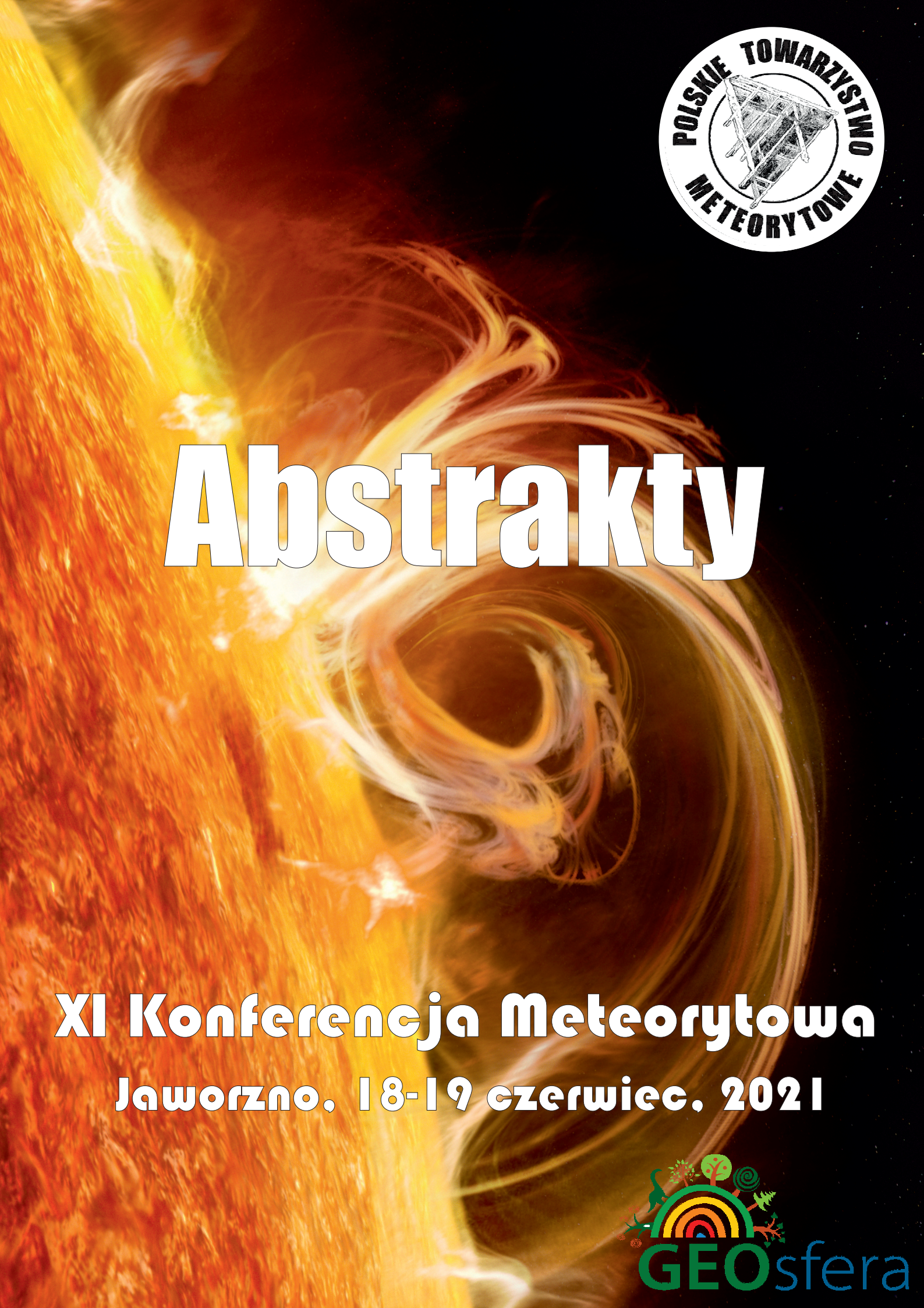


Abstrakty

XI Konferencja Meteorytowa

Jaworzno, 18-19 czerwiec, 2021

GEOsfera

XI Konferencja Meteorytowa w Jaworznie
18 - 19 czerwiec 2021 r.

Materiały konferencyjne
wygłoszonych referatów

Jaworzno 2021

Niniejsze abstrakty reprezentują wystąpienia - prezentacje wygłoszone przez osoby biorące udział w **XI Konferencji Meteorytowej** odbywającej się w Jaworznie w dniach od **18 do 19 czerwca 2021 r.**

Redakcja tomu abstraktów: **Krzysztof Szopa & Łukasz Karwowski**

Projekt okładki: **Krzysztof Szopa**

Recenzenci tomu abstraktów: **Łukasz Karwowski & Krzysztof Szopa**

KOMITET NAUKOWY
- prof. **Łukasz Karwowski** – Uniwersytet Śląski w Katowicach
- prof. **Tadeusz A. Przylibski** – Politechnika Wrocławska
- dr **Krzysztof Szopa** – Uniwersytet Śląski w Katowicach
- dr **Jadwiga Biała**

KOMITET ORGANIZACYJNY
- prof. **Łukasz Karwowski** – Uniwersytet Śląski w Katowicach
- dr **Krzysztof Szopa** – Uniwersytet Śląski w Katowicach
- dr inż. **Katarzyna Łuszczek** – Politechnika Wrocławska
- mgr inż. **Konrad Blutstein** – Politechnika Wrocławska
- mgr **Agnieszka Chećko** – GEOsfera Jaworzno
- **Paweł Zaręba** – grafika, strona internetowa

GEOsfera

POLSKIE TOWARZYSTWO METEORYTOWE

Wszystkie zdjęcia okazów oraz rekonstrukcje w postaci grafik nie związanych bezpośrednio z referatami pochodzą z wystaw stałych Muzeum Nauk o Ziemi Uniwersytetu Ślaskiego w Katowicach.

Informacje zawarte (m.in. tekst, literatura, ryciny) w abstraktach pochodzą bezpośrednio od autorów abstraktów. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za zamieszczone informacje, włączając w to użyte zdjęcia i przypisy.

SPIS TREŚCI

PREHISTORIA METEORYTÓW 6
Jadwiga BIAŁAS

POTENCJALNE ZASOBY CIAŁ MACIERZYSTYCH CHONDRYTÓW ZWYCZAJNYCH GRUPY H 7
Konrad BLUTSTEIN

SPEKTROSKOPIA MÖSBAUEROWSKA JAKO METODA ODRÓŻNIANIA METEORYTÓW PRAWDZIWYCH OD FAŁSZYWYCH I KLASYFIKOWANIA CHONDRYTÓW ZWYCZAJNYCH 9
Patrycja BOGUSZ, Jolanta GAŁĄZKA-FRIEDMAN, Katarzyna BRZÓZKA, Martyna JAKUBOWSKA, Marek WOŹNIAK, Łukasz KARWOWSKI, Przemysław DUDA

Z EFEKTEM MÖSSBAUERA NA MARSIE 11
Patrycja BOGUSZ, Marek WOŹNIAK, Adam MALISZEWSKI,
Jolanta GAŁĄZKA-FRIEDMAN, Przemysław DUDA

KUCIE ŻELAZA METEORYTOWEGO NA WZÓR STALI DAMASCEŃSKIEJ
Sławomir DERECKI 13

IZOTOPY PROMIENIOTWÓRCZE JAKO ZNACZNIKI POCHODZENIA CHONDRYTÓW ZE WSPÓLNEGO SPADKU-STUDIUM PRZYPADKU 14
Magdalena DŁUGOSZ-LISIECKA, Tomasz JAKUBOWSKI, Marcin KRYSTEK, Ahmed EL-MALLUL

MÖSSBAUEROWSKIE BADANIA METEORYTU KUŹNICA 16
Martyna JAKUBOWSKA, Marek WOŹNIAK, Patrycja BOGUSZ, Łukasz KARWOWSKI,
Jolanta GAŁĄZKA-FRIEDMAN, Przemysław DUDA

CO MOŻNA ODCZYTAĆ Z METEORYTU ALLENDE? 18
PawełJUJECZKO

ZNALEZISKO METEORYTU W POŁUDNOWEJ CZĘŚCI WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO – KUŹNICA 21
Łukasz KARWOWSKI, Krzysztof SZOPA, Marek WOŹNIAK

MIEDŹ W CHONDRYTACH ZWYCZAJNYCH: OCENA ZŁOŻOWEGO POTENCJAŁU PLANETOID ORAZ OGRANICZENIA/WYMOGI DLA NAJMNIEJ INWAZYJNEJ I EKONOMICZNIE OPŁACALNEJ EKSPLOATACJI 25
Katarzyna ŁUSZCZEK, Agata M. KRZESIŃSKA

HISTORIA ZEGARÓW ASTRONOMICZNYCH 26
Roksana MAŁKOWSKA

POSZUKIWANIA PLANETOID POTENCJALNIE ZAGRAŻAJĄCYCH KOLIZJĄ Z ZIEMIĄ, W DOBIE OBECNIE DZIAŁAJĄCYCH PROJEKTÓW SZEROKIEGO PRZEGLĄDU NOCNEGO NIEBA 28
MichałKUSIAK

RESULTS OF STATISTICAL ANALYSIS OF PRIMARY COMPONENTS CONCENTRATIONS IN BULK CHEMICAL COMPOSITION OF ORDINARY CHONDRITE GROUPS é ...29
Tadeusz A. PRZYLIBSKI, Magdalena DĞUGOSZ-LISIECKA, Katarzyna ĞUSZCZEK, Konrad BLUTSTEIN

TRYPTYK IMPAKTOWY ï W POSZUKIWANIU ĂSTUDNI BEZ DNAò é é é é é .30
Jan SPECHT

DATOWANIE METAMORFIZMU Z POCZŁ TKU UKĞADU SĞONECZNEGO: WIEK U-PB APATYTU Z METEORYTU LEONCIN é é é é é é é é é é é é é .é é .33
Krzysztof SZOPA, Ğukasz KARWOWSKI

JEZIORO ś WITEť ï FORMA KRASOWA CZY STRUKTURA IMPAKTOWA? 34
Tomasz WALESIAK

METEORYTY ŧ ELAZNE ï KLASYFIKACJA W OBRAZACH é é é .é é é .é é .35
Marek WOť NIAK

Jadwiga BIAŁA

PREHISTORIA METEORYTÓW

Słońce oraz planety, ich księżyce, komety oraz pozostałe drobne ciała naszego układu powstały około 4,5 mld lat temu. Poznanie początków Układu Słonecznego w przeszłości możliwe było jedynie dzięki badaniom meteorytów, o których mówimy, że są świadkami zachodzących wtedy procesów. Współcześnie obserwacje astronomiczne umożliwiają poznawanie procesów formowania się układów planetarnych wokół innych gwiazd. Z tych obserwacji możemy również czerpać informacje, które pomogą nam poznać szczegóły ewolucji Układu Słonecznego.

Odkrywanie planet oraz dysków protoplanetarnych wokół innych gwiazd w ostatnich dziesięcioleciach utwierdza nas w przekonaniu, że Układ Słoneczny nie jest we Wszechświecie obiektem unikatowym. Układy planetarne są powszechne, a jedynie ograniczenia techniczne powodują, że badamy obiekty stosunkowo bliskie.

Obserwacje dysków protoplanetarnych prowadzone są w zakresach widma elektromagnetycznego: podczerwonym oraz submilimetrowym i milimetrowym radiowym. Ponieważ atmosfera ziemska odcina część promieniowania podczerwonego, obserwacje w tym zakresie muszą być prowadzone z pokładu sztucznych satelitów. Obserwacje radiowe prowadzone są z powierzchni Ziemi, ale instrumenty muszą znajdować się w terenach bardzo suchych i możliwie wysoko w górach. Spektakularne wyniki pochodzą z obserwatorium ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) położonego na pustyni Atacama na wysokości ponad 5000 m.

Prezentowane są wybrane dyski protoplanetarne obserwowane przez długi okres i wokół gwiazd położonych niezbyt daleko od Słońca: Beta Pictoris, AU Microscopi, HL Tauri i Fomalhaut.

meteoryty, chondryty H, chondryt zwyczajny, 6 Hebe, surowce pozaziemskie

Konrad BLUTSTEIN[1]

Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Katedra Górnictwa; Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27; 50-370 Wrocław; e-mail: konrad.blutstein@pwr.edu.pl

POTENCJALNE ZASOBY CIAŁ MACIERZYSTYCH CHONDRYTÓW ZWYCZAJNYCH GRUPY H

Chondryty zwyczajne są najpowszechniej odnajdywanymi meteorytami na Ziemi. Aktualnie sklasyfikowano 56.019 chondrytów zwyczajnych, w tym 25.337 chondrytów grupy H (metbull, 2021). Chondryty zwyczajne grupy H charakteryzują się najwyższą zawartością fazy metalicznej, która stanowi 8% objętości meteorytu (Grady i in., 2014). Ponadto ciała macierzyste chondrytów są obiektami niezdyferencjonowanymi, co oznacza, że rozkład składników w całej ich objętości jest niemal równomierny. Czyni to z chondrytów zwyczajnych grupy H idealny materiał badawczy potencjalnych pozaziemskich źródeł surowców.

Na podstawie badań spektroskopowych ustalono, że ciała macierzystych chondrytów zwyczajnych należy szukać wśród planetoid typu S (IV) (Beatty i in., 1999; Bus i Binzel, 2002; Lang, 2011). Planetoidą, która powszechnie jest uznawana za ciało macierzyste chondrytów zwyczajnych typu H jest 6 Hebe (Gaffey i Gilbert, 1998). Ponadto za potencjalne ciała macierzyste chondrytów tej grupy uważa się także szereg innych, mniejszych planetoid. Dla potencjalnego górnictwa pozaziemskiego znaczenie przede wszystkim mają te obiekty, które znajdują się w pobliżu Ziemi, tzw. NEO (ang. Near Earth Objects): (16960) 1998 QS52, (99901) 1989 VA, (138524) 2000 OJ8, (143624) 2003 HM16, (159857) 2004 LJ (Dunn i in., 2013).

Na podstawie danych literaturowych dotyczących średniej zawartości poszczególnych pierwiastków w chondrytach zwyczajnych grupy H (McSween i Huss, 2010) oraz dostępnych danych dotyczących masy planetoid możliwe jest określenie w jakiej ilości występują w nich dane pierwiastki. Na uwadze mieć jednak należy, w jakich minerałach występują poszczególne pierwiastki. Na przykład żelazo, które stanowi ałż27,2% masy ciał macierzystych (McSween i Huss, 2010), nie występuje tylko w formie metalicznej jako stop FeNi, ale także w troilicie oraz krzemianach. W rzeczywistości jedynie 54% żelaza występuje w formie stopu FeNi (Blutstein, 2021).

Planetoida 6 Hebe teoretycznie byłaby w stanie zabezpieczyć zapotrzebowanie na niektóre surowce metaliczne przez okres dziesiątek lub setek tysięcy a nawet milionów lat. Nawet gdyby uznać, że możliwe jest wydobycie tylko 1% zasobów tej planetoidy, przy założeniu zapotrzebowania równego aktualnej ziemskiej produkcji górniczej żelaza wystarczy na ponad 30.000 lat, zaś niklu na prawie milion lat. Planetoidy bliższe Ziemi są znacznie mniejsze i w konsekwencji bezwzględna wielkość zasobów jest mniejsza. Planetoida (143624) MH16 teoretycznie mogłaby zaopatrywać Ziemię w żelazo przez półtorej roku, dostarczając przy okazji niklu w ilości wystarczającej na kolejne 92 lata oraz kobaltu na 66 lat, a także nieznaczną ilość miedzi.

LITERATURA

Beatty J.K., Collins Petersen C., Chaikin A., 1999 – The New Solar System. Cambridge University Press, New York

Blutstein K., 2021 – Potential resources on 6 Hebe asteroid. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences, Vol. 684, doi:10.1088/1755-1315/684/1/012020

Bus S.J., Binzel R.P., 2002 – Phase II of the Small Main-Belt Asteroid Spectroscopic Survey. Icarus, Vol. 158, pp. 146-177

Dunn T.L., Burbine T.H., Bottke Jr. W.F., Clark J.P., 2013 – Mineralogies and source redions of Near-Earth asteroids. Icarus, Vol. 222, pp. 273-282

Gaffey M., Gilbert S., 1998 ï Asteroid 6 Hebe: The probable parent body of the H-Type ordinary chondrites and the IIE iron meteorites. Meteorite and Planetary Science, Vol. 3, pp. 1281-1295
Grady M.M, Pratesi G., Moggi Cecch V., 2014 ï Atlas of meteorites. Cambridge University Press, Cambridge
Lang K.R., 2011 ï The Cambridge Guide to the Solar System. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge
McSween Jr. H.Y., Huss G.R., 2010 ï Cosmochemistry. Cambridge University Press, Cambridge
The Meteoritical Bulletin Database - https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php (dostňp: 10.06.2021)

słowa kluczowe: spektroskopia mössbauerowska, klasyfikacja meteorytów, chondryty zwyczajne, metoda 4M, niezidentyfikowane meteoryty, meteoryt Pułtusk, meteoryt Grzempach, meteoryt Hyattville, meteoryt NWA 6287

Patrycja BOGUSZ[1], Jolanta GAŁĄZKA-FRIEDMAN[1], Katarzyna BRZÓZKA[2], Martyna JAKUBOWSKA[1], Marek WOŹNIAK[3], Łukasz KARWOWSKI[4], Przemysław DUDA[1]

[1] Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Polska
[2] Wydział Mechaniczny Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, E. Stasicckiego 54, 26-600 Radom, Polska
[3] Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa, Polska
[4] Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, Polska

SPEKTROSKOPIA MÖSSBAUEROWSKA JAKO METODA ODRÓŻNIANIA METEORYTÓW PRAWDZIWYCH OD FAŁSZYWYCH I KLASYFIKOWANIA CHONDRYTÓW ZWYCZAJNYCH

Widma mössbauerowskie chondrytów zwyczajnych mają charakterystyczne cechy i mogą być wykorzystywane do rozpoznawania prawdziwej i fałszywej próbki meteorytu. Widma mössbauerowskie niezwietrzałych chondrytów zwyczajnych składają się z dwóch dubletów związanych z obecnością żelaza paramagnetycznego w oliwinach i piroksenach oraz dwóch sekstetów pochodzących od magnetycznie uporządkowanego żelaza obecnego w fazach metalicznych i siarczkowych. W zwietrzałych chondrytach zwyczajnych można znaleźć dodatkowo tlenki i wodorotlenki żelaza.

Powierzchnie spektralne różnych faz mineralogicznych w meteorytach, uzyskane poprzez zastosowanie spektroskopii mössbauerowskiej, są proporcjonalne do liczby atomów żelaza w danej fazie mineralogicznej. Na podstawie tej cechy widm mössbauerowskich powstała metoda 4M służąca do klasyfikacji chondrytów zwyczajnych. Metoda ta wykorzystuje wartości pól powierzchni spektralnych widm mössbauerowskich, które analizowane są za pomocą wielowymiarowej analizy dyskryminacji i odległości Mahanalobisa w celu określenia poziomu podobieństwa badanego chondrytu do jednego z typów H, L lub LL (Woźniak M i in. 2019; Woźniak i in. 2020).

W Laboratorium Spektroskopii Mössbauerowskiej Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej zostały przeprowadzone badania (Bogusz i in. 2019). Mössbauer spectroscopy as a useful method for distinguishing between real and false meteorites. Hyperfine Interactions, 240, 126.) czterech próbek chondrytów zwyczajnych, które zostały już oficjalnie sklasyfikowane za pomocą klasycznej metody klasyfikacji opierającej się na wyznaczaniu stosunku zawartości fajalitu w oliwinie do zawartości ferrosilitu w piroksenie przy pomocy mikrosondysondy elektronowej oraz czterech próbek wobec, których istniało przypuszczenie, że są fragmentami meteorytów. Wszystkie widma mössbauerowskie uzyskano w temperaturze pokojowej. Zarejestrowane widma zostały poddane analizie przy pomocy programu Recoil. Została zastosowana standardowa procedura Full Static Hamiltonian. Do opisu dubletu w widmie mössbauerowskim zostały wyznaczone cztery parametry: rozszczepienie kwadrupolowe (QS), przesunięcie izomeryczne (IS), HWHM i połowa szerokości w połowie maksimum (w) oraz wartość obszarów widmowych poszczególnych faz mineralnych (A). Sekstet został opisany pięcioma parametrami: QS, IS, w, A oraz wartością indukcji wewnętrznego efektywnego pola magnetycznego (H). Wartość parametru H jest proporcjonalna do odległości między pierwszą i szóstą linią sekstetu. Dodatkowo w sekstecie można wyznaczyć kąt Ω będący kątem pomiędzy kierunkiem magnetycznego pola nadsubtelnego obecnego wewnątrz atomów żelaza a kierunkiem głównej osi gradientu pola elektrycznego (Duda i in. 2017; Woźniak i in. 2019; Gałązka-Friedman i in. 2020). Widma

mössbauerowskie niezidentyfikowanych próbek zostały porównane z widmami próbek meteorytów: Putusk (chondryt zwyczajny typu H5), Grzempach (chondryt zwyczajny typu H5), Hyattville (chondryt zwyczajny typu L6) i NWA 6287 (chondryt zwyczajny typu LL5). Pierwsza niezidentyfikowana próbka, która trafiła do naszego laboratorium to fragment skały, która spadła w pobliżu Leoncina. Widmo mössbauerowskie próbki nr 1 jest bardzo podobne do widma chondrytu zwyczajnego typu LL. Podobieństwo to zostało potwierdzone za pomocą ilościowej metody 4M. Druga z niezidentyfikowanych próbek, według właściciela stanowiła fragment meteorytu Putusk. Miejsce znalezienia okazu mogło na to wskazywać oraz fakt, że spadek meteorytu Putusk liczył tysiące okazów o masie od grama do kilku kilogramów. Fragmenty tego meteorytu nadal są znajdowane, jednakże zdarzają się również znalezienia fałszywych próbek. W tym przypadku widmo mössbauerowskie próbki nr 2 znacznie różni się od widma próbki meteorytu Putusk. Cechą świadczącą o tym, że badany fragment nie jest oryginalnym materiałem z Putuska, jest obecność podwidm typowych dla procesu silnego wietrzenia. W materiale nie występują fazy mineralne charakterystyczne dla meteorytów (np. kamacyt i troilit). Zastosowanie spektroskopii mössbauerowskiej pozwala w łatwy sposób odróżnić prawdziwe pozostałości meteorytu od fałszywych. Trzecia z niezidentyfikowanych próbek to okaz meteorytu kupionego na giełdzie meteorytowej. W widmie mössbauerowskim próbki nr 3 widzimy wyraźny sygnał pochodzący od fazy metalicznej i troilitu. Ten fakt pozwala nam stwierdzić, że badana próbka musi być fragmentem skały, która powstała w warunkach kosmicznych, gdyż kamacyt i troilit może zostać wytworzony tylko w takich warunkach. Czwarta z niezidentyfikowanych próbek to kamienny obiekt, którego spadek zaobserwowano w Europie. Analiza widma mössbauerowskiego próbki nr 4 wskazuje na brak sygnału pochodzącego z fazy metalicznej i troilitu. Próbka jest dosyć mocno zwietrzała, gdyż powierzchnia podwidma związanego z żelazem trójwartościowym stanowi aż 45,6 %. Analiza widma próbki nr 4 sugeruje raczej jej ziemskie pochodzenie. Podobne widma mössbauerowskie mogą mieć fragmenty skał magmowych występujących na powierzchni Ziemi, ale również takie skały występują na Marsie. W tej sytuacji do jednoznacznego określenia pochodzenia próbki nr 4 należałoby wykonać dodatkowe pomiary innymi technikami.

Spektroskopia mössbauerowska pozwala na jednoznaczną identyfikację fazy metalicznej i troilitu w widmie mössbauerowskim, a obecność tych faz w badanej próbce jest przekonywującym dowodem jej pozaziemskiego pochodzenia. Spektroskopia mössbauerowska stanowi użyteczne narzędzie do rozróżniania prawdziwych meteorytów od fałszywych.

LITERATURA

Bogusz P., Gałązka-Friedman J., Brzózka K., Jakubowska M., Wołoniak M., Karwowski Ł., Duda P., 2019 - Mössbauer spectroscopy as a useful method for distinguishing between real and false meteorites. Hyperfine Interactions, 240, 126.

Duda P., Rzepecka P., Jakubowska M., Wołoniak M., Karwowski Ł., Gałązka-Friedman J., 2017 - Badania mössbauerowskie siarczków żelaza w chondrytach zwyczajnych typu LL. Acta Societatis Metheoriticae Polonorum 8, 30-39

Gałązka-Friedman J., Wołoniak M., Bogusz P., Jakubowska M., Karwowski Ł., Duda P., 2020 - Application of Mössbauer spectroscopy for classification of ordinary chondritesï different database and different methods. Hyperfine Interactions, 241(1), 20.

Wołoniak M., Gałązka-Friedman J., Duda P., Jakubowska M., Rzepecka P., Karwowski Ł., 2019 - Application of Mössbauer spectroscopy, multidimensional discriminant analysis, and Mahalanobis distance for classification of equilibrated ordinary chondrites. Meteoritics & Planetary Science, 54(8), 1828-1839.

Wołoniak M., Karwowski Ł., Gałązka-Friedma J., Duda P., Jakubowska M., Bogusz P., 2020 - Metoda 4M ï nowe zastosowanie spektroskopii mössbauerowskiej w klasyfikacji zrównoważonych chondrytów zwyczajnych. Acta Societatis Metheoriticae Polonorum, 11, 125-140

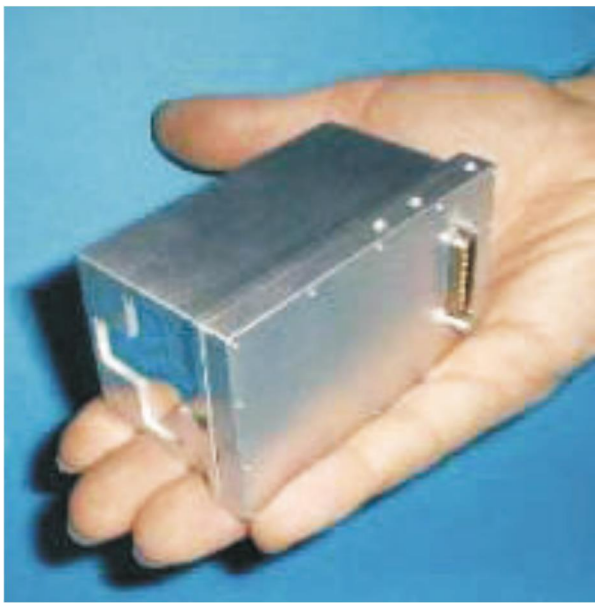
Patrycja BOGUSZ[1], Marek WOŸNIAK[2], MALISZEWSKI[3],
Jolanta GAŒ ZKA-FRIEDMAN[1], Przemysław DUDA[1]

[1]Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa; e-mail: martyna.jakubowska@pw.edu.pl
[2]Uniwersytet Warszawski, Wydział Biologii, ul. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa
[3]Warszawa

Z EFEKTEM MÖSSBAUERA NA MARSIE

W styczniu 2004 roku w ramach misji MER na powierzchni Marsa wylądowały dwa bliźniacze, zdalnie sterowane łaziki programu Athena. Celem tego programu było zbadanie dwóch przeciwległych stron planety, poznanie historii geologicznej i klimatycznej planety. Ze względu na stosunkowo wysokie występowanie żelaza we Wszechświecie oraz właściwości spektroskopii mössbauerowskiej, już pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku pojawiły się sugestie wysłania spektrometru mössbauerowskiego w celu zbadania powierzchni Marsa oraz opis pierwszego prototypu

Jednak po raz pierwszy nastąpiło to w trakcie misji MER, na potrzeby której został zaprojektowany i zbudowany przez grupę naukowców z uniwersytetu Gutenberga w Moguncji (Niemcy) miniaturowy spektrometr MIMOS II (ang. MIniaturisiertes Mössbauer Spektrometer).



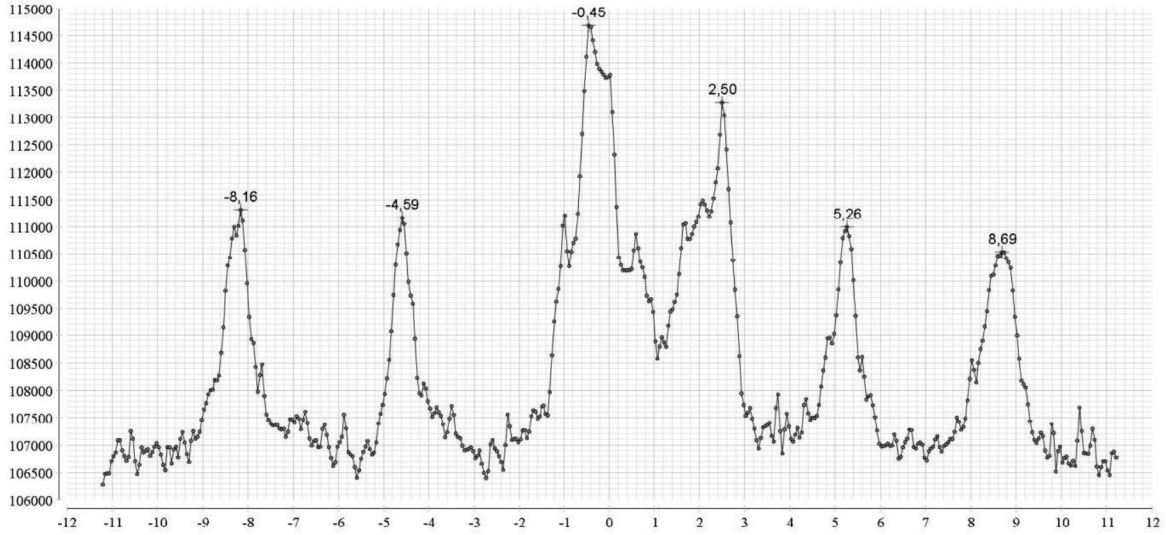
Rys. 1. Główna część spektrometru MIMOS II mieści się w dłoni (Klingelhöfer i in.2003)

Wszystkie dane zebrane przez łaziki marsjańskie są ogólnie dostępne w bazie, która zawiera ponad 100 widm mössbauerowskich gleby i ponad 170 skał. Analiza tych danych ujawnia obecność jonów żelaza Fe^{3+} oraz minerałów: krzemianów (oliwin, piroksen), pirytu, ilmenitu, chromitu, jarosytu, magnetytu, hematytu i goethytu.

W 2008 r. Adam Maliszewski w ramach pracy magisterskiej zrealizowanej na Wydziale Fizyki PW przygotował katalog widm utworzonych z danych pochodzących ze spektrometru mössbauerowskiego używanego podczas misji MER.

Widma mössbauerowskie zmierzone na Marsie charakteryzują się trzema dubletami i jednym lub dwoma sekstetami magnetycznymi. Widma składają się z dubletu Fe^{+3} (oznaczonego jako nanofazowy tlenek żelaza), dwóch dubletów Fe^{+2} (przypisywanych

oliwnowi i piroksenowi) i dwóch sekstetów (przypisywanych do niestechiometrycznego magnetytu) lub jednego sekstetu (przypisywanego do fazy podobnej do hematytu) (Morris i in. 2004).



Rys. 2. Widmo mossbauerowskie z 98 dnia misji Opportunity (Maliszewski 2008)

LITERATURA

Klingelhöfer G., Morris R.V., Bernhardt B., Rodionov D., de Souza P.A., Squyres S.W., Foh J., Kankeleit E., Bonnes U., Gellert R., Schröder C., Linkin S., Evlanov E., Zubkov B., Prilutski,2003, Athena MIMOS II Mössbauer spectrometer investigation, Journal of geophysical research, 108, 8067, s. 1ï 18.

Morris R.V., Klingelhöfer G., Bernhardt B., Schröder C., Rodionov D.S., de Souza P.A., Yen A., Gellert R., Evlanov E.N., Foh J., Kankeleit E., Gütlich P., Ming D. W., Renz F., Wdowiak T., Squyres S.W., Arvidson R.E., 2004, Mi-neralogy at Gusev Crater from the Mössbauer Spectrometer on the Spirit Rover, Science, 305, 5685, s. 833ï 836.

Maliszewski A., 2008, Poszukiwanie kryterium pozaziemskiego pochodzenia próbek mineralogicznych na podstawie badaŒ mössbauerowskich, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Warszawska.

Maliszewski A., Gağzka-Friedman J., 2009, Mössbauerowskie badanie powierzchni Marsa, Acta Soc. Metheor. Polon., 1, s. 101ï 109.

Maliszewski A., GağŻzka-Friedman J., Szlachta K., UrbaŒski M., 2011, The Catalogue of Martian Mössbauer Spectra, Acta Physica Polonica A, 119, S. 10ï 11.

Sławomir DERECKI[1]

[1]Galeria Biżuterii Artystycznej Sławomir Derecki, GH „Sky Tower" poziom 0, ul. Powstańców Śląskich 95, 53-332 Wrocław

KUCIE śELAZA METEORYTOWEGO NA WZÓR STALI DAMASCEŃSKIEJ

Podczas wykładu zostaną omówione kwestie szeroko pojętej obróbki metali na przykładzie żelaza meteorytowego skuwanego na wzór stali damasceńskiej. Poruszony zostanie temat jej formowania w oczekiwane kształty geometryczne, a także łączenia z innymi metalami. Przedstawiona zostanie funkcja żelaza dymarkowego jako materiału łączącego. Ponadto odbędzie się pokaz otwarty, w którym uczestnicy będą mogli spróbować swoich umiejętności w zakresie kształtowania wspomnianych metali.

niskotłowa spektrometria gamma, chondryty zwyczajne,
radionuklidy kosmogeniczne,
HaH346, Libia

Magdalena DŁUGOSZ-LISIECKA[1], Tomasz JAKUBOWSKI[2],
Marcin KRYSTEK[3], Ahmed EL-MALLUL[4]

[1]Lodz University of Technology, Faculty of Chemistry, Institute of Applied Radiation Chemistry, Wroblewskiego 15, 90-924 Lodz, Poland
[2]Drohobycka 32/6, Wroclaw, 54-620, Poland
[3]Geological Museum, Faculty of Earth Sciences, University of Lodz, ul. Kopcinskiego 31, 90-142 Lodz, Poland
[4]Al Zentan University, Faculty of Medical Tech.; Libyan Society for meteorites & Space observation, Libya

IZOTOPY PROMIENIOTWÓRCZE JAKO ZNACZNIKI POCHODZENIA CHONDRYTÓW ZE WSPÓLNEGO SPADKU - STUDIUM PRZYPADKU

W badaniach wykorzystano niskotłowÑ i wysokorozdzielczÑ spektrometriđ promieniowania gamma (Długosz-Lisiecka, 2016, 2017) w celu potwierdzenia toŽsamoŠci zbioru chondrytów zwyczajnych znalezionych w 2019 r. na terenie pustyni Al-Hamada al-Hamra, w rejonie Al-DŽabal al-Gharbi, w Libii. Badania radiometryczne chondrytów umoŽliwiły szczegółowÑ analizđ składu izotopów promieniotwórczych ï krótkoŽyciowych ^{22}Na, ^{54}Mn i ^{60}Co oraz długoŽyciowych ^{26}Al i ^{40}K. Skład izotopów promieniotwórczych jest specyficzny dla zwyczajnych chondrytów o tej samej historii i moŽe byÍ uważany za swoisty odcisk palca. Skład izotopów jest indywidualny dla poszczególnych grup meteorytów, co głównie związane jest ich ciałami macierzystymi. Dodatkowo ulega zmianie w trakcie pobytu materii meteorytowej w przestrzeni kosmicznej na skutek oddziaływania m.in. promieniowania kosmicznego i Słonecznego, a takŽe w wyniku wietrzeniowych procesów geochemicznych zachodzÑcych po jego spadku na powierzchnie Ziemi. W wyniku tych wszystkich procesów iloŠÍ oraz skład izotopów wystđpujÑcych w meteorytach jest cechÑ charakterystycznÑ wynikajÑcÑ bezpoŠrednio z ich przeszłoŠci. W związku z tym meteoryty klasyfikowane jako okazy pochodzÑce z jednego spadku powinny teoretycznie mieÍ podobne zawartoŠci izotopów oraz te same stosunki izotopowe.

Analizđ przeprowadzono przy uŽyciu unikatowego układu spektrometrycznego wyposaŽonego w oryginalnÑ pasywnÑ i aktywnÑ osłonđ w celu uzyskania optymalnych warunków pomiarowych do iloŠciowej i jakoŠciowej identyfikacji izotopów promieniotwórczych oraz ich stosunków izotopowych (Rys.1; Długosz-Lisiecka, 2016, 2017). Przebadano dziesiđÍ okazów chondrytów zwyczajnych z dwóch róŽnych ekspedycji (prawdopodobnie jeden spadek), aby ocenić Šrodowiska ich powstawania i historiđ ich upadków. Niektóre z chondrytów pochodziły z grupy HaH346 sklasyfikowanej w lutym 2021 r. Dodatkowo, w celach porównawczych oraz potwierdzenia uŽytecznoŠci metody stosunków izotopowych zbadano równieŽ 10 okazów dobrze juŽ rozpoznanych i sklasyfikowanych chondrytów.

KrótkoŽyjÑce nuklidy ^{54}Mn i ^{22}Na potwierdziły wspólnÑ historiđ obu grup chondrytów zwyczajnych. DługoŽyciowe radionuklidy ^{26}Al i ^{40}K wskazywały na podobne Šrodowisko powstawania w ciele macierzystym. Dwa z analizowanych meteorytów, HaH346-163 i HaH346-198, wydawały siđ mieÍ inne pochodzenie niŽ pozostałe osiem chondrytów (AH3, AH6, AH7, HaH 346-134,HaH346-200,HaH346-201,HaH346-207 oraz HaH346-120, wszystkie sklasyfikowane jako zwykłe chondryty L6), jednak róŽnica w stđŽeniach radionuklidów moŽe wynikaÍ z ich pochodzenia z topniejÑcej skorupy meteoroidu przed jego spadkiem. Ujawniona dziđki zastosowaniu nowej metody odmiennoŠÍ dwóch fragmentów meteorytów moŽe mieÍ róŽne przyczyny. Do głównych mogÑ należeÍ pochodzenie tych dwóch

innych fragmentów meteorytów z innego ciağa macierzystego (prawdopodobne istnienie innego, nie obserwowanego Świeżego spadku), innej cząstki lub głębokości meteoru, inne lokalne środowisko przebywania, ewentualnie depozycji na powierzchni Ziemi, czynnik ludzki.

Rys.1 Zdjęcie spektrometru promieniowania gamma z osłoną aktywną

LITERATURA

Dąbrowski, M. (2016). Comparison of two spectrometric counting modes for fast analysis of selected radionuclides activity, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 309, 2, 941-945

Dąbrowski, M. (2017). Application of modern anticoincidence (AC) system in HPGe γ-spectrometry for the detection limit lowering of the radionuclides in air filters, Journal of Environmental Radioactivity, 2017, 169-170, 104–108

historia Układu Słonecznego, ewolucja
Kuźnica, spektroskopia mössbauerowska, wodorotlenki

Martyna JAKUBOWSKA[1], Marek WOŹNIAK[3], Patrycja BOGUSZ[1],
Łukasz KARWOWSKI[3], Jolanta GAŁ ZKA-FRIEDMAN[1], Przemysław DUDA[1]

[1]Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa; e-mail: martyna.jakubowska@pw.edu.pl
[2]Uniwersytet Warszawski, Wydział Biologii, ul. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa
[3]Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

MÖSSBAUEROWSKIE BADANIA METEORYTU KUŹNICA

Meteoryt Kuźnica jest chondrytem zwyczajnym z grupy H o typie petrologicznym 5, stopniu szokowym S1 i stopniu zwietrzenia W1 ï blisko krawędzi W2 (Woźniak & Woźniak, 2019). Został odnaleziony w 2008 przez anonimowego mieszkańca Częstochowy. Znaleziono go w okolicy wsi Kuźnica (gmina Nowa Brzeźnica, powiat pajęczański, województwo łódzkie, Polska). Znalazca w 2018 skontaktował się z właścicielami strony www.woreczko.pl (Marek i Beata Woźniak), którzy odkupili od niego znalezisko. Znaleziony meteoryt był jednym, kompletnym okazem o wadze 2,145 kilograma. Obecnie okaz jest reprezentowany przez trzy części oraz dwie płytki cienkie.

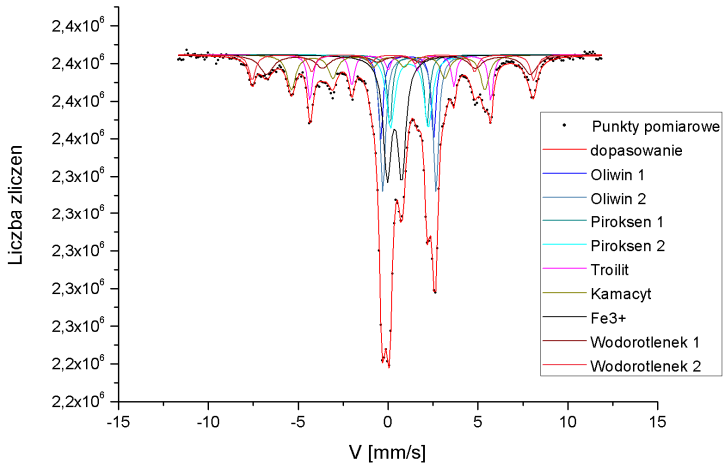
Rys. 1 Zdjęcia meteorytu Kuźnica

Znaleziony okaz posiada skorupę obtopieniową z widocznymi regmagliptami. We wnętrzu widoczne chondry o średnicy od 0,15 do 1,00 mm. Najczęściej występują chondry oliwinowe oraz porfirowe oliwinowo-piroksenowe.

Na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiego wykonano pomiary mössbauerowskie małej próbki meteorytu Kuźnica (Jakubowska I in.., 2017). W tym celu niewielki fragment meteorytu został sproszkowany i utarty. Następnie badany materiał umieszczono w specjalnym łódeczkuo. W ten sposób przygotowaną próbkę umieszczono w spektrometrze mössbauerowskim. Dokonano pomiarów w reżimie 2x256 kanałów przy użyciu źródła promieniotwórczego o aktywności ok 11,44 mCi (ok. 0,42 gBq). Pomiarów dokonano w temperaturze pokojowej. Następnie otrzymane wyniki poddano analizie za pomocą programu Recoil (Lagarec & Rancourt,1998).

W ten sposób otrzymano widmo mössbauerowskie meteorytu Kuźnica. W widmie tym zidentyfikowano dwa dublety pochodzące od oliwinu (w sumie 23,4% powierzchni spektralnej), dwa dublety pochodzące od piroksenu (w sumie 19,1% powierzchni spektralnej), sekstet pochodzący od troilitu (9,2% powierzchni spektralnej) i sekstet pochodzący od kamacytu (12,0% powierzchni spektralnej). Około 19 % powierzchni spektralnej zajmuje żelazo trójwartościowe (na widmie widoczne w postaci dubletu) a około 17% wodorotlenki (w widmie występują jako dwa sekstety). Pojawienie się w próbce Fe3+ oraz wodorotlenków jest wynikiem wietrzenia meteorytu w atmosferze ziemskiej. Precyzyjna identyfikacja związków określonych na widmie jako żelazo trójwartościowe oraz wodorotlenki nie jest łatwa. Na

podstawie badaŒliteraturowych (Lipka i in., 1997; Cadogan i in., 2013, 2014; Elewa i in., 2017).) Ustalono, Ũe w przypadku meteorytu KuŦnica w skğad dubletu Fe^{3+} wchodzŃ najprawdopodobniej akaganeit, lepidokrokit i goethyt, natomiast sekstety moŨna z duŨym prawdopodobieŒstwem zidentyfikowaĹ jako getyt i maghemit.



Faza mineralna (podwidma)	Procentowa zawartość fazy mineralnej w widmie A (%)
Oliwin 1	8,3
Oliwin 2	15,1
Piroksen 1	7,0
Piroksen 2	12,1
Troilit	9,2
Kamacyt	12,0
Fe3+	19,1
Wodorotlenek 1	10,6
Wodorotlenek 2	6,7

Rys. 2 Wyniki badaŒmössbauerowskich meteorytu KuŦnica

LITERATURA

Cadogan J.M., Rebbouh L., Mills J.V.J., Bland P.A., 2013 ï An 57Fe Mössbauer study of three Australian L5 ordinary-chondrite meteorites: Dating Kinclaven 001, Hyperfine Interactions, 222, pp. 91ï98

Cadogan J.M., Devlin E.J., 2014 ï 57Fe Mössbauer study of the Nurina 003 ordinary chondrite meteorite, Hyperfine Interactions, 226, pp. 553ï558

Elewa N. N., Cadogan J. M., 2017 ï An 57Fe Mössbauer study of the ordinary chondrite meteorite Lynch 00, Hyperfine Interactions, 238 pp. 4

Jakubowska M., Rzepecka P., Duda P., WoŦniak M., GağŹka-Friedman J., 2017 ï Badania mössbauerowskie chondrytów zwyczajnych typu H potwierdzajŃstopieŒich zwietrzenia okreŜlony za pomocŃskali W, Acta Societatis Met-heoriticae Polonorum, 8, pp. 63-72.

Lipka, J., Rojkoviļ, I., Tóth, I., Seberíni, M., 1997 ï First Mössbauer study of the Slovak meteorite Rumanova, Czecho-slovak Journal of Physics, 47(4), pp. 529ï532

WoŦniak Beata, WoŦniak Marek, 2019 ï Nowe polskie znalezisko, Czňstochowa (A new Polish find, Czňstochowa), Acta Soc. Metheor. Polon., 10, pp. 193-198.

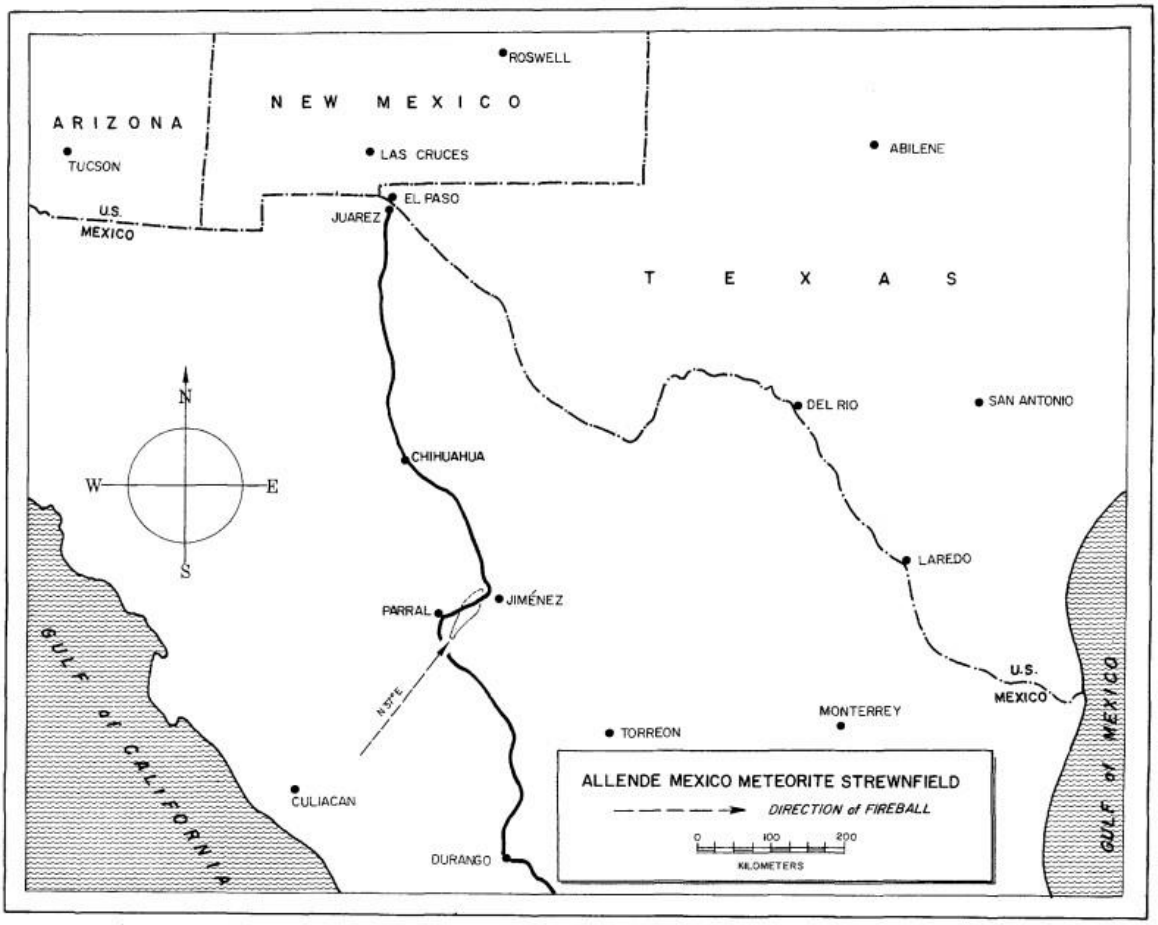
Portal wiki.meteoritica.pl

Paweł JUJECZKO

CO MÓWI NA ODCZYTAŁ Z METEORYTU ALLENDE?

Rok 1969 był wielkim rokiem dla nauk o kosmosie. 20 lipca 1969 dwóch członków załogi misji Apollo 11 wylądowało na powierzchni Księżyca, gdzie Neil Armstrong wypowiedział swoje słynne słowa o małym kroku dla człowieka i wielkim dla ludzkości.

Należy jednak pamiętać, że na skuteczne badanie kosmosu składa się praca ludzi z różnych dziedzin nauki i inżynierii. Mineralogowie i astrofizycy, wiedzą, że w niedługim czasie dostaną w posiadanie próbki skał księżycowych, wzmogli w latach 60 badania nad pozaziemskimi skałami dostępnymi na Ziemi. Szczęśliwym trafem, 8 lutego 1969 miał miejsce największy spadek meteorytu znany ich czasom (Clarke i in, 1971). Było to pół roku przed lądowaniem człowieka na Księżycu, niedaleko granicy z USA, w pobliżu Pueblito de Allende, w północnym Meksyku. Stąd meteoryt został nazwany Allende.



Rys.1. Pole spadku (ang. strewnfield) meteorytu Allende (strzałką zaznaczono kierunek poruszania się bolidu) (Clarke ., 1971)

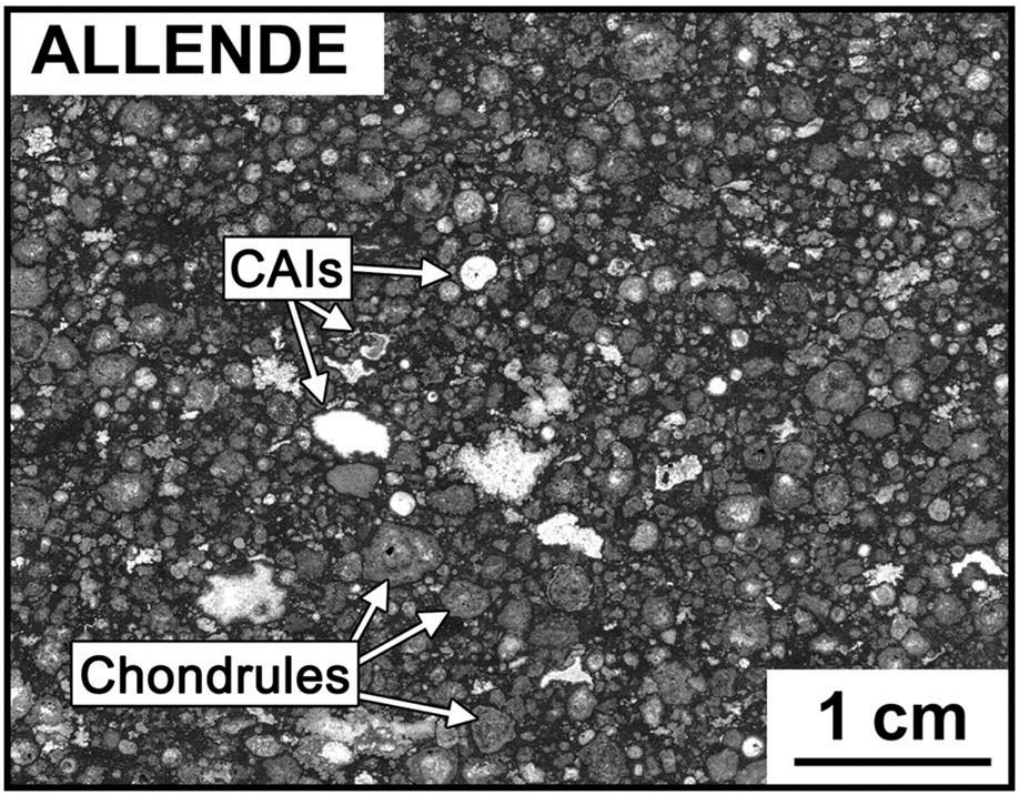
Nadlatujący obiekt musiał być bardzo duży, bo jedynie w ciągu pierwszych pięciu miesięcy zebrano około 2 ton materiału wielkości od 1 g do 110 kg. Pole spadkowe miało długość 50 km, prawdopodobnie przekraczało 300 km2 powierzchni (Clarke. i in, 1971) i było jednym z największych w historii pomiarów .

Meteoryt Allende to chondryt węglisty typu CV3 (ang. CV3 carbonaceous chondrite). Chondryty stanowią najczęstszy rodzaj spadków (stanowią około 85% ogółu). Typ CV wskazuje jednak na podgrupę chondryt w węglistych w typie meteorytu Vigarano, co stanowi już jedynie 4% ogółu spadków. Numer 3 opisuje typ petrologiczny to, że Allende nie zostało ani poddany procesom związanym z obecnością wody (numery mniejsze od 3), ani zmieniony przez procesy cieplne (numery ponad 3).

Chondryty węgliste typu CV3 stanowią rodzinę najstarszych znanych nam obiektów w Układzie Słonecznym (US). Najstarsze fragmenty Allende mają 4,56772±0,0093 miliardów lat (Connelly i in., 2008) i wyznaczają wiek samego US. Meteoryt ten odłamało się od jakiegoś większego ciała niebieskiego (prawdopodobnie asteroidy), które przechowywało w swoim wnętrzu informacje o procesach i warunkach z czasu powstawania US. Z tego względu meteoryty typu CV3 są bardzo cenne, bo mogą odpowiedzieć nam na pytania dotyczące tego, jak z gazu i pyłu dysku protoplanetarnego, narodziło się Słońce, planety i inne obiekty.

Chondryty nie są w swym wyglądzie jednolite. Składają się ze zbitych ziaren materii preplanetarnej i pyłu, tworzących brekcję. Poszczególne elementy tej struktury zachowują indywidualne właściwości. Kluczowe z punktu widzenia kosmogonii są tzw. inkluzje wapniowo-glinowe (CAI, calcium-aluminium-rich inclusions), uważane za najstarsze obiekty w US. Da się je wyróżnić na tle innych składowych brekcji za sprawą ich jaśniejszej barwy białej, różowej, a czasem i niebieskawej (zobacz Rys. 2). CAI są zwykle bardzo małe i w przypadku większości chondrytów węglistych nie przekraczają 1 mm szerokości, jednak w meteorytach typu CV3 mogą osiągać 2 3 cm. Stanowią one mniej niż 5% masy meteorytu. (MacPherson i in., 2005)

Główne hipotezy związane z CAI twierdzą, że: powstały one w jakimś ograniczonym rejonie dysku protoplanetarnego, bardo blisko Protosłońca; uformowały się w bardzo krótkim czasie (prawdopodobnie w mniej niż 100 tysięcy lat); zachowały w sobie skład izotopowy dysku protoplanetarnego z tego okresu (MacPherson ei in., 2005).



Rys. 2: Allende – CAI i chondrule (MacPherson & Boss, 2011)

Kolejnymi interesujĄcymi strukturami chondrytów sĄ chondrule (Rys. 2). Ich wiek szacuje siă przy pomocy datowania Pb-Pb na 1,66 ± 0,48 milionów lat mniej niŻ CAI.

Badania nad CAI i chondrulami wskazujĄ na procesy, które miaŕy miejsce podczas formowania siă tych struktur np. przenoszenia materii i przejŚcia ze stanu pŕynnego w staŕy. Skŕad izotopowy CAI wskazuje na to, Że zdarzeniem, które uruchomiŕo tworzenie siă US byŕa supernowa.

Ponadto, meteoryty typu CV3 mogĄ takŻe dawaĆ odpowiedzi na pytania związane z poczĄtkami Życia na Ziemi. PorównujĄc tego typu meteoryty, w tym Allende, odkryto (w obiekcie Acfer 086) obecnoŚĆ pozaziemskich biaŕek (McGeoch i in., 2020), a wczeŚniej spolimeryzowanych aminokwasów (Allende i Murchinson) (McGeoch & McGeoch, 2015).

Ile ciekawych informacji skrywa przed nami jeszcze meteoryt Allende oraz inne meteoryty typu CV3?

LITERATURA

Bartoschewitz, R., & Spettel, B. (2001). Tabarz a fragment of the Morasko strewnfield?

Clarke, R. S., Jarosewich, E., Mason, B., Nelen, J., Gomez, M., & Hyde, J. R. (1971). The Allende, Mexico, Meteorite Shower. Smithsonian Contributions to the Earth Sciences, (5). Retrieved April 28, 2021, from http://repository.si.edu/xmlui/handle/10088/809

Connelly, J. N., Amelin, Y., Krot, A. N., & Bizzarro, M. (2008). Chronology of the Solar Systemôs Oldest Solids. The Astrophysical Journal, 675(2), L121 L124. https://doi.org/10.1086/533586

MacPherson, G. J., Simon, S. B., Davis, A. M., Grossman, L., & Krot, A. N. (2005). Calcium-Aluminum-rich Inclusions: Major Unanswered Questions. Chondrites and the Protoplanetary Disk ASP Conference Series, 341, 26

MacPherson, G. J., & Boss, A. (2011). Cosmochemical evidence for astrophysical processes during the formation of our solar system. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(48), 19152 19158.
https://doi.org/10.1073/pnas.1110051108

McGeoch, J. E. M., & McGeoch, M. W. (2015). Polymer amide in the Allende and Murchison meteorites. Meteoritics & Planetary Science, 50(12), 1971 1983. https://doi.org/10.1111/maps.12558

McGeoch, M. W., Dikler, S., & McGeoch, J. E. M. (2020, February 21). Hemolithin: A Meteoritic Protein containing Iron and Lithium. arXiv: 2002.11688 [astro-ph, physics:physics]. Retrieved April 28, 2021

Ğukasz KARWOWSKI[1], Krzysztof SZOPA[1], Marek WOť NIAK[2]

[1]Uniwersytet Warszawski, WydziağBiologii, ul. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa
[2]WydziağNauk Przyrodniczych, Uniwersytet ślŃski w Katowicach, ul. BňdziŒska 60, 41-200 Sosnowiec

ZNALEZISKO METEORYTU W POĞUDNIOWEJ CZŇŚCI WOJEWÓDZTWA ĞÓDZKIEGO ï KUť NICA

Latem 2008 roku, pewien mieszkaniec Czňstochowy na spacerze w rejonie wsi KuŤnica znalazğna leŜnej drodze kamieŒodbiegajŃcy wyglŃdem od najczňŜciej spotykanych. Wykopağ go i zabrağdo domu. Po obejrzeniu programu o poszukiwaniach meteorytów skontaktowağsiň z prowadzŃcymi stronň Wiki.Meeteoritica.pl. Beata i Marek WoŤniakowie nabyli okaz. Znalazca pokazağim miejsce znaleziska. Meteoryt zostağznaleziony przy granicy województwa ğódzkiego i ŜlŃskiego, na terenie powiatu pajňczniaŒskiego, w gminie Nowa BrzeŤnica, na W od wsi KuŤnica, kilkanaŜcie metrów od rzeki Kocinki. Wspóğrzňdne znaleziska to 51°02ô10.64òN; 19°05ô33.31òE.

Rys. 1. Kompletny okaz meteorytu KuŤnica

Badania w mikroobszarze do okreŜlenia skğadu chemicznego minerağów meteorytu wykonano z wykorzystaniem mikrosondy elektronowej CAMECA SX100 w Miňdzyinstytutowym Laboratorium Mikroanalizy Minerağów i Substancji Syntetycznych na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Tab.1. Udziaģ skģadników mineralnych w meteorycie KuŦnica

Skģadnik	% objņtoŜciowy
oliwin + piroksen	71,9
skaleŒ(plagioklaz)	11,2
Fazy Fe,Ni	7,0
troilit	4,2
spinel chromowy	1,1
krystaliczne wodorotlenki Fe^{+3}	4,4
suma	**99,8**

Skģad mineralny meteorytu KuŦnica nie odbiega od skģadów chondrytów zwyczajnych. ZawartoŜĺ fazy metalicznej oraz wtórnych wodorotlenków Ũelaza sugeruje, Ũe mamy do czynienia z chondrytem typu H. Skģady chemiczne faz oliwinowych i piroksenowych teŨ jednoznacznie na to wskazujĺ. W oliwinach udziaģ czĺŜteczki fajalitowej waha siņ w niewielkich granicach od 18,41 do 19,21% molowych (Ŝrednio 18,78%). W piroksenach rombowych zawartoŜĺ minaģu ferrosyllitu zmienia siņ w minimalnych granicach od 16,69 do 16,20% molowych (Ŝrednio 16,47%). W badanym meteorycie wystņpuje w Ŝladowych iloŜciach, piroksen jednoskoŜny typu diopsydu. Plagioklazy reprezentujĺczģony oligoklazowe o sumarycznym wzorze:

$$Ab_{82,06ï 78,76}Or_{6,69ï 3,61}An_{17,60ï 12,30}Cs_{0,04ï 0,00}$$

Fazy metaliczne reprezentowane sĺgģównie przez kamacyt (Ni -5,83 do 6,90% wag.; Co -0,37 do 0,53%wag.) oraz fazņ typu tetrataenitu (Ni - 49,46 do 50,13 %wag.; Co - ~ 1% wag.) oraz miedz rodzimĺ z domieszkami Fe i Ni siņgajĺcymi 2% wag. Faza troilitowa jest praktycznie stechiometryczna bez wykrywalnych domieszek. Spinel chromowy jest zasobny w Al2O3 (6,64 do 6,70 %wag)., co wskazuje na znaczĺcĺ domieszkņ w nim hercynitu.

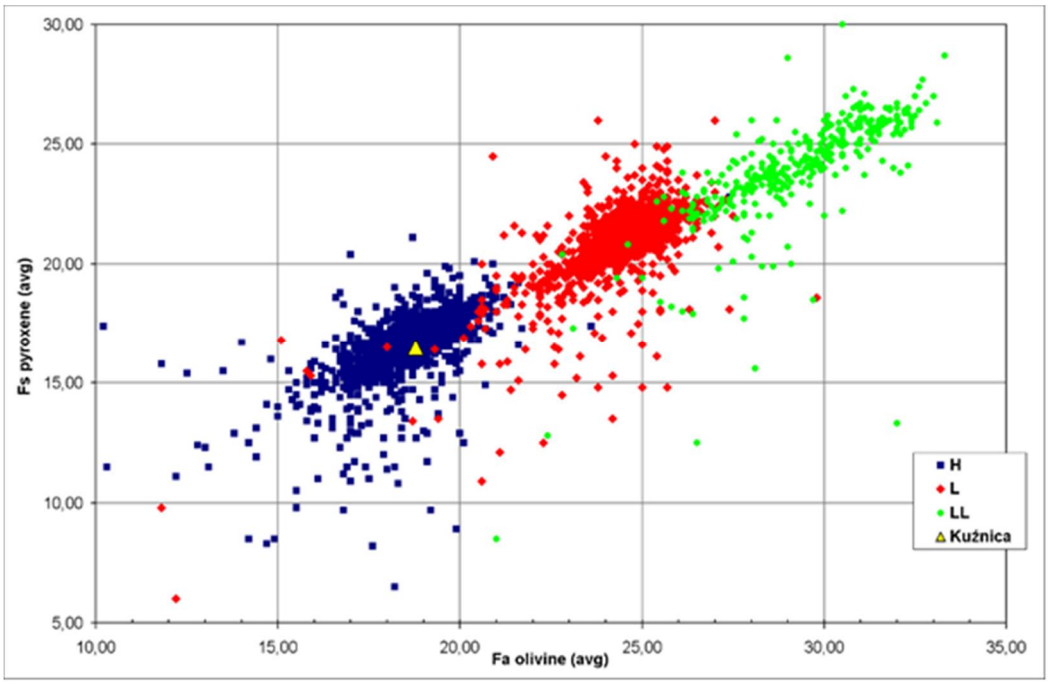


Fig 2. Stosunki molowe czĺŜteczki fajalitowej do ferrosyllitowej w oliwinach i piroksenach rombowych chondrytów zwyczajnych. Ũóģty trójkĺcik wyznacza pozycjņ chondrytu KuŦnica (na podstawie Norton 2002, uzupeģnione o dane z Met. Bull.)

W badanym meteorycie jest niewielki udziağróŨnorodnych chondr, które nie zachowağy juŨobwódek. Minerağy nie wykazujŃoznak zszokowania. Meteoryt jest dosyĺ silnie zwietrzağy, szczególnie w strefach brzeŨnych. Fazy Fe,Ni sŃ w znacznym stopniu zastŃpione wodorotlenkami Ũelaza. DuŨa objňtoŜĺ meteorytu jest przepojona koloidalnymi wodorotlenkami Ũelaza, dajŃcymi w efekcie rdzawe zabarwienie skağy. Troilit w zewnňtrznej strefie jest tylko nieco rozğoŨony. Krzemiany sŃnienaruszone przez wietrzenie.

Klasyfikacjň meteorytu oparto o stosunki molowe minağów fajalitu i ferrosyllitu w oliwinach i piroksenach rombowych (Fredriksson i in. 1968; Rubin 1990; Hutchison 2006; Grady i in. 2014) oraz stosunkowi zawartoŜci kobaltu w kamacycie do zawartoŜci minağu fajalitowego w oliwinie (Rubin 1990) vide Rys. 2 i 3.

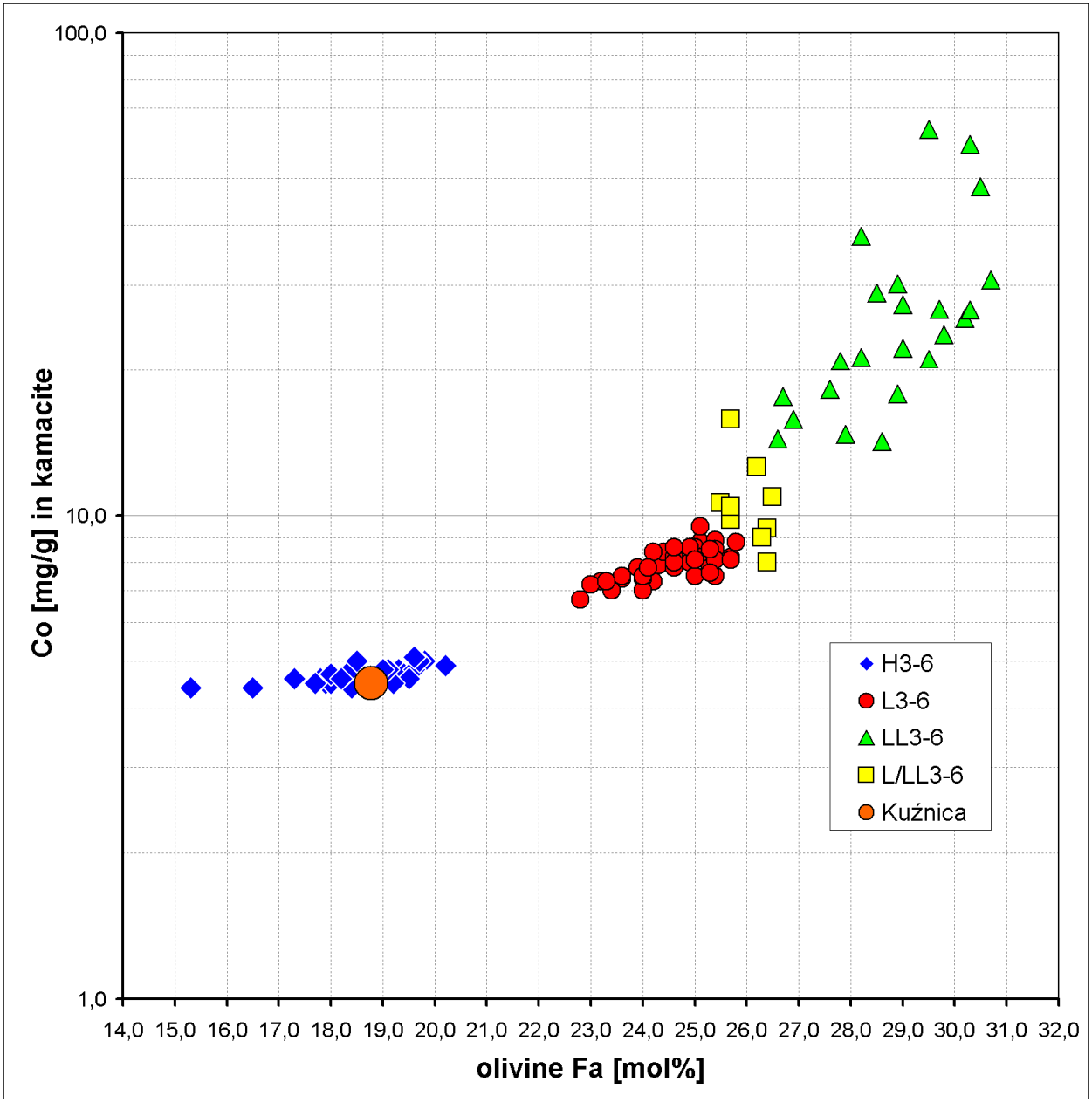


Fig. 3. Zestawienie zawartoŜci czŃsteczki fajalitowej z zawartoŜciŃkobaltu w kamacycie meteorytu KuŦnica na tle chondrytów zwyczajnych (na podstawie Rubin (1990), tab.1 i Rys.1)

Mamy zatem do czynienia z kolejnym polskim chondrytem zwyczajnym typu H5 o stopniu zszokowania S1, zwietrzeniu w1 do w2. MoÕna sÑdziÍ na podstawie stopnia zwietrzenia, Õe przeleÕağ on kilkaset lat w osadzie piaszczystym. Meteoryt KuÞnica zostağ zatwierdzony i opublikowany w Met. Bull.

LITERATURA

Fredriksson K., Nelen J.,Fredriksson B.J., 1968, The LL-Group Chondrites, w: L.H. Ahrens (ed.), Origin and Distribution of the Elements, International Series of Monographs in Earth Sciences, s. 457ï 466.

Grady M.M., Pratesi G., Cecchi V.M., 2014, Atlas of meteorites, Cambridge University Press, Cambridge, s. 373

Hutchison R., 2006, Cambridge Planetary Science. Meteorites: A Petrologic, Chemical and Isotopic Synthesis, Cambrigde University Press, Cambridge.

Norton O.N., 2002, The Cambridge Encyklopedia of Meteorites, Cambridge University Press,UK.

Rubin A.E., 1990, Kamacite and olivine in ordinary chondrites: Intergroup and intragroup relationships, Geochimica et Cosmochimica Acta., 54, s. 1217ï 1232.

Stöffler D., Keil K., Scott E.R.D., 1991, Shock metamorphism of ordinary chondrites, Geochimica et Cosmochimica Acta, 55, s. 3845ï 3867.

surowce pozaziemskie, wykorzystanie surowców in situ,
miedŤrodzima, procesy zgŏŨtwórcze na planetoidach,
planetoidy typu S, pociemnienie w wyniku szoku

Katarzyna ĞUSZCZEK[1], Agata M. KRZESIő SKA[2]

[1]Politechnika Wrocğawska, WydziağGeoinŨynierii, Górnictwa i Geologii, WybrzeŨe WyspiaŒskiego 27, 50-370 Wrocğaw, Polska
[2]Centre for Earth Evolution and Dynamics, Department of Geosciences, University of Oslo, Oslo, PO1028 Blindern, 0316, Oslo, Norway

MIEDť W CHONDRYTACH ZWYCZAJNYCH: OCENA ZĞOŧ OWEGO POTENCJAĞU PLANETOID ORAZ OGRANICZENIA/WYMOGI DLA NAJMNIEJ INWAZYJNEJ I EKONOMICZNIE OPĞACALNEJ EKSPLOATACJI

Chondryty zwyczajne pochodzŃz planetoid typu S. Meteoryty te moŨna wykorzystaĺ do badaŒ laboratoryjnych, które znacznie poszerzajŃ naszŃ wiedzň na temat warunków geologicznych na ich planetoidach macierzystych, w tym ocenň ich potencjalnych zasobów.

Od dawna uwaŨa siň, Ũe planetoidy zawierajŃ znaczne zasoby pierwiastków syderofilnych, takich jak: Fe, Ni, Co i Cu, które moŨna i naleŨy wykorzystaĺ na miejscu ï in situ (ang. ISRU ï in situ resources utilization). Jednak urabianie cağej planetoidy byğoby w duŨej mierze niepraktyczne. W prezentacji autorki przedstawiŃ wystňpowanie minerağów miedzi w chondrytach H, zidentyfikujŃ minerağy miedzionoŜne (rudne Cu) i zinterpretujŃ ich rozkğad w kontekŜcie procesów, które musiağy mieĺ wpğyw na ciağa macierzyste i doprowadziğy do powstania wrostków miedzi rodzimej. Obrany tok myŜlenia doprowadziğ autorki do konkluzji, Ũe niektóre czňŜci planetoid typu S zawierajŃ Cu w postaci i iloŜci, które mogŃ speğniaĺ wymagania bardziej efektywnej ekonomicznie i ekologicznej eksploatacji.

Ciağa macierzyste chondrytów zawierajŃ najczňŜciej 70 -100 ppm Cu w uŜrednionym skğadzie skağy (ang. bulk chemical composition) i jest ona gğównie zawarta w stopie FeNi(Co).

Jednak czňŜci planetoid, które zostağy dotkniňte procesami szokowymi i wyŨarzaniem termicznym po szoku, mogŃ zawieraĺ Cu, która zostağa wydzielona (odmieszana) z pierwotnego stopu i tworzy ziarna czystej miedzi metalicznej (rodzimej). We wspomnianej fazie w tych czňŜciach planetoid moŨe znajdowaĺ siň do 50 ppm Cu. Ziarna miedzi rodzimej moŨna wydobyĺ ze skağy macierzystej metodami mechanicznej obróbki minerağów, unikajŃc tym samym intensywnego ğugowania chemicznego. Sprawia to, Ũe potencjalna eksploatacja jest bardziej ukierunkowana i mniej destrukcyjna dla lokalnego Ŝrodowiska. CharakterystycznŃ cechŃ zwiŃzanŃ z wzbogaceniem w miedŤ rodzimŃ w chondrytach jest obecnoŜĺ obszarów pociemnienia szokowego (ang. shock darkenning). Dlatego autorki sugerujŃ, Ũe plateoidy pociemniağe w wyniku szoku sŃ potencjalnie najlepszymi miejscami do eksploatacji Cu (Ğuszczek & KrzesiŒska, 2020).

LITERATURA

Ğuszczek K., KrzesiŒska A.M., 2020 ï Copper in ordinary chondrites: Proxies for resource potential of asteroids and constraints for minimum-invasive and economically efficient exploitation.Planetary and Space Science,Vol. 194, art. 105092, s. 1-9

zegary astronomiczne, historia zegarmistrzostwa, klepsydra, astrolabium, zegary kolebnikowe, foliot

Roksana MAŁKOWSKA[1]

[1]Polska Akademia Nauk Muzeum Ziemi w Warszawie, Aleja Na Skarpie 20/26, 00-488 Warszawa, mail: rmackowska@mz.pan.pl

HISTORIA ZEGARÓW ASTRONOMICZNYCH

Zegary astronomiczne to urządzenia, które oprócz czasu pokazują także inne dane takie jak, aktualne fazy księżyca, położenie Słońca na ekliptyce i bieżący znak zodiaku, pozycje planet, daty Świąt Wielkiej Nocy, zaćmienia słońca i księżyca, czas gwiazdowy, czas słoneczny, datę przesilenia, godziny przypływów i odpływów oraz wiele innych mniej lub bardziej użytecznych informacji. Zegary astronomiczne są czasami ozdobione wszelkiego rodzaju symbolami religijnymi, kulturowymi, artystycznymi lub naukowymi. Często są wspaniałymi dziełami sztuki. Najstarsze przedstawiają Układ Słoneczny zgodnie z modelem geocentrycznym. Środek tarczy składa się wówczas z dysku lub kuli reprezentującej Ziemię, natomiast Słońce przedstawione jest jako złota kula obracająca się wokół naszej planety raz dziennie na dwudziestoczterogodzinnej tarczy. Przedstawienie to jest zgodne zarówno z codziennym doświadczeniem, jak i światopoglądem filozoficznym panującym w Europie przed kopernikańskiej. Model heliocentryczny został przyjęty na Zachodzie u schyłku XVII wieku, kiedy to prace Newtona potwierdziły obserwacje Kopernika i Galileusza (Mouchel 2004).

Przez wiele stuleci, w celu podzielenia dnia na mniejsze odcinki wykorzystywano pozorny ruch słońca i długość cienia rzucanego przez stojącego człowieka. Około 2000 roku p. n. e. w Egipcie, Babilonie, Chinach i Indiach pojawiły się pierwsze pionowe słupy lub pręty, ustawione na równym poziomym terenie. Tak zwane gnomony są prototypami późniejszych zegarów słonecznych, zależnych od pory dnia i panującej pogody. Niedogodności związane z użytkowaniem gnomonów zmusiły człowieka do wynalezienia zegara wodnego (klepsydry). Najprostszym tego typu urządzeniem było naczynie, z którego uciekała woda przez otwór w dnie. Wysokość cieczy jaka pozostała w klepsydrze pozwalała zorientować się, ile czasu minęło od chwili napełnienia. Jeden z najstarszych tego typu zegarów znaleziono w 1904 roku w ruinach Świątyni w Karnaku, w Górnym Egipcie. Pochodzi on z czasów faraona Amenhotepa III (1415-1380 rok p. n. e.). Słowo klepsydra pochodzi z greckiego i oznacza złodzieja wody. W starożytnej Grecji i Rzymie omawiane urządzenia służyły do odmierzania czasu przemów procesowych. Po klepsydrach wodnych wprowadzono klepsydry piaskowe (Ungerer 1934, Eyraud 2004, Mouchel 2004).

Pierwszy zegar mechaniczny oparty na mechanizmie wodnym, skonstruował w roku 725 chiński wynalazca i astronom z czasów dynastii Tang, Liang Lingzan, przy współpracy z mnichem buddyjskim Yi Xingiem. Pierwszy zegar astronomiczny przypisywany jest chińskiemu uczonemu Su Songowi. Wykonana w roku 1092 maszyna znajdowała się na wyższych piętrach cesarskiego pałacu Khaifeng (1092-1126), w drewnianej wieży o 3 piętrach, każda po 3 metry. Złożony ruch obracają sferę armilarną i glob niebieski w doskonałej synchronizacji z ruchami gwiazd Słońca i Księżyca. W wieży zegarowej Su Songa została po raz pierwszy zastosowana przekładnia łańcuchowa. W roku 1126 zegar został rozebrany przez Tatarów i wywieziony do Pekinu, a następnie wieku XIV zniszczony w momencie, gdy dynastia Ming najechała Pekin (Eyraud 2004, Mouchel 2004).

W Europie pierwszym konstruktorem zegara mechanicznego (zwanego dawniej kołowym) był mnich benedyktyński Gerbert z Aurillac (późniejszy papież Sylwester II), który około roku 1000 zbudował maszynę w Magdeburgu. We wczesnym Średniowieczu urządzenie do mierzenia czasu używano prawdopodobnie tylko wewnątrz w klasztorów do ustalania godzin kanonicznych. Pierwsze publiczne zegary wieżowe pojawiły się na początku wieku XIV

i były oparte na mechanizmie kolebnikowym charakteryzującym się niejednostajnością chodu. Rolę regulatora spełniały w nich kolebnik (foliot) będący osadzoną na pionowej osi zębatą listwą z ciężarkami. Przesuwanie tych ciężarków po listwie pozwalało na zmianę momentu bezwładności kolebnika, co umożliwiało regulowanie jego wahnięć. O ile w ciągu doby uchyb zegara mógł wynosić np. pół godziny, to w krótkich odcinkach czasu rozrzut wskazań był ogromny. Nie mniej jednak mechanizm ten funkcjonował przez ponad 300 lat jedynie ze zmianami w kształcie foliota. (http://wieczorpomorze.pl/2016/09/02/zegary-heweliusza-zegarki-polityków/, https://icalendrier.fr/calendriers-saga/etudes-thematiques/instruments-mesure/horloge-montre, Ungerer 1934, Eyraud 2004, Mouchel 2004). Kolejnym ważnym osiągnięciem był wynalazek Petera Henleina, niemieckiego ślusarza z Norymbergi, który między rokiem 1500 a 1510 opracował mechanizm zegara sprężynowego, umożliwiający zmniejszenie rozmiarów urządzeń mierzących czas. Pomimo tego, że omawiane urządzenia zwalniały w miarę rozwijania się głównej sprężyny, cieszyły się popularnością wśród osób zamożnych. Były to pierwsze przenośne zegarki posiadające tylko wskazówki godzinowe. Wskazówki minutowe pojawiły się dopiero w roku 1670, a zegary w tym czasie nie miały szklanej osłony. Szkło nałożone na tarczę zegarka pojawiło się dopiero w wieku XVII (https://icalendrier.fr/calendriers-saga/etudes-thematiques/instruments-mesure/horloge-montre, Mouchel 2004).

Kolejnym wynalazkiem był zegar wahadłowy, po raz pierwszy zbudowany przez Christiaana Huygensa, który około roku 1657 zastosował w praktyce prawo ruchu wahadłowego sformułowane przez Galileusza. Omawiane urządzenia mogą być napędzane siłą grawitacji (obciążnik na lince), sprężyną lub elektromagnesem. Zegar wahadłowy jest bardzo wrażliwy na zakłócenia pracy wynikające ze zmian temperatury, ciśnienia, niewłaściwe ustawienie oraz drgania pochodzące z otoczenia (https://icalendrier.fr/calendriers-saga/etudes-thematiques/instruments-mesure/horloge-montre, Mouchel 2004).

W roku 1880 Pierre i Jacques Curie odkryli efekt piezoelektryczny, polegający na tym, że na powierzchni niektórych kryształów, między innymi kwarcu, pod wpływem naprężenia (nacisku) pojawiają się ładunki elektryczne. Rok po odkryciu braci Gabriel Lippman zademonstrował odwrotny efekt piezoelektryczny, polegający na odkształceniu się kryształów pod wpływem pola elektrycznego. Jeśli to „wzbudzenie" kwarcu jest trwałe, to kryształ wibruje z bardzo stabilną częstotliwością, która jest dla niego specyficzna i zależy od jego wielkości. Wystarczy policzyć wibracje, aby przekształcić je w pożądaną jednostkę czasu. W ten sposób narodził się rezonator kwarcowy. Pierwsze urządzenia oparte na omawianym zjawisku ujrzały światło dzienne w latach 1929-1930, natomiast zegarek cyfrowy narodził się w roku 1971. Zegary kwarcowe nadal dominują na rynku, ponieważ ich działanie jest doskonałe i są niedrogie, jednak wydajność pomiaru czasu zegarów kwarcowych została znacznie przewyższona przez zegary atomowe (Mouchel 2004).

Pomimo tego, że dzisiaj używane są nowoczesne zegary elektroniczne, stare zegary astronomiczne budzą podziw dla geniuszu ich twórców i często stanowią bardzo ważną atrakcję turystyczną. Najwięcej zegarów astronomicznych znajduje się we Francji, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Włoszech, Szwajcarii i Czechach. W Polsce zegar astronomiczny zlokalizowany jest w Bazylice Mariackiej w Gdańsku (http://patrimoine-horloge.fr/astronomiques.html).

LITERATURA

Eyraud M. C. H., 2004 – Horloges astronomiques au tournant du XVIIIe siècle: de l'à-peu-près à la précision. Praca doktorska, Wydział Historii, Uniwersytet w Lyonie, pp. 1–338.

http://patrimoine-horloge.fr/astronomiques.html

http://wieczorpomorze.pl/2016/09/02/zegary-heweliusza-zegarki-polityków/

https://icalendrier.fr/calendriers-saga/etudes-thematiques/instruments-mesure/horloge-montre

Mouchel J. Y., 2004 – Le temps compté conté, Rousillion, pp. 1–28.

Ungerer, T., 1934 – Les Horloges Astronomiques a Travers les Siecles et l'Horloge Astronomique de Messine. L'Astronomie, vol. 48, pp. 409–418

Michał KUSIAK[1,2]

[1]Rantiga Osservatorio, Tincana (MPC-D03): Observations and searching for small Solar System bodies using a remotely controlled telescope (Asteroids, Comets and Meteors 2014, Helsinki, Finland)
[2]Baza danych CNEOS https://cneos.jpl.nasa.gov/

POSZUKIWANIA PLANETOID POTENCJALNIE ZAGRAŻAJĄCYCH KOLIZJĄ Z ZIEMIĄ, W DOBIE OBECNIE DZIAŁAJĄCYCH PROJEKTÓW SZEROKIEGO PRZEGLĄDU NOCNEGO NIEBA

W dobie znaczących postępów w dziedzinie rejestracji coraz mniejszych rozmiarowo planetoid w Układzie Słonecznym, spróbujemy ocenić perspektywy odkrywania obiektów potencjalnie zagrażających kolizją naszej planecie. Przytoczone zostaną możliwości techniczne obecnych przeglądów, oraz działanie nadchodzącego przeglądu LSST. Podsumujemy także 6 lat działalności polskiego przeglądu nieba realizowanego w dwóch placówkach: Obserwatorium Polonia w Chile oraz w Rantiga Osservatorio we Włoszech.

ordinary chondrite, main chemical component, FeNi alloy,
chondrite parent body, Cluster Analysis,
Principal Component Analysis

Tadeusz A. PRZYLIBSKI[1], Magdalena DŰUGOSZ-LISIECKA[2], Katarzyna ŰUSZCZEK[1], Konrad BLUTSTEIN[1]

[1]Wrocűaw University of Science and Technology, Faculty of Geoengineering, Mining and Geolo-gy; Wybrzeůe S. WyspiaŮskiego 27, 50-370 Wrocűaw, POLAND; e-mails: Tadeusz.Przylibski@pwr.edu.pl Katarzyna.Luszczek@pwr.edu.pl Korad.Blutstein@pwr.edu.pl
[2]ŰódŸ University of Technology, Institute of Applied Radiation Chemistry; ul. Wróblewskiego 15, 90-924 ŰódŸ, POLAND; e-mail: mdlugosz@mitr.p.lodz.pl

RESULTS OF STATISTICAL ANALYSIS OF PRIMARY COMPONENTS CONCENTRATIONS IN BULK CHEMICAL COMPOSITION OF ORDINARY CHONDRITE GROUPS

The authors used two methods of statistical analysis ï Cluster Analysis and Principal Component Analysis ï to analyse the concentrations of principal chemical components (Si, Mg, Ca, Fe, Ni), and Co in ordinary chondrites. The analysis was based both on the authorsô own data and on published metadata. In total, data on the chemical composition of 38 ordinary chondrites were used in the statistical analysis. The aim of this analysis was to obtain information about the possibility of clearly distinguishing H, L, and LL chondrites based on the concentrations of major elements and Co in their bulk chemical compositions. It was also important to determine what conclusions could be drawn from the statistical analysis of the concentrations of main chemical components about the differentiation of matter in the environments where the primordial parent bodies of particular groups (H, L and LL) of ordinary chondrites had been formed. Another aim of the statistical analysis was to determine whether the distribution of Fe and Ni content (with Co admixtures) is independent of petrographic types within particular groups of chondrites. This is of crucial importance for determining the distribution of FeNi(Co) ore occurrence in potential extraterrestrial deposits of these metals on modern asteroids ï the sources of ordinary chondrites. The obtained results of statistical analyses confirmed that clear-cutdistinction between particular groups of ordinary chondrites does not pose any problems only in the case of group H, while distinguishing L chondrites from LL chondrites is not always obvious. The results of the authorsô statistical analyses relating to the question of possible existence of several primordial parent bodies (formation environments) of each group of ordinary chondrites are consistent with the results of contemporary astronomical spectroscopy research. What is particularly interesting is obtaining indications of the existence of common formation environments of the matter of L and LL chondrites, possibly on a few primordial parent bodies. The above statistical analyses indicate that there is no correlation between the concentration of principal chemical components and the petrographic type of ordinary chondrites. This proves homogenous dis-tributions of these elements within the parent bodies of each group of ordinary chondrites. Hence, the distribution of these elements in individual present-day asteroids is also homog-enous.

Jan SPECHT

TRYPTYK IMPAKTOWY – W POSZUKIWANIU „STUDNI BEZ DNA”

Tytułowa wzmianka ujęta w cudzysłów jest okazją do opowieści zarówno o losach jednostek ludzkich, jak i całych społeczności związanych z otaczającym krajobrazem powstałym po upadku asteroidy. Na naszym globie na co dzień obserwujemy wielu śladów po impaktach spowodowanych takim upadkiem. Na podstawie efektów obserwowanych na innych planetach skalistych oraz księżycach wywnioskowali można, że Ziemia w trakcie swojego życia mogła być równie często i równie gęsto bombardowana obiektami z przestrzeni kosmicznej. Prowadzone badania naukowe ujawniły, że w okresie wczesnego życia naszej Ziemi, ok 3,8 mld lat temu miało miejsce tzw. wielkie bombardowanie, spowodowane spadkiem pozostałości po kolizji nieistniejących już ciał krążących wówczas w Układzie Słonecznym.

W artykule omówiony zostanie między innymi jeden z największych odkrytych kraterów – krater Chicxulub na Jukatanie, którego ślady znaleziono pod powierzchnią ziemi w trakcie odwiertów poszukiwawczych ropy i gazu w Meksyku.

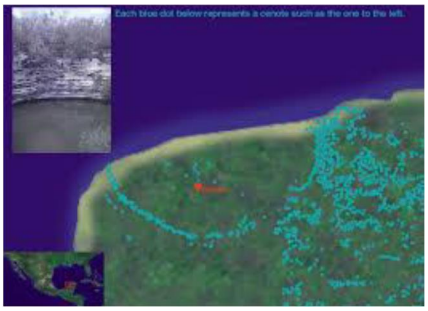
W Polsce oprócz potwierdzonych, małych kraterów w Morasku jest jeszcze prawdopodobny, lecz ostatecznie nie potwierdzony krater Gorajski na Roztoczu w miejscowości Podlesie Duże.

Kolejnym, najbardziej znanym i ważnym z punktu widzenia nauki jest krater Barringera w Arizonie, który pozwolił naukowcom uświadomić sobie energetyczne skutki impaktu uderzeniowego.

Dla społeczności Majów zamieszkujących półwysep Jukatan w Meksyku rzeczywistość została zdeterminowana w wyniku impaktowego wybuchu sprzed milionów lat.

W odróżnieniu od większości mieszkańców Ziemi, przez co najmniej 3 tysiące lat Majowie żyli bez cieków wodnych w postaci rzek. Źródłem wody pitnej były dla nich studnie krasowe zwane Cenotami, które w dużych ilościach znajdowały się na zamieszkiwanym niegdyś przez nich terytorium. Krater Chicxulub o średnicy wewnętrznej misy 180 km i głębokości 25 km w momencie wybuchu powstał około 65,5 mln lat temu, na skutek impaktu spowodowanego upadkiem asteroidy. Obiekt o średnicy 10 km w trakcie uderzenia zagłębił się w skorupę ziemi na głębokość 25 km w czasie 1 sek. Wybuch o energii równej eksplozji 100 bilionów ton trotylu (100 Terraton) był tak silny, że doprowadził do chwilowego zatrzymania ruchu obrotowego Ziemi na pobliskim obszarze. Powierzchnia globu ziemskiego podczas ruchu obrotowego na równiku mknie z prędkością liniową prawie 500 m/s. W kierunku na wschód górna (kredowa) warstwa skorupy ziemskiej stała się w pewnym stopniu bezwładna. Można wysunąć wniosek, że na skutek tego procesu wierzchnia warstwa skorupy ziemskiej na półwyspie Jucatan, na całym obszarze na wschód od krateru została rozciągnięta (rozerwana). Powstałe szczeliny przyspieszyły proces krasowienia tego terenu. Obecnie sam krater schowany jest pod warstwą osadów o grubości 1 km. Kredowo-wapienna powierzchnia półwyspu na wschód od krateru została pokryta warstwą gruzowiska o grubości 8-10 m. Pod tą narzuconą warstwą, w spękanym i rozerwanym od uderzenia podłożu woda zaczęła w procesach krasowych drążyć sieć podziemnych kanałów do głębokości nawet 130 metrów. Poziom oceanu był wówczas o ponad sto metrów niższy. Po drodze kanały połączyły powstałe niekiedy idealnie okrągłe studnie, na których dnie znajdują się zapadliska stropów z narzuconego gruzu. Ponieważ nie wiemy na jakiej głębokości w studniach CENOTES znajduje się prawdziwe dno, na potrzeby artykułu nazwano je właśnie „Studniami bez dna”. Cenotes są najbardziej widoczne na tzw. ringu otaczającym zewnętrzny okrąg krateru. Pozostałe, doś liczne znajdują się na wschód od krateru. Ich skupienia widać na zaznaczonej mapce – Rys.1.

Podziemne kanały lub powierzchniowe rozpadliny w większości są ukierunkowane na linii północ-południe ponieważ jest to kierunek prostopadły do obrotu globu ziemskiego. Na wschodnim brzegu półwyspu widać najwięcej śladów spękań (osuwisk) ciągnących się z północy na południe. Znajdują się tam także największe połączone ze sobą podziemnymi kanałami jaskinie. W innym miejscu laguna o nazwie Chakanbacanò o długości ponad 25 km i powierzchni prawie 30 km^2 również biegnie na kierunku północ-południe. Pod względem geologicznym omawiana struktura została zakwalifikowana jako osuwisko. Ze zdjęć satelitarnych można wywnioskować, że jej kształt jednak bardziej przypomina rozerwaną ścianę na powierzchni półwyspu. Znamiennym jest fakt, że raz na kilka lat poziom wody w lagunie obniża się, w ciągu kilku dni odsłaniając dno. Wody te giną w podziemnych jaskiniach i powodują katastrofalne skutki dla fauny laguny. Przedstawione powyżej przypuszczenie dodatkowo może być potwierdzone faktem, że na ogół przy największych kraterach uderzeniowych zachodnia krawędź krateru jest bardziej wypiętrzona niż krawędź wschodnia. Takie zjawisko ma miejsce między innymi w kraterze Vredefort w Afryce.



Rys. 1. Mapa studni Cenotes

Na terenie Gminy Radecznica na Roztoczu znajduje się uznany jedynie za domniemany Krater Gorajski. Nie został on jeszcze oficjalnie uznany z powodu braku badań w postaci odwiertów. Według relacji mieszkańców w okolicy istnieją studnie bądź te wydajnymi źródłami, czy też wywierzyskami charakteryzującymi się dużym wypływem wody, zwane Bezedniami. Twory te stały się głównąinspiracją do napisania artykułu. W katalogu miejscowości wymieniana jest także wieś Bezednia znajdująca się 30 km na wschód od krateru. Największym wypływem Wyżyny Lubelskiej i Roztocza jest źródło w Zaporzu, znajdującym się w dorzeczu Poru, jego przeciętna wydajność wynosi ponad 300 dm^3/s. Mniejszych źródlisk o wydajności od 10 do 150 dm^3/s jest na Roztoczu kilkaset (Jokiel, Moniewski i in., 2010).

Rys. 2. Krater Barringera - widok z lotu ptaka

Daniel Barringer jako pierwszy zasugerowaģ meteorytowe pochodzenie krateru na terenie Canyon Diablo w Stanach Zjednoczonych ï zaģ 3. Po zakupie terenu, na którym znajduje siň struktura impaktowa w roku 1902 rozpocznģ przygotowania do wydobycia spod jej dna domniemanego skarbu w postaci Ąnieprzebranych iloŜciò Ůelazoniklu.

Byģ bogatym przedsiňbiorcÓ posiadajÓcym kopalnie zģota i srebra. RozpoczynajÓc wiercenia w celu odnalezienia i wydobycia skarbu szacowaģ jego wagň na sto mln ton, a jego wartoŜÍ na miliard ówczesnych (rok 1903) dolarów amerykaŒskich. Byģa to wówczas niewyobraŮalnie wielka kwota.

Barringer myŜlaģ Ůe zdobňdzie fortunň, niestety w swoich szacunkach siň myliģ i po wielu latach poszukiwaŒ podupadģ finansowo nie znajdujÓc pod dnem krateru wymarzonego skarbu.

Swoje poszukiwania prowadziģ do roku 1929 wydajÓc ponad 600 tys. dolarów. W roku tym dowiedziaģ siň od naukowców, Ůe na skutek kolizji wiňkszoŜÍ materii bolidu wyparowaģa, dostaģ zawaģu i zmarģ w dniu 30 listopada.

Krater jako dziura w ziemi okazaģ siň Ąstudniď bez dnaò, przynajmniej jeŮeli chodzi o jego wydatki. DziŜ wiemy, Ůe masa bolidu tworzÓcego krater w chwili wejŜcia w atmosferň miaģa jedynie (aŮ) 300 tys. ton. Wiňksze pieniÓdze zarobili dopiero jego spadkobiercy w trzecim i dzisiaj juŮ w czwartym pokoleniu udostňpniajÓc krater dla turystów, badaczy, czy np. dla trenujÓcych astronautów NASA. Dziňki wiadomoŜciom o poszukiwaniu skarbu oraz dziňki spektakularnemu i zarazem piňknemu kształtowi krater wzbudziģ zainteresowanie Świata nauki i pozwoliģ zrozumieÍ skutki energetyczne impaktu oraz wynikajÓce z tego zagroŮenia (Wikipedia.pl).

W krótkiej analizie impaktów, które utworzyły dwa duŮe kratery w Ameryce Póģnocnej i jeden domniemany w Polsce zapoznaliŜmy siň ze skutkami tych impaktów.

Nasuwa siň pytanie (podejrzenie), czy energia impaktów moŮe byÍ spowodowana przez eksplozjň CoulombowskÓ?

LITERATURA

Portal https://mayanpeninsula.com/cenotes-of-the-yucatan-peninsula/
Portal http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub_PJ/2010_Jokiel_Moniewski_inni.pdf
Portal Wikipedia.pl.

Krzysztof SZOPA[1], Łukasz KARWOWSKI[1]

DATOWANIE METAMORFIZMU Z POCZĄTKU UKŁADU SŁONECZNEGO: WIEK U-Pb APATYTU Z METEORYTU LEONCIN

[1]Instytut Nauk o Ziemi, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: krzysztof.szopa@us.edu.pl, lukasz.karwowski@us.edu.pl

Meteoryt Leoncin ma budowę brekcjową, składa się z minerałów w chondrach, matrix klastów i spoiwie brekcji jest praktycznie identyczny (brekcja monomiktyczna). Jest to chondryt zwyczajny typu LL5-6 (Karwowski i Szopa, 2020). Szczegółowa charakterystyka mineralogiczna meteorytu Leoncin została przedstawiona przez Karwowskiego i Szopę (2020).

Cechą charakterystyczną meteorytu Leoncin jest występowanie fosforanów, które w oparciu o analizę w mikroobszarze zidentyfikowano jako apatyt chlorowy ($Ca_5(PO_4)_3Cl$) i merryllit ($Ca_{18}Na_2Mg_2(PO_4)_{14}$). Apatyt i merryllit są do siebie podobne optycznie w świetle przechodzącym jak i w obrazie w BSE. Merryllit jest minimalnie ciemniejszy od apatytu. Merrillit i apatyt często występują jako przerosty palczaste. Do celów datowania U-Pb wybrano apatyt, który charakteryzował się ziarnami przekraczającymi 100 µm średnicy. Wykonano 12 analiz punktowych, dla których było możliwe obliczenie wieku $^{207}Pb/^{206}Pb$ (średniego) dla wszystkich punktów analitycznych, który wyniósł 4549±61 mln lat (dolny interwał). Odchylenie standardowe wynosi (MSWD)1,06.

W przypadku chondrytu Leoncin, który jest brekcją monomiktyczną, współwystępowanie minerałów fosforanowych w asocjacji z chromitem, plagioklazem i piroksenem sugerują, że minerały fosforanowe mogą być również związane z procesami uderzeniowymi. Mogły utworzyć się na drodze wytrącanie ze stopu uderzeniowego. Taki scenariusz jest zgodny z danymi eksperymentalnymi dla tworzenia się fosforanów zasobnych w chlor. Tzw. uderzeniowy fluid mógł początkowo przenosić wodę w niskich temperaturach metamorfizmu uderzeniowego, by później ewoluować i stać się zasobnym w chlorowce ze zmniejszającym się udziałem wody. Takie fluidy, które dominowały podczas chłodzenia materiału chondrytowego LL, mogły pochodzić z odparowania częściowych, utworzonych wcześniej stopów we wnętrzu ciała macierzystego.

Mając na uwadze powyższe dane i obserwacje, można stwierdzić, że wiek U-Pb (~4,5 mld lat) apatytu w chondrycie Leoncin odzwierciedla wiek z początku tworzenia się Układu Słonecznego. Jest to jednak wiek procesu metamorfizmu, a nie wieku materii, która utworzyła wszystkie składniki mineralne. Otrzymany wiek jest zgodny dla podobnych chondrytów zwyczajnych, a nie zgodny dla meteorytów marsjańskich i meteorytów księżycowych. Ponadto jest pierwszym wiekiem U-Pb otrzymanym dla meteorytu polskiego.

LITERATURA

Karwowski Ł., Szopa K., 2020, Leoncin – nowy polski chondryt LL4-6. Acta Societatis Metheoriticae Polonorum, 11, s. 31-44.

kratery, struktuktury impaktowe, leje krasowe, jezioro ś witeŤ, Adam Mickiewicz

Tomasz WALESIAK[1]

JEZIORO ś WITEť ï FORMA KRASOWA CZY STRUKTURA IMPAKTOWA?

[1]Warszawa, email: tomasz.walesiak@wp.pl

24 grudnia 1798 roku przyszedğ na Ŝwiat wybitny poeta Adam Mickiewicz. Choĺ metryka chrztu nie zawiera informacji o miejscu urodzenia Wieszcza i za najbardziej prawdopodobne uznawane sŃdwie oddalone od siebie o okoğo 40km miejscowoŜci: Zaosie lub Nowogródek (leŨŃce na terenie wspóğczesnej Biağorusi) to niewŃtpliwie obie te lokalizacje odegrağy waŨnŃrolň w jego mğodoŜci i poŜrednio mogŃ mieĺ znaczenie z punktu widzenia badaŒstruktur impaktowych i konsekwencji kolizji ciağniebieskich z powierzchniŃ Ziemi. W ich sŃsiedztwie (w przybliŨeniu w poğowie drogi miňdzy nimi) znajduje siň jezioro o owalnym, wyjŃtkowo symetrycznym ksztağcie, które jak wynika z legend powstağo okoğo XIII wieku, w miejscu gdzie w przeszğoŜci istniağo bogate miasto. Byĺ moŨe wğaŜnie zasğyszane w dzieciŒstwie podania ludowe byğy inspiracjŃ do napisania ballady "ś witeŤ", której wersy (Mickiewicz 1822) mogŃ wskazywaĺ na wystŃpienie jasnego bolidu ("Wtem, jakaŜ biağoŜĺ nagle mnie otoczy, DzieŒzda siň spňdzaĺ noc ciemnŃ.."), powstania krateru ("Spuszczam ku ziemi przeraŨone oczyé JuŨ ziemi nie ma pode mnŃé ") i zjawisk towarzyszŃcych ("OgieŒi dym bucha gňsty,... ").

W Ŧródğach internetowych (np. Wikipedia) podaje siň, Ũe jezioro ma ksztağt lejka, jest pochodzenia krasowego i mogğo powstaĺ w wyniku oberwania ziemi do podziemnej pustki. JeŜli uwzglňdnimy, Ũe najwiňksze na Ŝwiecie leje krasowe majŃ Ŝrednicň najwyŨej kilkuset metrów i porównywalne gğňbokoŜci to jezioro ś witeŤ zdecydowanie nie pasuje do takiego zestawienia (ponad 1,5km Ŝrednicy przy najwiňkszym przegğňbieniu okoğo 15m).

Jak wynika z analizy dostňpnych danych satelitarnych (pomiarów wysokoŜciowych) GMTED2010 (Danielson i Gesch 2011) jezioro otoczone jest wağem typowym dla struktur impaktowych oraz posiada dodatkowe cechy spotykane w kraterach powstağych w wyniku uderzeŒ fragmentów kosmicznych skağ co sugeruje, Ũe legendy o ś witezi mogŃ czňŜciowo opieraĺ siň na prawdziwych historycznych wydarzeniach, zapewne trudnych do zrozumienia i dokğadniejszego opisania kilkaset lat temu.

LITERATURA

Danielson, J.J., & Gesch, D.B., 2011, Global multiresolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010): U.S. Geological Survey Open-File Report 2011ï 1073, ss. 26.

Mickiewicz A., 1822 ï ś witeŤ. [w:] Ballady i Romase, Wilno, s. 11ï 20.

iron meteorites, classification, trace elements, hexahedrites, octahedrites, ataxites, parent body, cooling rate, meteorite

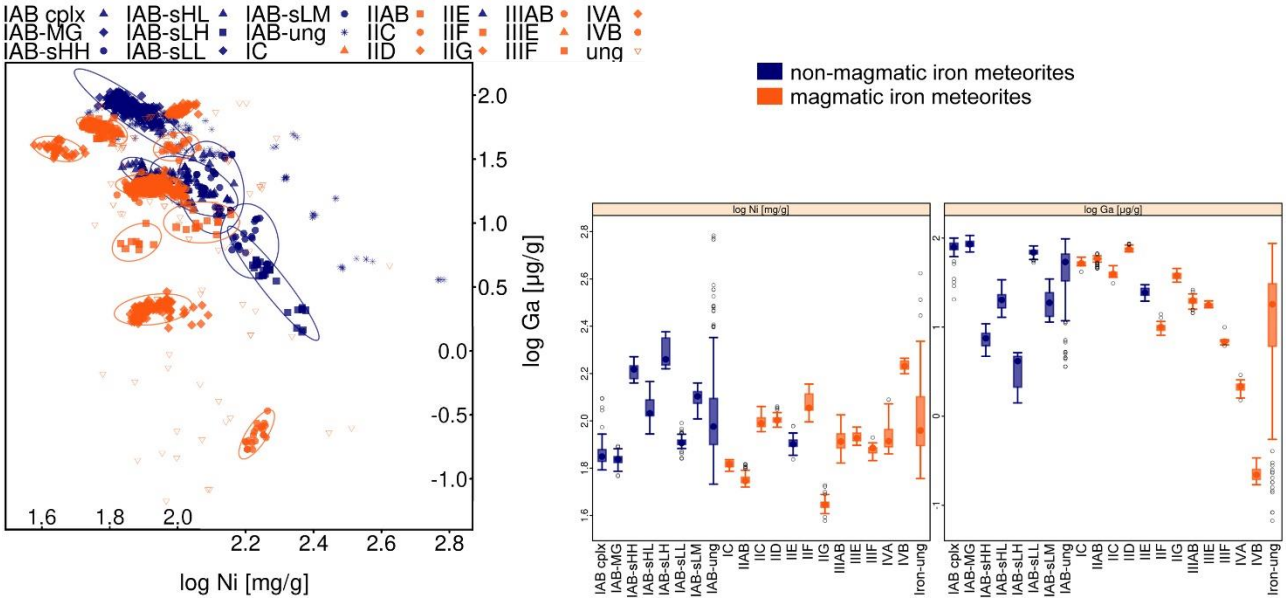
Marek WOŁOSZYN[1]

METEORYTY śELAZNE – KLASYFIKACJA W OBRAZACH

Iron meteorites – classification in pictures

[1]Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa; e-mail: wozniak@biol.uw.edu.pl

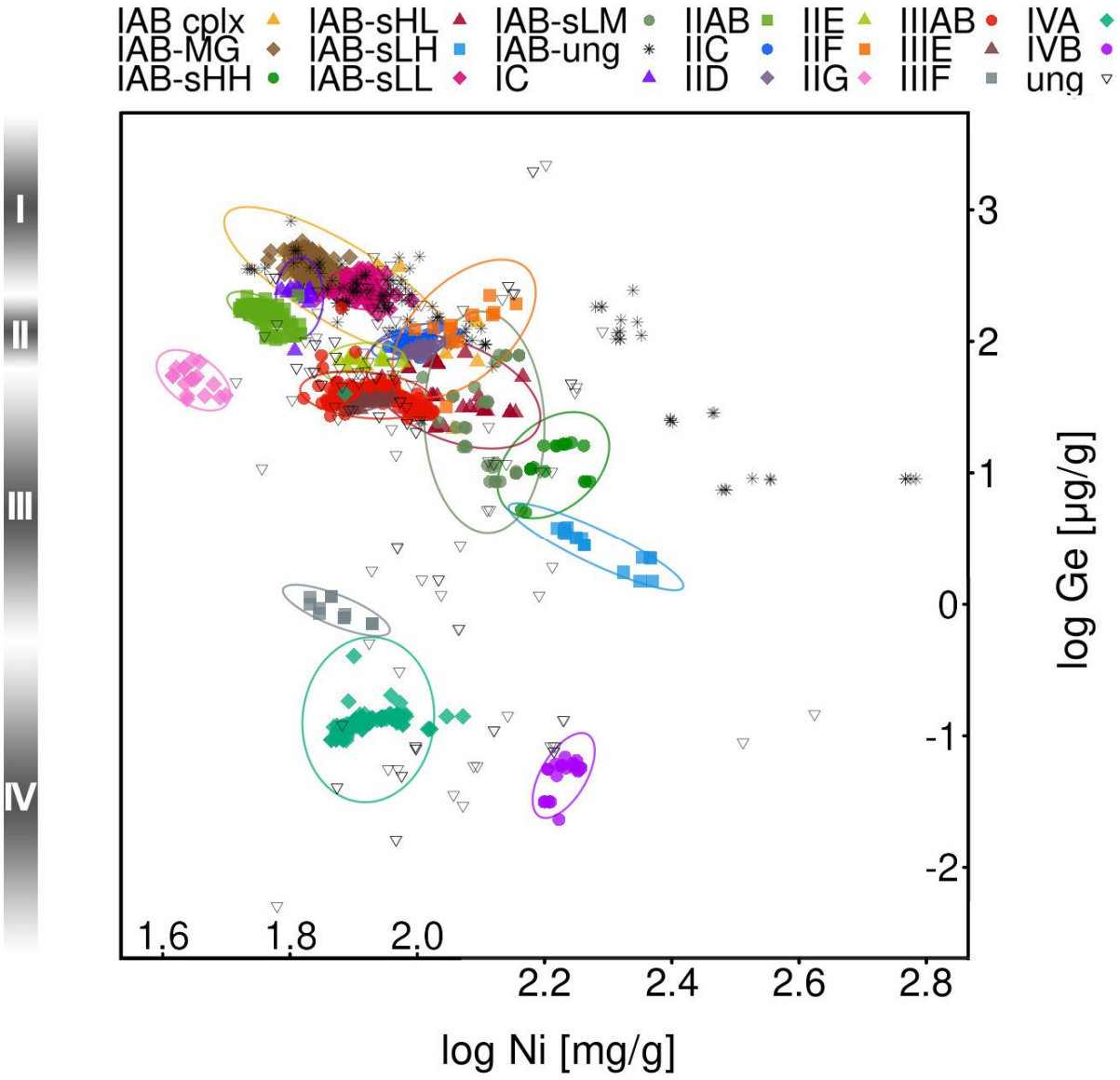
Meteoryty żelazne to grupa meteorytów, których głównym składnikiem jest żelazo (Fe) i nikiel (Ni), występujące w postaci dwóch minerałów – kamacytu i taenitu. Ponieważ ich skład czyni je bardziej odpornymi na rozbicie (kruszenie) i trudniej ulegają procesowi ablacji przy przelocie przez atmosferę, więc statystycznie spadają one w postaci większych brył niż meteoryty kamienne lub żelazno-kamienne. Ich metaliczna budowa i wyjątkowo duża waga czynią z nich meteoryty łatwe do odróżnienia od zwykłych skał. Masa wszystkich znanych meteorytów żelaznych wynosi ponad 500 ton, co stanowi ~89% masy znanych meteorytów, ale spadki meteorytów żelaznych stanowią już tylko 4,56% wszystkich obserwowanych spadków (wiki.meteoritica.pl). Dziesięć największych okazów meteorytów na Świecie to meteoryty żelazne! Dawniej na określenie meteorytów żelaznych używano określenia **syderyt (*siderite*)**.



Rys. 1. Podział grup meteorytów na populacje magmowe i niemagmowe na wykresie pary Ni-Ga

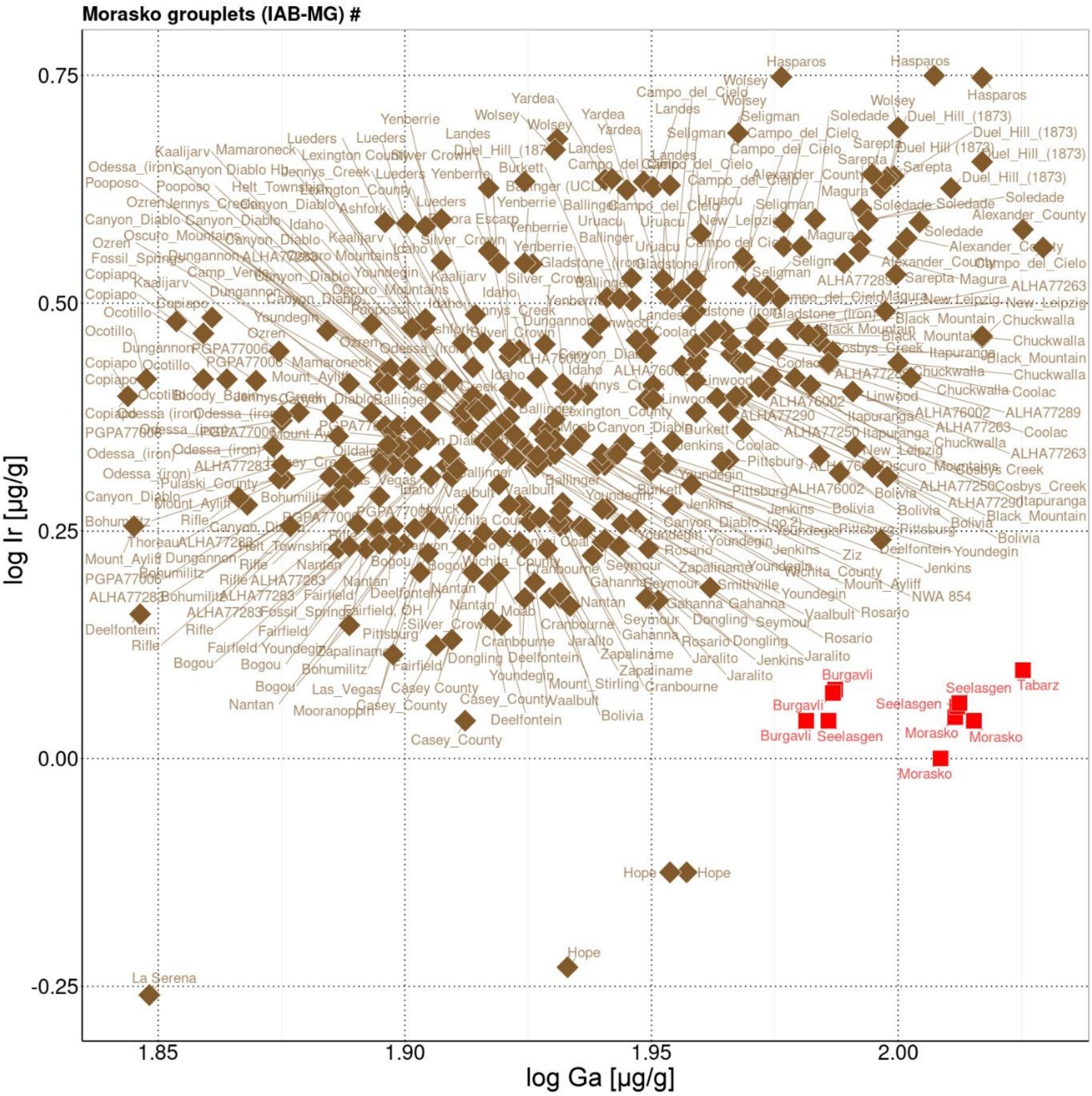
Uważa się, że materia meteorytów żelaznych powstała w jądrach lub podpowierzchniowych basenach ciekłego stopu żelaza i niklu na różnych małych planetozymalach, ciałach macierzystych (*parent body*) meteorytów żelaznych. Ciała te składały się z krzemianów, metalicznego żelaza i niklu oraz siarczku żelaza w proporcjach podobnych do tej w materii chondrytowej. Topienie się tych planetozymali, głównie pod wpływem ciepła pochodzącego z rozpadu izotopu glinu ^{26}Al, spowodowało rozdzielenie się gęstszego metalu od materii krzemianowej i jego spłynięcie do jąder, proces ten nazywamy dyferencjacją (*differentiation*). Większość meteorytów żelaznych pochodzi z rozbitych jąder takich zdyferencjonowanych planetozymali. Kilka procent meteorytów żelaznych zawiera liczne wtrącenia krzemianowe i prawdopodobnie powstały one w wyniku topienia uderzeniowego, podczas spadku planetoid na ciała chondrytowe lub pochodzą one z basenów stopionego metalu w płaszczu lub skorupie już zdyferencjonowanych planetoid.

Typowy meteoryt Ũelazny skğada siň gğównie z Ũelaza, 5-10% niklu, ~0,5% kobaltu, 0,1-05% fosforu i 0,1-2% siarki oraz ponad 20 pierwiastków Ŝladowych. Analiza chemiczna i mineralogiczna pozwala wydzieliĺ 13 grup meteorytów Ũelaznych o wspólnym pochodzeniu. Dodatkowo geneza okoğo 15% niezgrupowanych meteorytów Ũelaznych (Iron ungrouped, Iron-ung) jest jeszcze nie rozpoznana.



Rys. 2. Wykres ten ilustruje poczĺtkowĺideň podziağu meteorytów Ũelaznych na grupy ponumerowane rzymskimi liczbami I-IV

Analiza izotopowa meteorytów Ũelaznych pozwala okreŝliĺ ich wiek i dostarcza wskazówek dotyczĺcych ich pochodzenia. Datowanie sugeruje, Ũe ciağa macierzyste meteorytów Ũelaznych powstağy przed uformowaniem siň ciağ chondrytowych! SĺŃ one prawdopodobnie najstarszymi znanymi meteorytami?! Uformowağy siň one okoğo 2 miliony lat po powstaniu najstarszych czĺstek, inkluzji wapniowo-glinowych (CAI, *calcium-aluminium inclusion*). Analiza anomalii izotopowych wskazuje, Ũe czĺŝĺ ciağmacierzystych meteorytów Ũelaznych uformowağa siň w obszarach poza Jowiszem (*outer Solar System*), inne natomiast wykazujĺpodobieŒstwo do Ziemi i mogğy powstaĺ w rejonie planet grupy Ziemia (*inner Solar System*).



Rys. 3. Położenie grupy meteorytów Morasko, Przełazy i Tabarz (oraz Burgavli) na wykresie zawartości pierwiastków śladowych Ni-Ir w stosunku do innych meteorytów podgrupy IAB-MG. Czy meteoryt Morasko jest na pewno członkiem podgrupy IAB-MG?

Podziału meteorytów żelaznych dokonuje się według dwóch kryteriów. Starsza metoda bazuje na średniej zawartości niklu i na strukturze krystalicznej ujawniającej się na przeciętych i wytrawionych powierzchniach tzw. **figury Thomsona-Widmanstättena**. Przy takim podziale wyróżniamy trzy grupy: **heksaedryty** (*hexahedrites*) (śr. 4–6wt.% Ni), najpopularniejsze **oktaedryty** (*octahedrites*) (śr. 6–12wt.% Ni) oraz **ataksyty** (*ataxites*) (>12wt.% Ni).

Druga, nowsza metoda klasyfikacji meteorytów żelaznych, opiera się na ich składzie chemicznym, w szczególności na zawartości **pierwiastków śladowych** (*trace elements*), takich jak german (Ge), gal (Ga), platyna (Pt), arsen (As), złoto (Au) i iryd (Ir). Drugim parametrem definiującym grupy meteorytów żelaznych jest ich **skład mineralny**. Minerałami "wskaźnikowymi" są występujące w formie różnych związków oraz w różnej formie i wielkości: siarczki, fosforki, węgliki, azotki i inkluzje krzemianowe. Zawartość pierwiastków

śladowych *versus* zawartoś niklu ujawnia chemiczne klastry (skupienia, *clusters*) reprezentujące różne chemiczne grupy meteorytów żelaznych. Część meteorytów żelaznych pochodzi z częściowo zdyferencjonowanej planetozymali rozerwanej na początku formowania żelaznego jądra i bogatej w krzemiany skorupy (to grupy IAB i IIE). Pozostałe meteoryty z innych grup pochodzą z jąder małych całkowicie zdyferencjonowanych planetozymali, rozbitych w zderzeniach, krótko po uformowaniu się.

W polskiej literaturze nie ma kompleksowego opracowania opisującego współczesną klasyfikację meteorytów żelaznych. Postanowiłem zebrać aktualną wiedzę na ich temat i opisać wyodrębnione aktualnie grupy meteorytów. By opis ten uczynić bardziej atrakcyjnym i przystępnym dołączyłem do niego wiele wykresów i fotografii, które ilustrują wiele zależności i pozwalają zgłębić fascynujący świat "żelaza z nieba".

LITERATURA

Goldsteina J.I., Scott E.R.D., Chabot N.L., 2009, *Iron meteorites: Crystallization, thermal history, parent bodies, and origin*, Geochemistry, Chemie der Erde, 69(4), p. 293–325. DOI: 10.1016/j.chemer.2009.01.002.

Scott E.R.D., Wasson T., 1975, *Classification and properties of iron meteorites*, Reviews of Geophysics and Space Physics, 13(4), p. 527-546. DOI: 10.1029/RG013i004p00527.

Scott E.R.D., 2020, *Iron Meteorites: Composition, Age, and Origin*, Oxford Research Encyclopedias, Planetary Science, Oxford University Press. DOI: 10.1093/acrefore/9780190647926.013.206.

Woźniak M., 2021, Meteoryty żelazne – klasyfikacja w obrazach (*Iron meteorites – classification in pictures*), Acta Societatis Metheoriticae Polonorum, vol. 12, p. 149-216.

Portale: Wiki.Meteoritica.pl, www.woreczko.pl