



Goście z kosmosu

Meteoryty na terenie Polski

30 stycznia 1868 r. nad Warszawą i okolicami zauważono na niebie mknącą ognistą kulę, która wśród huku rozpadła się na tysiące kawałków. Nie było to pierwsze, ani ostatnie tego typu zdarzenie na ziemiach polskich. Uderzenia meteorytów nie należą do odległej geologicznej przeszłości. Co więcej – spadek obiektów podobnych do opisanego wyżej meteorytu Pułtusk, może się jeszcze wydarzyć w przyszłości.

Krzysztof Trojan

Magister geografii, UJ

Nasza planeta krąży w przestrzeni kosmicznej wraz z olbrzymią ilością okruchów materii międzyplanetarnej, zwanych meteoroidami. Choć nie wszystkie znajdują się na torze kolizyjnym z Ziemią, to jednak wiele z nich napotyka ją na swej drodze. Moment, w którym większe z nich wkraczą w ziemską atmosferę można wyraźnie zaobserwować jako zjawisko świetlne zwane meteorom, lub potocznie – spadającą gwiazdą. Szczególnie jasnym meteorom, widocznym na niebie nawet przez kilka sekund, astronomowie nadają z kolei miano bolidu. Natomiast dopiero tym odłamkom, którym uda się nie spłonąć w atmosferze i osiągnąć powierzchnię naszej planety (mniej niż 10 proc. obiektów), nadaje się miano meteorytów. Widać więc, że określenie meteoryt nie powinno być stosowane zamiennie

do wymienionych wcześniej, podobnie jak wobec asteroidy (inna nazwa planetoidy), odnoszącej się do większych niż meteoroidy ciał niebieskich krążących w przestrzeni.

Polska na kosmicznym celowniku

Wieloletnie obserwacje i symulacje świadczą o tym, że uderzenia meteorytów nie należą do rzadkości – wręcz przeciwnie. Ocenia się, że rocznie na naszą planetę spada kilkadziesiąt tysięcy ton materii kosmicznej (ok. 100 ton dziennie), głównie o rozmiarach pyłu i piasku, zaś okruchy o masie powyżej 10 gramów bombardują Ziemię w ilości kilkudziesięciu tysięcy obiektów na rok – oznacza to ok. 150 obiektów na 1 milion km² planety.

W świetle przytoczonych wcześniej danych nie powinno dziwić, że przynajmniej część meteorytów spadać może również na terytorium naszego kraju. Do tej pory w Polsce zlokalizo-

wano 22 miejsca uderzeń meteorytów, z których na szczęście żadne nie miało katastrofalnego przebiegu. Zlokalizowane są one przede wszystkim na Niżu Polskim. W porównaniu do innych krajów europejskich to dość duża liczba, jednak wyraźnie uboższa w porównaniu np. do Ukrainy, Szwecji, Niemiec czy Francji, gdzie notuje się 50-100 potwierdzonych miejsc uderzeń.

Polscy „łowcy meteorytów” są jednak zdania, że wiele odłamków kosmicznej materii pozostaje nadal do odkrycia lub weryfikacji. Dotychczas nie odnaleziono obiektu, który w 1959 r. wpadł do gdyńskiego basenu portowego, podobnie jak nieznaną jest dokładne miejsce upadku meteorytu, który widziany we wrześniu 2016 r. na Mazurach spadł przypuszczalnie w okolicach miejscowości Reszel.

Widać więc, że wydarzenia tego typu nie należą do odległej przeszłości – spośród wszystkich miejsc uderzeń meteorytu w Polsce 12 z nich to lokacje, w których do upadku doszło w cią-

gu ostatnich 200 lat. Ale istnieją wśród nich również zapisy znacznie młodszych kolizji – np. w Baszkówce (1994 r.) oraz Soltmanach (2011 r.), gdzie meteoryt dosłownie wpadł do przydomowej stodoły.

To nie świeżość wydarzenia decyduje jednak o istotności upadku meteorytu, ale inne okoliczności, jak np. wygląd i charakterystyka odłamka, przebieg upadku, czy ślady jakie po sobie pozostawił. Pod tym względem niektóre polskie meteoryty, mimo iż nie należą do największych, zapisują się w dziejach obserwacji, jako okazy wyjątkowe.

Najsłynniejsze polskie meteoryty

Do najbardziej znanych upadków meteorytów w Polsce, również na skalę światową, należy kolizja bolidu Pułtusk (1868 r.). Wydarzenie to zapisało się w annałach astronomicznych jako najobfitszy w odłamki deszcz meteorytów w historii obserwacji. Ocenia się, że kosmiczny obiekt rozpadł się na 70 tysięcy fragmentów: od kilkugramowych drobinek zwanych „grochem pułtuskim” aż po okazy ważące kilka kilogramów.

Po 150 latach od upadku odnaleziono ok. 1/7 odłamków o łącznej masie około 2 ton (największy ważył niemal 10 kg), które trafiły zarówno w ręce prywatnych kolekcjonerów, jak i instytucji muzealnych. Warty podkreślenia jest fakt, że zaledwie 1/5 masy znalezisk znajduje się w posiadaniu polskich instytucji, natomiast okazałą kolekcją fragmentów pułtuskiego meteorytu pochwalić się mogą muzea m.in. w Berlinie, Londynie i we Wiedniu. Poszukiwania trwają jednak nadal.

Inny z naszych rodzimych meteorytów – Morasko, który uderzył w Ziemię ok. 5 tysięcy lat temu na północ od Poznania, jako jedyny z polskich meteorytów pozostawił po sobie wyraźny ślad upadku. W obszarze chronionym rezerwatem przyrody obejrzeć można siedem okrągłych, wypełnionych wodą kraterów o głębokości do 12 m i średnicy 15-95 m. Przypominają one znane z obszarów polodowcowych oczka wytopiskowe, jednak analiza wypełniających je osadów wykazała, że powstały one dopiero w holocenie. Ostatecznym dowodem były jednak odnalezione fragmenty meteorytu, które są jednocześnie największymi okazami znalezionymi na terytorium naszego kraju. Rekordzistą jest frag-



Mapa spadków obiektów kosmicznych w Polsce, źródło: Czajka, Pilski 2015

ment o nazwie Kruszynka, ważący 270 kg, czwarty pod względem wielkości odłamek znaleziony w Europie. Jest on jednak niewielki w porównaniu do największych odnalezionych meteorytów świata, które przy średnicy kilku metrów osiągają wagę do kilkadziesiątu ton, na czele z namibijskim meteoritem Hoba o wadze 60 ton. Warto również wspomnieć, że w meteorycie moraskim odkryte zostały dwa nowe minerały z grupy fosforanów – moraskoit oraz czochralskiit.

Z punktu widzenia badawczego godnym uwagi jest też znalezisko z Lechówki niedaleko Chełma, gdzie w warstwach skał z pogranicza kredy i paleogenu natrafiono na pierwsze w Polsce fragmenty meteorytu kopalnego. Badania potwierdziły, że odnalezione części meteorytu stanowią zapis uderzenia sprzed 65 milionów lat, które położyło kres erze dinozaurów, wpisując się tym samym w dowody globalnej katastrofy zapisane w utworach geologicznych w różnych miejscach świata.

W dziedzinie badań nad meteorytami istotne mogą być badania prowadzone nad meteoritem z Zakłodzia, który z uwagi na swój rzadko spotykany skład mineralogiczny może dać nazwę nowej grupie meteorytów – zakłodzieitów.



Meteoryt, który uderzył w stodołę w Soltmanach, źródło: Wadi & Jan Woreczko; Wiki.Meteoritica.pl



Bolid zaobserwowany nad Krzeszowicami w 2008 r., źródło: www.pkim.org – Polakowski K.

Z przestrzeni kosmicznej pod mikroskop

Każdy z meteorytów stanowi cenny obiekt badań dla dyscypliny zwanej meteorytyką. Dają one możliwości poznania geologii odległych obiektów Układu Słonecznego, pozwalając przez to na bliższe poznanie jego funkcjonowania i historii. Analiza odnalezionych fragmentów pozwala m.in. na stwierdzenie pochodzenia badanego odłamka. Wskazówkami jest tutaj tor lotu bolidu, jego skład chemiczny oraz badanie czasu ekspozycji obiektu na promieniowanie kosmiczne, które wskazuje na czas, jaki upłynął między odłupaniem meteoroidu od większego ciała niebieskiego, do chwili upadku. Dzięki temu wiadomo, że większość polskich obiektów, zaliczanych do najpowszechniejszych meteorytów kamiennych, to pozostałości meteoroidów z pasa planetoid, ciągnącego się między orbitami Marsa i Jowisza. Z kolei fragmenty odnalezione w Białymstoku i Zakładzie zostały prawdopodobnie odłupane od asteroid o większych rozmiarach.

Pochodzenie meteorytów stanowi jednocześnie wskaźnik ich wieku. Obiekty krążące w pasie planetoid stanowią materiał, który nie skonsolidował się w wyniku akrecji jako osobna planeta, a zatem pochodzi z czasu formowania się Układu Słonecznego. Tym samym fragmenty polskich meteorytów są najstarszymi skałami jakie można odnaleźć na terytorium naszego kraju.

Na świecie odnajdywane bywają jednak zarówno starsze, jak i młodsze

obiekty. Do młodszych zaliczyć można odłupane przez kosmiczne zderzenia fragmenty Księżyca i Marsa, natomiast do starszych – tzw. chondryty węgliste, mogące zawierać związki pochodzące z czasów formowania się gwiazd.

Cel badawczy nie stanowi jedyne pole zainteresowania człowieka materiałem międzyplanetarnym. Znaleźiska archeologiczne w Polsce, np. spod Częstochowy i Wietrzna-Bóbrki na Podkarpaciu, wskazują na zastosowanie metali meteorytowych już w pradziejach (ok. 2,5 tysiąca lat BP). Używano ich zarówno do produkcji biżuterii (bransolety) jak i narzędzi (np. ostrza siekier). W meteorytach odnaleźć można bowiem znane z Ziemi metale i pierwiastki (np. żelazo, nikiel, krzem, miedź, grafit, złoto) jak również stopy metali niemożliwe do bezpośredniego zbadania, takie jak stop żelaza i niklu (kamacyt i krystaliczny taenit), który występować może również w głębi naszej planety. Ponadto meteoryty zawierają mogą co najmniej kilkanaście minerałów niewystępujących na naszej planecie, jak np. lonsdaleit – odmiana diamentu występująca w formie spłaszczonych ziaren, który jest przypuszczalnie o połowę twardszy od ziemskich diamentów.

Pozaziemskie skarby

Stosunkowo niewielkie ilości i rozczłonkowanie dostępnych meteorytów nie stwarzają podstaw do wykorzystywania zawartych w nich surowców na wielką skalę. Większą uwagę skupia się natomiast na zasobach, które towarzy-

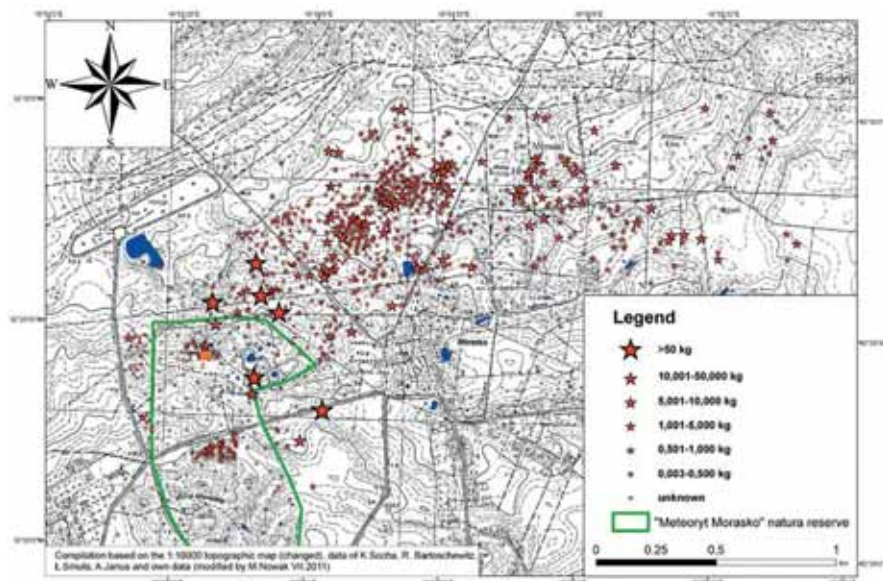
szą kraterom poudzeniowym. Uderzenie może ułatwiać dostęp do głębiej położonych złóż, indukować powstawanie złóż nowych, a także powodować osadzanie się skał wapiennych czy węglodorów energetycznych w jeziorach kraterowych.

Szczególnie interesujące jest wykorzystanie surowców, które powstały w danym miejscu w momencie zderzenia. Poza różnymi metalami mogą to być również tzw. diamenty poimpaktowe, brekcje pokolizyjne wykorzystywane w budownictwie, a także materiały wykorzystywane przez jubilerów takie jak złoto czy tektyty, powstałe przez stąpienie się skał w chwili uderzenia.

Ocenia się, że spośród 190 potwierdzonych na świecie kraterów meteorytowych nieco ponad połowa (o średnicy > 5 km) daje możliwości opłacalnej eksploatacji występujących w nich surowców. Niewielkie obiekty z polskiego Moraska nie dają takiej możliwości, natomiast spośród naszych sąsiadów perspektywicznymi kraterami dysponują Niemcy, Białoruś, Litwa, Ukraina (aż 4 obiekty) oraz przypuszczalnie Czechy.

Meteoryty jako obiekty rzadkie i zawierające egzotyczne minerały posiadają wartość również wśród kolekcjonerów oraz jako towar w przemyśle jubilerskim, a co za tym idzie – są przedmiotem wymiany handlowej. Okruchy pozaziemskich skał odnajdywane w różnych części świata dostępne są nawet na powszechnie znanych aukcjach internetowych. Koszt drobnych okruchów (do ok. 3 g) wynosi ok. 40-100 zł. Natomiast okazy kilkucentymetrowe osiągają wartość kilkuset dolarów, zaś kilkunastocentymetrowe (o wadze ponad 1 kg) stanowią mogą równoważyć wartość nawet kilku tysięcy dolarów.

Obecnie w Polsce handel tego typu towarami jest nieograniczony z zastrze-



Miejsca odnalezienia fragmentów meteorytu Morasko, źródło: Ł. Karwowski i in. 2011



„Groch pułtuski” – fragmenty meteorytu Pułtusk, źródło: Wadi & Jan Woreczko; Wiki.Meteoritica.pl

żeniem zakazu wywozu meteorytów poza terytorium kraju. Jednak przy potencjalnie znacznej wartości materialnej i badawczej meteorytów, bardziej frapujący problem stanowi brak jednoznacznych regulacji odnośnie statusu prawnego tego typu znalezisk w Polsce. Aktualnie dla uzyskania prawa do znaleziska wystarczy zgoda właściciela gruntu. Ułatwiony dostęp i swobodny obrót pozaziemskimi skałami oznacza jednocześnie, że znajdują się one poza jakąkolwiek ochroną. Ponieważ nie są one również wytworem człowieka, nie są zaliczane do znalezisk archeologicznych. Ponadto nie należą one do istotnych ekonomicznie kopalnin, nie stanowią integralnego elementu systemu środowiska przyrodniczego, ani też nie zaznaczają się w krajobrazie (z wyjątkiem rzadkich kraterów poudzierzeniowych). Z tego powodu do tej pory trudno było określić uzasadnienie dla ochrony polskich meteorytów – czy to z punktu widzenia ochrony dóbr kultury, czy też środowiska. Niemniej temat pozostaje otwarty, tym bardziej, że meteoryty stanowią mogą nieocenioną wartość naukową.

Na straży nocnego nieba

Pomijając aspekt szeroko pojętej użyteczności znalezisk meteorytowych można zadać pytanie o to, czy uderzenia kosmicznych odłamków nie są niebezpieczne dla ludzi. Meteoroidy, które mogłyby spowodować zniszczenia przynajmniej na skalę lokalną, trafiają w Ziemię z częstotliwością jednego na kilka tysięcy lat, ale mniejsze odłamki również stanowią mogą potencjalne zagrożenie. Jednak poza trudnymi do zweryfikowania informacjami kronikarskimi sprzed czasów nowożytnych, współczesna historia nie zna potwierdzonych przypadków śmierci spowodowanej przez uderzenie meteorytu. Przypuszczalnie pierwszą z nich może być pojedynczy przypadek zanotowany 2 lata temu w Indiach.

Tymczasem astronomowie podkreślają, że znacznie groźniejsza od trafienia jest fala uderzeniowa powstająca przy rozpadzie większych obiektów w atmosferze. W 2013 r. meteoryt średnicy ok. 20 m, rozpadając się w stratosferze nad Czelabińskiem w Rosji, spowodował liczne zniszczenia budynków i obrażenia u ponad tysiąca mieszkańców miasta.

Zarówno astronomowie-amatorzy jak i wyspecjalizowane instytucje na całym świecie prowadzą monitoring



Fragmenty niszczylińskiego meteorytu czelabińskiego, źródło: www.pkim.org

nocnego nieba. W Polsce są one skupione w tzw. Polskiej Sieci Bolidowej, na którą składa się obecnie blisko 40 regularnie działających stacji włączonych w sieć ogólnoeuropejską. Jej działanie przyczyniło się do określenia prawdopodobnego miejsca uderzenia mazurskiego meteorytu z 2016 r., a także do odkrycia nowego roju meteorów – zeta Cassiopeidów. Organizacje tego typu wylapują jednak tylko część bolidów wchodzących w ziemską atmosferę, podczas gdy równocześnie prowadzone są obserwacje obiektów krążących jeszcze w przestrzeni międzyplanetarnej.

Monitorowanie nocnego nieba przez rozsięte po świecie obserwatoria astronomiczne, wspomagane przez skanowanie radarowe, koordynowane jest przez NASA o nazwie Planetary Defense Coordination Office. Wyróżnia ona ponad 1800 rozpoznanych, potencjalnie niebezpiecznych obiektów, czyli posiadających średnicę >150 m, znajdujących się w pobliżu Ziemi (w odległości poniżej 7,5 miliona km) lub których orbity w przyszłości mogą krzyżować się z orbitą ziemską.

Ocena ryzyka dokonywana przez system monitoringu Sentry wskazuje, że w najbliższym czasie żaden z nich nie stwarza zagrożenia dla naszej planety. Dopiero w 2185 r. może dojść do zderzenia z meteoroidem rozmiarów 0,16 km z prawdopodobieństwem 0,2 procent. Należy jednak zachowywać stałą czujność, ponieważ ocenia się, że monitorowanych jest obecnie najwyżej 30 proc. potencjalnie niebezpiecznych obiektów w przestrzeni kosmicznej.

Do tej pory, na szczęście, żaden z upadków polskich meteorytów nie miał katastrofalnego przebiegu. Można mieć jednocześnie nadzieję, że czeka-

ją nas jeszcze w przyszłości niegroźne odwiedziny małych obiektów kosmicznych, które mogłyby okazać się znaczące dla światowej nauki, takie jak np. bardzo stare meteoryty Murchison czy Ivuna, na których odnaleziono elementy wchodzące w skład łańcuchów DNA żywych organizmów. Prowadząc poszukiwania na ziemi trzeba jednocześnie pamiętać o spoglądaniu w niebo, aby niespodziewany gość, taki jak sprzed pięć laty znad Czelabińska, nie zaskoczył również i nas.

Linki i źródła:

- <http://wiki.meteoritica.pl> – bardzo bogata w informacje i literaturę strona o meteorytach
- www.metbase.org/ – wielka baza danych o odnalezionych dotychczas meteorytach, pełna wersja płatna
- www.lpi.usra.edu/meteor/ – inna, światowa baza danych o meteorytach
- www.astrouw.edu.pl/~simkoz/meteoryt – zebrane informacje o meteorytach
- www.woreczko.pl/meteorites – inna, bogata w treść witryna o meteorytach
- www.passc.net – witryna Planetary and Space Science Centre
- www.ptmet.org.pl/ – strona Polskiego Towarzystwa Meteorytowego
- www.meteoriticalsociety.org/ – Międzynarodowe Stowarzyszenie Meteorytowe
- www.meteorit.info/ – Kwartalnik Miłośników Meteorytów
- www.pkim.org – strona Pracowni Komet i Meteorów, współkoordynatora Polskiej Sieci Bolidowej
- www.zywaplaneta.pl – artykuły o tematyce m.in. meteorytowej redakcji Pawła Wolniewicza
- www.cneos.jpl.nasa.gov/sentry/ – strona systemu oceny ryzyka meteorytowego Sentry
- www.nasa.gov/planetarydefense/ – strona Planetary Defense Coordination Office
- Kotowiecki A., 2011, *Status prawny meteorytów w Polsce*, Meteoryt. Kwartalnik Miłośników Meteorytów, 2 (78), s. 18 – 26.
- Telecka M., 2014, *Znaczenie ekonomiczne kraterów meteorytowych*, „Przegląd Geologiczny”, 62 (5), s. 240 – 244.
- <http://time.com/4211780/meteorite-india-college/>
- <http://www.salamandra.org.pl/rezerwat.html>