

Dokumentacja znalezisk meteorytu Morasko w latach 2011–2014 – problemy metodyczne i uzyskane efekty

Monika Nowak¹, Andrzej Muszyński¹



M. Nowak



A. Muszyński

Documenting the Morasko meteorite finds in 2011–2014 – methodical problems and results obtained. *Prz. Geol.*, 68: 879–885.

Abstract. The Morasko meteorite is currently one of the biggest tourist attractions of the city of Poznań. In this paper we present the stages of creating documentation for finds of individual fragments of the Morasko meteorite, conducted at the Institute of Geology, Adam Mickiewicz University, in 2011–2014. During the initial period of documentary work, the focus was mainly on the compilation of topographic maps prepared by various authors to create one collective map of finds. ESRI (ArcGIS) software was used to prepare the documentation. The main problem at the initial stage of documentation was the coordination of source data prepared on topographic bases developed in various reference systems (PUWG 65, PUWG 92, tourist map without any system). During the years 2012–2014, topographic data were successively supplemented with new finds, resulting in a database comprising a total of 1413 items – containing coordinates, data on individual finders, masses (given as a range or as specific data in grams), depths at which meteorites rested, and, in some cases, special features (so-called shrapnel). The obtained documentation is a unique source of data on most of the fragments of the Morasko meteorite. It remains debatable whether the collected information is sufficient to calculate a reliable meteorite strewn field.

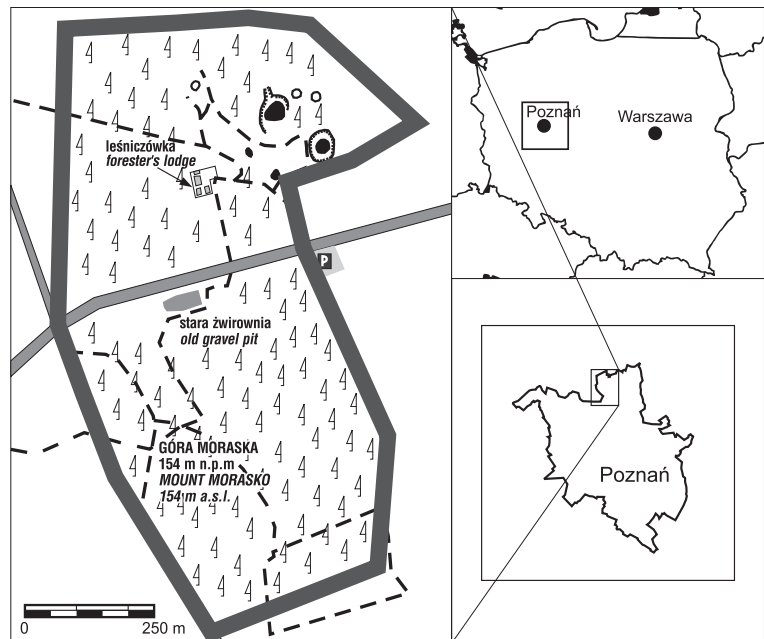
mented with new finds, resulting in a database comprising a total of 1413 items – containing coordinates, data on individual finders, masses (given as a range or as specific data in grams), depths at which meteorites rested, and, in some cases, special features (so-called shrapnel). The obtained documentation is a unique source of data on most of the fragments of the Morasko meteorite. It remains debatable whether the collected information is sufficient to calculate a reliable meteorite strewn field.

Keywords: Morasko meteorite, meteorite findings and documentation, strewn field

Meteoryt Morasko, który został odkryty pod Poznaniem w dniu 12.11.1914 r., jest największym meteorytem żelaznym, jaki spadł w środkowej Europie, i obok meteorytu Pułtusk jest prawdopodobnie najlepiej rozpoznawalnym meteorytem w Polsce. Żaden inny meteoryt nie wzbudzał w gronie polskich badaczy tylu emocji i dyskusji na temat genezy i wieku upadku.

Główny obszar upadku meteorytu Morasko (ryc. 1) znajduje się nieopodal Góry Morasko, stanowiącej najwyższe (154 m n.p.m.) wzniesienie morenowe zlodowacenia Wisły w okolicy Poznania. Budowa geologiczna rejonu spadku Morasko jest zróżnicowana. W podłożu występują utwory piaszczyste, piaszczysto-żwirowe i gliny lodowcowe, a miejscami ropy neogeńskie (Stankowski, 2008). W 1976 r. północne zbocza Góry Morasko oraz krateru meteorytowego u jej podnóża zostały objęte ochroną jako Rezerwat Przyrody *Meteoryt Morasko* (ryc. 1). Do deszczu meteorytu Morasko są zaliczane także znaleziska w Przelazach i Jankowie Dolnym (Muszyński i in., 2012a; Piłski i in., 2013) oraz okaz znaleziony przed II wojną światową w Obornikach Wielkopolskich (Pokrzywnicki, 1964), który później zaginął.

Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie efektów udokumentowania znalezisk meteorytu Morasko w bazie danych wygenerowanej w 2011 r. i aktualizowanej do końca 2014 r. Baza ta zawiera opisy 1413 okazów



Ryc. 1. Lokalizacja rezerwatu przyrody Meteoryt Morasko
Fig. 1. Location of the Morasko meteorite nature reserve area

meteorytu Morasko, w tym w większości informację o ich masie i lokalizacji znaleziska oraz inne dane, np. opis cech szczególnych czy głębokość zalegania pod powierzchnią terenu. Trzon bazy stanowią dane o okazach odkrytych w

¹ Instytut Geologii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, ul. B. Krygowskiego 12, 60-680 Poznań; mnapp@amu.edu.pl; anmu@amu.edu.pl

latach 1995–2014 na terenie rezerwatu oraz na polach uprawnych i łąkach znajdujących się na północny wschód od niego. Graficznym zapisem informacji zgromadzonych w bazie jest mapa znalezisk meteorytu Morasko (Karwowski i in., 2011; Muszyński i in., 2012a, b; Pilski i in., 2013).

W ostatnich latach udało się rozwiązać wiele problemów naukowych dotyczących meteorytu Morasko, jednak do tej pory nie została rozpoznana elipsa rozrzutu spadku tego meteorytu. Mogło by się wydawać, że skoro istnieje baza danych znalezisk meteorytu Morasko, to wyliczenie elipsy rozrzutu jego odłamków pozostaje jedynie formalnością. W rzeczywistości zgromadzenie pełnej dokumentacji upadku okazało się zadaniem niezwykle skomplikowanym i w odczuciu autorów korzystanie z opisanej bazy danych bez poznania niniejszego komentarza o jej zawartości mogłoby wprowadzać jej użytkowników w błąd.

HISTORIA ODKRYWANIA OKAZÓW METEORYTU MORASKO

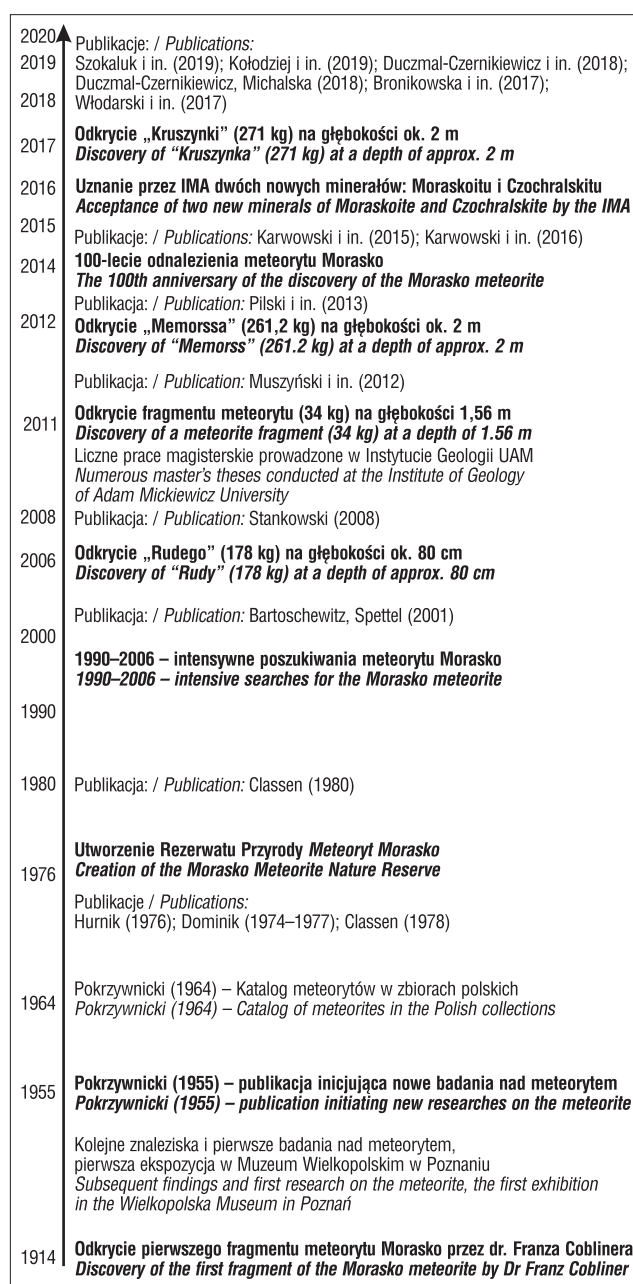
Niejasne losy pierwszych odnalezionych fragmentów meteorytu Morasko i trudności w określeniu ich liczby doskonale opisał Pokrzywnicki (1955, 1964). Po II wojnie światowej badacz ten przejął do kolekcji PAN pierwszych 9 okazów meteorytu, wskazując jednocześnie, że ich liczba była prawdopodobnie większa – w zależności od relacji różnych osób mogło ich być nawet 24. Według Pokrzywnickiego (1955, 1964) pierwsze cztery okazy meteorytu Morasko (ważące 77,5 kg, 4 kg oraz dwa 3,5 kg) znaleziono w czasie I wojny światowej i wysłano do Berlina. Po długich staraniach w 1920 r. zostały one przekazane Polakom i włączone do zbiorów Muzeum Przyrodniczego w Poznaniu (w całości lub po przecięciu). W zbiorach tego muzeum znajdował się jeszcze jeden (piąty) okaz, o masie 3 kg, na który Pokrzywnicki natrafił później w muzeum w Gorzowie Wielkopolskim, ale historia jego odnalezienia pozostaje niejasna.

Przed II wojną światową, prawdopodobnie w 1936 r., rolnik Jan Kunecki odnalazł na swoim polu k. Moraska trzy fragmenty meteorytu. Wśród nich był jeden duży okaz (77 kg), który zaginął (został wywieziony na złom lub mógł być wmurowany w zabudowania gospodarcze) oraz dwa mniejsze – jeden z nich zaginął, a drugi (4,175 kg) został przekazany J. Pokrzywnickiemu. Według innych relacji (Ryszarda Nowickiego) ten sam rolnik Jan Kunecki miał przed wojną znaleźć dziewięć meteorytów: jeden większy (ok. 80 kg) i osiem mniejszych (1,5–8 kg) lub w roku 1957 posiadać dwa meteoryty o nieznannej wadze (relacja Józefa Oleksego), ale sam J. Kunecki tego nie potwierdził (Pokrzywnicki, 1964).

Po II wojnie światowej w okolicy Moraska odnaleziono prawdopodobnie jeszcze sześć meteorytów. Jan Nowicki stwierdził, że znalazł pięć sztuk (1–2 kg), które zaginęły, a Ryszard Nowicki mówił o jeszcze jednym okazie, którego też nie udało się odnaleźć. J. Pokrzywnickiemu oddano dwa fragmenty: 78-kilogramowy, odnaleziony w 1947 r. przez Józefa Oleksego i do 1956 r. przechowywany na jego podwórzu, oraz okaz o wadze 6,38 kg, znaleziony przez ucznia szkoły z Suchego Lasu. Sam Pokrzywnicki wskazuje, że dysponował jeszcze jednym okazem o wadze ok. 1 kg, podzielonym na dwie części, ale nie opisał, jak ten okaz znalazł się w jego posiadaniu (Pokrzywnicki, 1955, 1964). W 1966 r. Ryszard Nowicki znalazł nowy okaz meteorytu

Morasko (o wadze 16,8 kg), który przekazano do Planetarium w Chorzowie (Pokrzywnicki, 1966). Oznacza to, że do roku 1966 w polskich kolekcjach mineralogicznych znajdowało się dziesięć okazów meteorytu Morasko (w całości lub częściach) o łącznej wadze ok. 198 kg. Sześćdziesiąt lat po odkryciu łączna znana masa meteorytu Morasko, liczona razem z zaginionym meteoritem J. Kuneckiego (75 kg), była szacowana na niespełna 300 kg i tak została przedstawiona przez Buchwalda (1975) w słynnym kompendium o meteorytach żelaznych świata.

W latach 1966–1975 odkryto prawdopodobnie kilka lub kilkanaście nowych okazów (maksymalnie 15) – głównie przy okazji prac polnych. Pod koniec lat 70. XX w. Korpikiewicz (1978) szacował łączną masę wydobytego meteorytu na 400 kg, a Classen (1980) powątpiewał w tak duży przyrost masy znalezionych fragmentów i uważał, że do listy wcześniejszych znalezisk można włączyć jedynie



Ryc. 2. Kalendarium odkryć i badań okazów meteorytu Morasko
Fig. 2. Calendar of discoveries and examinations of specimens of the Morasko meteorite

dwa okazy meteorytu znajdujące się w szkołach – jeden w Suchym Lesie (3,35 kg), a drugi w Morasku (2,9 kg). W latach 80. XX w. nastąpił zastój w dokumentowaniu nowych znalezisk meteorytu, jednak drobne meteoryty nadal były znajdowane.

Warunki i metody poszukiwań meteorytu Morasko diametralnie zmieniły się w latach 90. – zreformowano wówczas polskie prawo i powstały w nim luki umożliwiające swobodne prowadzenie poszukiwań meteorytów (w tym obcokrajowcom), w sklepach pojawiły się pierwsze wykrywacze metali, a na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu utworzono Instytut Geologii. Prace badawcze nad meteorytem Morasko zaczęli w nim prowadzić profesorowie S. Lorenc, A. Muszyński i W. Stankowski oraz grono ich magistrantów i doktorantów. Zmiany te spowodowały intensyfikację poszukiwań i tak w połowie lat 90. łączną masę znalezionych fragmentów meteorytu Morasko szacowano na 500 kg (Czegka, 1996), a przeszło dekadę później na ok. 1000 kg (Stankowski, 2008).

W 2011 r. Steve Arnold i Geoffrey Notkin – łowcy meteorytów z programu *Meteorite Men* na kanale *Discovery Science* – znaleźli w rezerwacie Morasko (na głębokości 156 cm) fragment meteorytu o wadze 34 kg. W 2012 r. Magdalena Skirzewska i Łukasz Smuła (współpracujący z prof. Pierrem Rochette'em oraz prof. Andrzejem Muszyńskim) odnaleźli na terenie rezerwatu (na głębokości 218 cm) okaz o masie 261 kg. Był to największy fragment Moraska spośród wówczas odkrytych. Oba okazy zostały przekazane do zbiorów Muzeum Ziemi UAM. Następnie w 2014 r. M. Skirzewska i Ł. Smuła znaleźli w okolicy rezerwatu okaz o masie 73 kg (znajduje się on w zbiorach prywatnych). Największych odkryć dokonali w latach 2015 i 2017 Andrzej Owczarzak i Michał Nebelski. W 2015 r. w okolicy rezerwatu odkryli dwa okazy, ważące 174 i 31 kg (pozoostały w zbiorach prywatnych). Po czym w 2017 r. poza terenem rezerwatu odnaleźli fragment meteorytu Morasko ważący 271 kg. Jest to największy meteoryt w Polsce, nazywany Kruszyńką (przechowywany w zbiorach prywatnych).

PRZEGLĄD BADAŃ METEORYTU MORASKO

Od odkrycia pierwszego fragmentu meteorytu Morasko minęło ponad 105 lat. Dotychczas opublikowano na jego temat ponad 200 prac. Wymienienie nazwisk wszystkich osób, które były zaangażowane w badania tego meteorytu lub też odnajdywały jego fragmenty, nie jest możliwe. Warto jednak nadmienić, że spore sukcesy w tej dziedzinie odnieśli pracownicy Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

W trakcie ostatnich dwóch dekad nastąpiła znaczna intensyfikacja badań dokumentujących upadek meteorytu Morasko i wzrosła liczba publikacji na jego temat (ryc. 2). Badania geochemiczno-mineralogiczne meteorytu zaowocowały np. klasyfikacją geochemiczną (Piłski i in., 2013), odkryciem dwóch nowych minerałów (Karwowski i in., 2015, 2016) i lepszą identyfikacją faz istniejących w tym meteorycie lub jego skorupie obtopieniowej (Duczmal-Czernikiewicz, Michalska, 2018; Kołodziej i in., 2019). Badano także fizyczne właściwości meteorytu Morasko (Idzikowski i in., 2010; Kołodziej i in., 2020), wiek impaktu (m.in. Stankowski, 2008; Fedorowicz, Stankowski, 2016; Szczuciński i in., 2016), jego skutki (Włodarski i in., 2017;

Duczmal-Czernikiewicz i in., 2018; Szokaluk i in., 2019) oraz modelowano siłę uderzenia (Bronikowska i in., 2017).

PRACE DOKUMENTACYJNE W LATACH 2011–2014

Etap pierwszy – 2011 r. – zbiorcza mapa pogładowa

Pierwszy etap prac podjętych w Instytucie Geologii UAM w celu udokumentowania spadku meteorytu Morasko trwał od wiosny do końca 2011 r. Dążono wówczas do zebrania i ujednoczenia informacji zawartych na wcześniejszych mapach. Głównym efektem działań było przygotowanie zbiorczej mapy znalezisk fragmentów meteorytu do roku 2011. Dokumentatorzy mieli świadomość, że prawdopodobnie nie uda się ustalić lokalizacji upadku wszystkich fragmentów meteorytu.

Do opracowania mapy spadku meteorytu zastosowano oprogramowanie *ArcGIS* wer. 9.3 (*ESRI*), a jako materiał źródłowy wykorzystano: 1) dwie mapy Bartoszewitza (1998, 2001), 2) mapę Sochy (2005), 3) mapę Smuły (2007) oraz 4) mapę Piłskiego (2003), zawierającą dane Pokrzywnickiego oraz Janusa i in. Mapy te miały odmienne podkłady topograficzne i różniły się formą przedstawienia informacji na temat masy znalezionych fragmentów meteorytu.

Mapa Sochy (2005) oraz pierwsza z map Bartoszewitza (1998) zostały opracowane na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000, wykonanej w systemie koordynacyjnym PUWG 65. Mapa Smuły (2007) oraz druga mapa Bartoszewitza (2001) też były wykonane na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000, ale już w nowszym systemie koordynacyjnym – PUWG 92. Mapa Piłskiego została wykonana jako szkic na podkładzie mapy turystycznej bez żadnego układu koordynacyjnego. W wyniku zestawienia informacji z map wykonanych w różnych systemach koordynacyjnych na nowo tworzonej mapie powstały przesunięcia artefaktów, wynoszące od kilku do 45 m.

Punkty na mapę nanoszono ręcznie w kolejności: mapy Bartoszewitza (1998, 2001), mapa Sochy (2005), Smuły (2007) oraz w ostatniej kolejności Piłskiego (2003). Jako podkład do zaznaczania lokalizacji znalezisk wybrano czarno-białą mapę topograficzną, wykonaną pierwotnie w układzie PUWG 65, a następnie przeniesioną cyfrowo do układu PUWG 92.

Informacja o masie znalezionych fragmentów meteorytu Morasko znajdowała się na mapach: Smuły (2007), Sochy (2005) i Piłskiego (2003). Smuła i Piłski określili masę meteorytów w gramach. Natomiast Socha ponumerował okazy i oznaczył je symbolem obrazującym zakres wagowy, przyjmując podział na 5 klas: 1) 0,003–0,5 kg; 2) 0,501–1,0 kg; 3) 1,001–5,0 kg; 4) 5,001–10,0 kg; 5) >10,0 kg. Przy czym identyfikacja okazów z klas 1 i 3 na mapie źródłowej nastroczała trudności. Na podstawie tych danych utworzono mapę znalezisk meteorytu Morasko (z dopiskiem *stan na lipiec 2011 r.*), która została zaprezentowana w programie telewizyjnym *Meteorite Men season 3 episode 1 – Morasko, Poland* i była cytowana przez Karwowskiego i in. (2011) oraz Muszyńskiego i in. (2012b).

Równoległe z opracowywaniem mapy tworzone bazy danych, w której zapisywano informacje na temat wagi

i lokalizacji znalezisk fragmentów meteorytu, a także informacje o miejscu przechowywania okazów. Opisom znalezisk w bazie danych przypisano lokalizację w układzie współrzędnych PUWG 92. Pod koniec 2011 r. baza danych obejmowała 710 rekordów.

Etap drugi – 2012–2013 – rozbudowa bazy danych

Drugi etap dokumentowania znalezisk meteorytu Morasko polegał na nawiązywaniu kontaktów z ich poszukiwaczami i uzupełnianiu bazy danych na podstawie informacji uzyskiwanych od znalazców nowych okazów. Punkty na mapie dodawano ręcznie na podstawie zapisów danych GPS na zdjęciach satelitarnych.

W styczniu 2012 r. otrzymano mapę znalezisk A. Owczarzaka (przygotowaną na podkładzie zdjęcia satelitarnego), dokumentującą odkrycie 232 okazów meteorytu Morasko. Ich masa została oznaczona na mapie w postaci 6 klas: 1) <30 g; 2) 30–100 g; 3) 100–300 g; 4) 300–1000 g; 5) 1000–3000 g; 6) >3000 g), które nie pokrywały się z zakresami mas wydzielonymi przez K. Sochę (tab. 1). Późną jesienią 2012 r. otrzymano od A. Owczarzaka kolejne dane, dzięki którym można było wpisać do bazy wartości masy 60 z tych znalezisk o wadze powyżej 1000 g.

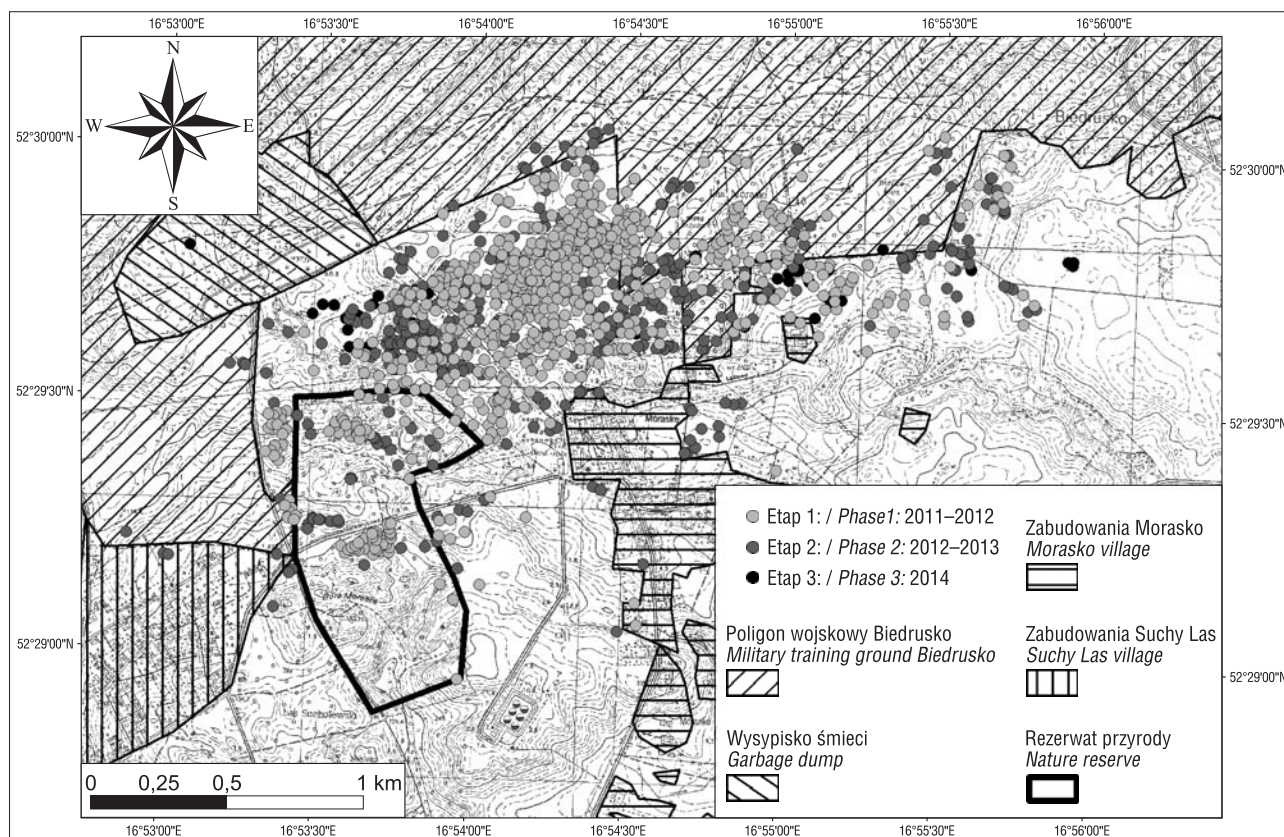
W październiku 2012 r. M. Skirzewska i Ł. Smuła odkryli na terenie rezerwatu na głębokości 2 m p.p.t. okaz *MeMorSS* o wadze 261,2 kg (Meteoryt Morasko Skirzewska Smuła). W związku z tym mapa i baza danych zostały niezwłocznie zaktualizowane – najpierw ręcznie, a następ-

nie na podstawie danych GPS pochodzących od Ł. Smuły. Informację o nowych znaleziskach uzyskano również od M. Szyszki, który przekazał zdjęcie satelitarne dokumentujące odnalezienie 128 okazów meteorytu (z zaznaczoną lokalizacją znaleziska i masą każdego okazu).

W 2013 r. nowe dane uzyskano od A. Piłskiego, A. Owczarzaka, M. Szyszki i A. Muszyńskiego, dzięki czemu w bazie odnotowano znalezienie 62 okazów. W tym czasie w opisach meteorytów udokumentowanych w bazie zaczęto notować dodatkowe informacje o odnajdywanych fragmentach Moraska, takie jak: głębokość zalegania pod powierzchnią terenu czy opis cech szczególnych, uwzględniając np. obecność szrapneli. Drugi etap dokumentacji zwieńczyły publikacje Muszyńskiego i in. (2012a) oraz Piłskiego i in. (2013).

Etap trzeci – 2014 r. – zmiany i konsolidacja danych

W 2014 r. dołączono do bazy danych informacje na temat 36 fragmentów meteorytu Morasko znalezionych przez A. Owczarzaka. Oprócz tego na podstawie wcześniejszych publikacji, odręcznych notatek oraz wiedzy A. Muszyńskiego opisano w niej 245 innych znalezisk, w tym 201 z adnotacją o masie znaleziska bez podania jego lokalizacji, a 44 w postaci punktu na mapie z nieprecyzyjną informacją na temat masy i lokalizacji. Łącznie pod koniec 2014 r. w bazie danych było już 1413 opisanych meteorytów.



Ryc. 3. Mapa znalezisk meteorytu Morasko, ukazująca trzy etapy uzupełniania bazy danych oraz obszary, na których poszukiwanie meteorytów jest utrudnione

Fig. 3. Map of Morasko meteorite finds, showing the three stages of database replenishment and the areas in which searching for meteorites is difficult

Trzeci etap prac dokumentacyjnych polegał głównie na weryfikacji danych wprowadzonych do bazy znalezisk, szczególnie odnośnie ich masy. Ł. Smuła, M. Szyszka oraz A. Owczarzak osobiście zweryfikowali informacje o swoich znaleziskach. Dane K. Sochy były sprawdzane i weryfikowane na podstawie przekazanej przez niego mapy oraz zapisków na temat znalezisk. Na podstawie analizy tych materiałów udało się ustalić lokalizację odnalezienia 37 meteorytów. Najwięcej czasu zajęła weryfikacja danych pochodzących z dwóch map R. Bartoszewicza (1998, 2001) oraz mapy A. Pilskiego (2003), ponieważ informacje prezentowane na tych mapach pochodziły od różnych znalców. Weryfikację tych danych prowadzono w dwojaki sposób. Po pierwsze podjęto próbę przypisania poszczególnym okazom właściwych znalców, po drugie weryfikowano informacje o wszystkich większych okazach. Dzięki tym działaniom udało się zidentyfikować okazy opisywane przez J. Pokrzywnickiego, w tym znaleziska H. Nowackiego, L. Chrósta, M. Gregorczyka i A. Janusa. W ostatniej fazie prac uzupełniano bazę danych o informacje na temat głębokości znalezisk (300 okazów) oraz obecności szrapneli (10 meteorytów).

Oprócz bazy danych *ArcGIS* utworzono spis odnalezionych fragmentów meteorytu Morasko w arkuszu kalkulacyjnym *Excel*, uporządkowany alfabetycznie wg nazwisk znalców i zawierający informację o lokalizacji znalezisk (pobrany z bazy danych) oraz masie okazów (lub o przedziale mas), zgodnie oryginalnym źródłem. Plik ten miał być wykorzystany jako załącznik do artykułu o elipsie rozrzutu meteorytu Morasko, który złożono do druku w *Meteoritics & Planetary Science*. Niestety, praca ta została odrzucona przez recenzentów z powodu niejednorodnych danych zawartych w bazie danych. Jednak mapa znalezisk fragmentów meteorytu, opracowana na podstawie danych zawartych w tej bazie, została zaprezentowana w dniu 12.11.2014 r. – podczas obchodów 100-lecia odkrycia meteorytu Morasko na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM.

JAKIE INFORMACJE MOŻNA ODCZYTAĆ Z BAZY DANYCH

Aktualizację bazy danych spadku meteorytu Morasko zakończono w listopadzie 2014 r. Większość opisanych w niej znalezisk pochodzi z lat 1995–2013. Baza ta zawiera wpisy dotyczące 1413 odnalezionych fragmentów meteorytu, przy czym:

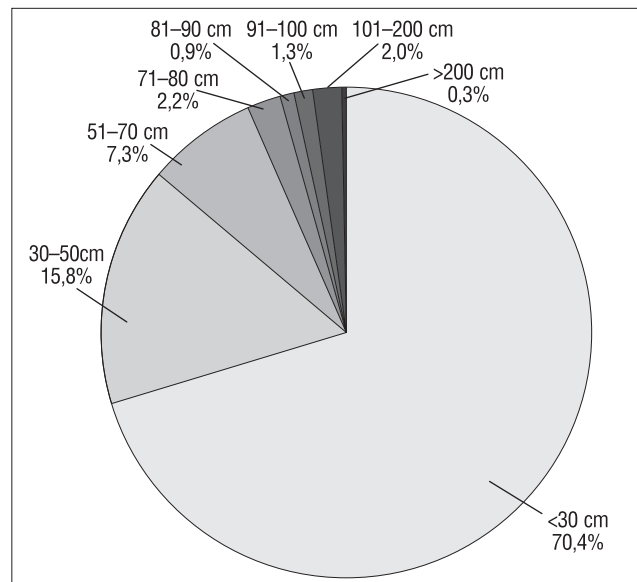
- ❑ 528 meteorytów ma potwierdzoną lokalizację odkrycia i masę okazu;
- ❑ 530 meteorytów ma potwierdzoną lokalizację i masę przypisaną do określonego przedziału wagowego;
- ❑ 73 meteoryty mają potwierdzoną lokalizację, lecz nie została ustalona ich masa;
- ❑ 36 meteorytów ma niepewną lokalizację odkrycia, ale znana jest ich masa;
- ❑ 201 meteorytów nie ma przypisanej lokalizacji, ale znana jest ich masa;
- ❑ 44 meteoryty – ustalono przybliżoną lokalizację odnalezienia, jednak nie ma żadnych informacji na temat masy.

Masa znalezionych fragmentów meteorytu Morasko, wg spisu meteorytów dokonanego w listopadzie 2014 r., wynosiła 2354,941 kg ± 170,552 kg. Składała się na nią:

1) 1365,265 kg fragmentów meteorytu o potwierdzonej lokalizacji znaleziska, 2) 324,242 kg odłamków meteorytu o nieznanej lokalizacji odnalezienia oraz 3) łączna masa fragmentów meteorytu oznaczona na mapach w postaci przedziałów wagowych, która wynosiła od 341,105 kg do 784,760 kg. W obliczeniach nie uwzględniono wpisanych do bazy 171 meteorytów o nieznanej masie.

Do 2010 r. większość fragmentów meteorytu Morasko odnajdywano na głębokości do 1 m (ryc. 4), np. okaz o nazwie *Rudy* (wążący 178 kg, a po oczyszczeniu z grubej warstwy zwietrzliny 164 kg) odkryty w 2006 r. na głębokości 80 cm. W 2011 r. S. Arnold i G. Notkin znaleźli okaz o wadze 34 kg na głębokości 156 cm. W późniejszych latach fragmenty meteorytu Morasko, zwłaszcza te większe, odnajdywano często na głębokości 2–2,5 m, np. odkryty w 2012 r. *MeMorSS* znajdował się na głębokości 218 cm.

Na podstawie mapy znalezisk (ryc. 3) można ustalić, że do 2014 r. obszar, na którym znajdowano fragmenty meteorytu, wynosił ok. 6 km². Najdalsze znaleziska były oddalone o ok. 2,5 km na wschód od kraterów meteorytowych w rezerwacie Morasko. Późniejsze znalezisko A. Owczarzaka z 2017 r. zwiększyło ten dystans o ok. 330 m.



Ryc. 4. Rozkład głębokości, na których znaleziono okazy meteorytu Morasko

Fig. 4. The distribution of depths at which Morasko meteorite specimens were found

PROBLEMY METODYCZNE

Informacja od znalców meteorytów – czy jest rzetelna?

W pracach dokumentacyjnych w latach 2011–2014 twórcy bazy danych i mapy spadku meteorytu Morasko korzystali z informacji pochodzących od poszukiwaczy meteorytów. Autorzy bazy nie mieli żadnych podstaw do tego, by wątpić w prawdziwość tych danych, jednocześnie nie są w stanie wykluczyć, że w niektórych sporadycznych przypadkach mogli zostać wprowadzeni w błąd w kwestii lokalizacji lub masy znalezionych fragmentów meteorytu.

Przesunięcia lokalizacji znalezisk

Jak już wspomniano, w pracach dokumentacyjnych jako podkład wykorzystywano mapy topograficzne o różnym odwzorowaniu topograficznym i zdjęcia satelitarne. Zaowocowało to drobnymi przesunięciami lokalizacji znalezisk meteorytów. Przesunięcia te starano się zniwelować za pomocą narzędzi dostępnych w programie *ArcGIS*, eliminując błąd w bliższej odległości od rezerwatu meteorytu Morasko. Najlepsze dopasowanie uzyskano względem map w układzie współrzędnych P UWG 92. Maksymalne przesunięcie wynosi 10 m w odległości ok. 1,5 km na wschód od rezerwatu. Mapy w układzie P UWG 65 miały przesunięcie rzędu 5–20 m. Zdjęcia satelitarne miały przesunięcie 8–30 m, przy czym były bardzo dobrze dopasowane do siebie. Natomiast mapa turystyczna miała największe przesunięcie – na dystansie 2 km od rezerwatu wynosiło ono 45 m.

Lokalizacja ok. 30 meteorytów została określona na podstawie danych GPS. Po naniesieniu tych danych na mapę zauważono rozbieżności pomiędzy lokalizacją ręcznie zaznaczoną na mapie a odczytami GPS. Przyczyny tych przesunięć mogły być następujące: 1) na obszarze rezerwatu znajduje się wiele drzew, które mogą zakłócać odczyty GPS, zwłaszcza w pochmurny dzień; 2) odbiorniki GPS miały różną dokładność; 3) doszło do błędów w czasie odczytywania danych GPS lub ich wpisywania do bazy danych.

Autorzy nie wykluczają, że wykonana przez nich mapa może być obciążona także systematycznym błędem, powodującym niewielkie przesunięcie lokalizacji wszystkich znalezisk. Błąd ten może wynikać z zastosowanych układów odniesienia podkładu topograficznego i powinien być nieznaczny. Należy zaznaczyć, że układy odniesienia, jak i podkład do prezentacji znalezisk zostały narzucone przez materiał źródłowy do opracowania mapy.

Problem z wyliczeniem masy meteorytu Morasko

W bazie danych dokumentującej spadek meteorytu Morasko, jeśli tylko było to możliwe, starano się zapisywać dokładną wagę fragmentów meteorytu, zgodnie z informacjami uzyskiwanymi od ich znalazców. Jednak część informacji pochodziła z map, na których została ona zapisana w postaci przedziałów wagowych znalezionych fragmentów meteorytu. Dane te posłużyły do obliczenia łącznej masy znalezionych okazów meteorytu. W listopadzie 2014 r. masa meteorytu Morasko, wyliczona na podstawie informacji uzyskanych z bazy danych, wynosiła 2 354,941 kg ± 170,552 kg. Obecnie trzeba do niej dodać masę wymienionych w artykule trzech dużych meteorytów znalezionych po 2014 r. Na podstawie modeli dotychczasowych danych Bronikowska i in. (2017) wyliczyła, że masa obiektu, który spadł na terenie Moraska, w chwili wejścia w atmosferę wahała się od 600 do 1100 t.

Sposób prezentacji na mapach masy znalezionych fragmentów meteorytu w postaci zakresów mas był wcześniej stosowany zarówno odnośnie meteorytu Łowicz, jak i meteorytu Przelazy (Pokrzywnicki, 1964) i został przyjęty przez K. Sochę oraz A. Owczarzaka (tab. 1). Również na mapie autorów artykułu, ze względu na jej czytelność, masę meteorytów zaprezentowano w formie zakresów mas.

Tab. 1. Klasy mas znalezisk meteorytu Morasko przyjęte w bazie danych za K. Sochą i A. Owczarzakiem

Table 1. The distribution of mass ranges existing in the Morasko meteorite database after K. Socha i A. Owczarzak

Nazwisko znalazcy <i>Name of the finder</i>	Zakres mas [kg] <i>Mass range [kg]</i>	Liczba meteorytów <i>Number of meteorites</i>
K. Socha	>10,001	12
	5,001–10,000	34
	1,001–5,000	29
	0,501–1,000	36
	0,003–0,500	245
A. Owczarzak	0,300–1,000	3
	0,030–0,300	59
	<0,030	112

W latach 2011–2014 na mapie znalezisk meteorytu Morasko kilkakrotnie modyfikowano przedziały wagowe znalezionych fragmentów meteorytu. Pod koniec 2012 r. liczbę klas wagowych zmieniono z 7 na 8, dodając klasę powyżej 150 kg i zawężając klasę drugą z 0,003–0,500 kg do 0,100–0,500 kg (Muszyński i in., 2012a). W 2013 r. zwiększono zakres klasy drugiej do 0,010–0,500 kg (Pilski i in., 2013). Natomiast w 2014 r. dołożono klasę <0,010 kg i dodano klasy *nieprecyzyjna lokalizacja oraz masa nieznaną*. W ten sposób liczbę klas na mapie zwiększono do 11.

Wszystkie znaleziska A. Owczarzaka o masie <0,03 kg (112 meteorytów) przypisano do klasy 0,010–0,500 kg, jednocześnie w spisie meteorytów w arkuszu kalkulacyjnym *Excel* zachowano pierwotne przedziały wagowe, zastosowane w oryginalnych źródłach. Na koniec 2014 r. masa 530 meteorytów opisanych w tabeli była określona za pomocą 8 różnych klas wagowych, w zależności od klasyfikacji stosowanych przez ich znalazców (tab. 1).

CZY MOŻLIWE JEST OKREŚLENIE KIERUNKU LOTU I ELIPSY ROZRZUTU METEORYTU MORASKO?

Kierunek spadku meteorytu Morasko oraz kształt elipsy rozrzutu jego odłamków nie zostały dotychczas dostatecznie dobrze rozpoznane. Problem ten został wstępnie opisany przez Muszyńskiego i in. (2012a) oraz Bronikowską i in. (2017). Według Pokrzywnickiego (1964), który uwzględnił w analizie meteoryt znaleziony w okolicy Obornik Wielkopolskich, lot meteorytu Morasko odbywał się z N na S (lub z NNW na SSE). Opisany okaz z Obornik Wielkopolskich zaginął, a innych fragmentów meteorytu Morasko rozrzuconych w kierunku północnym nie znaleziono. Kuźmiński (1976), m.in. na podstawie analizy kształtu kraterów oraz innych obliczeń, wskazywał na kierunek lotu NE-SW. Bartoszewicz i Spettel (2001) w wyniku analizy składu chemicznego meteorytów z okolicy Moraska, Przelazów i Tarbarz w Niemczech uznali, że tworzyły one jeden deszcz meteorytów, a lot odbywał się od Tarbarz w kierunku Moraska. Czajka (2005) dołączył do elipsy rozrzutu Jankowo Dolne i wyznaczył kierunek lotu na SW-NE, zaznaczając, że wcześniejsze kierunki (N-S oraz NE-SW) wpasowują się w wydłużoną trajektorię lotu na linii Tarbarz–Jankowo Dolne. Patrząc na rozkład lokalizacji

zacji znalezisk fragmentów meteorytu Morasko opisanych w bazie danych, wydaje się, że kierunek lotu NE-SW jest najbardziej prawdopodobny (Muszyński i in., 2012a; Pilski i in., 2013; Bronikowska i in., 2017).

Trzeba jednak pamiętać, że nie wszystkie tereny znajdujące się w obrębie potencjalnej elipsy rozrzutu meteorytu Morasko mogą być przeszukiwane pod kątem obecności fragmentów meteorytu. Obszary rozciągające się na północny wschód od rezerwatu są zajęte przez poligon wojskowy Biedrusko. Obszar na wschód i południowy wschód od głównego miejsca spadku są zajęte przez zabudowania wsi Morasko. Na północnym zachodzie znajduje się komunalne wysypisko śmieci. Natomiast teren gminy Suchy Las na zachód i południowy zachód od rezerwatu jest gęsto zabudowany (ryc. 3). Sprawdzenie, czy na obszarach wykluczonych obecnie z badań znajdują się fragmenty meteorytu Morasko, wymaga znalezienia bezpiecznego rozwiązania technicznego do przeprowadzenia poszukiwań.

PODSUMOWANIE

W efekcie dokumentowania znalezisk meteorytu Morasko w latach 2011–2014 opracowano bazę danych tych znalezisk i wygenerowano na jej podstawie mapę obrazującą lokalizację i masę fragmentów meteorytu znalezionych do końca 2014 r. Baza zawiera opisy 1413 okazów meteorytu Morasko i jest w ponad 100-letniej historii badań nad tym meteorytem unikatowym zbiorem informacji o jego licznych odłamkach. Niewątpliwą zaletą bazy jest fakt, że może być ona stale uzupełniania i unowocześniania. Mimo opisanych w artykule ograniczeń stanowi ona unikalne źródło informacji na temat znalezisk meteorytu Morasko, a jej przygotowanie było związane z ogromnym nakładem pracy.

Autorzy dziękują wszystkim osobom, które przyczyniły się do powstania niniejszego artykułu – udostępniając swoje dane lub udzielając cennych wskazówek. Serdecznie podziękowania kierują do Recenzenta za jego cenne uwagi.

LITERATURA

- BARTOSCHEWITZ R., SPETTEL B. 2001 – Tabarz – A fragment of the Morasko strewnfield? *Meteorit. Planet. Sci.*, 36: 15–16.
- BRONIKOWSKA M., ARTEMEVA N.A., WUENNEMANN K. 2017 – Reconstruction of the Morasko meteoroid impact – insight from numerical modeling. *Meteorit. Planet. Sci.*, 1–18.
- BUCHWALD V.F. 1975 – Handbook of Iron Meteorites. Their History, Distribution, Composition, and Structure, University of California Press, Berkeley: 836–838.
- CLASSEN J.R. 1978 – The meteorite craters of Morasko in Poland. *Meteoritics*, 13: 245–255.
- CLASSEN J.R. 1980 – Kratery meteorytowe w Morasku. *Urania*, 12: 361–372.
- CZEGKA W. 1996 – Uwagi na temat pola kraterów Morasko i niektórych jego zniszczonych utworów morfologicznych. *Meteorit.*, 3: 18–19.
- CZAJKA W. 2005 – Obraz hipotetycznej trajektorii Tabarz–Przelazy–Morasko–Jankowo Dolne na geodezyjnej powierzchni odniesienia. [W:] Czajka W., Bolid Wielkopolski. Okoliczności spadku meteorytu Morasko. Wydane nakładem własnym, Warszawa.
- DOMINIK B. 1977 – Shock and thermal transformations in meteorites from the Morasko crater field. *Meteoritics*, 12: 207–208.
- DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ A., CHOIŃSKI A., PTAK M., MUSZYŃSKI A. 2018 – Mineralogy and deformation structures in components of clastic sediments from the Morasko meteorite lake (Poland). *Bull. Geogr. Physical Geography Series*, 15: 91–100.
- DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ A., MICHALSKA D. 2018 – Mineralogy and microstructure of the Morasko meteorite crust. *Planet Space Sci.*, 164: 44–53.
- FEDOROWICZ S., STANKOWSKI W. 2016 – Dating the Morasko meteorite fall by natural thermoluminescence of the fusion crust. *Geologos*, 22: 251–258.
- IDZIKOWSKI B., KOVÁČ J., DIKO P., STANKOWSKI W., MUSZYŃSKI A. 2010 – Crystalline Structure, Stoichiometry and Magnetic Properties of the Morasko Meteorite. *Acta Phys. Pol.*, 118: 1071–1073.
- JANUS A. 2003 – Jak szukałem meteorytów Morasko. *Meteorit.*, 4: 3.
- POKRZYWNICKI J. 1966 – Nowy odłam meteorytu Morasko. *Urania*, 3: 85–86.
- KARWOWSKI Ł., PILSKI A.S., MUSZYŃSKI A., ARNOLD S., NOTKIN G., GURDZIEL A. 2011 – New finds in the Morasko meteorite preserve, Poland. *Meteorites*, 1: 21–28.
- KARWOWSKI Ł., KUSZ J., MUSZYŃSKI A., KRYZA R., SITARZ M., GALUSKIN E.V. 2015 – Moraskoite, Na₂Mg(PO₄)F, a new mineral from the Morasko IAB-MG iron meteorite (Poland). *Mineral. Mag.*, 79: 387–398.
- KARWOWSKI Ł., KRYZA R., MUSZYŃSKI A., KUSZ J., HELIOS K., DROŹDŻEWSKI P., GALUSKIN E.V. 2016 – Czochralskiite, Na₄Ca₃Mg(PO₄)₄, a second new mineral from the Morasko IAB-MG iron meteorite (Poland). *Eur. J. Mineral.*, 28: 969–977.
- KOŁODZIEJ M., MUSZYŃSKI A., IDZIKOWSKI B. 2019 – Meteoryt Morasko – nowe badania mineralogiczne. *Acta Soc. Meteor. Polon.*, 10: 62–73.
- KOŁODZIEJ M., ŚNIADECKI Z., MUSIAŁ A., PIERUNEK N., IVANISENKO Y., MUSZYŃSKI A., IDZIKOWSKI B. 2020 – Structural transformations and magnetic properties of plastically deformed FeNi-based alloys synthesized from meteoritic matter. *J. Magn. Magn. Mater.*, 502: 166–577.
- KORPIKIEWICZ H. 1978 – Meteoritic shower Morasko. *Meteoritics*, 13: 311–326.
- KUŹMIŃSKI H. 1976 – Dynamic elements of the meteoritic shower *Morasko*. [W:] H. Hurnik (red.), *Meteorite Morasko and the region of its fall*. Seria *Astronomia*, 2, UAM Poznań.
- MUSZYŃSKI A., KRYZA R., KARWOWSKI Ł., PILSKI A.S., MUSZYŃSKA J. 2012a – Morasko – the largest iron meteorite shower in Central Europe. *Bogucki Wyd. Nauk., Stud. Pr. Geogr. Geol.*, 28: 109.
- MUSZYŃSKI A., KARWOWSKI Ł., PILSKI A.S., KRYZA R., NOWAK M. 2012b – Field excursion to the *Morasko Meteorit Reserve*, *Mineralogia Sp. Pap.*, 40: 139–146.
- PILSKI A.S., WASSON J.T., MUSZYŃSKI A., KRYZA R., KARWOWSKI Ł., NOWAK M. 2013 – Low-Ir IAB irons from Morasko and other locations in central Europe: One fall, possibly distinct from IAB-MG. *Meteorit. Planet. Sci.*, 48: 2531–2541.
- POKRZYWNICKI J. 1955 – O niektórych mało znanych polskich meteorytach. *Acta Geol. Pol.*, 5: 427–438.
- POKRZYWNICKI J. 1964 – I Meteoryty Polski, II Katalog meteorytów w zbiorach polskich. *Stud. Geol. Polon.*, 15: 49–70.
- POKRZYWNICKI J. 1966 – Nowy odłam meteorytu Morasko. *Urania*, 3: 85–86.
- STANKOWSKI W. 2008 – Meteoryt Morasko. Osobliwości obszaru Poznań. *Wyd. Nauk. UAM, Poznań, Geologia*, 19.
- SZOKALUK M., JAGODZIŃSKI R., MUSZYŃSKI A., SZCZUCIŃSKI W. 2019 – Geology of the Morasko craters, Poznań, Poland – Small impact craters in unconsolidated sediments. *Meteorit. Planet. Sci.*, 54: 1478–1494.
- SZCZUCIŃSKI W., SZOKALUK M., BRONIKOWSKA M., JAGODZIŃSKI R., MUSZYŃSKI A., WUENNEMANN K. 2016 – Identification and dating of small impact crater ejecta deposits, case of Morasko craters, Poland (abstract). 32nd IAS International Meeting of Sedimentology: 23–25.
- WŁODARSKI W., PAPIS J., SZCZUCIŃSKI W. 2017 – Morphology of the Morasko crater field (western Poland): Influences of pre-impact topography, meteoroid impact processes, and post impact alterations. *Geomorphology*, 295: 586–597.

Praca wpłynęła do redakcji 8.07.2020 r.
Akceptowano do druku 27.08.2020 r.