

METEORYT

Biuletyn wydawany przez
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
i Society of Meteoritophiles
dla polskich miłośników meteorytów

Od redaktora:

Meteorytyka przeżywa okres burzliwego rozwoju. Coraz więcej osób poszukuje meteorytów, coraz więcej ośrodków naukowych prowadzi ich badania przy pomocy coraz bardziej wyrafinowanych metod. Jednocześnie dziedzina ta staje się terenem coraz ściślejszej współpracy astronomów i geologów. Ci pierwsi uświadomili sobie, że bez informacji geologicznych nie są w stanie zbudować poprawnej teorii powstania Układu Słonecznego, ci drudzy zdali sobie sprawę, że bez wiedzy o procesach zachodzących w gwiazdach i obłokach gazu i pyłu międzygwiazdowego nie potrafią w pełni wyjaśnić pochodzenia skał tworzących meteoryty. Wyrazem tego jest zwiększenie częstotliwości wydawania i poszerzenie tematyki czasopisma **Meteoritics** wydawanego przez **Meteoritical Society**, które staje się coraz bardziej interdyscyplinarne.

Z rosnącej lawiny informacji wyłania się coraz wyraźniejszy obraz historii naszego Układu Słonecznego. Tworzone są coraz dokładniejsze modele ciał macierzystych meteorytów i zjawisk na nich zachodzących. Odbiciem zmian w rozumieniu tych zjawisk są zmiany w metodach klasyfikacji meteorytów. Angryty wróciły do łask nie tylko dlatego, że znaleziono drugi meteoryt tego typu, ale także dlatego, że zrozumiano, jak one powstały. Z takich samych powodów umocniła się pozycja lodranitów oraz wyodrębniono acapulcoity i brachinity. Historię klasyfikacji meteorytów przedstawia artykuł Philipa M. Bagnalla, za przetłumaczenie którego dziękuję p. Michałowi Kosmulskiemu.

Autorem pojęcia *meteorytyka* (*meteoritics*) jest **Julian Siemaszko** (właściciel dóbr na Ukrainie i dużej kolekcji meteorytów w ubiegłym stuleciu. Z jego kolekcji pochodzą cenne okazy meteorytów **Mighei** i **Estherville**, znajdujące się obecnie w kolekcji Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (oraz fragment meteorytu **Augustinovka** uważany w tejże kolekcji za pseudometeoryt z powodu wysokiego stopnia zwietrzenia. Katalog jego zbiorów został opublikowany w 1885 r. w Petersburgu pod tytułem „Meteoriten-Sammlung von Julian von Siemaschko”. Będę wdzięczny za wszelkie informacje o tej publikacji i jej autorze.

Informacje dla zainteresowanych otrzymywaniem **Meteorytu** w przyszłym roku znajdują się na końcu tego numeru. Miłośnikom meteorytów życzę wszystkiego najlepszego w Nowym 1994 Roku, a zwłaszcza satysfakcji płynącej z zajmowania się meteorytami.

Andrzej S. Pilski
redaktor

Rozwój systemów klasyfikacji meteorytów

Philip M. Bagnall

tłumaczył Michał Kosmulski

Wstęp

Kiedy niemiecki naukowiec Ernst Florens Friedrich Chladni (1756-1827) opublikował swoje twierdzenie, że meteoryty są pochodzenia kosmicznego (Chladni 1794), zapoczątkował ciąg wydarzeń, które w ciągu dziesięciolecia doprowadziły do małej rewolucji w naukach fizycznych. Aż do tego czasu naukowcy głęboko wierzyli, że meteoryty są ziemskiego pochodzenia. Obserwowane spadki wyjaśniano przez działalność wulkaniczną i huragany zdolne do rozrzucaenia skał na dużej przestrzeni, a skorupę obtopieniową znajdującą na niektórych meteorytach, niezwykle twórczo, co musiały przyznać autorytety, uznano za wynik uderzenia piorunu w meteoryt, tak więc meteoryty stały się znane jako „kamienie piorunowe” (*thunderstones*). Jednak wbrew powszechnej opinii poglądy osiemnastowiecznych naukowców nie były oparte na przesadach i ignorancji, ale na solidnych naukowych obserwacjach i rozumowaniu.

Dwieście lat temu astronomowie byli przekonani, że przestrzeń międzyplanetarna jest pusta, oprócz czegoś w rodzaju eteru, niezbędnego do przesyłania ciepła i światła ze Słońca. Skierowali swoje wciąż jeszcze niedoskonałe teleskopy ku niebu i... nic nie znaleźli! (Pamiętajmy, że pierwszą planetkę odkryto dopiero w roku 1801). A więc przestrzeń kosmiczna była wielkim, jałowym pustkowiem. Oczywiście, jeżeli nie było meteorytów w kosmosie, musiały one powstawać gdzie indziej. Najbardziej oczywistym miejscem zdawała się być atmosfera, i przez pewien czas pomyślał, że meteoryty mogły powstawać z rozrzedzonego powietrza przez ściśnięcie cząsteczek atmosferycznych, był dość popularny. Jednakże rosnąca znajomość procesów geologicznych sprzeciwiała się takiej teorii. Prócz tego, pomimo, że zjawiska meteorów i bolidów były znane od wieków, nikt tak naprawdę nie widział, aby z bolidu spadł meteoryt. Nic dziwnego: meteoryty zwykle spadają w znacznej odległości od miejsca zniknięcia bolidu. Tak więc nie stwierdzono związku meteorytów z bolidami. Aby sprawę jeszcze pogorszyć (wiele tak zwanych „meteorytów” przekazanych do badań okazało się być zwykłymi ziemskimi kamieniami). Naukowcy tych czasów oczywiście dobrze wiedzieli o legendarnych deszczach krwi, mleka i żab zapisanych w dawnych kronikach, a kamienie z nieba zdawały się należeć do tej kategorii – jak inaczej można było wyjaśnić ich istnienie?

Chladni nie był przekonany tymi argumentami i aby dodać znaczenia swojej teorii, wydał katalog spadków meteorytów. Pierwszą reakcją naukowców (szczególnie we Francji, było odrzucenie, a nawet wyśmianie jego pracy. Ale jego poglądy były dostatecznie przekonujące, aby zasiać ziarno zwątpienia w umysłach niektórych współczesnych mu naukowców. Pomimo, że oficjalne uznanie meteorytów jako ciał kosmicznych miało nadejść dopiero po deszczu meteorytów 26 kwietnia 1803 w L'Aigle, kilku naukowców zostało wystarczająco zaintrygowanych sugestią Chladniego; aby podjąć własne badania. Szczególnie Edward Charles Howard (1774-1816), rok przed wydarzeniem w L'Aigle próbował nawet zgrupować pewne podobne meteoryty, (Howard 1802) stając się prawdopodobnie pierwszym naukowcem, który klasyfikował meteoryty. Howard był wspomagany przez kilku innych badaczy, szczególnie Martina Heinricha Klaprotha (1743-1817) i hrabiego Jacques-Louisa Bournona (1751-1825).

Wynikiem tej pierwszej próby klasyfikacji meteorytów były trzy grupy oparte na zawartości żelaza i niklu. Były to meteoryty kamienne, meteoryty żelazne „gąbczaste” (t.j. meteoryty żelazne za-

wierające w sobie znaczną ilość fragmentów kamiennych), oraz czyste lub rodzime żelazo. Dawni badacze klasyfikujący meteoryty zdawali sobie sprawę, że meteoryty kamienne różniły się kolorem, strukturą i ciężarem właściwym (oraz że niektóre zawierały wyraźnie widoczne kulki (później nazwano je *chondrami*). Jednak w wyniku badania meteorytów Stannern (Czechy), których 200-300 spadło 22 maja 1808 r., odkryli, że nie wszystkie meteoryty zawierają te niezwykle kulki lub żelazo-nikiel: nieporozumienie, które trwa nawet do dzisiaj (Haag 1992).

I połowa XIX wieku

Wkrótce po tym, jak Akademia Francuska uznała meteoryty za ciała pozaziemskie (Biot 1802), badanie ich stało się dopuszczalne, w niektórych miejscach nawet modne, i do połowy dziewiętnastego wieku poczyniono wyteżone starania, aby wyjaśnić istotę meteorytów.

Podstawowym problemem przy próbach klasyfikacji meteorytów było to, czy należało podejść do zagadnienia z punktu widzenia chemii, czy mineralogii. Różni naukowcy preferowali różne metody.

Nils Gustaw Nordenskiöld (1792-1866), inżynier kopalń w Abo w Finlandii, po przebadaniu kamieni z Luotolax (spadek 13 grudnia 1813, Finlandia), w których nie znalazł śladów niklu, (Nordenskiöld 1823), podkreślił, że klasyfikacja powinna być oparta na podstawie petrografii mineralnej. Dwa lata wcześniej badania meteorytów Juvinas (Francja, spadły 15 czerwca 1821 r.) przeprowadzone przez Andre Laugiera przekonały go, że chemia meteorytów oferuje korzystniejszy system klasyfikacji (Laugier 1821). Laugier uważał również, że wszystkie meteoryty zawierają chrom, który można było użyć do ich rozpoznawania, oraz podzielił meteoryty kamienne na dwie grupy:

Grupa I: - Zawierały mało lub wcale żelazoniklu oraz tylko małą ilość tlenku magnezu i siarki. Miały dużą zawartość wapna i tlenku glinu oraz duże ziarna, które pozwalały na łatwe proszkowanie.

Grupa II: - Zawierały duże ilości żelazoniklu, tlenku magnezu i siarki z ograniczoną ilością tlenku glinu i wapna. Drobniejsza, bardziej zbita struktura była odporna na proszkowanie.

W roku 1843 Paul Maria Partsch (1791-1856), kustosz cesarskiej kolekcji w Wiedniu posiadał dostatecznie dużą liczbę meteorytów, by pokusić się o bardziej szczegółową klasyfikację (Partsch 1843).

Partsch najpierw podzielił meteoryty na dwie główne grupy - *meteoryty kamienne* i *meteoryty żelazne*, a później umieścił meteoryty żelazne w dwóch grupach zależnie od tego, czy były „zwięzłe i zwarte”, czy „gąbczaste”, o zawiłanej budowie i zawierające kamień”. Meteoryty kamienne podzielił na dwie główne grupy zwyczajne i *anomalne*, a okazy należące do zwyczajnych podzielił na podgrupy: *ubogie w magnez* (takie jak meteoryt Luotolax), oraz *bogate w magnez*. Grupa anomalna zawierała jedyne dwa chondryty węgliste znane w owych czasach [Alais, Francja (spadł 15 marca 1806) i Cold Bokkeveld, Afryka Południowa (spadł 13 października 1838)] oraz meteoryt Chassigny, Francja (spadł 3 października 1815 r.).

Pomiędzy 1846 a 1848 rokiem Charles Upham Shepard (1804-1886) rozpoczął pracę nad systemem klasyfikacji, który był i dziwaczny i błędny. Znowu najpierw podzielił meteoryty na *żelazne* i *kamienne*, następnie meteoryty kamienne na trachitowe i pumeksopodobne, a meteoryty metalowe na kowalne jednorodne, kowalne niejednorodne, oraz kruche. Jego system zawierał przynajmniej cztery pseudometeoryty, kilka obiektów ze spadków, które trzeba uznać za wątpliwe, a nawet różne okazy tego samego meteorytu umieszczono w różnych grupach! (Shepard 1846, 1847, 1848).

Shepard nie miał szczęścia do meteorytyki. W latach 1803-1805 Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) wysunął hipotezę, że bolidy, a więc i meteoryty, które z nich spadają, są przyciągane przez pole magnetyczne Ziemi (Ritter 1803 1804, 1805). W 1829 r. Jonathan Butler (1792-1834) rozwinął ten pomysł sugerując, że metale i skały znajdujące się w stanie gazowym mogły być w atmosferze łączone dzięki efektom magnetyzmu (Butler 1829). Pomysł spodobał się geologowi i mineralogowi Karlowi Ernstowi Adolfowi von Hoff (1771-1837), ale nie mógł on wyjaśnić, w jaki sposób mechanizm działał w praktyce (Hoff 1835). Shepard sugerował, że odpowiedzi mogły dostarczyć wulkany (Shepard 1848). Argumentował, że popiół wulkaniczny wyrzucony wysoko do atmosfery, mógł być wychwycony przez pole magnetyczne Ziemi, gdzie silnie magnetyczne składniki tworzyłyby kolumny widoczne w czasie występowania zorzy polarnej, a słabo magnetyczne i niemagnetyczne składniki zbierałyby się w masach prostopadłych do kolumn tworząc luki zorzy polarnej. Zakłócenia pola magnetycznego powodowałyby spadek meteorytów żelaznych, gdyby dotyczyły one materiału magnetycznego, meteorytów kamiennych w przypadku materiału niemagnetycznego, oraz meteorytów żelazo-kamiennych, gdyby dotyczyły całego zgromadzonego materiału. Nic dziwnego, że teoria nie zdobyła poklasku i Shepard musiał ją odwołać wkrótce po opublikowaniu.

Dylemat, jaki materiał włączyć do systemu klasyfikacji meteorytów, prześladował dawnych badaczy i Adolphe Andre M. Boisse (1810-1896) padł ofiarą tego problemu. Boisse oparł swą klasyfikację głównie na kryteriach petrograficznych i gęstości (Boisse 1850), oraz zaproponował podział na trzy główne grupy. Pierwsza, *meteoryty ciągliwe*, były to meteoryty żelazne. *Meteoryty kamienne* podzielił na dwie podgrupy - *zawierające metal*, *magnetyczne* i te *pozbawione magnetycznych ziaren*. Ale jego trzecia grupa złożona była z niezagęszczonych i bezładnych substancji, do których należały suche proszki, lepkie i żelatynowate masy, oraz kolorowy deszcz i śnieg.

II połowa XIX wieku

25 listopada 1833 r. mały deszcz meteorytów kamiennych w Błańsku w Czechach zwrócił uwagę niemieckiego badacza imieniem Karl Ludwig von Reichenbach (1778-1869). Znakomity uczony, który był również przebiegłym handlowcem, stał się gorliwym zbieraczem meteorytów, ale minęło prawie ćwierćwiecze, zanim napisał cokolwiek ważnego o swych badaniach (Reichenbach 1857). Reichenbach był dość skomplikowaną postacią z dwiema głównymi wadami. Po pierwsze był dość szorstki i nietolerancyjny w stosunku do ludzi o przeciwnych poglądach, a po drugie silnie wierzył w siłę kosmiczną - typ magnetyzmu zwierzęcego - określaną jako *Od* (Burke 1986). Te niepożądane cechy spowodowały kilka zajadłych wojen z innymi naukowcami, a szczególnie z kustoszami zbioru minerałów w Wiedniu. W konsekwencji, pomimo, że podejmował on pewne ważne prace dotyczące meteorytów, włączając badania nad naturą meteorytowego żelaza niklonośnego i odkrycie rzadkich i delikatnych płytek, które teraz noszą nazwę *lammelli* Reichenbacha (Reichenbach 1861), społeczność naukowa drugiej połowy XIX w. ignorowała go jak tylko mogła.

Rozwijając swój własny system klasyfikacji Reichenbach słusznie odrzucił pracę Sheparda i twierdził, że klasy Partsha nie mają sensownych podstaw (choć fakt, że Partsh był członkiem gabinetu wiedeńskiego niewątpliwie wpłynął na decyzję Reichenbacha o odrzuceniu jego systemu).

Reichenbach uważał, że meteoryty powinny być klasyfikowane zgodnie z ich składem mineralnym, ale nie był w stanie zastosować tego systemu w praktyce z powodu ubóstwa danych o naturze minerałów. Tak więc zamiast tego, jego klasyfikacje były oparte na zależnościach elektrochemicznych; były więc odbiciem zawartości żelaza niklonośnego i ciężaru właściwego (Reichenbach 1859). Spisał on 155 meteorytów w kolejności według ciężaru właściwego, zaczynając od chondrytu węglistego Alais (Francja, spadł 15 marca 1806 r.) o ciężarze

właściwym 1,70, a kończąc na meteorycie żelaznym Asheville (stan Północna Karolina (znaleziony w 1839 r.) o ciężarze właściwym 7,90. Podzielił Je na dziewięć typów, a później na kilka grup opartych na kolorze i strukturze (np. czy zawierały kulki nazwane później chondrami, obecność figur Windmanstättena itp.). Nie trzeba dodawać, że system ten znalazł niewielkie uznanie.

Kilka lat później M.H. Nevil Story-Maskelyne (1823-1911) i Viktor von Lang (1838-1921) wymyślili stosunkowo prosty i tragicznie nieadekwatny system, w którym meteoryty kamienne nazwano *aerolitami*, żelazne *aerosyderytami*, a meteoryty kamienne zawierające znaczne ilości żelaza *aerosyderolitami*. Później porzucili oni na *aerolitach*, *syderytach* i *mezosyderytach* (Story-Maskelyne & Lang 1863), ostatni termin został wprowadzony przez Gustawa Rose w tym samym roku. Pomimo znacznego zacofania takiego ograniczonego nazewnictwa, określeń tych używano w Anglii aż do połowy XX wieku, a badacze meteorytów stali się znani jako *aerolitolodzy*...

W Berlinie Gustav Rose (1798-1873) tworząc system, który stworzył podstawy współczesnych systemów klasyfikacji, użył nieco mniejszej ilości próbek niż Reichenbach - w sumie 153 okazów. Pierwszej próby dokonał w 1863 r. (Rose 1863), ale w ciągu roku zdobył dalsze 28 okazów i poprawił swój system (Rose 1864).

Rose podzielił meteoryty na dwie główne klasy - *meteoryty żelazne* i *kamienne*, później dzieląc meteoryty żelazne na 3, a kamienne na 7 grup. Próba podziału okazów żelazoniklowych na 5 grup nie była zbyt szczęśliwa, ale była pomniejszym niedociągnięciem w systemie, który wprowadził pewną ilość terminów aż do dziś będących w użyciu.

Meteoryty żelazne

Prawie czyste żelazo niklonośne

(podzielone na 5 grup strukturalnych)

Pallasyty - żelazo niklonośne i oliwin

Mezosyderyty - żelazo niklonośne i magnetyczny FeO, oliwin i augit

Meteoryty kamienne

Chondryty - skała z głównie krzemianu magnezu, oliwinu i żelaza niklonośnego.

Howardyty - mieszanina głównie oliwinu i być może anortytu.

Chassignity - prawie całkowicie bogaty w żelazo oliwin.

Chladnity - jedyny okaz: Bishopville

Shalkity - głównie oliwin i shepardyt

Chondryty węgliste - uważano, że mają wysoką zawartość węgla

Eukryty - łatwo zauważalny augit i anortyt

Klasyfikacja meteorytów Gustava Rose'a

Rose wybrał nazwę *pallasyt* od nazwiska rosyjskiego badacza Petera Simona Pallasza, dzięki podróżom którego w 1749 r. odkryto na Syberii meteoryt żelazno-kamienny Krasnojarsk, który wpłynął później na pracę Chladniego. *Mezosyderyt* pochodzi od greckiego *mesos* oznaczającego połowę i *sideros* oznaczającego żelazo, nazwa miała być odbiciem struktury tego przejściowego meteorytu żelazno-kamiennego.

Wśród meteorytów kamiennych Rose nadał nazwę *chondry* zagadkowym kulkom znajdującym w niektórych okazach (gr. *chondros* = ziarno), a meteoryty zawierające chondry, reprezentujące dominującą grupę, nazwano naturalnie *chondrytami*. Edward Howard, jeden z pierwszych ludzi klasyfikujących meteoryty, został uczczony przez nazwanie

jego imieniem *howardytów* w podobny sposób uczczono też Chladniego. Jednak kilka lat wcześniej Charles Shepard nazwał chladnitem krzemian magnezu znaleziony w meteorycie Bishopville (stan Południowa Karolina, spadł 25 marca 1841 r.), więc Rose zaproponował zmianę nazwy na „shepardyt”, ale pomysł odrzucono. Minerał w końcu nazwano enstatytem, a achondryty enstatytowe *aubrytami*. Nazwa „chladnit” jest obecnie rzadko używana dla określenia achondrytów ortopiroksenowych.

Zarówno grupa chassignitów jak i shalkitów zawierała tylko po jednym okazie - Chassigny (Francja, spadł 3 października 1815 r.) i Shalka (Indie, spadł 30 listopada 1850 r.). Później nazwę shalkity zmieniono na „diogenity”.

Rose umieścił chondryt węglisty Renazzo (Włochy, 15 stycznia 1824 r.) wśród chondrytów zwyczajnych, lecz zaznaczył, że jego niewielki rozmiar prowadził do znacznej niepewności przy klasyfikacji. (Ten typ chondrytów węglistych jest na oko bardzo podobny do chondrytów zwyczajnych - przyp. red.)

Ekrity otrzymały nazwę od greckiego *eukritos* oznaczającego „łatwo odróżnialny”. Rose wprowadził też wiele określeń mineralogicznych, takich jak „troilit”, którym zastąpiono nazwę „dyslutyt” Sheparda, i którym uhonorowano Ojca Dominika Troili (1722-1792), który odkrył niezwykle, nieznany w ziemskich skalach siarczek żelaza w meteorycie Albareto (Włochy, spadł w lipcu 1766 r.), oraz „schrei-bersyt”, inny meteorytowy minerał, fosforek żelaza, niklu i kobaltu, nazwany od nazwiska Carla Franza Antona von Schreibers (1775-1852), czołowego meteorytyka owych czasów. Rose odrzucił więc pierwotne określenie Reichenbacha „lampryt”. Jego określenie „linie Neumanna” oznaczające włoskowate spękania obserwowane na wyszlifowanych przekrojach pewnych typów meteorytów żelaznych honoruje innego badacza meteorytów, Johana G. Neumanna (ok.1849).

W roku 1867 nastąpiły dwie nowe próby klasyfikacji, łącznie z końcową próbą Sheparda, równie nieudaną jak inne jego dokonania. Shepard użył terminów *litolity*, *litosyderyty* i *syderyty* opierając się na charakterystyce mineralogicznej, metalurgicznej, chemicznej i teksturalnej (Shepard 1867). Jednak znowu włączył do systemu cztery pseudometeoryty, a obce nazwy wywodzące się z greki niewiele pomogły w uzyskaniu akceptacji. Tymczasem we Francji Gabriel-August Daubree (1814-1896) rozwinął system oparty całkowicie na zawartości żelaza. Jego *siderites* były podzielone na *holosideres* (zawierały tylko żelazo), *syssideres* (głównie żelazo) i *sporadosideres* (żelazo w oddzielnych ziarnach). Ostatnia grupa zawierała dalsze trzy podgrupy: *polysideres* (znaczna zawartość żelaza), *oligosideres* (niewielka ilość żelaza) oraz *kryptosideres* (nieznaczne ilości żelaza). Te meteoryty, które nie zawierały żelaza nazwano *asiderites* (Daubree 1867). Wszystkie te terminy były szeroko rozpowszechnione we francuskojęzycznym świecie przez większość XX wieku.

W 1869 r. Gustav Tschermak (1836-1927) został mianowany kustoszem kolekcji minerałów w Wiedniu i przedsięwziął ambitny program nabywania meteorytów. Trzy lata później zmienił system Rose’a, nie z powodu jakichś wielkich błędów, ale dlatego, że ujawniły się nowe dane, które umożliwiły dokładniejszą interpretację powiązań między rodzinami meteorytów (Tschermak 1872). Klasyfikacje Tschermaka opierały się głównie na petrografii z dodatkiem pewnych cech teksturalnych znajdujących w meteorytach żelaznych i chondrytach. W 1883 r. poprawił swój system (Tschermak 1883).

Tschermak rozróżnił 5 klas i podzielił każdą klasę na kilka grup. Np. jego trzecia klasa (odpowiadająca chondrytom Rose’a) zawierała kilka grup opartych na strukturze i kolorze, wyróżnionych indeksem (np. K = kohlige (węglisty) i Cw = białawe ciasto skalne z chondrami

lub bez. Pod tym względem przejął on pomysł Reichenbacha, aby do rozróżniania chondrytów użyć koloru. Tschermak również pozostawił większość nazewnictwa Rose'a takiego jak howardyty, eukryty i pallasyty, ale zmienił nazwę „shalkity” na „diogenity” od Diogenesa z Apolonii, który, jak sądził Tschermak, by pierwszym człowiekiem sugerującym kosmiczne pochodzenie meteorytów. Wprowadził też wiele innych terminów jak „syderofir” (gr. *sideros* = żelazo, *phyrao* = mieszać) i „grahamit” (od Thomasa Grahama [1805-1869], angielskiego chemika, który wykonał analizy kilku meteorytów).

Tschermak wykorzystał szerokość i charakter pasm Widmanstättena do podziału oktaedrytów na cztery podgrupy i utworzył nową grupę, ataksytów (gr. *a-taxis* = bez struktury).

Następnego roku Tschermak udoskonalił bardziej swój system klasyfikacji (Tschermak 1884). Chociaż był on niemal identyczny z systemem z 1883 r., dokonano jednej istotnej zmiany przez odwrócenie kolejności, rozpoczynając na eukrytach, a kończąc na meteorytach czysto żelaznych. W czasie, gdy panowało przekonanie, że metaliczne jądro Ziemi jest najstarszą częścią planety, tę kolejność uważano za bardziej „naturalną”.

Pomimo atrakcyjności klasyfikacji Tschermaka inni naukowcy byli skłonni przedstawić własną terminologię, wśród nich był też Stanislaus Meunier (1843-1925). Akceptował on nazewnictwo Daubree, ale spróbował zgrupować razem te meteoryty, które jak uważał, mają podobną strukturę i skład (Meunier 1885). W końcu miał ponad 60 grup nazywanych głównie od miejsc spadku (np. richmondyty). Mimo wszystko nie rozróżniał chondrytów i achondrytów, oraz umieścił meteoryty kamienne zawierające żelazo (np. chondryty węgliste) w klasach meteorytów nie zawierających żelaza. Pomysł dodania nowych nazw do terminologii nadwyreżył i tak już przeładowany system, a wysiłki Meuniera zakończyły się fiaskiem.

Pomiędzy rokiem 1885, a 1904 Aristides Brezina rozwinął klasyfikację Rose'a-Tschermaka do stopnia, który Burke określił jako „prawie zbyt drobiazgowy” (Burke 1986). Chondryty zostały podzielone na 32 grupy, zależnie od koloru, tekstury, mineralogii i składu chemicznego, a oktaedryty na jedenaście strukturalnie różnych grup (Brezina 1885 1896, 1904). Był on pierwszym który użył określenia achondryt i zdefiniował szerokości belek w figurach Widmanstättena (np. drobne = 0,5 - 1,0 mm).

Klasa 1

- I) Głównie żelazo
Oktaedryty (O)
Of (droonozlarniste)
Om (średnioziarniste)
Og (gruboziarniste)
Ok (krzywoliniowe)
Heksaedryty (H)
Ataksyty (D)
- II) Żelazo zawierające krzemiany.
- III) Głównie oliwin i bronzyt i trochę żelaza. Głównie struktura chondrytowa.
- IV) Głównie oliwin, bronzyt lub piroksen w zmiennych ilościach.
- V) Głównie augit, bronzyt i skałę wapniową, ze świecą skorupą.

Klasa 2

- I) Pallasyty (oliwin w żelazie)
- II) Mezasyderyty (bronzyt i oliwin w żelazie)
- III) Syderofir (bronzyt w żelazie)
- IV) Grahamity (plagioklaz, bronzyt i oliwin w żelazie)

Klasa 3

- Chondryty Rose'a
9 grup opartych na kolorze i strukturze.

Klasa 4

- Chassignity
- Chladnity
- Diogenity (shalkity Rose'a)
- Arnfortyty (mieszaniny oliwinu i bronzytu).
- Bustyty (mieszaniny diopsydu i enstatytu).

Klasa 5

- Howardyty
- Eukryty.

System klasyfikacji Tschermaka z 1883 r. W klasie 1 Tschermak użył oznaczeń *f* = drobne płytki (*fein*), *m* = średnie (*mittlere*), *g* = grube (*grob*), *k* = krzywoliniowe (*krummlinig*), *D* = zwarte (*dicht* [bez widocznych figur Widmanstättena]).

XX wiek

Początek XX wieku był świadkiem dalszych prób klasyfikacji meteorytów, chociaż nlewiele było tak bardzo udanych jak system Rose'a-Tschermaka-Breziny. W 1920 r. George Thurland Prior (1862-1936) poszedł popularną i logiczną drogą podziału meteorytów na *meteoryty żelazne*, *żelazno-kamiennie* i *kamiennie*, które podzielił na *chondryty* i *achondryty* (Prior 1920). Chondryty były pogrupowane na *oliwinowo-bronzytowe* i *oliwinowo-hiperstenowe*. Jego system miał jednak kłopoty z przyjęciem bogatych w wapń achondrytów, a mezosyderyty mogły być umieszczone w jednej z dwóch grup.

W 1953 r. Harold Clayton Urey (1893-1981) i Harman Craig osadzili podgrupy chondrytów Priora na solidnych podstawach i sklasyfikowali chondryty oliwinowo-bronzytowe jako *chondryty H* (H oznacza „high” = wysoką całkowitą zawartość żelaza 28% wag. i 20% wag. żelaza metalicznego) (a oliwinowo-hiperstenowe jako *chondryty L* (L oznacza „low” = niską całkowitą zawartość żelaza 22% wag. i 8% wag. żelaza metalicznego). Wskazali, że inne grupy mogą również istnieć, ale ich celem było po prostu ustanowienie grup H i L (Urey & Craig 1953). W swojej pracy przeglądowej o achondrytach, zaznaczyli, że są dwie podgrupy oparte na zawartości wapnia. Ubogie w wapń achondryty są w ogólnym składzie podobne do chondrytów, ale zostały one ogrzane, co zniszczyło chondry i oddzieliło metal i siarczki. Achondryty bogate w wapń są podobne do bazaltu i z ich składu i struktury wynika, że zostały kompletnie przetopione.

Kontynuując pracę Urey'a i Craiga, Brian Harold Mason przedstawił zawartość żelaza w meteorytach kamiennych, w postaci metalu i siarczku, jako funkcję zawartości utlenionego żelaza, i wykazał istnienie dodatkowych trzech grup: *chondrytów oliwinowo-pigeonitowych enstatytowych* i *węglistych* (Mason 1962). Dwa lata później Klaus Keil i Kurt Frederiksson w jednej z pierwszych analiz z użyciem bardzo dokładnej sondy elektronowej wprowadzili *chondryty LL* (bardzo niska całkowita zawartość żelaza 20% wag. i ok. 4% wag. żelaza metalicznego [Keil & Frederiksson 1964]).

Podjęcie podstawowych badań meteorytów chondrowych zachęciło Williama Randalla van Schmusa i Johna A. Wooda do rozważenia metody klasyfikacji, która brałaby pod uwagę różnice zarówno chemiczne, jak i petrologiczne. Wynikiem tego był podział chondrytów na 6 typów petrologicznych i 5 grup chemicznych (Van Schmus & Wood 1967), chociaż kolejne badania dodały jeden dalszy typ i 5 dodatkowych

zmienione pod działaniem wody		niezmienione	coraz bardziej zmetamorfizowane →			
1	2	3	4	5	6	7
węgliste (C)						
		oliwinowo-bronzytowe (H)				
		oliwinowo-hiperstenowe (L)				
		amfoteryty (LL)				
		enstatytowe (E)				

System klasyfikacji chondrytów Van Schmusa-Wooda oferuje wygodną skrótową metodę oznaczania okazów

grup. Jednak wartość tych dodatków jest kwestionowana (Dodd 1975, Wasson 1985). Początkowo myślano, że meteoryty były coraz bardziej zmetamorfizowane im wyższy był typ, ale obecnie istnieje zgodny pogląd, że meteoryty typu 3 są w zasadzie niezmetamorfizowane, meteoryty coraz bardziej zmetamorfizowane termicznie należą do coraz wyższych typów, a meteoryty coraz bardziej zmetamorfizowane pod działaniem wody należą do typów coraz niższych. System Van Schmus-Wooda jest obecnie powszechnie akceptowany oraz ma dodatkową zaletę, polegającą na umożliwieniu skróconej notacji dla klasyfikacji chondrytów.

Podczas gdy van Schmus i Wood robili wielkie postępy w klasyfikacji meteorytów kamiennych John T. Wasson i Jerome Kimberlin dopracowywali metodę grupowania meteorytów żelaznych (Wasson 1967, Wasson & Kimberlin 1967). Ich system miał swoje początki w 1951, kiedy Edward Goldberg, A. Uchiyama i Harrison Brown odkryli trzy różne zakresy zawartości galu w meteorytach żelaznych, które były skorelowane z zawartością niklu, oraz w mniejszym stopniu ze strukturą (Goldberg, Uchiyama & Brown 1951). Kilka lat później, grupa kierowana przez Johna F. Loveringa znalazła dalsze zależności pomiędzy galem i germanem, i odkryła, że wszystkie heksaedryty należą do II grupy (Lovering i wsp. 1957). Wasson i Kimberlin odkryli, że w IV grupie Loveringa istnieją dwie ściśle określone grupy, w których zawartości germanu, galu i niklu są skupione blisko siebie i strukturalnie podobne. Oznaczyli te grupy IV A i IV B. Odkryli też grupy III A i III B i, włączając iryd do swoich analiz wykazali, że ogółem było nie mniej niż trzynaście dobrze zdefiniowanych grup. Tak więc w okresie pomiędzy rokiem 1951 a 1967 doszło do znaczącego postępu w rozwoju ogólnie akceptowanych systemów klasyfikacji meteorytów.

Obecne systemy klasyfikacji

Pod koniec lat pięćdziesiątych Fritz Heide opublikował drugie wydanie książki **Kleine Meteoritenkunde**, (Heide 1957), którą później Edward Anders i Eugene DuFresne przetłumaczyli na język angielski (Heide 1964). W wersji angielskiej przedstawiony jest system będący dokładnym odbiciem ówczesnie akceptowanych poglądów na meteorytykę. System zawiera pewną liczbę klas, które nie były wcześniej wspomniane i były dodane w różnym czasie. *Ureility* nazwano tak po spadku w Novo-Urei w Rosji 4 września 1886 r., *angryty* po spadku w Angra dos Reis w Brazylii w styczniu 1869 r., a *lodranity* po spadku w Lodran (obecnie Pakistan) 1 października 1868 r. Żaden z tych meteorytów nie mógł być wygodnie umieszczony w szerszych klasach znanych w owych czasach. *Amfoteryty* są to chondryty LL, a *rodyty* były w rzeczywistości diogenitami. *Shergottity* są w zasadzie eukrytami, ale ich pochodzenie jest odmienne. *Oktaedryty* otrzymały dwie dodatkowe podgrupy oparte na szerokości blaszek Windmanstättena (najdrobniejsze [off], najgrubsze [ogg]), a *ataksyty* zostały pogrupowane na ubogie i bogate w nikiel. Jednak interesujące w tej tabeli jest to, czego w niej nie ma. Chociaż Urey i Craig ustanowili klasy H i L w tym samym czasie, gdy podzielili achondryty na bogate i ubogie w wapń, tylko te ostatnie wskazania zostały włączone do pracy Heide'a: grupy H i L, a co dziwniejsze, chondryty węgliste nie zostały nawet wspomniane. Może to wynikać z tego, że w tym okresie zdano sobie sprawę, że chondryty węgliste nie zawierały tak wielkich ilości węgla, jak przedtem sądzono, a niektóre zawierały nawet mniej węgla, niż meteoryty, które umieszczono w innych grupach. Nie było więc jasne, że chondryty węgliste tworzą oddzielną klasę opartą na zawartości węgla.

Popularnonaukową pracę o meteorytach Roberta T. Dodda (Dodd 1986) można porównać z pracą Heide'go. Występują tu oczywiste zmiany, ale są też podobieństwa, przede wszystkim podział achondrytów na ubogie i bogate w wapń. Jest to jednak dziwne połączenie, ponieważ niektóre meteoryty w każdej grupie nie mają wspólnego pochodzenia z innymi meteorytami tej samej grupy. Na przykład bogate w wapń howardyty i eukryty okazują się być ściśle powiązane z ubogimi w wapń diogenitami

METEORYTY KAMIENNE Chondryty Enstatytowe Oliwinowo-bronzytowe Oliwinowo-hiperstenowe Achondryty ubogie w wapń Aubryty Ureility Diogenity Amfoterity i Rodyty Chassignity bogate w wapń Angryty Nakhlity Eukryty i Shergottyty Howardyty Syderolity (przeważają krzemiany) Lodranity Mezsyderity Grahamity METEORYTY ŻELAZNE Litosyderity (przeważa metal) Syderofiry Pallasyty Heksaedryty Oktaedryty - Najdrobniejsze - Drobne - Średnie - Grube - Najgrubsze Ataksyty ubogie w nikiel bogate w nikiel	I. METEORYTY KAMIENNE A. Chondryty 1. Węgliste - CI - CM - CO - CV 2. Zwyczajne - H - L - LL 3. Enstatytowe - EH - EL B. Achondryty 1. Ubogie w wapń a) Aubryty b) Diogenity c) Chassignity d) Ureility 2. Bogate w wapń a) Angryt b) Nakhlity c) „Bazaltowe” (I) Eukryty (II) Howardyty (III) Shergottyty II. KETEORYTY ŻELAZNO-KAMIENNE A. Pallasyty B. Mezsyderity C. Syderofir D. Lodranit III. KETEORYTY ŻELAZNE A. Heksaedryty B. Oktaedryty C. Ataksyty
---	---

Klasyfikacja meteorytów według Heidego (1964) (z lewej) i system klasyfikacyjny używany w połowie lat 80-tych według Dodda (Dodd 1986). W oryginalnej tabeli Dodda były wyeksponowane podstawowe minerały, z których składają się meteoryty poszczególnych typów. Tutaj nazwy klas i typów są podane w postaci dogodnej dla porównania z innymi tabelami w tej publikacji.

(tzw. podgrupa HED), a bogate w wapń nakhlity i shergottyty z ubogim w wapń chassignitem (podgrupa SNC, która, jak się uważa, powstała na Marsie). System Dodda zawiera również podgrupy chondrytów węglistych: CI (podobne do meteorytu Ivuna, spadł w Tanzanii 16 grudnia 1938 r.), CM (podobne do meteorytu Mighei, spadł na Ukrainie 18 czerwca 1889 r.), CV (podobne do meteorytu Vigarano, spadł we Włoszech 22 czerwca 1910 r.) i CO (podobne do meteorytu Ornans, spadł we Francji 11 lipca 1868 r.). Należy podkreślić, że tabela Dodda była oparta na mineralogii.

Derek W. G. Sears i Robert T. Dodd jako wstęp do książki **Meteorites and the Early Solar System** (Sears & Dodd 1988) przedstawili inny system klasyfikacji, który nie wspomina o grupach achondrytów opartych na zawartości wapnia, poza tym tabela jest prawie identyczna, jak we wcześniejszej pracy Dodda. Jest jeden, może dwa wyjątki. Najnowszy system nie wspomina o angrytach, syderofirach i lodranitach, ale zawiera brekcję anortozytową. Generalnie, grupa syderofiru nie jest

uznawana, pomimo, że lodranity są opisane w **Catalogue of Meteorites (4th Edition)** (Graham, Bevan & Hutchison 1985).

Oczywiście jest kwestią dyskusji, jakie meteoryty tworzą rozpoznawalną klasę lub grupę. Niektórzy meteorytolodzy uważają, że jeżeli istnieje tylko jeden przykład, meteoryt powinien być klasyfikowany jako „anomalny”. Ma to sens, po prostu aby uniknąć kłopotów takich, jak miał Meunier. Ale jest również argument, aby zachować nazwy, które przez pewien czas były w użyciu. Typowym przypadkiem są angryty nazywane od jedyne go w swoim rodzaju (do niedawna) meteorytu Angra dos Reis, który spadł w Brazylii w styczniu 1869 r. Określenia używa Heide (Heide 1964) i Dodd (Dodd 1986), ale nie używają go już Sears i Dodd (Sears & Dodd 1988) ani Graham i wsp. (Graham Bevan & Hutchison 1985). Ostatnio jednak na Antarktydzie odkryto prawdopodobnie nowy angryt LEW 86010, więc nazwa wydaje się wracać do łask (Taylor 1992). Klasa syderofirów miała tylko jednego członka – meteoryt żelazny Steinbach znaleziony w Niemczech w 1724 r., ale znalezienie innego meteorytu podobnego do okazu Steinbach, prawdopodobnie wśród antarktycznych lub innych pustynnych znalezisk, jest tylko kwestią czasu i wtedy klasa zostanie odnowiona.

W roku 1976 Robert N. Clayton, N. Onuma i T.K. Mayeda ogłosili metodę klasyfikowania meteorytów w zależności od izotopów tlenu (Clayton, Onuma & Mayeda 1976). W tym systemie, różnica w ilości izotopów $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ pomiędzy próbka, a standardem (Standardowa średnia w Wodzie Morskiej [Standard Mean Ocean Water SMOW]) jest porównywana z odpowiadającą jej różnicą $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (wyrażoną w ppm lub promilach). Kiedy wykona się wykres, okazuje się, że mimo, że meteoryty H L i LL leżą w podobnych obszarach wykresu, chondryty H można łatwo odróżnić od innych, natomiast chondryty L są trudne do odróżnienia od chondrytów LL. Chondryty węgliste są obecne w szeroko rozprzestrzenionym regionie wykresu, ale dwie podgrupy enstatytowe, EH (całkowita zawartość 32% wag. żelaza) i EL (całkowita zawartość 24% wag. żelaza) są bardzo słabo rozróżniane na wykresie.

Celem klasyfikowania meteorytów jest odkrycie powiązań, które istnieją pomiędzy różnymi okazami, w celu zbudowania jaśniejszego obrazu narodzin i ewolucji Układu Słonecznego, którego meteoryty są istotną częścią. Jednak sposób, w jaki meteoryty są ułożone w systemie klasyfikacji, jest zależny od użytych danych: chemicznych, mineralogicznych, petrograficznych, itp. Zawodowi meteorytycy potrzebują systemów klasyfikacji z nieco innych powodów, niż meteorytofile amatorzy. Zbieracze meteorytów są przede wszystkim zainteresowani wyglądem meteorytu, co w praktyce oznacza strukturę. Nic więc dziwnego, że system używany przez amatorów nie będzie się zgadzał z tym, którego używają zawodowcy. Jest jeszcze inny problem: katalogi sprzedawców meteorytów często używają mieszaniny starej i nowej terminologii, głównie dlatego, że nazwa „heksaedryt” jest znacznie bardziej obrazowa, niż „IIA”. Wszystkie te czynniki trzeba brać pod uwagę prezentując system użyteczny dla miłośników meteorytów.

Poniższa tabela jest oparta na wcześniejszej pracy autora, napisanej specjalnie dla kolekcjonerów (Bagnall 1991), ale zawiera pewne zmiany. Podgrupy chondrytów węglistych zostały uzupełnione o krystaliczną podgrupę CK (podobne do meteorytu Karoonda, który spadł w Południowej Australii 25 listopada 1930 r. [Rubin & Kallemeyn 1989 i Kallemeyn, Rubin & Wasson 1991]). Dodano również rzadką grupę *acapulcoity* nazwane od chondrytu Acapulco, który spadł 11 sierpnia 1976 r. (przedtem był klasyfikowany jako anomalny chondryt). Jest to prawdopodobnie przejściowa grupa pomiędzy chondrytami, a achondrytami, i może być związana z lodranitami. Do achondrytów dodano *brachinity* nazwane od pierwszego znalezione go okazu – Brachina, Południowa Australia, 26 maja 1974 (Nehru i wsp. 1992). Klasy achondrytów o podobnym pochodzeniu zgrupowano razem.

KAMIENNE

Chondryty

Węgliście	C	
CI		
CK		
CM		
CO		
CV		
Enstatytowe	E	
EH		
EL		
Zwyczajne		
1) Oliwinowo-bronzytowe		H
2) Oliwinowo-hiperstenowe		L
3) Amfoteryty	LL	
Acapulcoity		
Anomalne		

Achondryty

Angryty	ACANOM
Aubryty	AUB
Brachinity	ABRA
Ureility	AURE
Podgrupa HED:	
1) Howardyty	AHOW
2) Eukryty	AEUC
3) Diogenity	ADIO
Podgrupa SNC:	
1) Shergottyty	AEUC
2) Nakhility	ACANOM
3) Chassignit	ACANOM
Anomalne	

ŻELAZNO-KAMIENNE

Lodranity	LOD
Mezosityderyty	MES
Pallasyty	PAL
Syderofir	IVA-ANOM
Anomalne	

ŻELAZNE

Heksaedryty		H
Oktaedryty		O
Najgrubsze	>3,3 mm	Ogg
Grube	1,3-3,3 mm	Og
Średnie	0,5-1,3 mm	Om
Drobne	0,2-0,5 mm	Of
Najdrobniejsze	<0,2 mm, ciągłe	Off
Plessytowe	<0,2 mm, igiełkowate	Opl
Ataksyty		D
Anomalne		

System klasyfikacji dla kolekcjonerów meteorytów opracowany przez autora. Jest to zmodyfikowana wersja wcześniejszej tabeli (Bagnall 1991)

Wnioski

Naukowcy próbowali umieścić meteoryty w dobrze zdefiniowanych grupach, jeszcze zanim oficjalnie stwierdzili ich kosmiczne pochodzenie. Ten proces trwa do dzisiaj, ponieważ więcej danych stało się dostępnych, a powiązania pomiędzy różnymi typami meteorytów stały się bardziej widoczne, chociaż czasem są dyskusje, dla jakich meteorytów tworzyć grupy. Systemy klasyfikacji, jeżeli są poprawnie interpretowane, mogą pozwolić na bezcenne wejście w pochodzenie i ewolucję tych zagadkowych obiektów.

References

- Bagnall, P.M. 1991 *The Meteorite and Tektite Collector's Handbook*. Willmann-Bell, Inc. pp. 71-94.
- Biot, J.B. 1802 *Note sur des substances pierreuses d'une nature particulière, que l'on assure être tombée sur la terre*. *Bull. Sci. Soc. Phil.* 66, 139-140.
- Boisse, A.A.M. 1850 *Recherches sur l'histoire, la nature et l'origine des Aérolithes*. Aveyron. Rodez.
- Brezina, A. 1885 *Die Meteoritensammlung des k.k. mineralogischen Hofkabinetes in Wien am 1. Mai 1885*. Vienna. Alfred Hölder.
- Brezina, A. 1896 *Die Meteoritensammlung der k.k. Naturhistorischen Hofmuseums am 1. Mai 1895*. Vienna.
- Brezina, A. 1904 *The Arrangement of Collections of Meteorites*. *Proc. Am. Phil. Soc.* 43, 211-267.
- Burke, J.G. 1986 *Cosmic Debris: Meteorites in History*. pp. 178-180. California Univ. Press.
- Butler, J. 1829 *Origin of Aerolites*. *Month. Mag.* 8 NS, 111.
- Chladni, E.F.F. 1794 *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen*. Riga: J.F.Hartknoch.
- Clayton, R.N., Onuma, N. & Mayeda, T.K. 1976 *A Classification of Meteorites Based on Oxygen Isotopes*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 30, 10-18.
- Daubrée, G.-A. 1867 *Classification adoptée pour la collection de météorites du Muséum*. *Comptes Rendus* 65, 60-63.
- Dodd, R.T., Grover, J.E. & Brown, G.E. 1975 *Pyroxenes in the Shaw (L7) Chondrite*. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 39, 1585-1594.
- Dodd, R.T. 1986 *Thunderstones and Shooting Stars: The Meaning of Meteorites*. Harvard University Press.
- Graham, A.L., Bevan, A.W.R. & Hutchison, R. 1985 *Catalogue of Meteorites (4th Edition)*. British Museum (Natural History).
- Haag, R.A. 1992 *Field Guide of Meteorites*. Tucson.
- Heide, F. 1957 *Kleine Meteoritenkunde*. Springer Verlag.
- Heide, F. (Transl. Anders, E. & DuFresne, E) 1964 *Meteorites*. University of Chicago Press.
- Hoff, K.E.A. von. 1835 *Neue Beiträge zu Chladni's Verzeichnissen von Feuermeteoriten und herabgefallenen Massen*. *Ann. Phys.* 34, 339-370.
- Howard, E.C. 1802 *Experiments and observations on certain Stony and Metalline substances, which are said to have fallen on the Earth; also on certain kinds of native iron*. *Phil. Trans. R. Soc. London.* 92, Pt.1, 168-212.
- Kallemeyn, G.W., Rubin, A.E. & Wasson, J.T. 1991 *The Compositional Classification of Chondrites - V: The Karoonda CK Group of Carbonaceous Chondrites*. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 55, 881-892.
- Keil, K. & Frederiksson, K. 1964 *The Iron, Magnesium and Iron Distribution in Coexisting Olivines and Rhombic Pyroxenes of Chondrites*. *J. Geophys. Res.* 69, 3487-3515.
- Laugier, A. 1821 *Analyse de la Pierre météorique de Juvénas*. *Ann. de Chim. & Phys.* 19, 264-273.
- Lovering, J.F., Nichiporuk, W., Chodos, A. & Brown, H. 1957 *The Distribution of Gallium, Germanium, Cobalt, Chromium and Copper in Iron and Stony-Iron Meteorites in Relation to Nickel Content and Structure*. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 11, 263-278.
- Mason, B.H. 1962 *The Classification of Chondritic Meteorites*. *Am. Mus. Novitates* No. 2085, 1-20.
- Meunier, S. 1885 *Géologie Comparée - sur la Classification et l'Origine des Météorites*. *Comptes Rendus* 101, 728.
- Nehru, C.E., Prinz, M., Weisberg, M.K., Ebihara, M.E., Clayton, R.N. & Mayeda, T.K. 1992 *Brachinites: A New Primitive Achondrite Group*. (Abstract) *Meteoritics* 27, 267.
- Nordenskiöld, N. 1823 *Mineralogical Description of some Aérolites which fell near Wiborg*. *Edinburgh Phil. J.* 9, 333-334.
- Parts, P.M. 1843 *Die Meteoriten oder von Himmel gefallenen Steine und Eisenmassen im k.k. Hof-Mineralien Kabinette zu Wien*. Vienna.
- Prior, G.T. 1920 *The Classification of Meteorites*. *Min. Mag.* 19, 51-63.
- Reichenbach, K.L. von. 1857 *Über den Meteoriten von Hainholz*. *Ann. Phys.* 101, 311-313.
- Reichenbach, K.L. von. 1859 *Anordnung und Einteilung der Meteoriten*. *Ann. Phys.* 107, 155-182.

- Reichenbach, K.L. von. 1861 *Über das innere Gefüge der näheren Bestandtheile des Meteoreisens. Ann. Phys.* 114, 99-132, 250-274, 477-491.
- Ritter, J.W. 1803 *Einiges über Nordlichter und deren Periode, und über den Zusammenhand des Nordlights mit dem Magnetismus und des Magnetismus mit den Feuerkugeln, dem Blitze und der Elektrizität. Ann. Phys.* 15, 206-226.
- Ritter, J.W. 1804 *Ideen über Feuerkugeln und Meteorsteine, die Perioden ihrer Erscheinung, und die Ubereinstimmung mit denen der Nordlichter und Gewitter, und über den daraus hervorgehenden tellurischen Ursprung der gefallener Stein- und Eisenmassen. Ann. Phys.* 16, 221-241.
- Ritter, J.W. 1805 *Noch einiges über Nordlichter und Feuerkugeln, und auffallende meteorologische Wahrnehmung am 20sten Nov. 1804. Ann. Phys.* 19, 235-242.
- Rose, G. 1863 *Systematisches Verzeichnis der Meteoriten in den Mineralogischen Museum der Universität zu Berlin. Ann. Phys.* 118, 419-423.
- Rose, G. 1864 *Beschreibung und Einteilung der Meteoriten auf Grand der Sammlung im Mineralogischen Museum zu Berlin. Abh. Akad. Wissenschaften Berlin.*
- Rubin, A.E. & Kallemeyn, G.W. 1989 *Carlisle Lakes and Allan Hills 85151: Members of a New Chondritic Grouplet. Geochim. Cosmochim. Acta.* 53, 3035-3044.
- Sears, D.W.G. & Dodd, R.T. 1988 *Overview and Classification of Meteorites in Kerridge, J.F. & Matthews, M.S. (Eds.) Meteorites and the Early Solar System. University of Arizona Press.* pp.3-31.
- Shepard, C.U. 1846 *Report on Meteorites. Am. J. Sci.* 52, 377-392.
- Shepard, C.U. 1847 *Report on Meteorites. Am. J. Sci.* 54, 74-87.
- Shepard, C.U. 1848 *Report on Meteorites. Am. J. Sci.* 56, 402-447.
- Shepard, C.U. 1867 *New Classification of Meteorites with an Enumeration of Meteoritic Species. Am. J. Sci.* 93, 22-28.
- Story-Maskelyne, M.H.N. & Lang, V. von. *Aërolitics. Phil. Mag. & J. Sci.* 25, 46-58.
- Taylor, S.R. 1992 *Solar System Evolution. Cambridge University Press.* pp.129-130.
- Tschermak, G. 1872 *Die Meteoriten des k.k. mineralogischen Museum am 1 October 1872. Min. Mitt.* 165-172.
- Tschermak, G. 1883 *Beitrag zur Classification der Meteoriten. Am. J. Sci.* 126, 411-412.
- Tschermak, G. 1884 *Beitrag zur Classification der Meteoriten. Sitzungs. Akad. Wissenschaften Wien.* 88, 347-371.
- Urey, H.C. & Carig, H. 1953 *The Composition of the Stone Meteorites and the Origin of Meteorites. Geochim. Cosmochim. Acta.* 4, 36-82.
- Van Schmus W.R. & Wood, J.A. 1967 *A Chemical-Petrologic Classification for the Chondritic Meteorites. Geochim. Cosmochim. Acta* 31, 747-765.
- Wasson, J.T. 1967 *The Chemical Classification of Meteorites - I: A Study of Iron Meteorites with Low Concentrations of Gallium and Germanium. Geochim. Cosmochim. Acta.* 31, 161-180.
- Wasson, J.T. 1985 *Meteorites: Their Record of Early Solar System History. W.H. Freeman & Co.*
- Wasson, J.T. & Kimberlin, J. 1967 *The Chemical Classification of Meteorites - II: Irons and Pallasites with Germanium Concentrations between 8 and 100 ppm. Geochim. Cosmochim. Acta.* 31, 2065-2092.

METEORITES

Buyer, Seller and Exchanger
Will Buy Large Meteorites

* * * * *

- ♦ Custom Cutting
Irons, stones and stony-
irons. Large individuals
or slices.
- ♦ Polishing & Etching Services
- ♦ Free Analysis & Authentication
Please send a small sample

Private Collector of Meteorites
Since 1974

MARLIN D. CILZ

Buyer And Exchanger Of Rare Meteorites

BOX 1063 MALTA, MONTANA 59538 USA

PHONE: 406-654-2192 FAX: 406-654-2367

Kraterory meteorytowe Kaali

Reet Tiirmaa

Historia badań naukowych

Kraterory Kaali w Estonii, aż do lat 60-tych jedyne znane kraterory meteorytowe w Europie, przyciągają uwagę naukowców od pierwszej połowy XIX wieku. Pierwszy opis głównego krateru Kaali pojawił się w 1827 r. w książce J.W. von Luce opisującej przyrodę i historię wyspy Saaremaa.

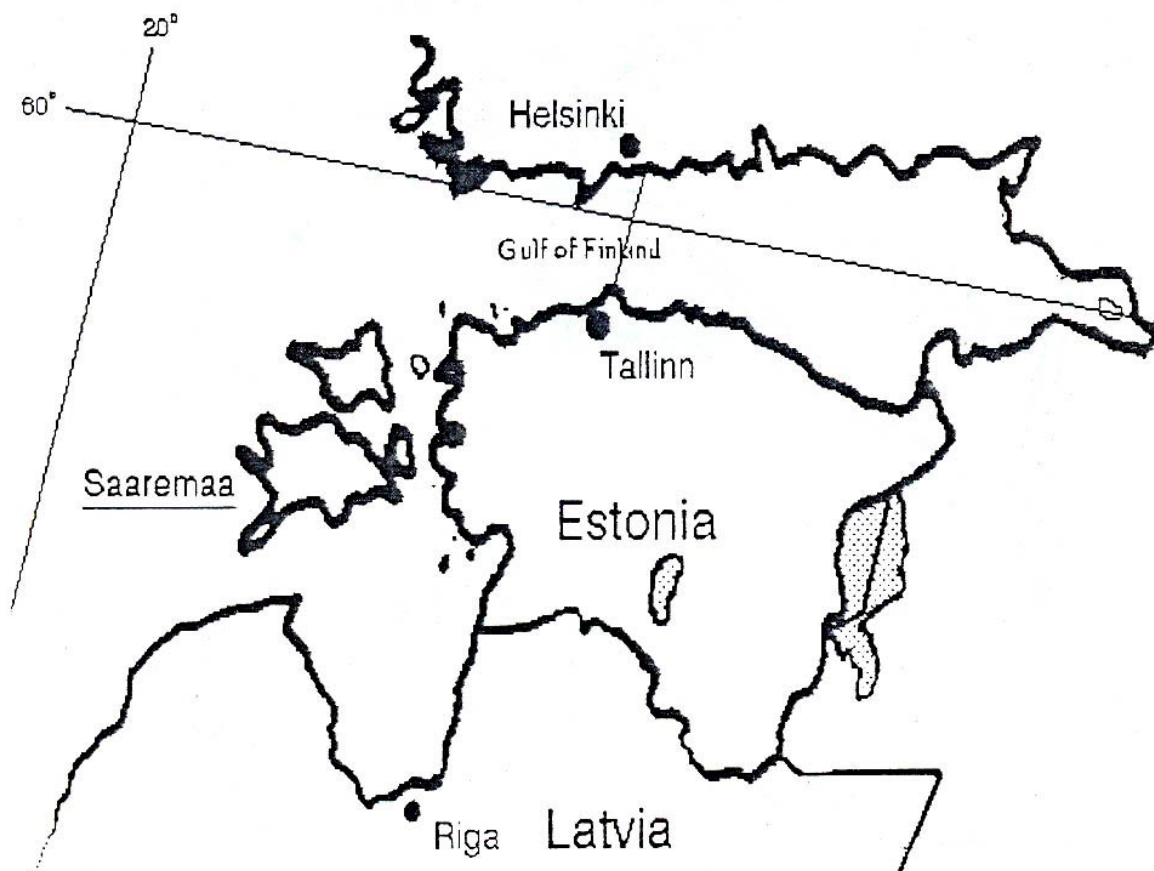
Między 1827 a 1928 r. powstało kilka różnych hipotez wyjaśniających pochodzenie kraterów Kaali:

1) *Eksplzja*: krater wulkaniczny lub struktura utworzona przez erupcję gazu, wody lub pary wodnej (Hofman 1837, Qualen 1849 itd.)

2) *Struktury wapienne*: uskoki tektoniczne i kawerny (Eichwald 1843, Kutorga 1853 itd). W 1854 r. E. Eichwald sugerował, że jest to grodzisko, w którym naturalne jezioro powstałe wskutek wymycia wapienia służyło jako źródło wody otoczone przez wały wzniesione przez ludzi.

3) *Tektonika soli lub gipsu* (Kraus i in. 1928).

4) *Krater meteorytowy* (Kalkun 1922, Kraus i in. 1928, Reinwald 1928).



Rys. 1: Kraterory Kaali znajdują się na wyspie Saaremaa u wybrzeży Estonii.

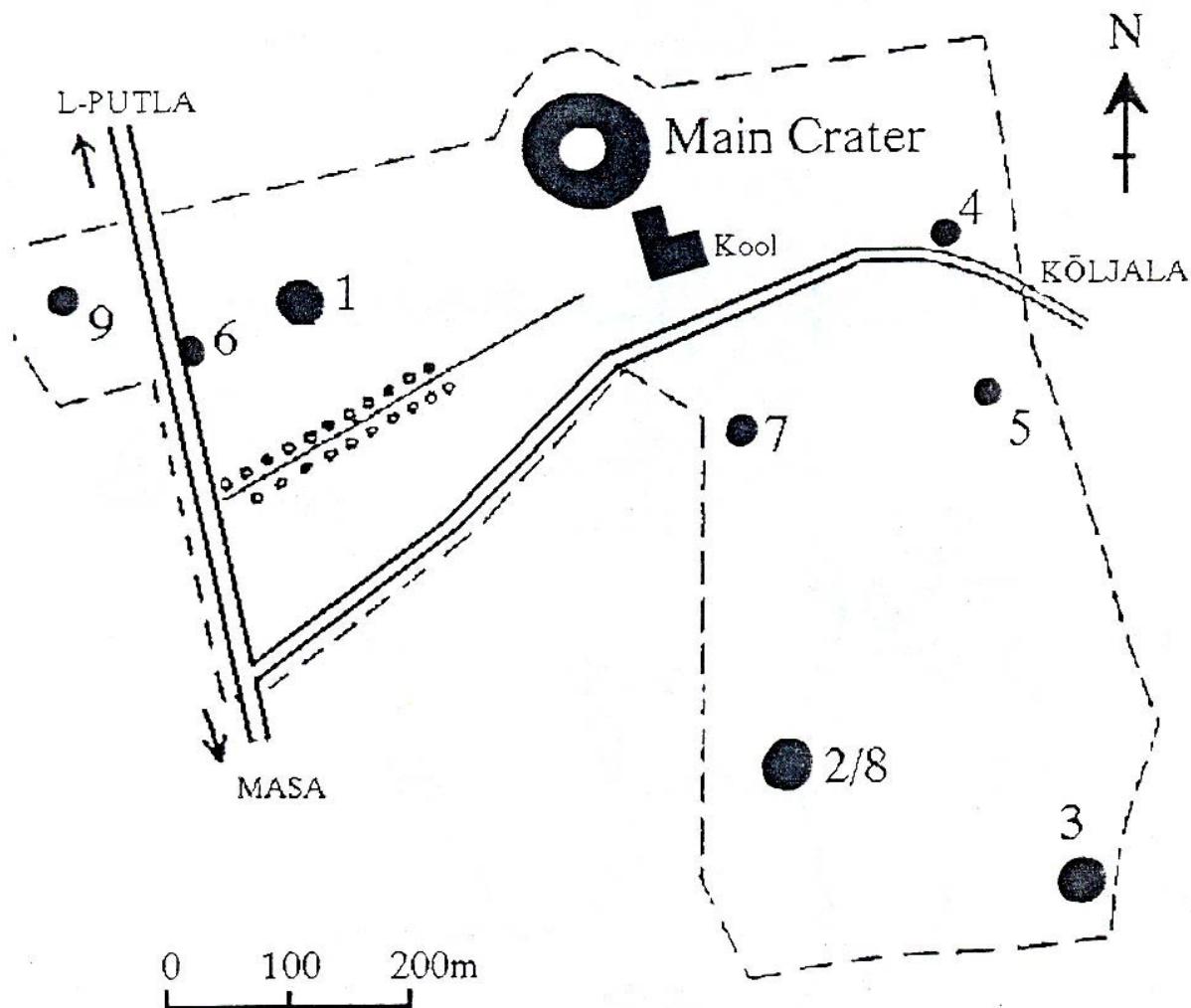
W 1927 r. I.A. Reinwald, inżynier górnictwa, przeprowadził kilka badań geologicznych i w 1937 r. zebrał 30 fragmentów żelaza meteorytowego z kraterów 2 i 5 (rys. 2). W 1955 r. badanie kraterów było kontynuowane przez Ago Aaloe (1927-1981), doktora geologii, który poświęcił 25 lat na tę pracę.

W 1965 r. i w latach 1972-1986 kratery meteorytowe Kaali były badane przez radzieckich naukowców. Badania koncentrowały się na rozkładzie rozrzuconej materii meteorytowej i na kompleksowych pomiarach geofizycznych krateru i jego sąsiedztwa. Połowa lat 79-tych była okresem rosnącego zainteresowania historyków kraterami Kaali. Dużą wagę przywiązywano do opracowania i propagowania sposobów ich ochrony.

Opis kraterów

Kratery meteorytowe Kaali, w sumie dziewięć, znajdują się na estońskiej wyspie Saaremaa (58°24'N, 22°40'E rys. 1) na obszarze jednego kilometra kwadratowego. Meteoryt należy do klasy oktaedrytów gruboziarnistych (Buchwald 1975).

Kratery są utworzone w gliniastym gruncie i leżącej pod nim grubej warstwie dolomitu z okresu górnego Syluru. Są więc wypełnione mieszaniną kawałków dolomitu, gliny i humusu.



Rys. 2: Rozmieszczenie kraterów meteorytowych w Rezerwacie Geologicznym Kaali.

Deszcz meteorytowy w Kaali był niszczący dla tamtejszego krajobrazu. Pole kraterów zostało pokryte rumoszem. Wiatr i deszcz zaczęły wyrównywać zdewastowany przez eksplozję teren. Cienka warstwa gleby i roślin pojawiła się na zboczach krateru. Główny krater został wypełniony wodą i powstało jezioro, na którego dnie osiadły osady mineralne wymyte ze zboczy krateru. Średnica jeziora, znanego jako jezioro Kaali (Kaali järv), zależy od poziomu wody, wahając się od 30 do 60 m; głębokość jest 1-6 m. Jezioro jest zasilane przez wodę gruntową i opady.

Średnica głównego krateru, mierzona na szczycie wału, jest 105-110 m. Średnia głębokość krateru od szczytu wału do warstwy mułu jest 16 m. Maksymalna grubość osadów jeziora jest 5,8 m. Tak więc początkowa głębokość krateru musiała być przynajmniej 22 m. Górna część wału składa się z materiału wyrzuconego z krateru podczas eksplozji i z warstw dolomitu nachylonych po kącie 25° - 90° do horyzontu, miejscami wystających. Średnia grubość wyniesionego kompleksu skał podłoża jest 10 m. Został on rozszczępiony na dziewięć osobnych, przesuniętych bloków o szerokości do 50 m każdy.

Małe kratery, znane lokalnie jako wyschnięte jeziora, są płytke i mają miejscami pozostałości niskich walów. Prawdopodobnie są wiaź nieodkryte małe kratery w Kaali.

Krater nr 1 jest zagłębieniem zarośniętym krzakami. Ma średnicę do 39 m i głębokość do 4 m. Jest łatwo dostrzegalny w środku pola uprawnego jako równomiernie zaokrąglony zagajnik. Wydzwignięte warstwy dolomitowe są tu widoczne tak samo, jak w głównym kraterze.

Kratery nr 2/8 zostały utworzone przez uderzenie w ziemię dwóch osobnych meteorytów. ślady są tak blisko siebie, że utworzyły jedno zagłębienie o skomplikowanych konturach. Najdłuższa oś bliźniaczego krateru sięga 53 m. W 1937 r. I.A. Reinwald znalazł w tym kraterze pierwsze 28 kawałków meteorytu Kaali o łącznej masie 102,4 g.

Krater nr 3 jest najlepiej zachowany. Ma 33 m średnicy i 3,5 m głębokości z łagodnie nachylonym dnem. Znalezione tam ponad 200 g fragmentów meteorytu.

Wygląd **krateru nr 4** został bardzo zmieniony przez kopanie.

To w tym kraterze Reinwald po raz pierwszy odkrył ślady uderzenia meteorytu co doprowadziło go do przypisania pochodzenia kraterów Kaali upadkowi meteorytu. Początkowa średnica krateru i głębokość były odpowiednio 20 m i 1,2 m.

Krater nr 5 znajduje się w małym, na 2 m zagłębionym odgałęzieniu skał podłoża, które przechodzi przez południową część śladu po zderzeniu na głębokości 1 do 1,5 m. Średnica krateru wynosi 13 m., a późniejsze wykopki pokazały, że głębokość jest od 2,9 do 3 m. Tu został znaleziony największy fragment meteorytu Kaali 38,4 g.

Krater nr 6 jest nie wyróżniającym się kolistym zagłębieniem o średnicy 26 m. i głębokości 0,6 m. W tym kraterze A.Aaloe odkrył 150 g fragmentów meteorytu w 1963 r.

Krater nr 7 został odkryty w 1965 r. Ma średnicę 15 m. i głębokość 1 m. Podczas kopania wydobyto z tego krateru liczne fragmenty meteorytu.

Ogólnie można powiedzieć, że badanie wtórnych kraterów w Kaali dało cenne informacje o deszczu meteorytów, które nie mogły być uzyskane z głównego krateru, gdzie zderzenie z ziemią spowodowało potężną eksplozję, która utworzyła wywierający wrażenie kształt terenu, ale jednocześnie zatarła wiele szczegółów związanych z meteorytem. Z drugiej strony wtórne kratery zostały łatwiej uszkodzone przez działalność ludzką.

Różne metody zastosowano do wyznaczenia wieku i pochodzenia kraterów Kaali. Biorąc pod uwagę budowę geologiczną kraterów i historię geologiczną obszaru można stwierdzić z pewnością, że kratery nie mogły powstać przed wynurzeniem się terenu Kaali z morza, ponieważ nie widać w kraterach i wałach wokół nich ani osadów morskich, ani śladów erozji morskiej. Dlatego Reinwald uważał, że maksymalny wiek kraterów jest tylko 5000 lat. Aaloe doszedł do tego samego wniosku, jeśli chodzi o czas powstania, oceniając wiek na 3000 do 4000 lat. Analizy pyłku i torfu wskazują na wiek od 3500 do 3900 lat (Saarse 1990).

Energia, trajektoria i uderzenie

Energia potrzebna do utworzenia kraterów Kaali jest oceniana na 4×10^{19} ergów dla głównego krateru i mniej więcej dwa rzędy wielkości niższa dla wtórnych kraterów. Wychodząc od energii utworzenia głównego krateru i założonego kąta zderzenia 45° otrzymano następujące wartości:

Początkowa masa meteorytu	= 400 do 10000 ton
Masa przy uderzeniu	= 20 do 80 ton
Prędkość wejścia w atmosferę	= 15 do 45 km/s
Prędkość przy uderzeniu	= 10 do 20 km/s

Najbardziej prawdopodobna masa meteorytu, który utworzył krater, jest około 1000 ton. Kawałki meteorytu odpowiedzialne za utworzenie małych, wtórnych kraterów, oddzieliły się na wysokości mniej więcej 5 do 6 km, a ich łączna masa nie przewyższała 18% do 20% całkowitej masy (Bronsten i in., 1963). Istnieją także odmienne oszacowania.

Problem kierunku lotu meteorytu Kaali i kąta uderzenia jest także złożony. Według Aaloe prawdopodobny kąt uderzenia był 35 do 40 stopni względem horyzontu. Zachodnia trajektoria jest wskazywana przez informacje geofizyczne o strefach zniszczeń w głównym kraterze i wtórnych kraterach nr 1 i 6.

Meteoryty Kaalijärv trafiły do kilku kolekcji na świecie, w tym:

Instytut: Geologiczny w Tartu	100 g
Amerykańskie Muzeum Przyrodnicze, N.Y.	9 g
Muzeum Narodowe US Waszyngton	4,3 g
Uniwersytet: Stanowy w Arizonie, Tempe	2,2 g
Moskiewska Akademia Nauk	88 g
Muzeum Przyrodnicze, Londyn	14,6 g

Buchwald klasyfikuje ten meteoryt jako oktaedryt gruboziarnisty (2,0 mm) (IA)

Dwie możliwości są sugerowane przez inne metody: kierunek z południowego wschodu na północny zachód (azymut 345° stopni) odpowiadający wydłużonej orientacji pola kraterów, lub azymut 255° stopni wskazany przez budowę geologiczną kraterów nr 2, 4 i 5. Na przełomie lat 70-tych i 80-tych zbadano rodzaj i rozmieszczenie sproszkowanej materii meteorytu (tj. <1 mm średnicy) najpierw w kraterach meteorytowych Kaali i w ich sąsiedztwie, a potem na Saaremaa, Muhu i w zachodniej Estonii. Rozkład rozrzuconej materii na terenie Kaali jest nieregularny. Na większym obszarze sproszkowana materia jest rozmieszczona w postaci nieregularnych i powikłanych pasm. Jednak strefa wyższej zawartości wzdłuż kierunku uderzenia meteorytu jest wyraźnie widoczna. Rozmiary stref pokazują rozrzucenie pierwotnej masy meteorytu na dużym obszarze.

Wpływ katastrofy na miejscową ludność

Katastrofa Kaali miała dwojaki wpływ na historię miejscowych ludzi:

1) Zdarzenia związane z samą eksplozją i towarzyszącymi zjawiskami wpłynęły na rozwój kulturalny.

2) Nieoczekiwanie pojawiły się nowe formy krajobrazu przydatne do wykorzystania jako fortyfikacje jak również miejsca uświęcone.

Obfitość przedmiotów z dawnych czasów sugeruje, że Saaremaa była jednym z najbardziej rozwiniętych i najgęściej zaludnionych obszarów w Estonii podczas epoki brązu. Jest mało wątpliwości, że katastrofa pozostawiła niezatarte wrażenie w świadomości mieszkańców wyspy w owym czasie. Nie jest wykluczone, że to wydarzenie było rozpowszechniane w mitologii nordyckiej i folklorze („Kalevala”, „Edda”). Odpowiednie przesłanki istnieją.

W 1978 r. rozpoczęto wykopaliska na odkrytych fortyfikacjach umiejscowionych na zewnętrznym stoku północno-wschodniego walu głównego krateru. Od strony jeziora są one chronione przez strone zboczne, a od zewnątrz przez półkolisty wał. Znaleźiska archeologiczne na terenie twierdzy są nieliczne. Fragmentów wyrobów garncarskich jest mało i pochodzą z 7 wieku p.n.e. Garnki znalezione w twierdzy pochodzą z tego samego okresu i jest prawdopodobne, że większość fragmentów pochodzi z ery żelaza, za początek której przyjmuje się rok 600 p.n.e. na tym terenie (Lougas 1980). Podczas wykopalisk 1976-78 archeolodzy znaleźli kości zwierząt w jeziorze Kaali. Znalezione je w warstwach torfu starszych niż 1500-2000 lat. Czy były to ofiary obrzędów religijnych?

Jest to kilka wzmianek o wpływie zdarzenia Kaali na naszą zbiorową świadomość, jakkolwiek mogą one być dyskusyjne, zniekształcone i niejasne. Samo zdarzenie zostało zapisane w skałach: jest naszym obowiązkiem chronić i zachować te skały, aby stworzyć naszym potomkom możliwość rozwiązania pozostałych problemów.

Literatura

Aaloe, A. 1958 *On the History of the Study of Kaali Meteorite Craters. Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.* II, pp. 105-117 (ros.).
Bronsten, V. & Stanyukovich k. 1963 *On the Fall of the Kaali Meteorite. Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.* XI, pp. 73-83 (ros.).
Buchvald, V.F. 1975 *Handbook of Iron Meteorites.* Univ. Calif. Press, pp. 704-707

Kraus, E., Meyer, R. & Wegener, A. 1928 *Untersuchungen über den Krater von Sall auf Osel. Kurl. Beitr. Geophys.* Bd.20, Heft 3/4, S.312-378

Luce, J.W.L. 1827 *Wahrheit und Mutmassung.* Pernau, XVIII, S.164

Lougas, V. 1980 *Archaeological Excavations in the Kaali Crater Area. Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.* 29, 4, pp. 357-360

Reinwald, I.A. 1928 *Bericht über Geologische Untersuchungen am Kaali järv (Krater von Sall) auf Oset. Acta et Com. Univ. Tartuensis,* 35. pp. 30-70.

Saarse, L. Rajamäe, R. Heinsla, A. and Vassiljev, J. 1990 *Formation of the Meteorite Crater at Lake Kaali (Island Saaremaa, Estonia). Abst. Symp. Fennoscandian Impact Struct.* May 29-31, 1990, Espoo, Finland, p.55

Tiirmaa, R. 1988 *Distribution of Pulverized meteoritic matter in the Kaali Craters Field. Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.,* 37, 1, pp. 43-46 (ros.).

Reet Tiirmaa urodził się w Tallinie w Estonii, w 1942 r. i ukończył studia na uniwersytecie w Tartu w 1967 r. specjalizując się w litologii i kartografowaniu geologicznym. Od 1968 r. pracował jako inżynier i naukowiec w Instytucie Geologii Estońskiej Akademii Nauk, gdzie jest kustoszem kolekcji meteorytów. Jest także sekretarzem naukowym komisji meteorytów Akademii. Podejmował badania geologiczne kraterów Kaali, krateru Kärda (Hiiumaa), kraterów I lumetsa i Tsoorikmäe (południowa Estonia) i Sichote-Alin. W 1990 r. uczestniczył w pierwszym sympozjum na temat spadków meteorytów w Fennoskandii w Espoo, w Finlandii i został włączony w spotkania robocze dotyczące badań kraterów w krajach bałtyckich, fennoskandii i Rosji.

Meteoryty w polskich kolekcjach - grudzień 1993

We wszystkich wziętych tu pod uwagę polskich kolekcjach znajduje się 145 różnych meteorytów. Niektóre z nich reprezentowane są przez kilkadziesiąt (Łowicz) lub sto kilkadziesiąt (Pułtusk) okazów. W zestawieniu nie uwzględniono meteorytów, które:

a) powinny być, ale nie wiadomo czy istnieją, jak wyroby z żelaza meteorytowego wymienione w **Catalogue of Meteorites** jako meteoryty *Częstochowa-Raków I*, *Częstochowa-Raków II* i *Wietrzno-Bóbrka*. Muzeum Archeologiczne w Częstochowie dotychczas nie udzieliło odpowiedzi na pytanie, co się z nimi stało.

b) są nazywane meteorytami lub pseudometeorytami, ale nie udowodniono, że są to meteoryty. Przykładami są: „meteoryt” Jawor, „meteoryt” Kłodawa od 1987 roku badany w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie, „meteoryt” leżący w Obserwatorium Astronomicznym UW w Warszawie i liczne pseudometeoryty w różnych kolekcjach, a także „meteoryty” oferowane na jesiennej giełdzie minerałów w Warszawie przez pewnego kolekcjonera.

c) są niewątpliwie meteorytami, ale nie mają nazwy, lub występują pod ewidentnie błędnymi nazwami.

Nie uwzględniono także tektytów.

Wśród 145 meteorytów jest 68 chondrytów, w tym 7 węglistych, 13 achondrytów, 17 meteorytów żelazno-kamiennych i 47 żelaznych. Najwięcej różnych meteorytów ma Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne (57), Muzeum Mineralogiczne we Wrocławiu (53) i Muzeum Geologiczne PAN w Krakowie (44).

Odpowiedź na pytanie, która kolekcja meteorytów jest największa nie jest jednak prosta. Największą masę meteorytów ma niewątpliwie MGPAN, na co składają się największe okazy meteorytów: Morasko, Łowicz, Imilac, Vaca Muerta. Jeśli spojrzeć, która kolekcja ma najwięcej meteorytów nie występujących w żadnej polskiej kolekcji poza nią, to pierwsze miejsce zajmuje MMWr - 25 meteorytów, potem MGPAN - 23 meteoryty, OPiOA - 17 meteorytów, MGUJ - 7 meteorytów, MZPAN - 4 meteoryty i OAUJ - 1 meteoryt.

Poniższe zestawienie pokazuje, w których kolekcjach znajduje się dany meteoryt. W przygotowywanym Katalogu Meteorytów w Polskich Kolekcjach zostanie ono uzupełnione o liczbę okazów danego meteorytu i ich łączną masę. Użyte skróty oznaczają:

OPiOA - Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
MMWr - Muzeum Mineralogiczne we Wrocławiu
MGPAN - Muzeum Geologiczne PAN w Krakowie
MGUJ - Muzeum Geologiczne UJ w Krakowie
OAUJ - Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie
MZPAN - Muzeum Ziemi PAN w Warszawie

Nazwa i typ meteorytu	kolekcja						
	OPiOA	MMWr	MGPAN	MGUJ	OAUJ	MZPAN	inne

Meteoryty kamienne - chondryty

Açfer 011 , H5	x				x		x
Açfer 086 , CV3							x
Agén , H5				x			
Alfianello , L6		x	x				
Allende , CV3	x	x			x		x
Barrata , L4			x				

	OPIOA	MMWr	MGPAN	MGUJ	OAUJ	MZPAN	inne
Bjurböle, L4	x		x				x
Bluff, L5			x				
Boolka, H5	x	x					x
Bremervörde, H3		x					
Buscbhof, L6			x				
Cangas de Onis, H5		x					
Chantonay, L6		x					
Chateau-Renard, L6		x					
Djati-Pengilon, H6		x					
Ensisheim, LL6		x					
Erxleben, H6		x					
Estacado, H6	x						
Etter, H6	x						
Faith, H5							x
Forest City, H5		x	x				
Forrest (b), L6	x				x		
Gao (Upper Volta), H4	x				x		
Girgenti, L6			x				
Gnadenfrei, H5		x					
Grady (1937), H3	x						
Grüneberg, H4		x					
Grzempach, H5			x				
Haxtun, H/L5	x						
Holbrook, L6	x						
Ilafegh 009, E6/7	x				x		x
Jelica, LL6				x			
Jilin, H5						x	
Juanita de Angeles, H5	x						
Kernouve, H6		x					
Knyahinya, L5		x	x	x			
Laborel, H5		x					
L'Aigle, L6		x	x	x			
Lixna, H4				x			
Marlow, L5	x				x	x	x
Mbale, L5/6	x						
McKinney, L4	x						x
Mighei, CM2			x				
Misshof, H5			x				
Mocs, L6		x	x				
Murchison, CM2	x				x		x
New Lynn, L6	x						
Nogoya, CM2		x					
Nuevo Mercurio, H5	x						x
Nullarbor Plain, H6	x						
Nullarbor Plain 008, L6	x						x
Oesel, L6			x				
Orgueil, CI1		x					
Ozona, H6	x						

	OPIOA	MMWr	MGPAN	MGUJ	OAUI	MZPAN	inne
Pillistfer, E6			x				
Plainview, H5			x				
Potter, L6	x						x
Puktusk, H5	x	x	x	x	x	x	x
Reggane 003, H4	x	x					x
San Carlos, H5	x						
Schönenberg, L6				x			
Tenham, L6	x				x		x
Trenzano, H6			x				
Tsarev, L5		x					x
Tuxtuac, LL5	x				x		x
Warrenton, C03		x					
Weston, H4		x					
Zaborzika, L6				x			

Meteoroty kamienne - achondryty

Białystok, HOW						x	
Bishopville, AUB				x			
Camel Donga, EUC	x						x
Hughes 005, HOW	x						
Ibbenbüren, DIO			x				
Juvinas, EUC		x					
Millbillillie, EUC	x				x		x
Mount Egerton, AUB	x				x		x
Pasamonte, EUC			x				
Pavlovka, HOW		x					
Petersburg, HOW			x				
Stannern, EUC		x	x	x			
Zagami, SHERG	x						

Meteoroty żelazno-kamienne

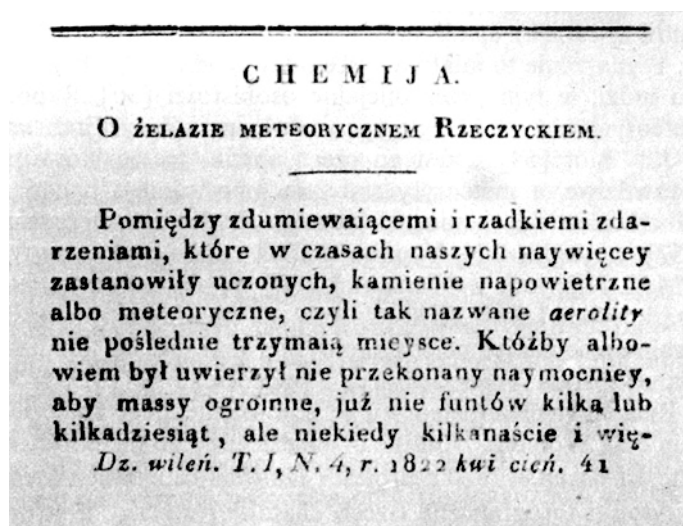
Admire, PAL	x				x		
Bondoc, MES	x						x
Brenham, PAL	x	x	x				x
Dalgaranga, MES							x
Esquel, PAL	x					x	
Estherville, MES	x	x	x				
Finmarken, PAL			x				
Glorieta Mountain, PAL							x
Gujba, MES						x	
Hainholz, MES		x		x			
Huckitta, PAL							x
Imilac, PAL	x	x	x	x		x	x
Krasnojarsk, PAL		x	x	x		x	x
Łowicz, MES	x	x	x	x	x	x	x
Mincy, MES			x				
Stcinbach, S1D (IVA)		x					
Vaca Muerta, MES	x	x	x	x			x

	OPIOA	MMWr	MGPAN	MGUJ	OAUJ	MZPAN	inne
Meteoryty żelazne							
Arispe, IC							x
Augustinowka, IIIA			x				
Bella Roca, IIIB			x				
Bittsburg, IB		x					
Braunau, IIA		x					
Campo del Cielo, IA	x						
Canyon Diablo, IA	x	x	x		x	x	x
Cape York, IIIA							x
Carbo, IIO							x
Carlton, IIICD			x			x	
Casas Grandes, IIIA							x
Coahuila, IIA			x				
Cosby's Creek, IA		x					
Djebel In-Azzene, IIIA							x
Elbogen, IID				x			
Gibeon, IVA	x	x	x		x		x
Guadalupe Y Calvo, IIA	x						x
Henbury, IIIA	x					x	x
Hex River Mts, IIA		x					
Hidden Valley, IIIA	x				x		
Hoba, IVB	x						
Kendall County, IIA			x				
Lenarto, IIIA		x					
Magura, IA		x		x			
Merceditas, IA			x				
Morasko, IA	x		x			x	x
Mundrabilla,							x
Netschaëvo, IIE		x					
North Chile, IIA					x		
Nova-Petropolis, IIIA							x
Odessa, IA	x						
Rancho de la Pila, IIIA		x					x
Red River, IIIA		x					
Santa Catharina, IVB		x		x			
Santa Clara, IVB							x
Santiago Papasquero, IVB	x				x		
Sao Juliao de Horeira, IIB		x	x				
Schwetz, IIIA						x	
Seeläsgen, IA	x	x					x
Sikhote-Alin, IIB	x	x	x		x	x	x
Toluca, IA	x	x	x	x	x	x	x
Tres Castillos, IIIA	x						
Watson, IIE	x						x
Wichita County, IA			x				
Wolsey, IA							x
Youndegin, IA			x				
Zagora, IA	x	x			x		x

	OPIOA	MMWr	MGPAN	MGUJ	OAUJ	MZPAN
Razem:	57	53	44	19	21	16

Największe zmiany nastąpiły w kolekcjach: Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego oraz Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Ta ostatnia przekształciła się z kolekcji okazów jednego tylko meteorytu w kolekcję dydaktyczną zawierającą przykłady wszystkich podstawowych typów meteorytów. O kilka okazów powiększyła się kolekcja Muzeum Mineralogicznego we Wrocławiu, o jeden okaz kolekcja Muzeum Ziemi PAN w Warszawie i o pięć okazów kolekcja Muzeum Geologicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Te ostatnie meteoryty zostały odnalezione w jednej z kolekcji minerałów przekazanej niegdyś w darze Uniwersytetowi i traktowanej jako całość. Wśród nich jest prawdziwa perełka w postaci doskonale zachowanych okruchów historycznego aubrytu Bishopville (patrz artykuł Philipa M. Bagnalla).

Konkurs



Kto pierwszy odpowie o jakim meteorycie mówi ten fragment artykułu z Dziennika Wileńskiego (reprodukcja z książki B. i H. Hurnik **Meteoroidy, Meteory, Meteoryty**), otrzyma w nagrodę fragment podobnego meteorytu. Należy podać nazwę i typ meteorytu. Decyduje data stempla pocztowego.

Ciąg dalszy nastąpi...

Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, wspierające wydawanie **Meteorytu**, ustaliło opłatę za prenumeratę w wysokości 50 tys. zł za rok 1994, zobowiązując się pokryć pozostałe koszty. Zainteresowanych dalszym otrzymywaniem Meteorytu proszę o przesłanie w/w sumy pod adres:

Andrzej S. Pilski
skr. poczt. 6
14-530 Frombork

do chwili ukazania się kolejnego numeru, czyli do marca 1994 r.