e2026129118.
- Bischoff i in., 1993: Alkali-granitoids as fragments within the ordinary chondrite Adzhi-Bogdo: Evidence for highly fractionated, alkali-granitic liquids on asteroids. *Lunar and Planetary Science Conference* 24: 113.
- Bischoff i in., 2011: Trachyandesitic volcanism in the early Solar System: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 12689–12692.

- Bonin i in., 2002: Granite: A planetary point of view. *Gondwana Research* 5: 261–273.
- Campbell i Taylor, 1983: No water, no granites — No oceans, no continents. *Geophysical Research Letters* 10: 1061–1064.
- Day i in., 2009: Early formation of evolved asteroidal crust. *Nature Letters* 457: 179–183.
- Day i in., 2012: Origin of felsic achondrites Graves Nunataks 06128 and 06129, and ultramafic brachinites and brachinite-like achondrites by partial melting of volatile-rich primitive parent bodies. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 81: 94–128.
- Hahn i in., 2017: Dacite formation on Vesta: Partial melting of the eucritic crust. *Meteoritics and Planetary Science* 52: 1173–1196.
- Krzesińska A., 2016: Thermal Metamorphic Evolution of the Pultusk H Chondrite Breccia — Compositional and Textural Properties not Included in Petrological Classification. *Geological Quarterly*, 60: 211–224.
- Lunning i in., 2020: Insights into the formation of silica-rich achondrites from impact melts in Rumuruti-type chondrites. *Meteoritics and Planetary Science* 130–148.
- Shearer i in., 2010: Non-basaltic asteroidal magmatism during the earliest stages of solar system evolution: A view from Antarctic achondrites Graves Nunatak 06128 and 06129. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74: 1172–1199.
- Srinivasan i in., 2018: Silica-rich volcanism in the early solar system dated at 4.565 Ga. *Nature Communications* 9: 3036.
- Terada i Bischoff, 2009: Asteroidal Granite-like Magmatism 4.53 Gyr ago. *The Astrophysical Journal* 699:L68
- Usui i in., 2015: A partial melting study of an ordinary (H) chondrite composition with application to the unique achondrite Graves Nunataks 06128 and 06129. *Meteoritics and Planetary Science* 50: 759–781.

Dr Agata Krzesinska jest geologiem planetarnym. Pracuje na Uniwersytecie w Oslo i zajmuje się badaniami meteorytów. Szczególnie interesują ją procesy metamorfizmu uderzeniowego na planetoidach i planetach oraz historia wody na Marsie.



Wyprowa po meteoryt Ozerki

Alicja Morys

Pomysł, aby wyruszyć do Rosji na poszukiwania meteorytów, padł ze strony Adama dość spontanicznie. Choć początkowo inicjatywa wyjazdu wydawała się niemożliwa do zrealizowania, to udało nam się wygospodarować czas, aby móc wyjechać do miejscowości Ozerki w obwodzie lipieckim, gdzie dnia 21 czerwca 2018 r. spadły meteority sklasyfikowane jako chondryty zwyczajne L6.

Po pierwsze musieliśmy zawnioskować o wizy, zakupić bilety lotnicze i zarezerwować noclegi. Wizy udało

się załatwić w stosunkowo krótkim czasie, terminy lotów sprzyjały naszym planom, a sprawa noclegu rozwiązała się sama, bowiem w promieniu 20 km od miejsca spadku znajdował się tylko jeden hotel.

Dnia 23 sierpnia 2018 r. wyruszyliśmy — Alicja i Jarosław Morys oraz Adam Sekuła — samolotem z Krakowa do Warszawy, a stamtąd bezpośrednio do Moskwy. Spędziliśmy noc w jednym z pobliskich lotnisku hoteli, by następnego dnia wrócić na lotnisko Moskwa-Szerebietiewo, odebrać wynajęty samochód i kontynuować

podróż na południe Rosji. Mieliśmy do przemierzenia ponad 400 km, które sprawnie pokonaliśmy w kilka godzin. Następnie dotarliśmy do celu naszej podróży, miejscowości Stanovoye. Miejscowość niewielka, lecz na miejscu znajdują się najpotrzebniejsze punkty: hotel, sklepy, stacja benzynowa. Po zameldowaniu, w pokoju hotelowym dokładnie opracowaliśmy dostępne mapy z danymi na temat elipsy spadku oraz ustaliliśmy strategię poszukiwań.

Kolejnego dnia, pełni optymizmu i podekscytowania, wyruszyliśmy w stronę miejscowości Ozerki. Poszukiwania meteorytów rozpoczęliśmy w miejscu, które znajdowało się w początkowej części elipsy rozrzutu, gdzie powinny znajdować się najmniejsze masy. W miejscu, które wybraliśmy znajdowały się głównie dorodne pola soi i słoneczników, co znacznie utrudniało poszukiwania. Sukcesywnie przeczesywaliśmy ustalone przez nas miejsce, jednak z upływem godzin zmniejszał się poziom zarówno energii, jak i entuzjazmu. Gdy zastał nas zmierzch, postanowiliśmy powrócić do hotelu, by zebrać siły na kolejny dzień poszukiwań.

Następnego dnia z samego rana rozpoczęliśmy poszukiwania w innym miejscu niż dzień wcześniej. W trakcie eksplorowania pobliskich pól spotkaliśmy na swojej drodze Aleksandra, pochodzącego z Moskwy poszukiwacza meteorytów. Rosjanin okazał się być bardzo pomocnym i uprzejmym człowiekiem. Wskazał nam miejsca, gdzie będziemy mieli największe szanse na znalezienie okazów. Miejsce wskazane przez Aleksandra, to kilka następujących po sobie pagórków, na których została skutecznie wypalona trawa. Widok był co najmniej przygnębiający, ale wśród wypalonych traw znacząco łatwiej można było odnaleźć meteoryty. Z opowiadań Aleksandra dowiedzieliśmy się, że bezpośrednio po spadku na miejscu zjawili się wielu poszukiwaczy, a samo poszukiwanie było łatwiejsze ze względu na niewyrośnięte jeszcze uprawy soi. Z czasem jednak poszukujący zaczęli niszczyć uprawy i doprowadzać do pożarów pobliskich łąk, dlatego konieczna była interwencja lokalnej policji. Nasz wyjazd miał miejsce w sierpniu 2018 r., czyli dwa miesiące po spadku. Oznaczało to zarówno utrudnienia związane z rozwiniętymi uprawami, ale i ułatwienia w związku z mniejszą ilością poszukiwaczy. Ostatecznie poszukiwającymi w tym czasie była nasza trójka oraz Aleksander.

Metodycznie przeszukiwaliśmy każdy z pagórków, jednak przez prawie osiem godzin nie udało nam się znaleźć choćby jednego okazu. I gdy już postanowiliśmy zakończyć poszukiwania na ten dzień, dostrzegłam pierwszy meteoryt. Kamień ważył 11,95 g i był częściowo pokryty skorupą obtopieniową. Rozmiar okazu nie był imponujący, niemniej znalezisko dało nam niewymownie wiele radości i dodało motywacji do kolejnych poszukiwań.



Największy znaleziony okaz 60,69 gramów in situ (fot. Jarosław Morys)

Kolejnego dnia rozpoczęliśmy poszukiwania w miejscu pierwszego znaleziska. Był to właściwy trop, ponieważ po niedługim czasie znalazłam kolejny okaz — meteoryt w całości pokryty skorupą obtopieniową, prawie w całości znajdował się w dołku uderzeniowym. Jak się później okazało, miał to być największy kamień, jaki przywieźliśmy z Rosji. Okaz ważył 60,69 g.

Temperatura w owym czasie w Rosji była stosunkowo wysoka, momentami sięgała 30°C, co potęgowało zmęczenie, a jaskrawe światło słoneczne nieco utrudniało dostrzeżenie meteorytów na spalonej glebie. Największą skuteczność osiągaliliśmy w godzinach popołudniowych, gdy słońce zbliżało się do linii horyzontu. I właśnie po południu tego samego dnia, po kilku kolejnych godzinach, znalazłam kolejny meteoryt, ważący 30,20 g. Okaz leżał niczym nieosłonięty na powierzchni ziemi. Tego samego dnia, w drodze powrotnej do samochodu, również i Jarek znalazł swój pierwszy okaz. Meteoryt znajdował się na ścieżce i był wręcz wdeptany w ziemię. Z nieukrywaną satysfakcją dołączyliśmy do zbiorów okaz o wadze 19,47 g.

Następnego dnia — jak i w dwóch poprzednich dniach — zaparkowaliśmy obok samochodu Aleksandra i spędziliśmy z nim chwilę na rozmowie. Adam wykazał się dobrą znajomością języka rosyjskiego, dlatego mogliśmy korzystać z cennych wskazówek Aleksandra, który sam miał bardzo wysoką skuteczność w wyszukiwaniu okazów. Po dwóch godzinach poszukiwań Jarek znalazł pierwszy tego dnia okaz. Meteoryt miał delikatnie spienioną skorupę obtopieniową, posiadał niewielkie okienko i ważył 13,79 g. Drugi okaz tego dnia został znaleziony przeze mnie, gdy w godzinach późnopołudniowych postanowiliśmy zakończyć poszukiwania i zmierzaliśmy do samochodu. Znalezisko ważyło 34,61 g.

Piąty dzień poszukiwań zakończył się jednym okazem, mianowicie meteoritem znalezionym przez Jarka. Okaz ważył 51,44 g, spoczywał w całości w ziemi, widoczna była wyłącznie jego górna powierzchnia. Był to nasz

jedyny okaz impact melt breccia, który w późniejszym czasie w całości został pocięty na płytki.

Ostatniego dnia pobytu w obwodzie lipieckim postanowiliśmy przeszukać teren znajdujący się tuż obok miejsca, gdzie codziennie parkowaliśmy samochód, w myśl zasady, iż najciemniej pod latarnią. Przeczucie okazało się trafne, ponieważ zaledwie po 30 minutach znalazłam pierwszy okaz, ważący 23,42 g, a kilkanaście minut później kolejny, ważący 25,96 g. Niestety w godzinę wyczerpaliliśmy nasz limit szczęścia, ponieważ — jak miało się okazać 8 godzin później — były to jedyne okazy znalezione tego dnia.

Prawie wszystkie znaleziska zostały udokumentowane kamerą przez Adama, który całość własnej relacji z wyjazdu zamieścił na portalu YouTube na kanale „Meteorytowy”. Po pracy w terenie postanowiliśmy pojechać do samej miejscowości Ozerki, aby zapytać okoliczną ludność o znalezione do tej pory meteoryty. Jednak reakcje mieszkańców okazały się mało przyjazne — mieszkańcy wsi zwykle nie chcieli z nami rozmawiać, wymieniali między sobą ciche uwagi lub zasłaniali się niewiedzą. Po kilku próbach podjęcia rozmowy porzuciliśmy ten pomysł. Wyczerpani, ale szczęśliwi powróciliśmy ostatni raz do hotelu, by podziwiać znalezione okazy, z najwyższą starannością zabezpieczyć je przed podróżą i zebrać siły do drogi powrotnej. Łącznie zebraliśmy 9 okazów o łącznej wadze 271,53 g.



Uczestnicy wyprawy (od lewej): Adam Sekuła, Jarosław Morys, Alicja Morys (fot. Jarosław Morys)

W Moskwie spędziliśmy jeszcze dwa dni, aby skorzystać z uroków miasta, po czym wróciliśmy do Polski. Rosyjską przygodę z meteorytami wspominamy wyłącznie z pozytywnymi emocjami wraz z solennym przyrzeczeniem, że to na pewno nie ostatnie znalezione przez nas meteoryty.

Kontakt: alicja.morys1@gmail.com



Nowy spadek w Polsce

Andrzej Owczarzak

15 lipca br. kilka kamer bolidowych z terenu Czech zarejestrowało dzienny bolid nad terenem Polski. Było to około godz. 5.00. Pomimo że końcowy odcinek przelotu zakryty był chmurami, udało się wyznaczyć obszar potencjalnego spadku na południe od miasta Mikstat.

Po otrzymaniu informacji od Zbigniewa Tymińskiego o nowym spadku natychmiast ruszyliśmy na jednodniowy szybki wypad, jednak za pierwszym razem nie udało się znaleźć żadnego okazu, więc szybko zorganizowaliśmy drugą wyprawę w szerszym gronie: Michał Nebelski,

Kryspin i Jędrzej Kmiecikowie oraz ja. Po kilku godzinach poszukiwań i zaliczaniu kolejnych obszarów Kryspin Kmiecik szczęśliwie stanął w miejscu, w którym wylądował meteoryt. Znalezione okazy mają masę 351,6 g i wyraźny ślad odłupania fragmentu, prawdopodobnie w wyniku uderzenia. Niestety, do tej pory (14 sierpnia) nie udało się nic więcej znaleźć.

Poszukiwania będą kontynuowane przez różne grupy. Jednak teren nie jest łatwy, a szybko postępujące prace rolne na polach mogą znacznie zmniejszyć szanse na owocne wyniki.



Efekty dźwiękowe bolidów

Jarosław Morys

Watmosferę ziemską nieustannie wchodzą fragmenty skał pochodzenia kosmicznego. Przedzierające się przez jej warstwy z kosmiczną prędkością (ok. 11–72 km/s) okrucy, tworzą zjawisko meteoru, czyli świecenie sprężonego, ogrzanego i zjonizowanego gazu, powodowane tarcie obiektu o cząsteczki powietrza (Korpikiewicz, 1988). Przy niektórych zjawiskach meteorowych często mamy do czynienia z efektami akustycznymi. Można usłyszeć np. trzaski, syki i zgrzyty. Są to dźwięki słyszalne w momencie wizualnej obserwacji zjawiska. Dźwięk w tym przypadku rozchodzi się z prędkością fali światła. Najpewniej dźwięk jest powodowany przez poruszające się światło i powiązany z tym efekt fotoakustyki (www.urania.edu.pl) lub jest zjawiskiem związanym z infradźwiękami. Czasem dźwięk ma formę świstu czy gwizdu, wzbudzonego przez wiry powietrza powstające przy przemieszczaniu się pozaziemskiej skały w ciemnej fazie lotu. W trakcie najgwałtowniejszych zjawisk, zwanych bolidami i superbolidami, słyszalny może być huk — grom dźwiękowy — podobny do grzmotu pioruna (Pstrzoch-Karpowicz, 1950). Przy bardziej spektakularnych zjawiskach z towarzyszącą im fragmentacją, po wybuchu głównym, daje się słyszeć dudnienie, łoskot, jeden wybuch lub serię mniejszych wybuchów, podobnych do przytłumionych wystrzałów armatnich. Te zjawiska z kolei powodowane są działaniem jednej lub wielu fal uderzeniowych.

Główna fala uderzeniowa powstaje w momencie eksplozji, wywołanej gwałtownym wyzwoleniem energii na niewielkim obszarze. Energia kinetyczna¹ jest niesiona przez obiekt przechodzący przez warstwy atmosfery z naddźwiękową prędkością (Żbik, 1989). W wyniku wybuchu powstaje kula sprężonego gazu o wysokiej temperaturze. Rozchodzi się ona promieniście w atmosferze. Kula ta pędzi przed sobą warstwę fali uderzeniowej grubości około 0,025 mikrometra (Glass, 1980). Fala uderzeniowa jest powodem nagłego podwyższenia ciśnienia, temperatury i gęstości ośrodka, w którym się rozchodzi, czyli powietrza. Za frontem fali uderzeniowej pędzi fala prędkości dająca efekt podmuchu. Fala uderzeniowa wywołuje również wstrząs, który — podobnie jak podmuch — może stać się zagrożeniem dla ludzi, jak i konstrukcji budowlanych. W miarę wzrostu odległości od epicentrum wybuchu siła podmuchu i głośność grzmotu, jak również efekt wzrostu ciśnienia i temperatury, słabnie, aż do całkowitego zaniku. Główna fala wywołuje wiodący grom.

Kolejne wybuchy lub serie wybuchów są natomiast wynikiem poruszających się z prędkością naddźwiękową fragmentów ciała kosmicznego, co samo w sobie wytwarza balistyczne fale uderzeniowe, podobnie jak przy przełocie samolotu odrzutowego. Jeżeli obiekt spada w całości (bez fragmentacji), można czasem usłyszeć tylko jeden

huk, bez gromu eksplozji. Jeżeli występuje fragmentacja, każdy z fragmentów poruszających się z prędkościami ponaddźwiękowymi wytwarza własną falę uderzeniową, czego efektem jest szereg detonacji.

Zjawisko gromu dźwiękowego jest oddalone w czasie od zjawisk świetlnych bolidu, ponieważ prędkość dźwięku różni się znacząco od prędkości światła (prędkość dźwięku: ok. 340 m/s; prędkość światła ok. 300 tys. km/s.). Czas między tymi dwoma elementami zjawiska wzrasta wraz z odległością obserwatora od miejsca, nad którym meteoroid eksplodował. Również nad miejscem wybuchu jest zauważalna różnica czasu pomiędzy dotarciem światła a falą dźwiękową, ponieważ znakomita większość obiektów wyhamowuje w atmosferze do prędkości poniżej prędkości dźwięku, a fala uderzeniowa tworzy się wysoko nad Ziemią.

Doskonałymi przykładami efektów działania meteoroidowych fal uderzeniowych jest katastrofa tunguska oraz spadek deszczu meteorytowego w okolicy Czelabińska. Pierwsze z tych zdarzeń miało miejsce na Syberii w 1908 roku. Eksplozja wytworzona w atmosferze dała efekt w postaci fali uderzeniowej, której gorący podmuch powalił las na obszarze ponad 2 tys. km² (Żbik, 1995). Odgłos gromu był słyszany na obszarze 1 mln km², a związany z falą wstrząs spowodował drżenie ziemi, które zarejestrowały sejsmografy w lokalizacjach oddalonych o 800 km. Powietrzną falę uderzeniową zarejestrowały barografy oddalone o 6 tys. km (Krinow, 1961). Drugie zjawisko wystąpiło również na terenie Rosji, w roku 2013. Fala uderzeniowa i towarzyszący jej podmuch uszkodziły około 7500 budynków, głównie wybijając w nich szyby. Ich odłamki poraniły ponad 1500 osób (www.wikipedia.org), a wielu doznało poparzeń od gorącego podmuchu. Wstrząs wywołany przez falę uderzeniową miał siłę 2,7 w skali Richtera, a odgłos wybuchu w zakresie infradźwięków zarejestrowała stacja badawcza na Antarktyce.

Spis literatury:

- Glass I., 1980, *Fale uderzeniowe i człowiek*, PWN, Warszawa.
- Korpikiewicz H., 1988, *Spadające gwiazdy*, Krajowa Agencja Wydawnicza, Poznań.
- Krinow E., 1963, *Przybysze z kosmosu*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa.
- Pstrzoch-Karpowicz, 1950, *Komety i gwiazdy spadające*, Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa.
- Żbik M., 1989, *Tropem tunguskiej katastrofy*, Instytut Wydawniczy Nasza Księgarnia, Warszawa.
- Żbik M., 1995, *Kosmiczne katastrofy w historii Ziemi*, Książka i wiedza, Warszawa.
- https://pl.wikipedia.org/wiki/Meteor_czelabiński (dostęp: 1.12.2020 r.)
- <https://www.urania.edu.pl/wiadomości/blizej-rozwiazania-zagadki-halasujacych-meteorow-3200.html> (dostęp: 1.12.2020 r.)

¹ $mv^2/2$ (m — masa; v — prędkość).

Sprawy cywilne i karne związane z meteorytami

Andrzej Kotowiecki

W długiej historii meteorytów były one niekiedy własnością kapłanów, świętyń, władców, szamanów, magów, szarlatanów i oszustów. Były one przedmiotem wierzeń religijnych, karą lub darem bożym, środkiem magicznym czy też medycznym.

W historii starożytności mamy wiele przykładów meteorytów będących własnością świętyń, jak również przykładów ich zbierania i czczenia jako darów od bogów. W dobie obecnej są one badane, kolekcjonowane, są przedmiotem handlu a także są przedmiotem przestępstwa i sporów sądowych.

Należy podkreślić, że jeszcze ok. 60 lat temu nikt nie dawał wielu szans na regularne znajdowanie meteorytów. Było wtedy znanych na świecie ok. 2100 meteorytów, które znaleziono na przestrzeni ok. 200 lat, znajdując rocznie ok. 10 nowych. Obecnie, poczynszy od końca lat 60., meteoryty stały się czymś, co jest pożądane, czymś, na czym niektórzy „robią duże pieniądze”, ale również czymś, co jest szczególnie cenne dla nauki i dlatego należy poświęcić meteorytom więcej uwagi w ustawodawstwie tak, aby zabezpieczyć je dla dobra nauki i z korzyścią dla wszystkich. Wiele krajów podchodzi bardzo poważnie do problemu nielegalnego wywożenia meteorytów poza granicę ich państw. Jednak globalny handel meteorytami np. w Afryce Północnej z biegiem lat się nasila. Kolekcjonerzy meteorytów nakręcają popyt, a naukowcy również przyczyniają się do rozkwitu tego handlu. W jaki sposób? Otóż, chcąc ocalić bezcenne znaleziska meteorytów, instytuty badawcze z całego świata skupują od handlarzy tysiące okazów. Największe targi meteorytów obecnie są we francuskim Ensishheim oraz amerykańskim Tucson w Arizonie czy też Denver w Colorado. Targi te przyciągają tak naukowców jak i kolekcjonerów meteorytów z całego świata. I tutaj rzecz ciekawa: większość meteorytów posiada certyfikaty renomowanych instytutów badawczych bądź też uniwersyteckich, na podstawie których meteoryty są oficjalnie zarejestrowane w Londynie. Jak to się dzieje? Otóż za próbkę ok. 20 do 50 gramów, która jest zbadana w laboratorium, jest wydawany certyfikat i jednostka badawcza może wystąpić ze zgłoszeniem nowego spadku lub miejsca odkrycia. Pozostałą część masy głównej znalazca lub handlarz sprzedaje na giełdzie kolekcjonerom, placówkom badawczym i muzeom po odpowiednio wyższej cenie, gdyż meteoryt jest „certyfikowany”. Pomimo czasem restrykcyjnych przepisów dotyczących obrotu meteorytami, wszyscy przymykają oczy na ten proceder. Jak widać w proceder świadomie uwikłani są sami naukowcy, którzy nie mając do dys-

pozycji żadnych narzędzi mogących pomóc w ocaleniu najbardziej wartościowych okazów, sami przyczyniają się do kwitnienia meteorytowego biznesu. Jednak z drugiej strony na ten moment naukowcy nie mają innego wyjścia.

Od kiedy handlem meteorytami zaczęła interesować się policja oraz wymiar sprawiedliwości. Pierwsze sprawy zaczęły trafiać do sądów już w XIX wieku. Ale do tego jeszcze wrócę, a zacznę od głośniejszej sprawy, która stała się zwycięstwem jednego z handlarzy, a która zaczęła się w 1992 roku, kiedy to rząd australijski nalegał na międzynarodowe ściganie złodziei meteorytów. Wszystko zaczęło się od znalezienia w Australii Zachodniej w pobliżu miejscowości Calcalong Greek na północny wschód od Perth — 19 gramowej kawałka skały księżycowej. Wtedy był to dwunasty znaleziony na Ziemi meteoryt księżycowy, a jedyny znaleziony poza Antarktyką. Od znalazcy zakupił ten meteoryt znany na całym świecie handlarz meteorytów Robert Haag z Arizony i wywiózł go z Australii. Jak wiadomo wszystkie meteoryty znalezione w Stanie Australia Zachodnia należą do Korony, czyli do Państwa. Robert Haag zaprzeczył, że wywiózł meteoryt, ale potwierdził, że kupił go w dobrej wierze od pewnego australijskiego zbieracza. Stanowy Minister Sztuki pani Kay Hallahan w liście do swego federalnego odpowiednika pani Wendy Fatin wskazała, że: „Meteoryty są ważnymi naturalnymi skarbami, które nie powinny być rabowane przez cudzoziemców”. Namawiała jednocześnie p. Fatin do odzyskania meteorytu i postawienia przed sądem każdego zamieszanego w sprawę jego wywozu. Jednak przedstawiciel Policji Stanowej komisarz Garry Noble oświadczył: „Nie możemy udowodnić, że meteoryt Haaga spadł w Australii, ani też nie możemy udowodnić, że został z Australii wywieziony, nie mamy więc dostatecznych dowodów, aby wnieść sprawę do sądu. Jest to bardzo przykre”. Oczywiście z formalnego punktu widzenia Haag powinien oddać meteoryt, lecz nie oddał. A jak te sprawy wyglądają i wyglądały na świecie.

Najstarszymi sprawami cywilnymi dotyczącymi meteorytów są sprawy, które odbywały się przed sądami w USA. Jeżeli meteoryt został znaleziony na terenie prywatnym, należy on do właściciela gruntu, a jeżeli na gruncie federalnym, należy do Departamentu Spraw Wewnętrznych, ale może być przekazany do Smithsonian Institution lub agencji federalnej zgodnie z Ustawą o antykach [Antiquities Act, 16 U.S.C. par.432 — zob. „People of the State California et. al. v Mead 618 F. 2d.618 — 1980”]. Jeżeli chodzi o precedensy w sprawach meteorytów, to najsłynniejszą była sprawa Goddard przeciw Winchell [Goddard v Winchell — 86 Iowa,

71; 52 N.W. 1124 ; 17 L.R.A. 788; 41Am. St.Rep.481]. Decyzja Sądu Najwyższego Stanu Iowa, wydana w roku 1892, dotyczyła fragmentu meteorytu o nazwie „Forest City”, który spadł na grunt własności Goddarda. Upadły meteoryt został wykopany z dołka o głębokości ok.1 metra przez Petera Hoaglanda, który następnie sprzedał go niejakiemu Winchell za 105 dolarów. Sąd stwierdził, że meteoryt jest częścią ziemi, gdzie znalazł się poprzez upadek na Ziemię w sposób naturalny i należy do właściciela gruntu. Należy tutaj podkreślić, że meteoryt Forest City był deszczem meteorytów kamiennych, który spadł na obszar o dł.3,5 km i szerokości ok.2 km.. Znaleziono wtedy 5 dużych kamieni i ponad 500 małych.

Podobny deszcz meteorytów spadł 13 lat przed meteorytem Forest City również w stanie Iowa. Było to w dniu 10 maja 1879 roku w pobliżu Estherville. Największy okaz ważył 198 kg. Wkrótce po odnalezieniu został wystawiony na pokaz za opłatą, ale zaraz zaczęły się dyskusje, czyją jest własnością. Wkrótce został zabrany i zakopany na polu kukurydzy, następnie znalazł się w posiadaniu szeryfa, spod którego jurysdykcji wydostał go miejscowy prawnik, by w końcu 30 listopada 1879 roku trafić do British Museum. Należy podkreślić, że inny okaz z tego spadku został ukryty w gruncie, a potem sprzedany do stanu Minnesota. Na przykładzie tym widać jak potrzebna była interwencja Sądu i precedens z 1892 roku [Goddard v Winchell].

Następnym precedensowym wyrokiem był wyrok w sprawie Ellis Hughes kontra Oregon Iron Company. Meteoryt Willamette, o którym będzie mowa, jest obecnie wystawiony w holu Planetarium Haydena w Muzeum Przyrodniczym w Nowym Jorku i waży 14,1 tony. O ten właśnie meteoryt toczył się chyba najbardziej zaciepły spór w historii sądownictwa amerykańskiego. Jak wykazały badania, meteoryt Willamette spadł na Ziemię ok.100.000 lat temu na terenie obecnej Kanady i przez lodowiec został przetransportowany do stanu Oregon [lecz o tym dowiedziano się na podstawie badań dużo później] na miejsce, które w momencie odkrycia przez Ellisa Hughesa w listopadzie 1902 roku było własnością Oregon Iron Company. Wcześniej jednak ta bryła żelaza została odkryta i wykorzystana przez Indian Clackamas. Meteoryt Willamette wyglądał jak ogromny grzyb lub odwrócony dzwon, gdy znalazł go Ellis. Grzyb żelaza miał wymiary ok.2 m i 3,5m średnicy i spoczywał na węższym końcu w płytkim zagłębieniu, a na płaskim wierzchołku były liczne dołki, niektóre głębokie nawet do 35cm. Według przeprowadzonego później postępowania dowodowego w toku procesu jednym z praktycznych dowodów było przedstawienie, że pierwsi na ten meteoryt natrafili Indianie i ich szaman twierdził, że woda zebrana w dołkach na jego powierzchni ma lecznicze właściwości, dlatego obmywali w niej twarze, a także podczas wojny zanurzali łuki i strzały. Szaman twierdził również, że meteoryt ten jest święty, gdyż przybył z Księżyca. Gdy Ellis przybył na teren Oregon Iron Company meteoryt ten od dawna był porzucony przez Indian. Ellis przybył na ten teren, aby wycinać drzewa i wtedy natknął się na meteoryt. Uświadomił sobie, że może na tym zarobić dlatego też zbudował wóz i przetransportował meteoryt do swej posiadłości, gdzie postawił nad nim szopę i pobierał opłaty

za oglądanie meteorytu. W przeciągu lata meteoryt stał się znany, ale jednym z oglądających okazał się prawnik pracujący dla Oregon Iron Company, dlatego też wkrótce w niej zawrzało i Oregon Iron Company wniosła sprawę do sądu hrabstwa Clackamas i wygrała. Sąd nakazał zwrot meteorytu, ale Ellis odwołał się do Sądu Najwyższego Stanu Oregon i 17 lipca 1905 roku Sąd Najwyższy wyrok ten utrzymał w mocy.

Wartym podkreślenia jest fakt, że adwokaci Ellisa argumentowali, że:

— każdy ruchomy, bezpański przedmiot staje się własnością znalazcy,

— według prawa rzymskiego skarb powinien być podzielony po połowie między znalazcą i właścicielem ziemi, ale według prawa angielskiego i amerykańskiego znalazca bezpańskiej rzeczy staje się jej właścicielem niezależnie od tego, na czym terenie została ona znaleziona,

— pierwszymi znalazcami i właścicielami meteorytu byli Indianie, którzy go potem porzucili i wobec tego należy on do znalazcy,

— znalazca czegoś, co nigdy nie miało właściciela powinien stać się właścicielem.

Sąd Najwyższy Stanu Oregon stwierdził, że meteoryt powinien być własnością Oregon Iron Company, a nadto, że obiekt ten spadł na Ziemię w naturalny sposób i stał się częścią gruntu, dlatego też należy do jego właściciela. Precedens Ellis kontra Oregon Iron Company jest precedensem obowiązującym do dzisiaj, chociaż ostatnia walka o posiadanie meteorytu w USA zaczęła się w lutym 1976 roku gdy David Friburg i Mike Jendruczak szukali kopalni złota w górach Old Women w Kalifornii. W jednym z kanionów znaleźli skałę o dziwnej barwie. Skała ta okazała się czystym metalem. Mike Jendruczak wysłał próbkę do Griffith Obserwatory w Los Angeles, ale odpowiedź była, że nie jest to meteoryt gdyż nie zawiera niklu. Nie zrażony tym zwrócił się o opinię do Smithsonian Institution i jeden dzień po otrzymaniu próbki zjawiał się u niego z Waszyngtonu kustosz meteorytów w Smithsonian. Kustosz poprosił znalazców, aby pokazali mu miejsce znalezienia meteorytu, co też zrobili i wtedy zaczęła się wojna, w której brali udział znalazcy, Smithsonian Institution, Biuro Gospodarki Gruntami, Stan Kalifornia i Departament Spraw Wewnętrznych. W dniu 16 czerwca 1977 roku żołnierze piechoty morskiej USA przy pomocy śmigłowca zabrali meteoryt ważący 3 tony i przenieśli go na pustynię.

O odbyły się następnie rozprawy sądowe o wydanie orzeczenia, że meteoryt powinien pozostać w Kalifornii. Odkrywczy argumentowali przed Sądem, że Prawo Górnicze z 1872 r. daje im tytuł własności do meteorytu, natomiast Departament Spraw Wewnętrznych powoływał się na Ustawę o zabytkach z 1906 roku. Spór zakończył się tym, że prawo własności przyznano Smithsonian Institution, a opiekę nad meteorytem Stanowi Kalifornia tak, że można go obejrzeć obecnie w California Desert Information Center w Barstow.

Oprócz Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej tylko Francja posiada precedensy dotyczące meteorytów. Sprawy te były rozpatrywane na bazie prawa cywilnego. Na precedensy, które zapadły we Francji, powoływali się nawet prawnicy w sprawach, które toczyły się w USA.

I tak w sprawie Volland kontra Douilland z 1842 roku przed Trybunałem w Bourbon — Vendee, trzech sędziów decydowało w sprawie znalezionej meteorytu, który leżał na powierzchni gruntu, gdzie właściciel nie posiadał ogrodzonej posesji ani też napisu o zakazie przechodzenia. Sędziowie zdecydowali, że meteoryt ten należy do znalazcy. Następną sprawą była sprawa z 1898 roku — Toche kontra Lejean przed sędzią Sądu Cywilnego w Aix. Sprawa ta była rozpatrywana w trzech aspektach, tj. meteoryt był znaleziony 50 cm pod powierzchnią ziemi, znalazł go wynajęty robotnik rolny, a prawo własności należało do kogoś innego. Sąd na zasadzie art. 546 i 551 Prawa Cywilnego zadecydował, że meteoryt połączył się sam z ziemią, dlatego też stał się jej częścią i należy do właściciela gruntu.

Następna bardzo ciekawa sprawa pochodzi z Kanady i odbyła się 13 kwietnia 2011 r. przed Sądem Najwyższym Terytorium Yukonu. Niejaki Daniel Sabo, poszukiwacz złota, wysłał do Instytutu Geologicznego w Toronto w maju 1999 roku, jak stwierdził w pozwie, bardzo rzadki meteoryt, który jego zdaniem zawierał nie pochodzące z Ziemi formy życia. W swoim pozwie oskarżył pięciu pracowników tego rządowego instytutu oraz kaprała Policji RCMP, który prowadził wcześniej w tej sprawie dochodzenie, o działanie wspólnie i w porozumieniu tych osób, które to działanie doprowadziło do kradzieży przez nich tegoż meteorytu. Według Daniela Sabo stracił \$12 150 000 USA. obliczył tę sumę w ten sposób, że kamień miał wagę 243 gramów co przeliczył jako \$50 000 USA za gram.!!! Kamień ten znalazł w 1987 roku. Cóż sprawa została oddalona, ale trwała dosyć długo, gdyż powoływano eksperta. Wyszło również, że Daniel Sabo choruje na rzadką chorobę psychiczną, która była związana z dłuższym życiem w izolacji na dalekiej północy.

Bardzo sensacyjna sprawa była w czerwcu 2011 roku, kiedy to policja wietnamska w mieście Ho Shi Min aresztowała dwóch mężczyzn zidentyfikowanych jako Dang Ngoc Thanh i Tran Van Sinh z Prowincji Kien Giang. Otóż usiłowali oni sprzedać zwykły okaz skały jako meteoryt za ogromną sumę o równowartości 4 753 755 dolarów USA.

Wartą wspomnienia jest również sprawa, która zaczęła się na granicy w Terespolu i została opisana w „Wiadomościach Celnym” nr 6–7 na s. 21. I tak: „Technienie kosmosu w Terespolu”. Na niezwykle znalezisko na drogowym przejściu w Terespolu natrafili 12 marca funkcjonariusze Wydziału Zwalczenia Przestępczości Izby Celnej w Białej Podlaskiej. Podczas kontroli autokaru kursowego jadącego z Moskwy do Dorstein, w jego bagażniku celnicy zauważyli kartonowe opakowania, a w nich same nietypowe rzeczy: kamienie meteorytów, skamieliny (kręgi zwierząt) oraz kamienie m.in. w kształcie sopła (rostra belemnitów — wymarłych głowonogów) — w sumie 183 okazy. Autokarem podróżowało kilkudziesięciu obywateli Rosji. Kierowca autokaru, 51-letni mieszkaniec Moskwy przyznał, że nietypowy towar wiezie na specjalne zlecenie do Niemiec, gdzie w jednym z hoteli w Stuttgarcie ktoś miał odebrać od niego przesyłkę i wypłacić wynagrodzenie za jej przewóz. Pod koniec kwietnia otrzymaliśmy ekspertyzę i wycenę zatrzymanych przedmiotów. Dokonali jej specjaliści z Muzeum Geologicznego w Warszawie. Jeden z ekspertów uczestniczących w ocenie jest spe-

cialistą w zakresie badań meteorytów. Z opinii wynika, że najcenniejszymi z ujawnionych przedmiotów są meteoryty. Część z nich (25 szt.) to metaliczne pallasyty — BRACHINY — wartościowe, bo za ich cenę przyjmuje się 50 zł za gram. Pozostałe (17 szt.) to przeważnie kilkuset- i kilkudziesięciogramowe metaliczne meteoryty — CHONDRYTY, cena tych waha się w granicach 10 zł za gram. Największy z zajętych meteorytów waży prawie 2 kg. Ogółem wartość zajętych przez celników okazów wynosi ponad 80 tys. zł.”. i dalej „A meteorytowy autokar był wyjątkowo przemycniczy, gdyż oprócz opisanych eksponatów, celnicy dodatkowo ujawnili w nim 550 płyt DVD zawierających filmy kinematografii rosyjskiej oraz torbę wypełnioną lekami — 7450 szt. tabletek, czopków, kapsułek. Postępowanie karne skarbowe w sprawie tego przemytu prowadzi Urząd Celny w Białej Podlaskiej”.

Sprawa zakończyła się w ten sposób, że meteoryty i skamieniałości (w sumie 751 szt.) zostały przekazane nieodpłatnie do siedmiu instytucji naukowych z całego kraju. Otrzymały je m.in. Katolicki Uniwersytet Lubelski, Uniwersytet Śląski, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu. Teraz „skarby z kosmosu” posłużą dla celów badawczych i wystawienniczych.

W dniu 18 stycznia 2010 r. spadł meteoryt w miejscowości Lorton w Virginii. Upadek nastąpił na terenie prywatnej kliniki lekarzy rodzinnych, Williamsburg Square Family Practice. Meteoryt wpadł w zasadzie do pokoju badań. Lekarze Marc Gallini i Frank Ciampi postanowili nieodpłatnie przekazać meteoryt do Smithsonian National Museum of Natural History, lecz właściciel posesji wniósł sprawę do sądu, że meteoryt należy do niego. W sprawę zostali również wmieszani studenci wydziału prawa, którzy wymyślili bardzo fajną argumentację, a mianowicie, „że doktorzy wynajmowali te pomieszczenia i płacili za to, więc przedmiot, który skądś przyleciał, nie należy do właściciela budynku, tak jak przedmioty zgubione lub porzucone, które nie mają właściciela, należą do wynajmującego. Właściciel budynku wycofał sprawę, a lekarze przekazali meteoryt do Smithsonian Muzeum, które wypłaciło nagrodę w wysokości 10 tys. dolarów, którą to kwotę lekarze przekazali na organizację lekarzy bez granic (Doctors Without Borders).

Do niedawna Oman był Eldorado jeżeli chodzi o znalezione meteoryty, które znaleźć później można było na rynku kolekcjonerskim i na giełdach. W 2011 r. było to 16% wszystkich znalezionych na świecie meteorytów, ale po dokonaniu przez policję tego kraju kilku aresztowań poszukiwaczy meteorytów, odstraszyło to potencjalnych poszukiwaczy. W Egipcie, Algierii, Libii i Maroku obecnie na wywóz takich meteorytów potrzebne jest oficjalne pozwolenie, teoretycznie jednak lokalne władze niewiele robią, by naprawdę zwalczać przemycniczy proceder. Dlaczego zatem tak łatwo wywieźć meteoryty z tych krajów? Ponieważ po pierwsze, zanim meteoryt otrzyma certyfikat, jest zwykłym kamieniem, po drugie, na lotniskach nie ma specjalistów mogących ocenić wartość danego kamienia, a po trzecie ocenia się, że roczna wartość nielegalnego handlu tymi przedmiotami wynosi niewiele ponad milion dolarów, co dla rządów tych państw nie stanowi istotnego problemu w porównaniu z przemytem innych dóbr.

Należy również wspomnieć o tym, że na rynku kolekcjonerskim pojawia się coraz więcej oszustów próbujących sprzedać zwykłe ziemskie kamienie jako meteoryty lub też szkło i szklivo jako tektyty. Dlatego należy dokonywać zakupu u znanych sprzedawców i sprawdzać certyfikaty.

Powyżej przedstawiłem tylko niektóre przykłady spraw sądowych związanych z meteorytami. Można by również wspomnieć o tym, co może brzmieć bezzasadnie i szokująco, ale meteoryty też w pośredni sposób są „przestępcami” powodującymi zniszczenia w mieniu, a nawet obrażenia ciała. To już jest jednak odrębne zagadnienie.



Złudny obraz Moraska

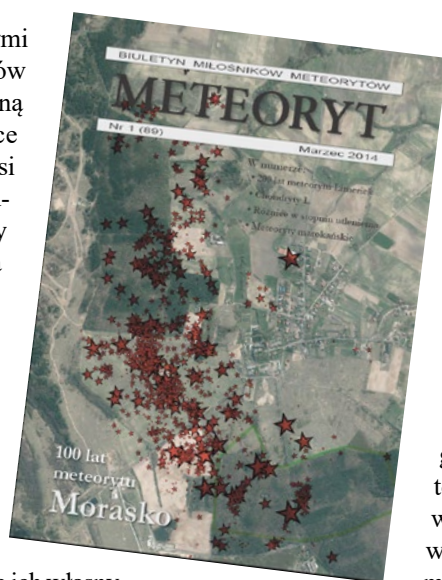
Andrzej Pilski

Patrząc na mapę z zaznaczonymi miejscami znalezienia okazów meteorytu Morasko, pokazaną między innymi na okładce „Meteorytu” 1/2014, wiele osób odnosi wrażenie, że mamy obraz elipsy rozrzutu tego deszczu meteorytów. Niektórzy są o tym przekonani tak bardzo, że na tej podstawie budują modele przebiegu zjawiska. W rzeczywistości jednak jest to tylko pogładowe przedstawienie znalezisk z różnym stopniem dokładności.

Przeważającą większość znalezionych okazów meteorytu Morasko zawdzięczamy wytrwałym, czasochłonnym poszukiwaniom prowadzonym przez osoby prywatne na ich własny koszt. Chwała im za to, ale niestety żaden z poszukiwaczy nie dał się namówić na robienie naukowej dokumentacji znalezisk i opublikowanie jej jako pracy naukowej na przykład w *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*. Większość z nich udostępniła jedynie mniej lub bardziej dokładne dane na temat lokalizacji i wagi znalezisk, na podstawie których dr Monika Nowak sporządziła wspomnianą mapę.

Mapa prezentuje tylko znaleziska, natomiast nie zawiera informacji, gdzie były prowadzone poszukiwania i jakim sprzętem. Wiemy więc, gdzie meteoryty znaleziono, ale nie wiemy, czy tam, gdzie meteorytów nie widać, nie ma ich dlatego, że ich nie znaleziono, czy dlatego, że nie poinformowano o znalezieniu, czy też dlatego, że ich tam w ogóle nie szukano. Duże okazy Moraska odnaleziono dopiero wtedy, gdy poszukiwacze użyli sprzętu pozwalającego na wykrywanie okazów na większych głębokościach pod ziemią. Znowu nie wiemy, na jakim obszarze ten sprzęt był wykorzystywany, a więc czy duże okazy znaleziono dlatego, że tylko w tych miejscach występują, czy też dlatego, że tylko w tych miejscach szukano. Wygląda więc na to, że kształt obszaru rozrzutu jest głównie wynikiem sposobu prowadzenia poszukiwań i nie przedstawia rzeczywistego rozsiania spadających fragmentów.

Żaden z poszukiwaczy nie udostępnił zestawienia swoich znalezisk z podziałem na okazy całkowite



i szrapnele i ze wskazaniem miejsc znajdowania szrapneli. Utraciliśmy więc ważną informację na temat charakteru tego deszczu meteorytów. Wiemy z innych przykładów, że w przypadku spadków kraterotwórczych, wokół kraterów rozrzucone są głównie szrapnele, a indywidulane okazy z regmagliptami znajdowane są albo w samych kraterach uderzeniowych, albo z dala od nich.

W przypadku kraterów w Morasku głównym argumentem za ich meteoritowym pochodzeniem jest znajdowanie w pobliżu meteorytów i zbyt młody wiek osadów roślinnych w kraterach, by mogły to być kraterki polodowcowe. Brak natomiast bezpośrednich dowodów, jak obecność meteorytów w kraterach uderzeniowych, tak jak w przypadku Campo del Cielo, czy też rozsiania szrapneli wokół kraterów, jak w przypadku meteorytów Henbury czy Whitecourt. Znane są tylko pojedyncze przypadki znalezienia szrapneli niedaleko kraterów.

Nie ma dobrych sposobów określania wieku ziemskiego meteorytów żelaznych, więc najlepszym sposobem wydaje się odnalezienie szczątków roślin zniszczonych podczas uderzenia meteorytu w ziemię i na tej podstawie określenie daty zdarzenia. Można domniemywać, że jeśli meteoryt nie uderza w zupełną pustynię, to wbija w ziemię rośliny rosnące w miejscu uderzenia. Ich szczątki powinny więc występować na styku zwietrzliny ze skorupą obtopieniową. Poszukiwanie ich podczas czyszczenia znaleziska jest więc bardzo istotne, ale spośród poszukiwaczy tylko Krzysztof Socha może pochwalić się tu pewnymi sukcesami.

Najbardziej efektowne znalezisko tego poszukiwacza, to meteoryt wbity w korzeń modrzewia. Przeciętny poszukiwacz wydłubałby po prostu meteoryt, a korzeń wyrzucił. Krzysztof Socha jednak już wcześniej zwracał uwagę, w jakim otoczeniu występują znajdowane przez niego okazy. Pamiętam, jak pokazywał meteoryt, który zatrzymał się na dużym otoczaku granitowym. Przyleganie meteorytu spowodowało, że na kamieniu powstała plamka

rdzy. Znalazca sugerował, by zbadać, czy w strukturze kamienia nie ma jakiegoś śladu uderzenia, ale o ile mi wiadomo, nie znalazł nikogo chętnego, by się tym zająć.

Z korzeniem Krzysztof Socha miał więcej szczęścia. Udało mu się znaleźć badaczy, którzy przeanalizowali strukturę korzenia i wykazali, że meteoryt trafił w żyjące drzewo. W miejscu uderzenia nastąpiło przerwanie warstw rocznego przyrostu i w efekcie wyciek żywicy, która przylepiła się do meteorytu. Nie byłoby tego, gdyby leżący wcześniej meteoryt został obrośnięty korzeniem, jak sugerowali zwolennicy dawnego spadku meteorytów Morasko.

Modrzew jest dość trwałym drzewem, ale z pewnością nie przetrwałby kilku tysięcy lat.

Krzysztof Socha znalazł też roślinne szczątki przylegające do skorupy obtopieniowej meteorytu, ale o ile mi wiadomo, nie udało się doprowadzić do ich datowania.

Na niezbyt duży wiek ziemski meteorytu Morasko wskazuje także stopień zwiertzenia okazów. Okazy tego meteorytu znajdowane w bardziej przepuszczalnym gruncie są czasem podobnie zwiertzałe, jak znajdowane obecnie okazy Sikhote-Alin. Po oczyszczeniu z piasku zespolonego rdzą można zobaczyć fragmenty skorupy obtopieniowej. Potwierdzeniem tego jest warstwa rekryształizacji występująca pod skorupą, która powstaje w wyniku ogrzania powierzchni meteorytu do temperatury ponad 400 stopni, wskutek czego ulegają zniszczeniu figury Widmanstättena. Z czasem warstwa ta zostaje zniszczona przez korozję i na przykład w okazach Campo del Cielo, których wiek ziemski ocenia się na 4000 lat, tej warstwy już nie widać.

Nie jestem poszukiwaczem, nie mam sprzętu, ale dwukrotnie udawało mi się znajdować meteoryty Morasko, za pierwszym razem korzystając z wykrywacza Krzysztofa Sochy, za drugim z wykrywacza Geoffreya Notkina. W obu przypadkach wyniki jeszcze bardziej zaciemniały obraz Moraska.

Niedaleko kraterów, przy północnej granicy rezerwatu, znajdowałem, poza dużymi ilościami złomu, same małe, kilkunastogramowe okazy, blisko powierzchni i niemal całkowicie zwiertzałe, ale z zachowanym kształtem, tak że po kilku znaleziskach już na oko rozpoznawałem, że mam meteoryt. I to nie szrapnel, a indywidualny okaz. Taki typowy „groch moraski”. Ale blisko kraterów powinny być duże okazy, a małe na drugim końcu elipsy. Powinny, ale nie w Morasku. Duże okazy też były, ale rzadko. Krzysztof Socha pokazywał mi, gdzie wykopał w pobliżu kilkunastokilogramowy okaz zamaskowany złomem. Wykrywacz wciąż sygnalizował obecność metalu. Krzysztof wykopywał kolejno gwoździe, druty, kawałki blachy i dopiero na końcu bryłę meteorytu. Ilu poszukiwaczy by się zniechęciło uznając, że to jest tylko śmietnik na skraju pola?

Oczywiście znajdowałem też często ołowiane kule potwierdzające, że to teren dawnego poligonu. Przecież pierwszy okaz Moraska znaleziono podczas ćwiczeń wojskowych. Czy więc wszystkie kratery w rezerwacie są naturalnego pochodzenia? Zbadano tylko te największe.

Za drugim razem uczestniczyłem w rekonesansie przed nagrywaniem odcinka „Meteorite Men”. Szukałem małym wykrywaczem. Wykrywacz ramowy użyto dopiero

w nagraniu. Byłem tam, gdzie wykopano filmowy okaz, ale wykrywacz piszczał tam niemal bez przerwy, więc wybrałem inny rejon. Najpierw znalazłem okazałą podkowę, ale potem uzyskałem obiecujący sygnał w miejscu, gdzie po zdjęciu warstwy ziemi natrafiłem na same kamienie luźno leżące jeden na drugim. Wyrzucałem je kolejno, aż sygnał zniknął. Wróciłem więc do tych wyrzuconych i okazało się, że sygnał daje jeden z nich. Wyglądał jak zwykły, ubrudzony ziemią kamień. Po oczyszczeniu z ziemi ukazała się rdzawa powierzchnia, ale ciemna. Zabrałem znalezisko, aby przeciąć i okazało się, że warstwa zwietrzliny jest bardzo cienka i zaraz pod nią metal bez żadnych wrostków zwietrzliny, jak w innych okazach. Tak jakby ktoś znalazł meteoryt, oczyścił i wyrzucił na stertę kamieni. Po wytrawieniu wyszły jednak lekko zdeformowane figury Widmanstättena. Czyli szrapnel, ale dziwny, bo o owalnym kształcie, bez ostrych krawędzi. Taki szrapnelowy otoczek.

Okazy Moraska mają niejednorodną strukturę z różną zawartością inkluzji i różną szerokością pasków kamacytu. To było powodem próby sprawdzenia, czy rzeczywiście należą do jednego deszczu. Zanim jednak profesor Wasson zrobił analizy składu kilkunastu okazów, częściową odpowiedź dało przecięcie dużego okazu znalezionego przez Krzysztofa Sochę. Na przekroju były widoczne niemal wszystkie osobliwości składu. Analiza potwierdziła, że wszystkie badane okazy, także te z Przełazów i Jankowa Dolnego, należą do tego samego deszczu meteorytów. W niektórych okazach stwierdzono jednak drobne odchylenia składu i profesor Wasson zainteresował się, jak były rozmieszczone analizowane okazy względem siebie. Niestety okazało się, że nie wiadomo, gdzie który okaz został znaleziony.

Gdyby poszukiwania były prowadzone systematycznie i rzetelnie dokumentowane, można by było pokusić się o próbę odtworzenia struktury skały, która zderzyła się z Ziemią i rozsypała w Morasku. Czy na przykład strefa z cohenitem stanowi górną warstwę tej skały, czy też występuje w postaci ksenolitów? Jak są rozmieszczone wrostki różnych minerałów? Niestety poszukiwacze nadal odmawiają publikowania danych o swoich znaleziskach. Nie wiadomo nawet, gdzie został znaleziony drugi największy okaz Moraska, przezywany Kruszynką. Wiadomo jedynie, że nie na terenie rezerwatu.

Od czasu sporządzenia wspomnianej na początku mapy znaleziono dalsze okazy różnej wielkości. Wiadomo o tym, bo poszukiwacze chwalą się czasem swymi osiągnięciami w mediach społecznościowych. Nadal jednak nie publikują dokumentacji swych znalezisk, o ile w ogóle ją prowadzą. Ich znaleziska nie wnoszą więc nic do wiedzy o charakterze tego deszczu meteorytów, a co gorsza zmniejszają szansę na poznanie, co naprawdę wydarzyło się w okolicy Poznania, kiedy i na jak dużym obszarze. Gdyby znalazł się ktoś, kto podszedłby do poszukiwań w sposób naukowy, to ma coraz mniej materiału do dyspozycji i nie dowiemy się już, ile meteorytów i o jakim składzie usunięto z terenu spadku. Chyba, że trafią się dobrze udokumentowane znaleziska, które znacząco zmienią lub potwierdzą znany obecnie obraz.



Muzeum Mineralogiczne w Moskwie

Andrzej Kotowiecki

Muzeum Mineralogiczne Fersmana to jedno z największych muzeów minerałów na świecie. Znajduje się w Moskwie w Rosji. Jego zbiory obejmują ponad 135 000 pozycji. Wśród nich naturalne kryształy, geody, skały i inne skarby mineralne, w tym także piękne „Skarby nie z tej Ziemi” czyli meteoryty. Skarby te nazywam „Darmowymi sondami kosmicznymi”, które bez wielkich kosztów i programów kosmicznych same trafiają w obszar naszej ziemskiej atmosfery i te większe spadają na Ziemię. W holu przed wejściem do pomieszczenia muzeum po lewej stronie jest mały sklepik, w który oprócz minerałów można zakupić meteoryty, w tym żelazne np. Canyon Diablo czy np. pallasyty Imilac i wiele innych. Ceny kształtują się od 1500 rubli za NWA do 14000 rubli za małe płytki pallasytów (czyli od 30 zł do 280 zł).

Muzeum nosi imię Aleksandra Fersmana, a powstało w 1716 r. w Petersburgu jako gabinet mineralny Kunstkamery. Jako podstawę tego mineralnego gabinetu, na polecenie cara Piotra Wielkiego, zakupiono kolekcję 1195 okazów od gdańskiego lekarza Gotvalda.¹ Zbiór ten został wzbogacony o materiały ze złóż rosyjskich i udostępniony do publicznego wglądu w 1719 r. Za panowania Piotra Wielkiego zbiory minerałów bardzo szybko rosły. Uzupełniano je okazami, które wręczano członkom dworu cesarskiego lub carowi osobiście. Na przykład w 1718 r. Karol XII ze Szwecji podarował Piotrowi I wspaniały przykład naturalnej, skrzystalizowanej „liny” srebra z królewskich kopalni srebra w Kongsberg w Norwegii. Ten 21-cm okaz o nazwie „Srebrny Róg” jest najstarszym okazem w zbiorach Rosyjskiej Akademii Nauk. W 1745 r. kolekcja liczyła ponad 3000 minerałów, skamieniałości, klejnotów i skał. W tym czasie była to już jedna z najbardziej godnych pozazdroszczenia kolekcji w Europie o dużej wartości estetycznej i naukowej. Ta ogromna ilość materiału wymagała sortowania i skatalogowania. Pierwszym wyznaczonym do zadania zorganizowania gabinetu mineralnego był niemiecki naukowiec Johann Gmelin, a następnie Michaił Łomonosow, który właśnie ukończył studia w Niemczech. Przez prawie pięć lat Łomonosow uporządkował kolekcję i opracował katalog, który został opublikowany w 1745 r. 5 grudnia 1747 r. wielki pożar zniszczył praktycznie całą kolekcję. Uratowano tylko najcenniejsze przedmioty, w tym „Srebrny Róg”. W 1836 r. muzeum mineralogiczne zostało przeniesione do nowego budynku. W 1898 r. muzeum zostało znacznie rozbudowane i przemianowane na Muzeum Geologiczne. W 1912 zmieniono nazwę na

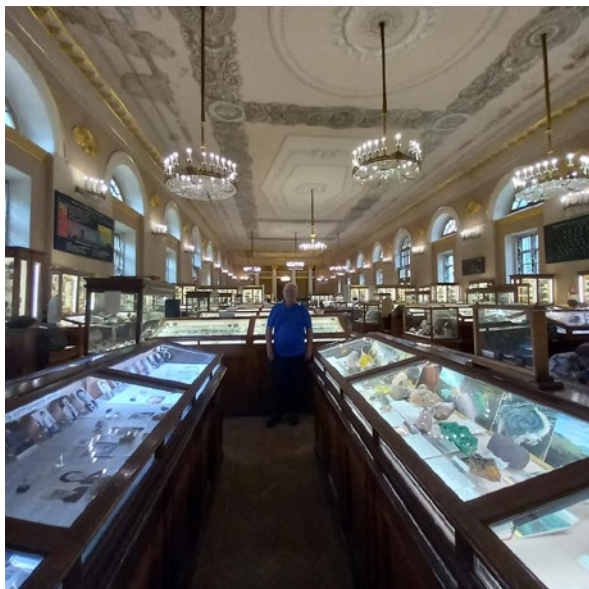


Wejście do muzeum

Muzeum Geologii i Mineralogii poświęcone Piotrowi Wielkiemu. Powstało laboratorium badań minerałów i zorganizowano wyjazdy badawcze na Ural, Syberię i Transbaikalię. Muzeum zostało przeniesione z Petersburga do Moskwy w 1934 r. wraz z Rosyjską Akademią Nauk. Do przewiezienia kolekcji muzealnej liczącej ponad 60 000 okazów potrzeba było trzydziestu wagonów kolejowych. Przeniesienie i przygotowanie wystawy zajęło trzy lata energicznej pracy. W latach 1936 i 1937 muzeum zorganizowało niezależne wystawy w Moskwie. Wszystkie nabytki muzealne od 1716 r. zostały podzielone na początku XX wieku przez akademika Władimira Vernadsky'ego na 5 głównych zbiorów: Systematyczna kolekcja składa się z ponad 90000 pozycji reprezentujących około 2400 gatunków mineralnych (z 4000 gatunków znanych w przyrodzie). Okazy minerałów z tej kolekcji wykazują różnorodność gatunkową minerałów poprzez swój skład, morfologię, właściwości fizyczne, związki z innymi minerałami. Kolekcja kryształów obejmuje ponad 4800 kryształów minerałów reprezentujących wszystkie układy kryształów i większość grup kosmicznych. Okazy mineralne z tej kolekcji ukazują różne formy i ich kombinacje, prawa bliźniactwa, doskonałość i defekty kryształów naturalnych i sztucznych. Kolekcje stanowisk obejmowały ponad 31 000 okazów reprezentujących cechy genetyczne, asocjacje mineralne i typy rud z ponad 300 złóż byłego Związku Radzieckiego i kilkudziesięciu dobrze znanych stanowisk w innych krajach.² Kolekcja Pseudomorfów

¹ https://www.fmm.ru/The_history_of_Fersman_Mineralogical_Museum_1?setlang=en

² https://www.fmm.ru/Collections_of_Fersman_Mineralogical_Museum.?setlang=en



Ogromna sala ekspozycyjna

obejmuje około 2200 okazów minerałów, reprezentujących różne rodzaje pseudomorfów, a także różne cechy wzrostu i przemian minerałów w różnych warunkach. Kolekcja kamieni szlachetnych i ozdobnych obejmuje około 8000 kamieni szlachetnych surowych i fasetowanych oraz przedmiotów wykonanych z kamieni. Duża część tej sekcji to rosyjska sztuka kamienna od XVIII do XX wieku, w tym około trzydziestu przedmiotów zaprojektowanych przez Petera Carla Fabergé, w tym ostatnie jajko Fabergé, jajko Constellation.

Muzealna kolekcja meteorytów (co mnie najbardziej interesowało!!) rozpoczęła się od meteorytu Pallas Iron znajdującego w okolicach Krasnojarska, który został dostarczony do Muzeum w 1772 r. przez akademika Petera Simona Pallas, który wówczas był dyrektorem Muzeum. Przez następne prawie 200 lat kolekcja meteorytów Muzeum rozrosła się do największej w Rosji. W latach 1935–1939 praktycznie cała ta kolekcja została ponownie wydana nowo zorganizowanej komisji meteorytowej, przemianowanej później na Komitet ds. Meteorytów Radzieckiej Akademii Nauk. Jednak znaczna część tej kolekcji, w tym liczba meteorytów zebranych po 1939 r., znajduje się na stałej ekspozycji w Muzeum Mineralogicznym Fersmana pod kuratelą Komisji Meteorytowej. Od tego czasu wymagania naukowe i wystawiennicze Muzeum, a także liczne badania opinii publicznej i meteorytów ujawniły potrzebę posiadania przez Muzeum własnej kolekcji meteorytów, która została przywrócona w 2007 r. jako kolekcja meteorytów, tektytów i impaktytów Muzeum Mineralogicznego Fersmana. W kolekcji znajdują się również liczne tektyty i skały uderzeniowe z kraterów na całym świecie. Jak już wspominałem wcześniej, Skarby spadające na Ziemię nazywam „Darmowymi sondami kosmicznymi”, które bez wielkich kosztów i programów kosmicznych same trafiają w obszar naszej ziemskiej atmosfery i te większe spadają na Ziemię. Pragnę podkreślić, że w Muzeum można obejrzeć też piękne okazy polskich meteorytów. M.in. można podziwiać kilka okazów pułtuskiego spadku z roku 1868 oraz okazy Moraska. Przelazy były akurat w konserwacji, ale widziałem półeczkę z opisem oraz z napisem przeproszającym, którą też sfotografowałem.



Ekspozycja meteorytów orientowanych

Oczywiście najbardziej interesującymi były meteoryty z największych w najnowszej historii spadków zarejestrowanych w Rosji, które jednocześnie były największe na Ziemi.

Jednym z dwóch takich największych spadków zarejestrowanych w Rosji był deszcz meteorytów żelaznych, który spadł na góry Sikhote-Alin, w południowo-wschodniej Rosji w 1947 r. Drugim był oczywiście Meteoryt Czelabiński z 2013 r. Te deszcze meteorytów były największe od czasu tzw. katastrofy tunguskiej w 1908 r.³ Tak a' propos, to katastrofa tunguska nie została praktycznie wyjaśniona do dzisiaj. Szacuje się, że na Góry Sikhote-Alin w 1947 r. spadło 23 tony fragmentów, które przetrwały ogniste przejście przez atmosferę i dotarły do Ziemi. Około 10:30 w dniu 12 lutego 1947 r. naoczni świadkowie w górach Sikhote-Alin w Primorye, w Związku Radzieckim, zaobserwowali duży bolid jaśniejszy niż słońce, który wyłonił się z północy i spadł pod kątem około 41 stopni na ziemię. Jasny błysk i ogłuszający dźwięk upadku zaobserwowano w odległości ok. 300 kilometrów wokół punktu uderzenia niedaleko Luchegorska i około 440 km na północny wschód od Władywostoku. Dymny ślad, szacowany na 32 km, utrzymywał się na niebie przez kilka godzin. Gdy meteor, poruszający się z prędkością około 14 km/s, wszedł w atmosferę, zaczął się rozpadać, a fragmenty spadały razem. Niektóre fragmenty zakopały się na głębokości kilku metrów. Na wysokości około 5,6 km największa masa najwyraźniej rozpadła się w gwałtownej eksplozji. Całe szczęście, że upadek dużych fragmentów liczących setki kilogramów nastąpił na terenach niezamieszkałych w lasy i teren górzysty. W muzeum można zobaczyć kilka dużych okazów, a największy z nich ma 1745 kg.

20 listopada 1957 r. Związek Radziecki wydał znaczek z okazji 10-tej rocznicy deszczu meteorytów Sikhote-Alin. Znaczek przedstawia reprodukcję obrazu P. I. Miedwediewa, radzieckiego artysty, który był świadkiem upadku: siedział w swoim oknie i zaczynał szkicować, gdy pojawiła się kula ognia, więc natychmiast zaczął rysować to, co zobaczył.

Natomiast wspomniany już wcześniej spadek mete-

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Sikhote-Alin_meteorite



Piękny okaz meteorytu Pultusk

orytu w Czelabińsku był nad terenami zamieszkałymi, co spowodowało duże zniszczenia.

Meteor czelabiński był superbolidem, który wszedł w ziemską atmosferę nad Rosją 15 lutego 2013 r. około godziny 09:20 czasu lokalnego. Został spowodowany przez asteroidę o długości około 20 m znajdującą się w pobliżu Ziemi z prędkością względem Ziemi $19,16 \pm 0,15$ km/s. Światło meteoru było jaśniejsze niż Słońce, widoczne z odległości do 100 km. Obserwowano go na dużym obszarze regionu i w sąsiednich republikach. Niektórzy naoczni świadkowie odczuwali również intensywne ciepło od kuli ognia.

Ze względu na dużą prędkość i niewielki kąt wejścia do atmosfery obiekt eksplodował w powietrzu nad obwodem czelabińskim, na wysokości około 29,7 km. Eksplozja wygenerowała jasny błysk, wytwarzając gorącą chmurę pyłu i gazu. Większość energii obiektu została pochłonięta przez atmosferę, a całkowita energia kinetyczna przed uderzeniem atmosferycznym została oszacowana na podstawie pomiarów infradźwiękowych i sejsmicznych jako równoważna wydajności wybuchu 400–500 kiloton



Meteoryty żelazne na sprzedaż



Gablota poświęcona Pallasowi

trotylu, czyli 26 do 33 razy więcej energii niż ta uwolniona z bomby atomowej zdetonowanej w Hiroszimie.

Obiekt nie został wykryty przed wejściem do atmosfery. Jego eksplozja wywołała panikę wśród okolicznych mieszkańców, a około 1500 osób zostało rannych na tyle poważnie, by szukać pomocy medycznej. Wszystkie obrażenia były spowodowane raczej skutkami pośrednimi niż samym meteorem; głównie z rozbitego szkła z okien, które zostały zniszczone, gdy nadeszła fala uderzeniowa. Około 7200 budynków w sześciu miastach w całym regionie zostało uszkodzonych przez falę uderzeniową eksplozji.

Przy szacowanej masie początkowej wynoszącej około 12 000–13 000 ton i średnicy około 20 m jest to największy znany obiekt naturalny, który wszedł w atmosferę ziemską od czasu wypadku tunguskiego w 1908 r., który zniszczył rozległy, odległy, zalesiony i bardzo słabo zaludniony obszar Syberii. Meteor czelabiński jest również jedynym meteorem, który spowodował wiele obrażeń. (Obrażenia i zgony w wyniku wydarzenia Ch'ing-yang w 1490 r. są niepewne.) Przy czym nie zgłoszono żadnych zgonów.

Po upadku meteorytu na powierzchni lodu pokrywa-



Do nabycia są i płytki pallasytów

jącego jezioro Czebarkul znaleziono otwór o średnicy 6 metrów, który mógł zostać wybity przez upadający fragment bolidu. Później nurkowie odkryli i wydobyli piękny okaz z tego jeziora. Znaleziono też wiele fragmentów tego meteorytu w całej okolicy. Zgodnie ze zwyczajem, że meteoryty zostają nazwane od miejsca ich znalezienia naukowcy, którzy je odnaleźli planowali początkowo nazwać je od miejscowości Czebarkul. Ostatecznie nadano nazwę „Czelabińsk”.

W dniu 15 lutego 2014 r., w rocznicę upadku meteorytu, w ósmym dniu Zimowych Igrzysk Olimpijskich w Soczi przyznano dziesięć złotych medali, które zawierały jego fragmenty. Zwycięskimi sportowcami w tym dniu byli:

Anna Fenninger (supergigant kobiet), Ida Ingemarsdotter, Emma Wikén, Anna Haag i Charlotte Kalla (sztafeta kobiet 4 × 5 km), Zhou Yang (short track — 1500 m), Wiktor Ahn (short track — 1000 m), Aleksandr Trietjakow (skeleton), Zbigniew Bródka (łyżwiarstwo szybkie — 1500 m mężczyzn), Kamil Stoch (skoki narciarskie).

Jeżeli natomiast chodzi o zdarzenie tunguskie, to była to potężna eksplozja, która miała miejsce w pobliżu rzeki Podkamennaya Tunguska w guberni Jenisejskiej (obecnie Kraj Krasnojarski), w Rosji, rankiem 30 czerwca 1908 r. Eksplozja nad słabo zaludnioną tajgą wschodniosyberyjską zniszczyła około 80 milionów drzew na obszarze 2150 km² lasu, a raporty naocznych świadków sugerują, że co najmniej trzy osoby mogły zginąć.⁴ Eksplozję zazwyczaj przypisuje się wybuchowi powietrznego kamiennego meteoroidu o wielkości około 100 metrów. Jest klasyfikowane jako zdarzenie uderzeniowe, mimo że nie znaleziono krateru uderzeniowego; Uważa się, że obiekt rozpadł się na wysokości od 5 do 10 kilometrów, ale nie uderzył w powierzchnię Ziemi. Ze względu na oddalenie miejsca i ograniczone oprzyrządowanie dostępne w czasie zdarzenia, współczesne naukowe interpretacje jego przyczyny i wielkości opierały się głównie na ocenach szkód i badaniach geologicznych przeprowadzonych wiele lat po zdarzeniu. Badania przyniosły różne szacunki wielkości meteoroidu, rzędu od 50 do 190 metrów, w zależności od tego, czy ciało wchodziło z małą czy dużą prędkością. Szacuje się, że fala uderzeniowa z rozerwania powietrza miałaby 5,0 w skali Richtera, a jej energia wahała się od 3–30 megaton trotylu. Eksplozja tej wielkości byłaby w stanie zniszczyć duży obszar metropolitalny. Od wydarzenia z 1908 r. opublikowano około tysiąca prac naukowych, przy czym większość w języku rosyjskim, na temat eksplozji w Tunguska. W 2013 r. zespół naukowców opublikował wyniki analizy mikroprobek z torfowiska w pobliżu centrum dotkniętego obszaru, które pokazują fragmenty, które mogą być pochodzenia pozaziemskiego.

Pokrótkie na przykładzie Rosji podałem trzy największe uderzenia kosmiczne w czasach obecnych. Zdarzenie Tunguska jest największym wydarzeniem uderzeniowym



Zespół meteorytów Pultusk

na Ziemi w zarejestrowanej historii, chociaż znacznie większe uderzenia miały miejsce w czasach prehistorycznych. Wielokrotnie wspomniano o nim w kulturze popularnej, a także zainspirowało prawdziwą dyskusję na temat unikania uderzenia asteroidy.

Kiedys przed laty napisałem artykuł, który został wydrukowany w Kwartalniku Meteoryt nr 1 z 2003 r., s. 24–26, pt. „Programy „SPACEWATCH” wymagają pilnie międzynarodowych rozwiązań prawnych”. W artykule tym napisałem m.in. „*Nasuwa się pytanie, czy obecnie grozi nam ponowna katastrofa. Odpowiedź na to pytanie jest jedna, tak jest to możliwe i to w każdej chwili! Niektórzy z nas byli świadkami, jak w 1993 r. rozpada się kometa Shoemaker-Levy i jej fragmenty uderzyły w Jowisza w roku 1994. To wyjątkowe wydarzenie w badaniach przestrzeni kosmicznej uświadomiło nam potęgę i ogrom zniszczeń, jakie mogą nastąpić po zderzeniu się z Ziemią nawet tylko kilkukilometrowego obiektu, który może spowodować globalną katastrofę. Umysłowiło nam również to, że jesteśmy bezbronni i nieprzygotowani na takie uderzenie. Badania najbliższych obiektów zapoczątkowane przez Davida Levy’ego oraz Carolyn i Eugene Shoemakerów należy rozwijać. Kolizja z ciałem o średnicy ok. 1 km może zabić miliardy nie tylko bezpośrednio, ale w wyniku rozpadu społeczno-politycznego, krachu gospodarczego i głodu. Na Ziemi odkryto ponad 150 kraterów uderzeniowych powstałych w różnych okresach jej historii. Kratery ulegają szybkiej erozji, dlatego te najstarsze zachowały się w najbardziej stabilnych tektonicznie i klimatycznie regionach. Co roku odkrywa się następnych kilka kraterów. Ze szczegółowych badań paleontologicznych, a w ostatnim okresie właśnie powiązanych z badaniem kraterów uderzeniowych, czyli „ran” Ziemi wynika, że w ciągu ostatnich 540 mln lat wydarzyło się ok. 29 masowych wymierań, w tym 5 wielkich i 19 mniejszych. Każda z tych katastrof spowodowała wyginiecie od 25 do 95% gatunków. Gdyby porównać historię Ziemi tj. ok. 4,5 mld lat do zegara, to z całej doby czasowej np. historia ludzkości zajęłaby ok. 8 sekund, a np. okres panowania dinozaurów tj. ok. 160 milionów lat zajęłaby ok. 51 minut. Jednak te 160 mln lat legło w gruzach ok. 65 mln lat temu na granicy okresów geologicznych kredy i trzeciorzędu [tzw. granica K/T]. Katastrofa spowodowana upadkiem ogromnego meteorytu*

⁴ <https://www.britannica.com/event/Tunguska-event>

unicestwiła ok. 65–75% organizmów. Największe straty poniosły zwierzęta lądowe ważące powyżej 25 kg. Do tych, co przetrwały, zaliczyć można małe gady, płazy, owady i kilka gatunków ssaków.”⁵

Jakże ten tekst jest nadal aktualny. Prawie co jakiś

czas dowiadujemy się z mediów, że naszą Ziemię właśnie minęła jakaś wcześniej nie odkryta duża skała kosmiczna. Dlatego warto rozwijać system wczesnego ostrzegania Ziemi, aby jak tylko to możliwe ochronić naszą planetę przed katastrofą.

⁵ <http://www.meteoryt.info/Met103.pdf>



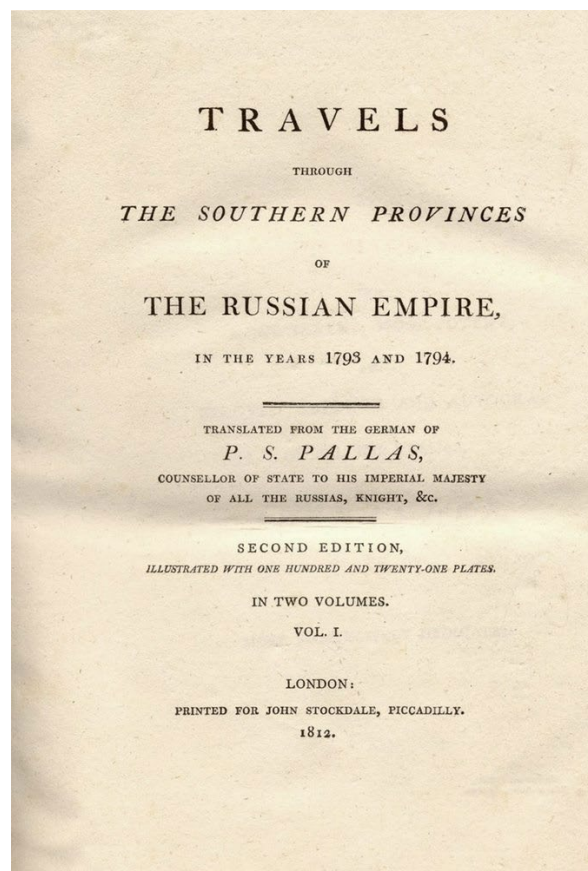
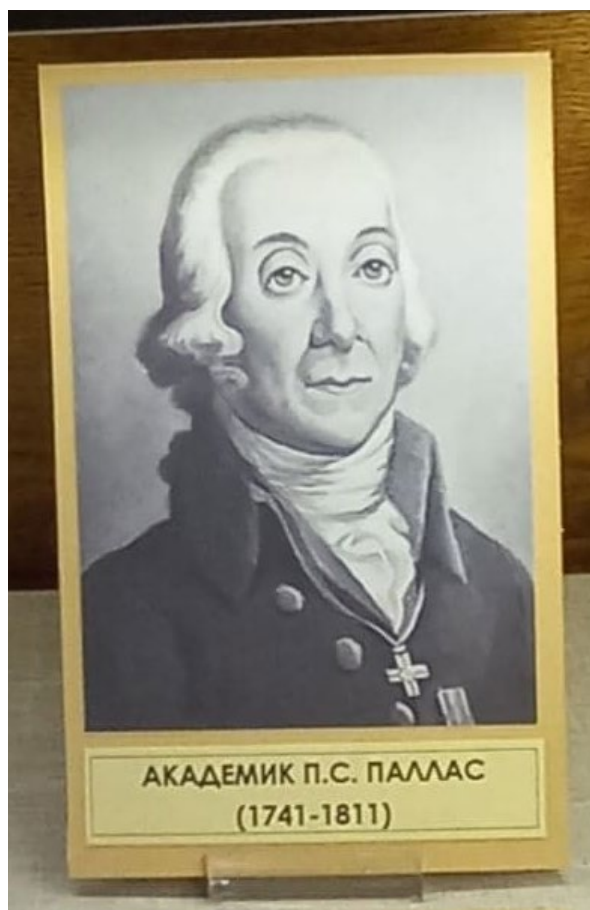
Peter Simon Pallas

Andrzej Kotowiecki

Zwiedzając Muzeum Mineralogiczne Fersmana w Moskwie można zobaczyć ogromne płyty meteorytu z Krasnojarska, który w roku 1794 został przez Ernsta Chladniego nazwany „Żelazem Pallasa” na cześć odkrywcy tego meteorytu czyli Petera Simona Pallas.

Peter Simon Pallas był synem słynnego chirurga Simona Pallas, profesora chirurgii w Collegium medico-chirurgicum w Berlinie. Od najmłodszych lat uczył się intensywnie, studiował u prywatnych nauczycieli i interesował się historią naturalną, później uczęszczał na Uniwersytet w Halle i Uniwersytet w Getyndze. W 1760 r. przeniósł się na Uniwersytet w Leiden i uzyskał stopień doktora w wieku 19 lat. Następnie podróżował do Anglii

i Holandii, doskonaląc swoją wiedzę medyczną i chirurgiczną, a także aby zbadać zbiory historii naturalnej tych krajów, a w 1766 r. opublikował w Hadze swoje pierwsze prace naukowe. Pallas napisał *Miscellanea Zoologica* (1766), który zawierał opisy kilku kręgowców nowych dla nauki, które odkrył w holenderskich zbiorach muzealnych. Planowana podróż do Afryki Południowej i Indii Wschodnich nie powiodła się, gdy ojciec odwołał go do Berlina. Tam rozpoczął pracę nad swoją *Spicilegia Zoologica* (1767–1780). Opracował nowy system klasyfikacji zwierząt, oparty na jego teorii historycznego rozwoju w świecie przyrody i jego idei, że organizmy mogą być reprezentowane jak drzewo genealogiczne, pokazując sekwencyjne relacje między różnymi grupami taksono-



Okladka książki Pallas o podróży do Rosji



Okazy żelaza Pallasa eksponowane w Muzeum Mineralogicznym w Moskwie

micznymi. Chwalony za elegancję i dokładność przez współczesnych, system Pallasa został później potwierdzony przez akceptację teorii ewolucji. Osiągnął powszechną sławę wśród europejskich naukowców i został członkiem Royal Society i Accademia dei Lincei. W 1767 r. Pallas został zaproszony przez Katarzynę II z Rosji na stanowisko profesora Akademii Nauk w Petersburgu. W tym czasie Katarzyna Wielka, zainteresowana poznaniem swojego imperium — jego geografii, historii naturalnej, ludów i zasobów — organizowała wyprawy brygad naukowców w celu zbadania długości ziem, którymi rządziła. Przez następne sześć lat, w latach 1768–1774, Pallas kierował ekspedycją, która najpierw podróżowała wzdłuż Wołgi do Samary, a następnie przez Ural na Syberię. Po zwiedzeniu Altaju, górnego regionu Amuru i przekroczeniu lodu Bajkału, dotarł pod koniec 1772 r. do miasta Kiachta na granicy mongolskiej. Przez całą podróż wysyłał regularne raporty do Petersburga zawierające jego obserwacje z dziedziny zoologii i botaniki, a także mineralogii, geologii i etnografii. Przesyłane przez Pallasę raporty były zbierane i publikowane jako *Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs* (Podróż przez różne prowincje Imperium Rosyjskiego) (3 tomy, 1771–1776). Obejmowały szeroki zakres tematów, w tym geologię i mineralogię, raporty o rdzennych ludach i ich religiach oraz opisy nowych roślin i zwierząt.

Pallas w końcu wrócił do Petersburga w lipcu 1774 roku. Odkrył i opisał dziesiątki nowych gatunków roślin i zwierząt, wśród nich gatunki, które wkrótce wyginą w wyniku inwazji człowieka na syberyjską dżicę. Bogactwo materiałów zebranych podczas sześciolletniej podróży znacznie powiększyło kolekcje Kunstammer, a wiele próbek jest nadal tam eksponowanych oraz w różnych muzeach Rosyjskiej Akademii Nauk. Wśród najbardziej imponujących jest 600-kg bryła metalicznej skały znaleziona w pobliżu Krasnojarska, później zidentyfikowana jako część rzadkiego rodzaju meteorytu, któremu nadano klasyfikację „pallasyt”. Po powrocie do Petersburga Pallas kontynuował sortowanie zebranych materiałów, publikując kilka książek z różnych dziedzin,



w tym etnografii i geografii. Rozpoczął pracę nad swoją *Flora Rossica*, obszernym przeglądem botanicznym Rosji, którego ze względu na ograniczenia finansowe ukazały się tylko dwa tomy. Zbliżył się także do Katarzyny Wielkiej, dla której pomógł przeprowadzić osobliwy projekt badawczy, aby spróbować ustalić prawdziwość teorii jednego języka jako podstawy wszystkich języków na świecie. W tym celu podjęto próbę zarejestrowania różnych słów w językach Imperium Rosyjskiego i na całym świecie poprzez rozesłanie ankiety (w USA Jerzy Waszyngton polecił gubernatorom stanów pomóc rosyjskiej cesarzowej w jej badaniach). Wynik został opublikowany jako słownik prostych terminów w ponad 200 językach. Choć metodologicznie błędny, ten eksperyment, a zwłaszcza krytyka jego technik, w dużym stopniu przyczyniły się do stworzenia podstaw do badania językoznawstwa. Katarzyna poprosiła także Pallasę, aby jej wnuków, wielkich książąt Konstantina i Aleksandra (przyszłego Aleksandra I) uczył historii naturalnej. W latach 1793–1794 Pallas poprowadził drugą ekspedycję do południowej Rosji, odwiedzając Krym i Morze Czarne. Towarzyszyła mu córka (pierwsza żona zmarła w 1782 r.) oraz nowa żona, artystka, służba i eskorta wojskowa. W lutym 1793 r. udali

się do Saratowa, a następnie w dół rzeki do Carycyna. Eksplorowali kraj na wschodzie, a w sierpniu podróżowali wzdłuż brzegów Morza Kaspijskiego i w góry Kaukazu. We wrześniu wyjechali na Krym, zimując w Symferopolu. Pallas spędził początek 1794 r. na eksploracji na południowy wschód, a w lipcu udał się w górę doliny Dniepru, wracając we wrześniu do Petersburga. Pallas opisał tę podróż w swoim *PS Pallas Bemerkungen auf einer Reise in die Südlichen Statthaltschaften des Russischen Reichs* (1799–1801). Katarzyna II dała mu duży majątek w Symferopolu, gdzie Pallas mieszkał aż do śmierci jego drugiej żony w 1810 r. W ostatnich latach życia pracował nad *Zoographica rossii-asiatica*, obszernym przeglądem znanej fauny Rosji w trzech tomach. Choć prace ukończono w 1806 r., publikacja opóźniła się z powodu problemów z powracającym do Niemiec ilustratorem Christianem Geisslerem. Chcąc przyspieszyć pracę Geisslera, Pallas poprosił o pozwolenie na podróż do Berlina w 1810 r., gdzie zmarł w następnym roku. Jego arcydzieło zoologiczne zostało ostatecznie wydrukowane prawie dwie dekady później, ale pozostało głównym źródłem odniesienia dla rosyjskiej zoologii aż do XX w.

Kilka zwierząt zostało opisanych przez Pallasę, a jego nazwisko jest zawarte w ich nazwach zwyczajowych, w tym: jaszczurka szklana Pallasę, żmija Pallasę, kot Pallasę, nietoperz długojęzyczny Pallasę, nietoperz rurkowaty Pallasę, wiewiórka Pallasę, nietoperz Pallasę gajówka, kormoran Pallas i wiele innych. Wyróżnia się go także naukowymi nazwami zwierząt opisywanych przez innych, m.in.: żółw dagestański (*Testudo graeca pallasii*), pika Pallasę (*Ochotona pallasii*), trznadel Pallasę (*Emberiza pallasii*) i śledź pacyficzny (*Clupea pallasii*).

W 1772 r. Pallasowi pokazano 680-kg bryłę metalu znalezionej w pobliżu Krasnojarska. Pallas zorganizował transport do Petersburga. Późniejsza analiza metalu wykazała, że jest to nowy rodzaj meteorytu kamiennie-żelaznego. Ten nowy typ meteorytu nazwano po nim pallasitem; sam meteoryt nosi nazwę Krasnojarsk lub czasami Pallas Iron. Nazwa nadana mu został przez Ernsta Chladniego w 1794 r.

Oprócz meteorytów imię Pallasę nadano kilku opisanym przez niego ptakom i ssakom, a także licznym gatunkom roślin, wulkanowi na Wyspach Kurylskich i górze na południowym Uralu, ulicom w Wołgogradzie, Nowosybirsku i Berlinie, półwyspowi na Morzu Karskim i miastu Pallasovka w obwodzie wołgogradzkim. Nadto Jego imieniem nazwano asteroidę: 21087 Petsimpallas. Belgijski astronom Eric Elst wybrał nazwę „Sarapul 26851” dla asteroidy, ponieważ w pismach Pallasę wspominał o swoim upodobaniu do miasta Sarapul w Rosji. Pallas został wybrany członkiem Amerykańskiego Towarzystwa Filozoficznego w 1791 r. Spośród wielu niemieckich naukowców zaproszonych do Rosji podczas oświeconych rządów Katarzyny Wielkiej Pallas niewątpliwie zrobił najwięcej, aby pogłębić naukowe zrozumienie rozległych ziem Imperium Rosyjskiego.

Więcej na temat tego niezwykłego człowieka w opracowaniach :

<http://www.saint-petersburg.com/famous-people/peter-simon-pallas/> (dostęp 17-06-2021)

<http://herba.msu.ru/journalsplus/Herba/12/pallas.htm> (dostęp 17-06-2021)

https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Simon_Pallas (dostęp 17-06-2021)



Stara ilustracja ukazująca żelazo Pallasę z 1776 r.