

METEORYT

Nr 4 (100) Grudzień 2016 ISSN 1642-588X

W numerze:

- Badania meteorytów
a poszukiwanie śladów życia
- Pierwsze spotkanie z Meteorytem
- Meteorytowe kopie Piotra
- Pułtusk a sprawa polska
- Nowe spojrzenie na Bolid
Wielkopolski
- Kwestie prawne poszukiwania
meteorytów z użyciem dronów



Odnalezienie Kruszyнки

METEORYT

kwartalnik
dla miłośników meteorytów

ISSN 1642-588X

Wydawca:

Olsztyńskie Planetarium
i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn
tel. (89) 533 49 51
opioa@planetarium.olsztyn.pl

konto:

88 1540 1072 2001 5000 3724 0002
BOŚ SA O/Olsztyn

Kwartalnik jest dostępny głównie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 2016 roku 48 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto wydawcy nie zapominając o podaniu czytelnego imienia, nazwiska i adresu do wysyłki. Wydawca dysponuje także numerami archiwalnymi.

Redaguje i tłumaczy większość tekstów:

Andrzej S. Pilski
skr. poczt. 6
14-530 Frombork
tel. kom. 696 805 247
aspmet@wp.pl

Redakcja techniczna
i skład komputerowy:
Jacek Drązkowski

Druk cyfrowy:

studioab 
AGENCJA FOTOGRAFICZNO - WYDAWNICZA

Od Redaktora:

Ćwierć wieku wydawania „Meteorytu” za nami. Nawet więcej, ponieważ ten numer ukazuje się z ponad rocznym opóźnieniem. Jest ono tak duże, że zrezygnowałem z udawania, że numer ukazuje się zgodnie z datą na okładce i dołączyłem zdarzenia, które nastąpiły już po dacie wydania numeru, przede wszystkim odnalezienie kolejnej „głównej masy” Moraska. Piękny akcent do setnego numeru.

Na wdzięczność za materiały do setnego numeru zasłużyli: Agata Krzesińska, Katarzyna Łuszczek, Piotr Górski, Michał Kosmulski, Andrzej Kotowiecki, Andrzej Owczarzak, Tadeusz A. Przylibski, Tomasz Walesiak i Jan Woreczko. Czytelnicy ocenią, kto zasłużył najbardziej. Nie mniejsza wdzięczność należy się także Jackowi Drązkowskiemu, który te materiały rozmieszczał na stronach, co w przypadku niektórych autorów wymagało niemałej cierpliwości.

Numer ten zamyka wydawanie „Meteorytu” w dotychczasowej formie. Wielkość opóźnienia wymownie pokazuje, że wydawanie kwartalnika jest już nierealne. Rozważamy jednak możliwość kontynuacji w formie aperiodyku wydawanego tylko w formie elektronicznej. Ewentualny kolejny numer będzie więc miał tytuł „Meteoryt 101” i ukaże się, gdy uda się zebrać odpowiednią ilość materiału.

Andrzej S. Pilski



Na zdjęciu obok, od lewej: Bogdan Nebelski (ojciec Michała), Andrzej Owczarzak i Michał Nebelski w momencie wyciągania Kruszyński na powierzchnię. Fot. Maciej Burski.

Odnalezienie Kruszyнки

Andrzej Owczarzak

O mojej przygodzie z poszukiwaniem meteorytów pisałem w numerze 1/2014, gdy udało mi się odnaleźć trzy pasujące do siebie okazy na wschód od dotychczasowej elipsy rozrzutu Moraska. Przygoda ta trwa nadal. Jej najbardziej spektakularnym owocem było dotychczas odnalezienie okazu ważącego przed oczyszczeniem około 210 kg, a po oczyszczeniu ze zwietrzliny i naskorupienia — 174 kg (Meteoryt 2/2015). Moje doświadczenie podpowiadało mi jednak, że na odnalezienie mogą oczekiwać jeszcze większe okazy.

Poszukiwania związane z wydobywaniem meteorytów są zazwyczaj trochę zróżnicowane i nie zawsze wyglądają w ten sam sposób. Na dzień, w którym wykopaliśmy meteoryt, ważący po oczyszczeniu 271,6 kg, czekaliśmy 2 lata. Tyle czasu upłynęło, zanim pojawiły się dogodne warunki, licząc od momentu, kiedy zaczęliśmy podejrzewać, że gdzieś w tej okolicy powinien znajdować się duży okaz. W dużej mierze zadecydowały dwa sprzyjające zbiegi okoliczności. Można śmiało powiedzieć, że rodzicami chrzestnymi naszego nowego meteorytu, który nazwaliśmy „Kruszyńką”, są nasi koledzy: Maciej Burski i Karsten. To Maciej zaprosił nas na weekendowe poszukiwania jesienią 2017 roku. Nie planowaliśmy wtedy poszukiwać, ale skoro pojawiło się tak doborowe towarzystwo, bez namysłu zdecydowałem się skorzystać z okazji i przyjechać. Drugim zbiegiem okoliczności, który był niewątpliwie decydującym, była awaria linii wysokiego napięcia.

Przecinająca elipsę rozrzutu linia wysokiego napięcia praktycznie uniemożliwiała szukanie meteorytów w jej pobliżu, ponieważ skutecznie zakłóca wskazania wykrywaczy. Według naszych ocen, pod linią wysokiego napięcia powinny znajdować się dwa duże okazy. Jeden mógł mieć

około 200 kg, a drugi 50 kg. Kiedy więc zadzwoniłem do Michała z tą cudną wiadomością, również bez chwili namysłu przyjechał.

Zaczęliśmy z Michałem od szukania na polu, gdzie powinien leżeć ten mniejszy, i już po niedługim czasie mieliśmy sygnał. Po dwóch godzinach wspólnego kopania, do którego dołączyli Maciej z Karstenem, na głębokości 2 metrów znaleźliśmy naszą Kruszyńkę: 315 kg! Drobną pomyłką w ocenie. Jednym słowem: istny cud i wspaniałe przeżycie!

Pozostał jeszcze drugi główny cel: ten o przypuszczalnej wadze 200 kg. Ponieważ awaria trwała szczęśliwie kilka dni, mogliśmy spokojnie przejść cały teren, dokładnie krok po kroku sprawdzając każdy centymetr. Łącznie, po kilku dniach nieprzerwanych poszukiwań, znaleźliśmy 51 okazów Moraska, różnej wielkości, od pół kilo, w większości kilkukilogramowych, do naszej Kruszyńki. Ale tego domniemanego największego nie było. Może błąd w ocenie, a może już wykopany? Kto wie...

Jak przeważająca większość znajdowanych okazów Moraska, Kruszyńka była pokryta zwietrzeliną i przylepioną do niej warstwą piasku. Usunięcie tej warstwy, by uwidocznić urodę meteorytu, wymagało dużo pracy, dlatego dopiero w lutym 2018 r. mogliśmy pokazać nasze znalezisko w pełnej krasie. Dotychczas największy okaz Moraska ważył po oczyszczeniu 261,8 kg. Kruszyńka jest nieco większa, ale skoro mamy teraz dwie „główne masy” Moraska, to może wciąż czeka na znalezienie ta prawdziwa główna masa, dużo większa?

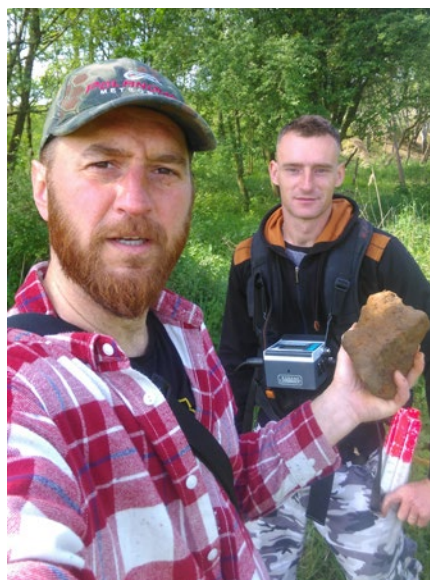
Na zdjęciach obok (od góry):

Autor wraz z Michałem Nebelskim tuż po wydobyciu 4-kilowego okazu.

Maciej Burski w trakcie poszerzania dołu.

Karsten również pragnie jak najszybciej dokopać się do okazu (zdjęcia autora).

(więcej zdjęć na s. 36)



Badania meteorytów: w poszukiwaniu śladów życia na innych planetach

Agata Krzesińska

Nie ma chyba drugiego zagadnienia, które poruszałoby wyobraźnię ludzką w takim stopniu jak pytania: czy jesteśmy sami we wszechświecie i w jaki sposób powstało życie? Przybliżenie się do odpowiedzi na te pytania stało się obecnie priorytetem zarówno naukowym i społecznym.

Agencje finansujące eksplorację przestrzeni kosmicznej w dużej części zainwestowały swoje zasoby w przyszłe programy mające na celu pogłębienie naszej wiedzy w tym właśnie zagadnieniu. Wydaje się, że jesteśmy gotowi na to odkrycie i że przez kolejne dziesięciolecie przeróżne sondy kosmiczne przemierzając będą Układ Słoneczny w poszukiwaniu śladów życia oraz naszej genezy. Misje *OSIRIS-REx* (NASA) i *Hayabusa-2* (JAXA), które są w drodze do planetoid typu C (węgliste) Benu i Ryugu, już za kilka lat przywiozą próbki regolitu. Z próbek tych będziemy wysupływać informacje, które mogą powiedzieć cokolwiek o pochodzeniu życia na Ziemi. Misje *ExoMars* (ESA) i *Mars 2020* (NASA) wyposażone w łaziki i orbity, nastawione są na zbadanie potencjalnych śladów dawnego i obecnego życia na obszarach marsjańskich. Ponadto na połowę lat dwudziestych XXI w. zaplanowany jest powrót na kometę 67P/Churyumov-Gerasimenko, bo dotychczasowe badania tej komety pokazują, że ‘cegielki życia’ mogły przybyć na Ziemię właśnie z komet (misja *CAESAR — Comet Astrobiology Exploration Sample Return*, NASA). Zaplanowana jest także misja *Dragonfly* (NASA), która badać będzie Tytana, największy księżyc Saturna, w celu zidentyfikowania możliwych miejsc lądowania. Bo dziś i satelity zewnętrznych planet nie są już uważane za lodowe niegościnne światy.

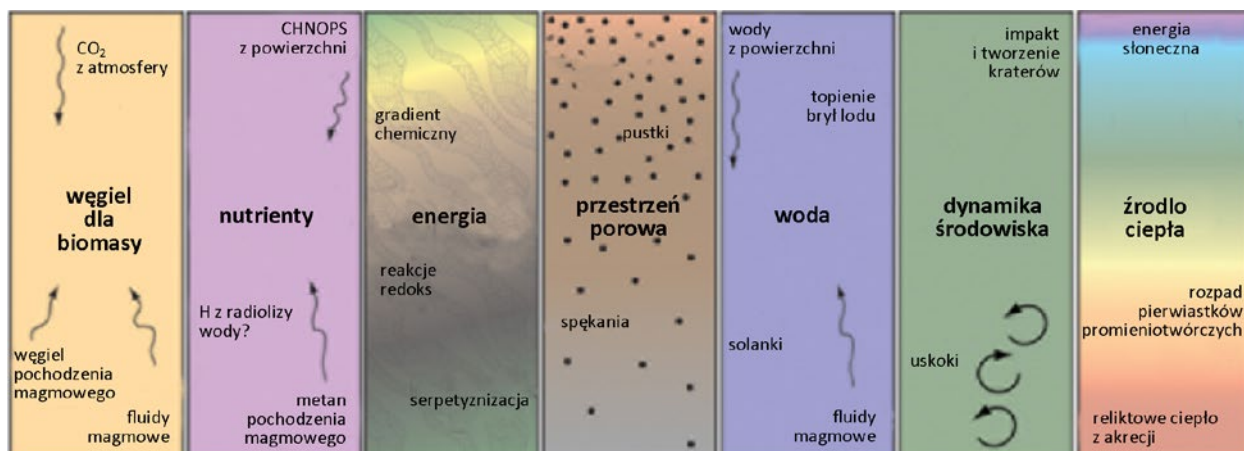
Meteoryty od zawsze były jednym z pierwszych narzędzi dla zrozumienia genezy życia w Układzie Słonecznym. W ostatnich latach wiele zespołów badawczych na całym świecie koncentruje swoje prace na badaniach meteorytów pod tym właśnie kątem.

Wiemy na pewno że życie przetrwało miliardy lat na Ziemi — najwyraźniej miało tu odpowiednie warunki. Czy jednak na pewno Ziemia jest miejscem jedynym w swoim rodzaju? Warunki niezbędne dla istnienia życia można podzielić na siedem kategorii (rysunek 1). Życie — takie jakie znamy — oparte jest przede wszystkim na makromolekułach węgla i na wodzie. To znaczy, że formy żywe potrzebują przede wszystkim wody w stanie ciekłym, która pozwala na interakcje z innymi cząsteczkami, uczestniczy w kontrolowaniu kwasowości i magazynowaniu energii. Drugim koniecznym warunkiem jest dostępność pierwiastków pełniących krytyczną rolę w procesach metabolizmu i reprodukcji: węgiel dla biomasy oraz nutrieny takie jak wodór, tlen, azot, fosfor i siarka (od symboli pierwiastków utworzony i używany jest skrót CHON, lub CHONPS). Ponadto, organizmy dla podtrzymania życia potrzebują energii, ale jak się okazuje w tym aspekcie życie jest bardzo kreatywne. Formy żywe przetwarzają energię z różnych źródeł, z promieniowania, fotosyntezy, z rozkładu minerałów i utleniania zredukowanych gazów (rysunek 1). A do tego, aby dobrze funkcjonować, życie potrzebuje zespołu warunków środowiskowych, takich jak dynamiczne środowisko zapewniające ochronę przed na przykład promieniowaniem kosmicznym.

Najnowsze badania meteorytów pokazują, że z punktu widzenia powyższych siedmiu warunków, nasza

planeta nie jest i nie była miejscem uprzywilejowanym w żaden sposób. Węgiel, tlen, azot i wodór to najczęstsze pierwiastki w Układzie Słonecznym. Większość molekuł we wszechświecie zawiera co najmniej jeden z tych pierwiastków. Można więc uznać, że formy żywe używają budulców łatwo dostępnych w środowisku.

W kwestii tego, co dostarcza środowisko, czyli ogółu warunków, też okazuje się, że życie doskonale przystosowuje się do środowiska, a wcale nie zajmuje wyselekcjonowanych obszarów. Na przykład, do niedawna sądzono, że życie może rozwijać się tylko w ‘normalnych’ warunkach, tzn. przy neutralnym pH, znośnej temperaturze, normalnym ciśnieniu atmosferycznym oraz przy obecności tlenu. Tymczasem, w teoretycznie niegościnnych środowiskach ziemskich znajdujemy organizmy, które nauczyły się radzić sobie w warunkach silnie zakwaszonych (chemolitotrofy), silnie zasolonych (halofile), czy w wysokich temperaturach (np. hipertermofile żyjące przy gejzerach). Niektóre organizmy zasiedlają dna oceanów, gdzie panują niezwykle wysokie ciśnienia, a inne organizmy potrafią przetrwać duże dawki promieniowania np. przy elektrowniach nuklearnych. Pokazuje to, że aby poznać życie gdzieś indziej, w systemach o warunkach zupełnie odmiennych od ‘naszych’, musimy przede wszystkim zapomnieć o naszych antropocentrycznych granicach. Życie ma niesamowite zdolności adaptacyjne i jeśli już powstało, to prawdopodobnie dało też radę przetrwać. A do powstania życia kluczowe znaczenie ma dostawa wody i materii organicznej, z której mogły powstać pierwsze tzw. molekuły prebiotyczne (makromolekuły, które powstały



Rysunek 1. Składniki niezbędne dla życia opartego na formach węgla i na wodzie (Michalski, 2015). Rysunek wskazuje na możliwe źródła tych składników w warunkach hipotetycznej podpowierzchniowej biosfery Marsa, jednak zespół składników można uznać za uniwersalny dla każdego zamieszkałego środowiska.

jeszcze bez udziału biosfery, ale były na tyle ‘dobrze zbudowane’, że mogły posłużyć za ‘cegiełki’ form żywych).

Nie wiemy, skąd na Ziemi wzięły się te dwa składniki. Ziemia na początku swojej historii była zbyt gorąca, aby przypuszczać, że woda, w której rozwinęło się życie, mogła istnieć od samego początku. Podobnie z molekułami organicznymi. Składniki te były prawdopodobnie dostarczone na Ziemię później. Pytanie tylko skąd i kiedy. W prześledzeniu pochodzenia tych dwóch składników nieocenione są chondryty węgliste.

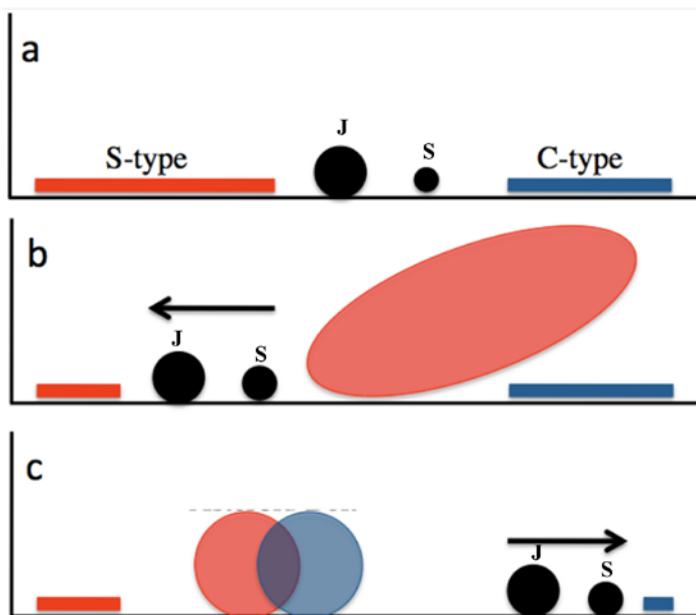
Okazuje się, że izotopowo (proporcja ciężkiego izotopu wodoru — deuteru, do izotopu lekkiego) ziemska woda najbardziej przypomina wodę obecną w chondrytach węglistych. W jaki jednak sposób chondryty węgliste mogły przynieść wodę na Ziemię? Pierwotnie linia śniegu w Układzie Słonecznym (linia oddzielająca skały zawierające wodę, od tych skał, które z uwagi na warunki musiały być pozbawione tej wody) zlokalizowana była niedaleko orbity Jowisza. To oznacza, że pomiędzy Słońcem a Jowiszem występowały planetoidy typu S, pozbawione wody i takie same planetozymale. Za Jowiszem gromadziły się wyłącznie planetoidy typu C, bogate w wodny lód (rysunek 2a). Młody Układ Słoneczny był jednak dość niestabilnym dynamicznie miejscem, głównie dlatego, że masywny Jowisz oddziaływał z milionami tworzących się planetozymali (Walsh i in., 2011). Wskutek tych oddziaływań, Jowisz zaczął się przesuwac ku bardziej wewnętrznym częścią Układu Słonecznego (rysunek 2b), powodując ogólny bałagan i wybijanie planetoid

obu typów z ich pierwotnego położenia. W ten sposób niektóre planetoidy typu C przerzuciły się ku wnętrzu układu, a planetoidy typu S ku zewnętrznym partiom. Potem prawdopodobnie wzrost Saturna spowodował koniec wędrówki Jowisza ku Słońcu (rysunek 2c) i rozpoczęła się migracja obu planet na zewnątrz, ku ich obecnemu położeniu. Migrujące wielkie planety znów zamyślały różnego rozmiaru ciała, które znalazły się na ich drodze (model znany jest jako hipoteza Grand Tack, Walsh i in., 2011).

W ten to sposób prawdopodobnie ciała utworzone poza linią śniegu, czyli te bogate w wodę, dostały się ku wewnętrznym partiom Układu Słonecznego. Podobno około 2% masy Ziemi mogło być dostarczone wskutek

kolizji z ciałami przyniesionymi w wewnętrzne partie Układu Słonecznego w ten właśnie sposób (O’Brien i in., 2014).

Ale kiedy nastąpiła główna dostawa wody? Czy jeszcze podczas akrecji Ziemi czy później? Tu pomocny okazuje się fakt, że na wczesnym etapie tworzenia się naszej planety nastąpił impakt, w wyniku którego utworzył się Księżyc. Jak pokazują najnowsze badania porównawcze bazaltów ziemskich i księżycowych, uwodnione minerały tych bazaltów mają wyraźnie inną sygnaturę izotopową tlenu (Greenwood i in., 2018). Jeśli więc Księżyc powstał z tego samego materiału co Ziemia, to różnica ta może oznaczać, że woda na Ziemię przybyła już po powstaniu Księżyca



Rysunek 2. Model Grand Tack (Walsh i in., 2011) pokazujący, jak wraz ze wzrostem planet, Jowisz i Saturn migrowały ku wnętrzu Układu Słonecznego i z powrotem. Wskutek tej migracji niektóre planetoidy typu C były wybite z ich pierwotnej pozycji w zewnętrznych partiach Układu Słonecznego (poza linią śniegu) ku wnętrzu (pierwotnie bezwodnemu). Wraz z tymi ciałami, w wewnętrzne partie Układu dostała się woda.

(Greenwood i in., 2018). Modelowanie pokazuje jednak, że w tym czasie dostarczone było nie więcej niż jakieś 5–30% wody. A zatem, większość wody dostarczona była jednak wcześniej, zanim powstał Księżyc, prawdopodobnie krótko po zakończeniu akrecji naszej planety.

Chondrytom węglistym prawdopodobnie zawdzięczamy nie tylko wodę, ale i dostawę molekuł organicznych. Materia ta jest bardzo nietrwała w wysokich temperaturach, dlatego mało prawdopodobne, aby materiał ten był w stanie przetrwać krótki, ale gwałtowny czas akrecji planetarnej. Z drugiej strony, tworzący się Układ Słoneczny zawierał cały szereg abiotycznych związków organicznych. Prawdopodobnie wraz z ewolucją te molekuły były włączane w tworzące się planety.

Chondryty węgliste zbudowane są z najbardziej pierwotnej materii Układu Słonecznego, czego śladem są chondry i inkluzje wapniowo-glinowe. Chondryty te są bogate w bardzo drobnoziarniste matriks, które zawiera liczne związki organiczne. Skały te, szczególnie chondryty grup CI, CM i CR, zawierają do 2% węgla organicznego, a inwentarz związków tego węgla jest przedmiotem wielu badań. Niektóre chondryty węgliste zawierają spektakularny zestaw molekuł takich jak aminokwasy, zasady azotowe nukleotydów (nośniki informacji w kodzie RNA i DNA), kwasy tłuszczowe, kwasy karboksylowe i inne (Chyba i Sagan, 1992). Są to kluczowe związki w biochemii ziemskiego życia. Czy jednak na pewno to chondryty były źródłem prebiotycznych molekuł na Ziemi? Z jednej strony chondryt Murchison (rysunek 3) zawiera ponad 80 różnych związków organicznych (Martins i in., 2009), ale większość z nich to jednak rzadkie w ziemskiej biosferze związki. Ponadto, życie ziemskie bazuje na 20 aminokwasach, a w meteorytach do tej pory wyróżniono zaledwie 8 z nich (Martins, 2011).

Z drugiej strony są dwie silne linie dowodowe na to, że nasze molekuły pochodzą oryginalnie z chondrytów węglistych. Po pierwsze cząsteczki związków, z których zbudowane są formy żywe, w teorii mogą występować w dwóch symetrycznych 'odmianach': prawoskrętnej i lewoskrętnej. Ale z jakiegoś powodu



Rysunek 3. Chondryt węglisty CM2 Murchison (waga 1g). Chondryt ten zawiera ponad 80 różnych związków organicznych, ale większość to raczej nietypowe dla ziemskiego życia molekuły. Okaz z kolekcji Tomka Jakubowskiego. Fot. T. Jakubowski.

wszystkie ziemskie organizmy żywe wykorzystują tylko lewoskrętne aminokwasy i prawoskrętne cukry. Czyli dokładnie takie jak te, które najczęściej występują w chondrytach CI i CM (Martins, 2011). Sugeruje to, że cząsteczki dostarczone na młodą Ziemię przez planetoidy i komety 'zaburzyły' proporcje lewo- i prawoskrętnych aminokwasów, i dopiero z takiego zestawu budowały się potem pierwsze komórki (Martins, 2011). Druga linia dowodów, to proporcje izotopowe wodoru, węgla i azotu w organicznych molekułach chondrytowych i ziemskich.

W Układzie Słonecznym istnieją i istniały miejsca, w których obecna była i woda i materia organiczna. Do wniosku takiego doszli Chan i in. (2018), którzy przebadali kryształy halitu w chondrycie Zag. Chondryt Zag należy do grupy H3–6, a sam halit, choć niezwykle, był w nim zauważony od samego początku (Rubin i in., 2002). Kryształy halitu w tej brekcji zawierają bogate inkluzje solanek. Inkluzje te świadczą o tym, że halit powstał podczas procesów kriowulkanicznych, takich jakie misja Dawn pozwala obserwować powszechnie na Ceres (McSween i in., 2016). Halit obecny w chondrycie Zag utworzył się jako podpowierzchniowy ewaporat pod koniec aktywności hydrotermalnej na takiej właśnie planetoidzie, a później został przetransportowany na ciało macierzyste chondrytów H i wbudowany w regolit (Kebukawa i in., 2017).

Sam halit jest bardzo interesujący z punktu widzenia poszukiwania życia, a zawarte w nim inkluzje mają ogromny potencjał do poszerzenia naszej

wiedzy w tym zakresie. Jeśli halit wytrącał się z fluidów, to podczas krystalizacji mógł łatwo służyć jako załączek do 'osadzania się' materii organicznej i uporządkowywania się jej struktury. Mówiąc krótko, inkluzje w halicie są idealnym miejscem do złapania molekuł organicznych, o ile tylko takie były niesione przez fluid. I faktycznie Chan i in. (2018) udokumentowali stowarzyszone z inkluzjami w halicie z chondrytu Zag liczne cząsteczki organiczne, w tym istotne aminokwasy. Chan i in. (2018) proponują interpretację, że materia organiczna i aminokwasy znalazły się we fluidzie dzięki temu, że zostały wytworzone przez przeobrażenia hydrotermalne, te same, które generowały solankę. Oznacza to, że ciała takie jak Ceres mogą ciągle zawierać zestaw molekuł, które mogą/mogły posłużyć jako załączki do złożonych prebiotycznych reakcji chemicznych. A ponadto, skoro halit i inkluzje wyraźnie związane są z procesami kriowulkanicznymi, to ciała takie jak Europa czy Enceladus stają się bardzo prawdopodobnymi siedliskami życia.

Jeśli znajdziemy życie poza Ziemią, to najprawdopodobniej pierwszym miejscem będzie Mars. Dlaczego Czerwona Planeta cieszy się taką popularnością, skoro to raczej chondryty węgliste i materia pierwotna mają wszystko, czego potrzeba było życiu, aby powstać? Na planetoidach mogły nie istnieć warunki środowiskowe (rysunek 1), które byłyby 'iskrą' do powstania życia. Natomiast Mars, mógł posiadać wszystko czego potrzeba, w tym tę właśnie 'iskrę'.

Mars zmienił się bardzo na przestrzeni czasu. Dziś jest to planeta o suchej, zimnej powierzchni, z cienką atmosferą, która na pewno nie zapewnia należytej ochrony przed zabójczym promieniowaniem kosmicznym. Jednak młody Mars był inny, prawdopodobnie do złudzenia podobny do młodej Ziemi. A to właśnie wtedy na Ziemi powstało życie (rysunek 4).

Mars we wczesnych etapach swojego rozwoju, tak jak wczesna Ziemia, był bombardowany przez materiał bogaty w wodę i materię organiczną. A zatem Mars dostał ten sam zestaw molekuł prebiotycznych, jakie dotarły na Ziemię. Do tego panowały tam prawdopodobnie bardzo podobne warunki środowiskowe. Prawdopodobnie.

Ze szczątkowego zapisu geologicznego w skałach młodej Ziemi uważa się, że optimum warunków dla powstania życia zapewniały dwa typy środowisk: sąsiedztwo kominów hydrotermalnych na dnach mórz oraz płytkie środowiska morskie, litoralne (Westall i in., 2013). W obu tych środowiskach istniała niemal idealna dynamika konieczna dla tworzenia makromolekuł, z których później powstały komórki (Westall i in., 2015).

Morfologia powierzchni Marsa wskazuje, że kiedyś płynęła tam woda. Od dziesiątek lat obserwowane są sieci dolin rzecznych na powierzchni Marsa oraz osady aluwialne (rieczne) w kraterach. I przede wszystkim odkrywamy coraz więcej starych osadów minerałów ilastych, które przez

analogię ze środowiskami ziemskimi wskazują na intensywne wietrzenie skał bazaltowych na powierzchni wskutek interakcji z fluidami wodnymi (Michalski i in., 2013). Stąd też, do tej pory poszukiwania życia na Marsie kierowane były w stronę dawnych efemerycznych płytkich środowisk wodnych, morskich lub jeziornych (Westall i in., 2015). Na środowiska hydrotermalne, takie jak drugie ziemskie środowisko prawdopodobnego powstania życia, nie było żadnych dowodów. Ostatni rok jednak przyniósł ciekawe doniesienie, że we wczesnej historii Marsa istniały także środowiska hydrotermalne dna morza, takie właśnie jak na młodej Ziemi (Michalski i in., 2017).

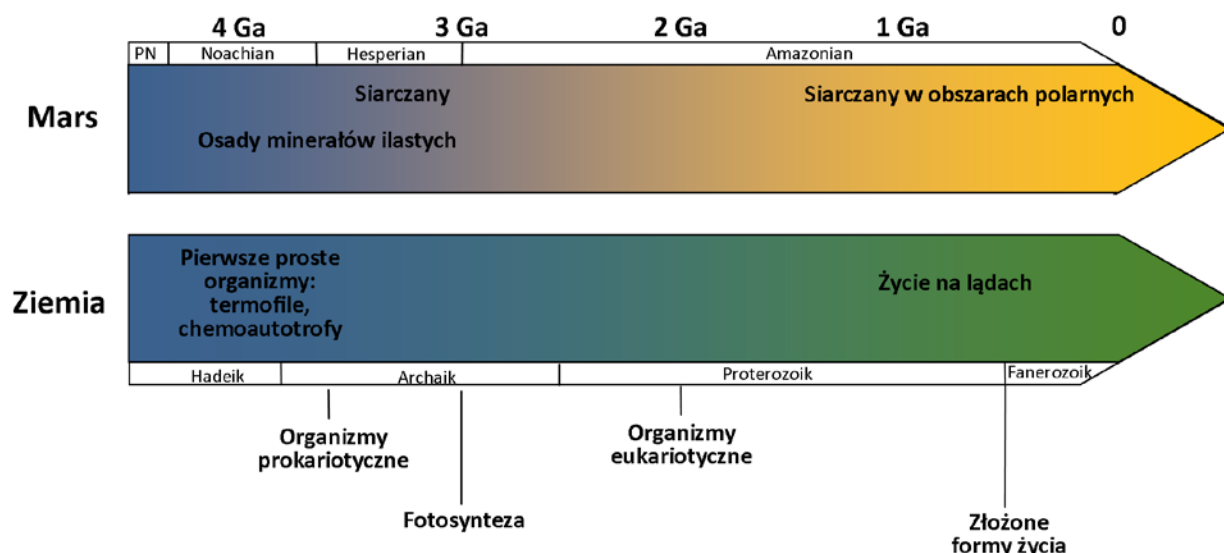
Basen Eridania na Marsie zawiera odsłonięcia jednych z najstarszych skał marsjańskich (starsze niż 3,8 miliarda lat). W rejonie tym udokumentowano pozostałość magnetyczną z zapisem takim, jaki znany jest ze stref spreadingu na dnach morza na Ziemi. Michalski i in. (2017) zaobserwowali w obszarze basenu Eridania miększe (kilkaset metrów) osady krzemianów warstwowych oraz soli ewaporatowych, głównie węglanów a także siarczanów. Autorzy proponują, że osady te powstały wskutek kombinacji procesów wulkanicznych na dnie morza i sedymentacyjnych. Jeśli tak jest, osady basenu Eridania reprezentują wczesnomarsjańskie środowisko bogate w nutrienty i źródła energii.

Jest więc możliwe, że życie zaczęło się na Marsie tak, jak na Ziemi.

Możliwe, że w toku ewolucji Czerwonej Planety, kiedy warunki powierzchniowe stały się skrajnie nieprzyjemne, to życie nie przetrwało. Być może pozostawiło po sobie ślady, które będziemy w stanie odkryć dzięki przyszłym sondom badawczym. Możliwe także, że marsjańskie życie w toku ewolucji uodporniło się na nowe surowe i nieprzyjemne warunki.

Jak możemy obserwować na naszej planecie, organizmy żywe, zwłaszcza te prymitywne, mają nadzwyczajną zdolność przetrwania w ekstremalnych (dla nas) warunkach. Jeśli tylko wszystkie niezbędne warunki są zachowane, mikroby są w stanie zaadaptować się w każdym środowisku. Dzieje się tak głównie dzięki temu, że organizmy te potrafią 'przełączyć się' z uzyskiwania energii z jednego źródła na inne, w zależności od tego, co jest dostępne w środowisku (Rothschild i Mancinelli, 2001). Jeśli więc życie na Marsie powstało, na pewno dość szybko zajęło wszelkie możliwe środowiska, nawet te przyjemne tylko czasowo, takie jak: jeziora w kraterach impaktowych, środowiska poniżej podpowierzchniowych brył lodu, czy spękania skał podpowierzchniowych, w których uwieczniona została woda.

Jeśli życie marsjańskie przetrwało, to dziś może być ukryte głęboko pod powierzchnią (rysunek 1), gdzie ma schronienie przed promieniowaniem UV i prawdopodobnie wszystko, co potrzeba. To nic niezwykłego. Na Ziemi 50% biomasy to właśnie takie podziemne (do głębokości 1 km)



Rysunek 4. Historia pojawienia się życia na Ziemi i historia Marsa. Na początku ewolucji obu planet, czyli w czasie kiedy na Ziemi pojawiły się pierwsze, pierwotne formy życia, warunki na Marsie były bardzo podobne do ówczesnych warunków ziemskich (Michalski i in., 2103). W tym czasie na Marsie było wszystko co potrzeba, aby mogły powstać formy żywe.

kolonie mikrobów mieszkających w szczelinach skał i czerpiących energię z wodoru (Rothschild i Mancinelli, 2001). Na Ziemi organizmy te pojawiły się bardzo wcześnie, ok. 3,5 mld lat temu, i przez długi czas — wspólnie z bakteriami — zasiedlały Ziemię. Jeśli życiu marsjańskiemu rzeczywiście udało się dostać do środowisk podpowierzchniowych, możliwe że nadal tam kwitnie.

Hipoteza podziemnej biosfery marsjańskiej jest podsycana przez obserwacje emisji metanu w pewnych obszarach Marsa. Z ziemskiego doświadczenia biorąc, metan jest ciekawym i istotnym gazem, bo w naszej atmosferze 90% tego gazu pochodzi z biosfery. Do tego metan jest gazem nietrwałym, a wzięwszy pod uwagę silnie utleniający charakter marsjańskiej atmosfery, metan nie jest w stanie zachować się tam dłużej niż 100 lat. A zatem obecność znaczącej ilości metanu w marsjańskiej atmosferze oznacza jego ciągłą, współczesną emisję ze środowisk podpowierzchniowych. Pierwsze ślady metanu zostały zaobserwowane przez misję Mars Express (Formisano i in., 2004). Od tego czasu, Mumma i in., (2009) wykonali szereg systematycznych obserwacji emisji metanu w północnej części Marsa podczas kilku kolejnych sezonów marsjańskiego lata. Zauważyli oni, że jeśli metan występował, to w dość sporych koncentracjach i zdecydowanie był wydzielany z niewielkich, dobrze zlokalizowanych regionów. Wiele jeszcze nie wiemy o marsjańskim metanie, ale istnieje kilka miejsc, w których obserwuje się dobrze ułożoną przestrzennie emisję metanu, która pojawia się i znika w ciągu roku (Mumma i in., 2009).

Jednak tego, czy metan jest pochodzenia biotycznego czy geologicznego, nie sposób powiedzieć póki co. Na Ziemi 90% tego gazu pochodzi z biosfery, ale pozostałe 10% to skutek reakcji geochemicznych w wyniku procesów geologicznych. Na Marsie metan może być także pochodzenia geologicznego. Może być produktem reakcji zachodzących w pogrzebanych skałach wulkanicznych bogatych w oliwin, który łatwo przeobraża się pod wpływem wody w serpentyn. A skutkiem obocznym serpentynizacji jest produkcja metanu. Wkrótce pewnie poznamy naturę emisji mar-



Rysunek 5. Shergottite Tissint. Kryształy oliwinu (strzałki) niekiedy przecięte są przez żyłki szokowe, a te wypełnione są materią organiczną. Materia ta może być pochodzenia magmowego, ale może też być 'osadem' z fluidów, które płynęły pod powierzchnią Marsa i niegdyś miały kontakt z formami życia. Okaz z kolekcji Tomka Jakubowskiego, waga okazu 4,7 g. Fot. T. Jakubowski.

sjańskiego metanu. Sonda Trace Gas Orbiter (ExoMars, ESA) już w lipcu 2018 r. rozpocznie szczegółowe badania marsjańskiej atmosfery pod tym właśnie kątem.

Mimo dość rozsądnie brzmiących argumentów za życiem na Marsie bezpośrednich dowodów nie znaleźliśmy. Badania w tym kierunku prowadzone są od lat także na meteoroidach. O niektórych z nich głośno było już wiele lat temu, tak jak np. o meteoroidzie ALH 84001 (McKay i in., 1997), czy EET 79001. Pomimo sugestii odkrycia skamieniałych form życia (McKay i in., 1997) środowisko naukowe potraktowało sceptycznie te doniesienia. Niestety, ogólny wniosek, jaki wynika z licznych badań meteoroidów marsjańskich, jest taki, że wszelkie ślady 'życia' to zanieczyszczenie ziemskie (Callahan i in., 2013). Skąd to wiemy? Ponieważ, proporcja prawo- i lewoskrętnych aminokwasów znalezionych w meteoroidach marsjańskich doskonale koreluje z miejscem znalezienia/spadku na Ziemi, np. inne sygnatury wykazują meteoroidy z Antarktydy a inne te z gorących pustyń (Callahan i in., 2013).

Wśród związków węgla odkrytych w meteoroidach marsjańskich są co prawda i takie, które mogą pochodzić z Marsa, ale i te nie powstały raczej przy udziale biosfery. W marsjańskich bazaltach takich jak Tissint, zauważono zredukowane molekuly organiczne (Steele i in., 2012). Co ciekawe, makromolekularny węgiel znaleziono

w 10 na 11 bazaltowych meteoroidów marsjańskich. Węgiel stowarzyszony jest z minerałami magmowymi, głównie spinelem lub innymi tlenkami. Ta relacja teksturalna świadczy o marsjańskim pochodzeniu węgla, ale jednocześnie wyklucza jego biotyczne źródło. Relacja ta sugeruje, że molekuly tworzyły się podczas marsjańskich procesów magmowych. Węgiel prawdopodobnie wytrącał się na kontakcie z tlenkami jako nierozpuszczalna faza, która jest wrażliwa na stan redukcyjno-utleniający magmy (Steele i in., 2016). A zatem pierwotny organiczny węgiel jest niemal powszechny w bazaltach marsjańskich, ale nie tworzył się on w procesach biotycznych i był dostarczany do magmy na przestrzeni całej geologicznej historii Marsa.

Do innych wniosków doszli Lin i in. (2014) badając meteoroid Tissint (rysunek 5) i produkty metamorfizmu uderzeniowego w nim. Autorzy zauważyli, że w obrębie kieszeni stopu impaktowego oraz w poszkokowych żyłkach w oliwinie występuje nagromadzona materia organiczna. Materia ta izotopowo różni się od marsjańskiej atmosfery i od marsjańskich węglanów. Jest znacznie wzbogacona w lekki izotop węgla. Jeśli taka materia nie pochodzi ze źródeł biogenicznych, może ewentualnie być pozostałością przyniesioną przez chondryty węgliaste, które mają podobne sygnatury izotopowe. Autorzy (Lin i in., 2014) zauważyli jednak, że występowaniu tej materii towarzyszą podwyższone

koncentracje chloru, fluoru i siarki. Pierwiastki te do kieszeni stopu impaktowego prawdopodobnie przyniesione zostały z siarczanów, chlorków i nadchlorańców, które to znane są z marsjańskiej gleby. Cl, F i S mogły być po prostu wypłukane z powierzchniowych minerałów przez fluidy, które krążyły pod powierzchnią Marsa. Te same fluidy mogły też zabierać materię organiczną stanowiącą na przykład pozostałości z podziemnej biosfery.

Choć daleko jeszcze jesteśmy od definitywnych odkryć, poszukiwanie życia poza Ziemią jest chyba priorytetem nauki w naszych czasach. Z jednej strony wydaje się, że życia możemy spodziewać się na każdej skalnej planecie, która ma wodę w kontakcie ze skałami, i do której w odpowiednim momencie zostały dostarczone molekuly prebiotyczne. Z drugiej strony, czy życie jest zjawiskiem powszechnym i uniwersalnym w Układzie Słonecznym? Być może w tym aspekcie okaże się, że całość to coś więcej niż suma składników. Odkrycie życia poza naszą planetą pozwoli nam nie tylko zrozumieć, czy jesteśmy sami, ale też skąd się wzięliśmy. Możliwe, że znajdziemy wcale nie to, czego — jak nam się teraz wydaje — powinniśmy szukać. Może ślady życia będą występować nie w takiej formie, jakiej się spodziewamy, a może w zaskakujących miejscach i środowiskach. Niewątpliwie jednak będzie to inspiracja dla nowych, niezwykle badań prowadzących w nieznanie.

Literatura:

- Callahan M.P., Burton A.S., Elsila J.E., Baker E.M., Smith K.E., Glavin D.P., Dworkin J.P., 2013: A search for amino acids and nucleobases in the Martian meteorite Robert Massif 04262 using liquid chromatography-mass spectrometry. *Meteoritics and Planetary Science* 48: 786–795.
- Chan Q.H.S., Zolensky M.E., Kebukawa Y., Fries M., Ito M., Steele A., Rahman Z., Nakato A., Kilcoyne D., Suga H., Takahashi Y., Takeichi Y., Mase K., 2018: Organic matter in extraterrestrial water-bearing salt crystals. *Science Advances* 4: eaao3521.
- Chyba C., Sagan C., 1992: Endogeneous production, exogeneous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life. *Nature* 355: 125–132.
- Formisano V., Altrey S., Encrenaz T., Ignatiev N., Giuranna M., 2004: Detection of Methane in the Atmosphere of Mars. *Science* 306: 1758–1761.
- Greenwood R.C., Barrat J.-A., Miller M.F., Anand M., Dauphas N., Franchi I.A., Sillard P., Starkey N.A., 2018: Oxygen isotopic evidence for accretion of Earth's water before a high-energy Moon-forming giant impact. *Science Advances* 4: eaao5928.
- Kebukawa Y., Chan Q.H.S., Tachibana S., Kobayashi K., Zolensky M.E., 2017: One-pot synthesis of amino acid precursors with insoluble organic matter in planetesimals with aqueous activity. *Science Advances* 3: e1602093.
- Lin Y., El Goresy A., Hu A.E., Zhang J., Gillet P., Xu Y., Hao J., Miyahara M., Ouyang Z., Ohtani E., Xu L., Yang W., Feng L., Zhao X., Yang J., Ozawa S., 2014: NanoSIMS analysis of organic carbon from the Tissint martian meteorite: evidence for the past existence of subsurface organic-bearing fluids on Mars. *Meteoritics and Planetary Science* 49: 2201–2218.
- Martins Z., 2011: Organic Chemistry of Carbonaceous Meteorites. *Elements* 7: 35–40.
- Martins Z., Botta O., Fogel M.L., Sephton M.A., Glavin D.P., Watson J.S., Dworkin J.P., Schwartz A.W., Ehrenfreund P., 2008: Extraterrestrial nucleobases in the Murchison meteorite. *Earth and Planetary Science Letters* 270: 130–136.
- McKay D.S., Gibson E.K., Thomas-Keprta K.L., Vali H., Romanek C.S., Clemett S.J., Chilli X.D.F., Maechling C.R., Zare R.N., 1997: Search for past life on Mars: possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH84001. *Science* 273: 924–930.
- McSween H., Castillo-Roges J., Emery J., De Sanctis M., Dawn Science Team, 2016. Rationalizing the composition and alteration of Ceres. 4th Lunar and Planetary Science Conference, abstract 1258.
- Michalski J.R., 2015. Did Mars ever have a lively underground scene? New views on the habitability of the martian subsurface. *Astrobiology Science Conference 2015*: abstract 7497.
- Michalski J.R., Cuadros J., Niles P.B., Parnell J., Rogers A.D., Wright S.P., 2013: Groundwater activity on Mars and implications for a deep biosphere. *Nature Geoscience* 6: 133–138.
- Michalski J.R., Noe Dobrea E.Z., Niles P.B., Cuadros J., 2017: Ancient hydrothermal seafloor deposits in Eridania basin on Mars. *Nature Communications* 8: 15978.
- Mumma M.J., Villanueva G.L., Novak R.E., Hewagama T., Bonev B.P., DiSanti M.A., Mandell A.M., Smith M.D., 2009: Strong Release of Methane on Mars in Northern Summer 2003. *Science* 323: 1041–1045.
- O'Brien D.P., Walsh K.J., Morbidelli A., Raymond S.N., Mandell A.M., 2014: Water delivery and giant impacts in the 'Grand Tack' scenario. *Icarus* 239: 74–84.
- Rothschild L.J., Mancinelli R.L., 2001: Life in extreme environments. *Nature* 409: 1092–1101.
- Rubin A.E., Zolensky M.E., Bodnar R.J., 2002. The halite-bearing Zag and Monahans (1998) meteorite breccias: Shock metamorphism, thermal metamorphism and aqueous alteration on the H-chondrite parent body. *Meteoritics and Planetary Science* 37: 125–141.
- Steele A., McCubbin F.W., Fries M., Kater L., Boctor N.Z., Fogel M.L., Conrad P.G., Glamoclija M., Spencer M., Morrow A.L., Hammond M.R., Zare R.N., Vicenzi E.P., Siljestrom S., Bowden R., Herd C.D.K., Mysen B.O., Shirey S.B., Amundsen H.E.F., Treiman A.H., Bullock E.S., Jull A.J.T., 2013: A reduced Organic Carbon Component in Martian Basalts. *Science* 33: 212–215.
- Steele, A., McCubbin, F.M., Fries, M.D., 2016: The provenance, formation, and implications of reduced carbon phases in Martian meteorites: *Meteoritics and Planetary Science* 51: 2203–2225.
- Walsh K.J., Morbidelli A., Raymond S.N., O'Brien D.P., Mandell A.M., 2011: A low mass for Mars from Jupiter's early gas-driven migration. *Nature* 475: 206–209.
- Westall F., Loizeau D., Foucher F., Bost N., Bertrand M., Vago J., Kminek G., 2013: Habitability on Mars from a Microbial Point of View. *Astrobiology* 13: 887–897.
- Westall F., Foucher F., Bost N., Bertrand M., Loizeau D., Vago J., Kminek G., Gaboyer F., Campbell K.A., Breheret J.-G., Gautret P., Cockell C.S., 2015. Biosignatures on Mars: What, Where, and How? Implications for the Search for Martian Life. *Astrobiology* 15: 998–1029.



Dr Agata Krzezińska pracuje w Instytucie Nauk Geologicznych PAN i w Natural History Museum w Londynie. Zajmuje się badaniami meteorytów i swoją uwagę kieruje ku rekonstrukcji procesów i wydarzeń impaktowych. W szczególności interesuje się wpływem tych wydarzeń na tworzenie się planetoid i dalszą ewolucję planet.

dm

Moje pierwsze spotkanie z „Meteorytem”

Michał Kosmulski

Już w zerówce zacząłem zbierać różnego rodzaju „kamienie”: skały, minerały i skamieniałości. W sierpniu 1992 roku, podczas wycieczki z rodzicami nad morze, zwiedzaliśmy Frombork. Obok stałych atrakcji Wzgórza Katedralnego, a więc katedry, Muzeum Mikołaja Kopernika i planetarium, trafiliśmy tam na niewielką wystawę poświęconą meteorytom. Było to bardzo ciekawe, bo choć sam fakt istnienia meteorytów był mi oczywiście znany, nigdy nie oglądałem ich z bliska. Moje zainteresowanie udzieliło się też rodzicom, a wkrótce w pobliżu pojawił się astronom, z którym zaczęliśmy rozmawiać — pan Andrzej Pilski. Oprócz wielu ciekawych rzeczy o samych meteorytach, dowiedzieliśmy się także, że zaczyna właśnie redagować poświęcone im pismo.

Okazało się również, że meteoryty są dostępne dla kolekcjonerów i na miejscu można było kupić kilku- i kilkunastogramowe okazy Sikhote-Alin. Wtedy ta nazwa nic mi nie mówiła, ale możliwość wzięcia prawdziwego meteorytu do ręki, a tym bardziej posiadania go na własność, zrobiła na mnie duże wrażenie. Z pomocą Andrzeja Pilskiego rodzice wyszukali

ciekawy okaz, który mam do dzisiaj i nadal darzę sentymentem. Do domu wróciłem wtedy także z pierwszymi dwoma numerami „Meteorytu” i od razu zabrałem się za ich studiowanie.

Część materiałów w „Meteorycie” pochodziła z pism anglojęzycznych, głównie „Impact!”. Ponieważ moja rodzina zakończyła wtedy właśnie dłuższy pobyt w USA, a znajomość angielskiego była znacznie mniej powszechna niż obecnie, zaproponowałem (zapewne zachęcony przez rodziców — miałem wtedy 11 lat) pomoc w przekładzie artykułów na język polski. Pierwszą serią tłumaczeń, które wykonałem, był dział „Nowiny” w numerze 3. Potem tłumaczyłem też kilka dłuższych tekstów. W założeniu, tłumaczenia wykonywałem pro publico bono, tak więc byłem bardzo zaskoczony i ogromnie się ucieszyłem, kiedy otrzymałem pocztą od Andrzeja Pilskiego przesyłkę z okruszkami dwóch polskich meteorytów: Pułtuska i Łowicza. Obok satysfakcji i możliwości zobaczenia swojego nazwiska w druku, otrzymałem takie „honoraria” jeszcze parę razy, a wśród nich „Field Guide of Meteorites” Roberta Haaga. Przed epoką internetu, amerykańska książka z dużymi, kolorowymi zdję-

ciem okazów pochodzących z jednej z najciekawszych prywatnych kolekcji na świecie, stanowiła nie lada gratkę.

Tłumaczenia wykonywałem na komputerze, w edytorze tekstu TAG. Był to program polskiej produkcji, pracował pod MS-DOS-em w trybie graficznym i bez problemu obsługiwał polskie litery, co bynajmniej nie było wtedy oczywistością. Gotowe tłumaczenie nagrywałem na dyskietkę 5,25”, którą z kolei pakowałem do specjalnie przystosowanej do wysyłki dyskietek koperty z usztywniającą tekturką i folią bąbelkową. Ponieważ dyskietki były delikatne i mimo to mogły się uszkodzić w transporcie, do listu dokładałem też na wszelki wypadek wydruk. Poczta elektroniczna powoli się wtedy pojawiała na uczelniach, ale w domu nie miałem internetu jeszcze przez kilka lat, tak więc była to najlepsza dostępna wtedy metoda przesyłania dokumentów elektronicznych.

Moja kolekcja meteorytów była — i nadal pozostaje — raczej skromna. O ile na samym początku aktywności meteorytofilów w Polsce nawet kilka kilkugramowych meteorytów można było uznać za ciekawy zbiór, wkrótce pojawili się kolekcjonerzy, których kolekcje zarówno pod względem ilości jak i jakości szybko weszły na zupełnie inny poziom. Niemniej jednak, kiedy w 1995 roku ukazał się katalog „Meteoryty w zbiorach polskich”, z dumą wyszukiwałem symbol swojej kolekcji przy tych meteorytach, które posiadałem. O różnicy w dostępności meteorytów wówczas a obecnie niech świadczy fakt, że według danych katalogu w całej Polsce w prywatnych kolekcjach znajdował się wtedy dokładnie jeden okaz Campo del Cielo i nie było ani jednego ataksytu. W katalogu wymieniono 19 zbiorów w różnych instytucjach oraz 32 kolekcje prywatne. Tylko kilka nazwisk z listy jest mi znanych. Wtedy poza Andrzejem Pilskim nie utrzymywałem żadnych kontaktów z innymi kolekcjonerami.



Wzgórze Katedralne we Fromborku, zdjęcie autora

W 2002 roku odbyło się spotkanie miłośników meteorytów w Guciowie na Roztoczu. Jego celem było formalne zawiązanie organizacji i nadanie jej osobowości prawnej. Wybrałem się tam i bardzo miło wspominam czas spędzony w Zagrodzie Guciów. Obok dyskusji nad szczegółami statutu i możliwości wzięcia do ręki głównej masy Zakłodzia, czas umilały nam uczty przy stole i ognisku organizowane z wielką fantazją przez gospodarza, Stanisława Jachymka: nie zabrakło cygańskiej kapeli, tortu w kształcie bolidu oraz nalewki na meteorycie. Od tamtego spotkania regularnie biorę udział w corocznych konferencjach Polskiego Towarzystwa Meteorytowego (PTMet), choć moja aktywność niestety do tego się obecnie ogranicza.

Podczas konferencji wyraźnie zaznacza się podział na dwie grupy, których wzajemne relacje bywają „skomplikowane”. Znaczną część prezentacji przygotowują naukowcy, którzy po pocięciu na drobne plasterki kolejnego okazu Moraska liczą w nim procentowy udział różnych minerałów. Uważają oni, że powinni dostawać do badań duże ilości różnorodnych meteorytów i są niepokieszeni, kiedy poszukiwacze nie chcą im ich przekazywać. Kolekcjonerzy z kolei najchętniej tylko oglądaliby swoje okazy popijając zimne piwo, ewentualnie wspominając co zabawniejsze przygody z Omanu. Ci, którzy się wzajemnie lubią, mogą się nawet wymienić współrzędnymi. Prezentacje o minerałach w meteorytach ich nudzą, ale i tak przyjeżdżają na konferencje, bo jest to okazja, aby się spotkać. Poza tym czasami potrzebują naukowców, żeby im coś sklasyfikowali. Niektórzy na spotkania chętnie przyjeżdżają, ale zrażeni tymi skomplikowanymi układami, nie zapisują się do PTMet lub po jakimś czasie z niego wypisują. Obraz powyższy jest oczywiście trochę przerysowany, ale myślę, że jak na tak niszową grupę, mamy sporo napięć i osobistych animozji. Szkoda, bo moglibyśmy się wzajemnie znakomicie uzupełniać, gdyby każdy nabrał więcej dystansu do siebie i swoich działań, a z większym zainteresowaniem przyjrzał się temu, co robią inni.

Setny numer „Meteorytu” to piękny jubileusz, zarazem jednak numer ten ma być ostatnim. Z perspektywy tych 100 numerów i 25 lat ich wy-



dawania warto więc spojrzeć na cały świat meteorytowy w Polsce. Kiedy ukazywały się pierwsze numery, kolekcjonowanie meteorytów było pomysłem tak szalonym, że tylko pojedynczy zapaleńcy mogli się nań porwać. Zarówno same meteoryty jak i poświęcone im publikacje z Zachodu były trudno dostępne i drogie, więc zdobywanie jednych i drugich wymagało sporego wysiłku. Obecnie wiele informacji można łatwo znaleźć w internecie, a książki i meteoryty sprowadzane z całego świata są bardziej przystępne cenowo. Nikt już nawet nie próbuje opracowywać katalogu okazów w polskich zbiorach, bo grono kolekcjonerów bardzo się rozszerzyło. Niektórzy zgromadzili kolekcje na światowym poziomie i udostępniają je nie tylko innym hobbystom, ale też szerszej publiczności, czasem we współpracy z muzeami.

Na pewno branża skomercjalizowała się, co ma dobre i złe strony. Sprzedaż meteorytów — w porównaniu z dawniejszymi czasy niemal masowa — sprawia, że kolekcjonerom łatwiej je zdobyć. Poszukiwacze, w tym również ci, którzy szukają tylko dla zysku, mogą przebadać znacznie większe tereny i uzyskać więcej okazów poprzez wymianę i zakupy niż naukowcy czy poszukiwacze hobbysty. Z drugiej strony, gdy w grę wchodzi duże pieniądze, pojawiają się napięcia między ludźmi, a czasami także działania wątpliwe moralnie i prawnie. Dla odmiany, niektórzy poszukiwacze, jak ci z Sekcji Meteorytowej Pracowni Komet i Meteorów, z założenia przeznaczają wszystkie znalezione okazy na cele naukowe. Natrafić można zatem na bardzo szerokie spektrum różnych podejść do meteorytów i ich wartości materialnej. Myślę więc, że

zależnie od tego, kogo spotka człowiek po raz pierwszy dowiadujący się o meteorytach, różne wrażenie wyniesie o całej branży i o nas wszystkich.

Na początku swojego istnienia „Meteoryt” publikował wiele informacji wprowadzających początkujących kolekcjonerów w tajniki klasyfikacji, pochodzenia i przechowywania meteorytów. Po ich opublikowaniu, w kolejnych numerach więcej miejsca musiały zająć aktualności, pochodzące częściowo z pism zagranicznych. Obecnie część z tych pism już nie istnieje, a inne stały się łatwiej dostępne w oryginale. Wiemy dzisiaj zatem znacznie więcej niż 25 lat temu, a zarazem łatwiej jest znaleźć informacje w innych źródłach. Może więc meteoryty nam spowszedniały i właśnie to jest przyczyną, dla której ostygł też nasz entuzjazm do tworzenia nowych materiałów dla „Meteorytu”. Jakakolwiek by ta przyczyna nie była, „Meteoryt” zdążył odegrać dla mnie osobiście bardzo ważną rolę i te sto numerów będzie zawsze zajmować poczesne miejsce w mojej bibliotece.



Michał Kosmowski interesuje się wieloma dziedzinami, z którymi po raz pierwszy zetknął się już jako dziecko, w tym: programowaniem (zawodowo), zaś hobbyistycznie: origami i meteorytami.

Dlaczego kopie?

Piotr Górski

Każdy meteoryt jest niepowtarzalny i wyjątkowy, choćby z samego faktu bycia meteoritem. Jednak tylko niektóre zasługują na to, by stworzyć ich reprodukcje. Jedne powstały, by można było zobaczyć rzeczywisty wygląd nigdzie nie eksponowanych meteorytów, drugie, by odtworzyć już nieistniejące, a jeszcze inne, by cieszyć się widokiem unikalnych okazów, dostępnych tylko dla nielicznych.

Wszystkie kopie są zrobione z żywicy odlewniczej z domieszką pyłu meteorytowego oraz odpowiedniej ilości żelaznego śrutu. Żywica zapewnia wysoką wytrzymałość i trwałość, śrut umożliwia uzyskanie wagi oryginału, a meteorytowy pył podnosi atrakcyjność „wyrobu”. Pył dodany został także do niektórych farb, użytych przy malowaniu powierzchni. Potraktowany został jako pigment imitujący rdzę.

Dla uzyskania magnetyczności, podstawowej cechy meteorytów, stalowe kuleczki dodane zostały także do warstwy zewnętrznej, dzięki czemu w każdym miejscu powierzchnia jest przyciągana przez magnes.

Pomysł na stworzenie kopii polskich meteorytów pojawił się już kilka lat wcześniej. Jednak dopiero autentyczna potrzeba uruchomiła proces, który doprowadził do realizacji pomysłu.

Wilkanówko

Mieszkam w Zielonej Górze, kilka kilometrów od miejsca spadku meteorytu. Już choćby dlatego bardzo zależało mi na wykonaniu kopii głównej masy Wilkanówka.

We wrześniu 2015 roku razem z dr Szymonem Kozłowskim ustalali-



śmy skład i wygląd wystawy meteorytów w powstającym w Zielonej Górze planetarium. Wśród zaplanowanych ponad 100 okazów znajdowały się dwa małe fragmenty zielonogórskiego meteorytu. Aby móc je oglądać, musiały zostać umieszczone za szkłem powiększającym.

Dodatkowo, specjalnie dla tych fragmencików, zaplanowana została całkowicie niezależna gablota. Właśnie ten fakt był tą autentyczną potrzebą. Wypowiedziany głośno pomysł uruchomił proces, dzięki któremu w gablocie Planetarium leży od ponad roku kopia meteorytu Wilkanówko. Jednak, aby do tego doprowadzić, należało zaplanować i zrealizować kilka niezbędnych kroków.

Meteoryt Grüneberg przechowywany jest w szufladach Muzeum Historii Naturalnej w Berlinie. Za kolekcję meteorytów odpowiedzialny jest dr Ansgar Greshake. Liczyliśmy na jego przychyłność i pomoc w uzyskaniu zgody na zeskanowanie meteorytu. O tę przychyłność zadbał dr Tomasz Jakubowski, a o zredagowanie i wysłanie skutecznej prośby do berlińskiego muzeum postarał się Szymon. Obaj zrobili to doskonale.

Na początku października otrzymaliśmy zgodę na wykonanie zdjęć oraz zeskanowanie meteorytu.

Do Muzeum zawitaliśmy w poniedziałek 22 lutego 2016 roku. Tomek i ja. Oprócz zrealizowania głównych celów wyprawy przeżyliśmy niezapomnianą meteorytową przygodę, podczas której trzymanie w swoich dłoniach wielu historycznych meteorytów było tylko wisienką na wyśmienitym torcie.

Podczas kolejnego etapu należało doprowadzić do powstania wzorcowego modelu meteorytu, który miał posłużyć do wykonania formy odlewniczej. Wystarczyło pobawić się komputerem i wykorzystać drukarkę przestrzenną, by po całonocnym drukowaniu zmaterializował się jeden z polskich meteorytów w wersji plastikowej. Podczas kolejnych kilku tygodni odbywała się ręczna robota, podczas której powierzchnia ewoluowała od wyjściowej, z widocznymi warstwami wydruku, do ostatecznej, odwzorowującej powierzchnię prawdziwego meteorytu.

Wykonanie silikonowej formy i zrobienie dziesięciu odlewów było najłatwiejszą fazą projektu. Zwłaszcza, że podczas tego etapu wspomógł mnie profesjonalny „odlewnik”.

Prawdziwa zabawa rozpoczęła się podczas malowania surowych „meteorytów”. Przyznam się, że sporo się





wtedy dowiedziałem o materiałach i technikach malowania modeli. Po- wiem tylko, że aby uzyskać niektóre efekty, należy nanosić farby w wielu etapach. Można w ten sposób otrzy- mać większą głębię kolorów, a wygląd będzie bardziej naturalny.

Baszkówka

Wiedziałem, że wiele lat wcześniej zostało wykonanych pięć gipsowych odlewów meteorytu. Gdy dowiedział- łem się, że jedną z tych kopii posiada w swojej meteorytowej kolekcji Kazi- mierz Mazurek, jeszcze tego samego dnia cieszyłem się z jego zgody na wypożyczenie.

Kopia posiadała odpryski i małe dziurki pogazowe, które musiały być naprawione. Niestety nie mogłem mo- dyfikować nie swojej własności i bez- pośrednio wykorzystać wypożyczonej kopii. Zrobiona została więc forma pośrednia, w której powstał odlew użyty do wykonania modelu. Teraz mogły zostać uruchomione ostatnie etapy — forma, odlewy, malowanie. I drugi polski „meteoryt” mógł trafić do gabloty.

Kopie wykonane zostały w dwóch wersjach - lekkiej, ważącej około 1,2 kg, wypełnionej pianką poliureta-

nową, oraz ciężkiej, ważącej 15,7 kg.

Muszę powiedzieć, że oprócz wielkiej przychylności i olbrzymiego zaufania Kazimierz ma niezaprzeczal- ny talent literacki. Jako dodatek do kopii Baszkówki otrzymałem jeszcze indywidualny limeryk:

*Trzeba było ruszyć główką
by mieć kopię Wilkanówko.
Zamiast lecieć gdzieś na Ural
kopię zrobił Piotrek „Gural”.
Teraz zajmie się Baszkówką.*

To było i zaskakujące i bardzo miłe.

Sołtmany

Najbardziej doświadczony polski meteoryt — zdobył miano kosmicz- nego Hammera, gdy rozbił się na kilka fragmentów przebijając dach mazurskiego domku i uderzając w be- tonowe schody. W późniejszym czasie otrzymał od swojego właściciela kilka ciosów zwykłym młotkiem, co skutecznie przemieniło go w większą ilość jeszcze mniejszych fragmentów. Ironia losu.

W tym przypadku wzrósł poziom trudności. Niestety nie było meteorytu, więc nie było czego skopiować. Niechcący z pomocą przyszedł prof. Tadeusz Przylibski zlecając w 2013

roku wirtualną rekonstrukcję zniszczo- nego meteorytu, a świadomie pomógł dając mi płytę z oryginalnymi filmami. Mając dodatkowo zestaw zdjęć wielu fragmentów można było pokusić się o wykonanie modelu całego mete- orytu.

Tym razem nie trzeba było wy- korzystać zdobyczy technicznych lecz można było poprzestać na zdo- byczach ewolucyjnych — dłoniach i wyobraźni. Model musiał zostać albo wyrzeźbiony, poprzez odbieranie kolejnych warstw z większej bryły, albo ulepiony, poprzez nakładanie coraz nowszych warstw. Ostatecznie wykorzystane zostały obie techniki. Do wykonania modelu użyta została samoutwardzalna masa rzeźbiarska, którą można formować jak plastelinę, a po wyschnięciu obrabiać jak ciało stałe. Cała reszta prac była powtórze- niem pierwszego poziomu — forma, odlewy, malowanie. I jeszcze jeden polski „meteoryt” mógł trafić do ga- bloty.

Grzempy

Meteoryt wielkości gęsiego jaja znajdujący się w Muzeum Geolo- gicznym PAN w Krakowie. Jedyne okaz, który można zobaczyć na żywo





w Krakowie oraz w wersji wirtualnej na stronie: <http://muzea.malopolska.pl/obiekty/-/a/26837/4881231#>

Właśnie wirtualna wersja posłużyła do wykonania kopii meteorytu. Wykorzystane zostały dobrodziejstwa cywilizacji technicznej wg sprawdzonego modelu: komputer, drukarka 3D, wysokoobrotowa szlifierka palcowa, forma, odlewy, malowanie. I czwarty polski „meteoryt” trafił do gabloty. Tym razem łatwizna.

Siewierz

Piękny polski meteoryt bez świadectwa autentyczności.

W tym przypadku pojawił się nowy model postępowania. Podczas IX Konferencji Meteorytowej, która odbyła się w dniach 3-5.06.2016 w Łodzi, Marcin Cimała zaprezentował uczestnikom nowy polski meteoryt i pozwolił na dłuższą sesję fotograficzną. Wykonałem kilka serii zdjęć obracając meteoryt o 360 stopni wokół jego osi. Mając przynajmniej dwie takie serie, po kilkadziesiąt zdjęć każda, można było wygenerować, w specjalnym programie, trójwymiarowy model meteorytu. Wyszło wyśmienicie. I kolejny polski „meteoryt” trafił do gabloty.

Tartak

Bardzo delikatny meteoryt żelazny całkowicie pocięty przez znalazcę ręczną gumówką.

Z Tartakiem było sporo trudności. Tak jak w przypadku Sołtan pojawił się dylemat: rzeźbić czy dodawać do siebie kolejne warstwy? Co prawda można było dotrzeć do sporej ilości zdjęć meteorytu wykonanych zanim został pocięty, jednak same zdjęcia nie wystarczały. Należało odszukać obecnych właścicieli pełnych przekrojów, które po złożeniu ze sobą umożliwiłyby uzyskanie trzeciego wymiaru przynajmniej części meteorytu. Dopiero mając zdjęcia z dokładnymi wymiarami, od wystarczającej gromadki meteoryciarzy, można było rozpocząć prace nad odtworzeniem pierwotnego wyglądu meteorytu.

Tym razem użyta została drukarka tradycyjna. Wydrukowane w naturalnej skali zdjęcia obu stron płytek zostały ponaklejane na deseczkach o odpowiednich grubościach. Tak przygotowane płytki należało połączyć ze sobą uzupełniając kilka braków dodatkowymi wkładkami, by zgadzała się całkowita wielkość. Wzajemne ułożenie kolejnych płytek ułatwiał nie tylko kształt krawędzi, ale także widoczne figury Widmanstättena.

Nie było najmniejszych wątpliwości, w jakim miejscu meteorytu powinien znajdować się konkretny fragment. Pozostało posklejać całość w jedną bryłę i pozostawić do wyschnięcia. Dopiero na tym etapie pracy mogłem zacząć wykorzystywać stertę zdjęć całego okazu. Ostatecznie także ten meteoryt stał w gablocie jako kopia.

Mam nadzieję, że w przyszłości uda mi się dołączyć do powyższej kolekcji kilka kolejnych kopii wyjątkowych polskich meteorytów.

Oprócz wymienionych w artykule osób do powstania opisywanych kopii przyczynili się także: Jacek Drażkowski, Marian Madej, Grzegorz Składanek, Łukasz Smuła, Kereszty Zsolt.

Bez przyjaciół i ludzi o wielkim sercu nie miałbym najmniejszych szans by ucieleśnić swój pomysł.

Dziękuję Wam.



Piotr Górski, kolekcjoner i poszukiwacz meteorytów, członek zarządu PTMet.



Wyjątkowe okazy meteorytu Pułtusk, a stan meteorytyki i planetologii w Polsce

Tadeusz A. Przylibski, Katarzyna Łuszczek

Andrzej Pilski przywiózł 10 lutego 2016 roku do Wrocławia, do Laboratorium Geologii i Planetologii Zakładu Geologii i Wód Mineralnych na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej (LGiP) próbkę nowego meteorytu. Nazwa instytucji brzmi może nieźle, ale zespół badawczy zajmujący się meteorytyką i planetologią stanowił wówczas jeden prawie profesor i jedna prawie doktor. Wyposażenie laboratorium nie pozwalało na nic poza przygotowaniem fragmentów meteorytu do badań geo(kosmo)chemicznych, mineralogicznych i petrologicznych, czy też z zakresu geologii planetarnej (planetologii) i to nie w pełnym zakresie. Wiedza personelu wprowadziła już spora, ale wciąż daleka była od tej, jaką reprezentują pracownicy instytucji prowadzących dydaktykę i dotowanych przez przemysł lub instytucje finansujące naukowe badania z zakresu szeroko pojętej geologii planetarnej (Planetary Science lub Earth and Planetary Science). Do dzisiaj zresztą w Polsce takiego wydziału, instytutu, czy zakładu naukowego lub choćby zespołu badawczego dysponującego własnym laboratorium nie ma. W efekcie nawet pompatyczne tworzenie Polskiej Agencji Kosmicznej z budżetem pozwalającym na utrzymanie grupki urzędników niewiele w tej kwestii zmienia do dzisiaj. Zwykle taką jednostkę badawczą, lub lepiej badawczo-dydaktyczno-wdrożeniową tworzy się wokół osoby, która zdobyła wiedzę i umiejętności dzięki studiom i pracy w ośrodkach zagranicznych. Dodatkowo należy zapewnić takiej osobie środki na zatrudnienie odpowiedniego zespołu młodych ludzi zafascynowanych nauką, a także na zakup możliwie najnowocześniejszego

sprzętu badawczego do wyposażenia odpowiedniego laboratorium. W roku 2018 wciąż znajdujemy się w Polsce przed tym etapem.

W związku z takim stanem meteorytyki i nauki o planetach w Polsce prześledzenie dalszej drogi meteorytu przywiezionego przez Andrzeja do naszego laboratorium pozwoli być może zrozumieć osobom nie związanym profesjonalnie z nauką, jak bardzo różni się pod względem możliwości badawczych od krajów takich jak Niemcy, Francja, UK, o USA nie wspominając. Może uda się wielu czytelnikom zrozumieć, dlaczego polskie meteoryty są wciąż klasyfikowane poza granicami kraju i dlaczego naprawdę zaawansowane badania z zakresu meteorytyki i nauki o planetach nie są prowadzone w Polsce, a przynajmniej nie są prowadzone rutynowo.

Wróćmy do okazu przywiezionego przez Andrzeja w jakiś nieszczególny

dzień lutego. Po obejrzeniu okazu i komentarzu Andrzeja, że może to być Pułtusk (Rys. 1), ale że niekoniecznie „wygląda”, więc trzeba to sprawdzić, razem z Kasią obejrzelismy odwinięty z papierów jeden z kamieni znalezionych nad Narwią w dniu 23 listopada 2015 r. niedaleko Starego Sielca. Znalazcą tych fragmentów jest Piotr Kuś. Jak można się przekonać z jego relacji, przy poszukiwaniach okazów Pułtuska miał on nie lada frajdę (Kuś, 2015).

W dniu 10 II 2016 roku z przywiezionego przez Andrzeja fragmentu autorzy odcieśli próbki do badań. Masa przywiezionego fragmentu przed cięciem wynosiła 288,16 g. Po odcieciu zwrócony Andrzejowi Pilskiemu fragment ważył 248,26 g. Do badań odcięto 4 fragmenty:

Małą piątkę o masie 8,10 g i wymiarach: $34 \times 24 \times 5$ mm,

Mniejszą płytkę cienką o masie 3,47 g i wymiarach: $41 \times 25 \times 1$ mm,



Rys. 1. Bolid pułtusk widziany z Warszawy (Kramsztyk, 1899)

Więszą płytkę cienką o masie 5,73 g i wymiarach: $47 \times 27 \times 1,5$ mm,

Dużą płytkę o masie 15,02 g i wymiarach: $55 \times 30 \times 3$ mm.

Piętka jest mocno zwietrzała na całej zewnętrznej powierzchni. Wnętrze ukazuje wyraźną granicę strefy wietrzenia do głębokości około 3–4 mm.

Makroskopowo nie stwierdzono obecności wyraźnych chondr. Na kilku oglądanych powierzchniach przecięcia zauważono prawdopodobnie jedynie jedną wyraźną chondrę. Stwierdzono dużą ilość ziaren troilitu i metalu. Niezbyt silna reakcja na magnes wskazywała, że zawartość metalu nie jest jednak duża, ale był to tylko orientacyjny pomiar jakościowy. Na tym etapie myśleliśmy nawet, że mamy do czynienia z chondrytem zwyczajnym grupy L. W trakcie odcinania próbek do badań wyraźnie wyczuwalne były skokowe różnice w twardości skały, co różni ten chondryt od przeciętnych chondrytów zwyczajnych (niezbrekcowanych). Nie stwierdziliśmy jednak na powierzchniach przecięcia jakichkolwiek niejednorodności powierzchniowych, tzn. że meteoryt ten nie był brekcją, przynajmniej w skali badanego okazu. Widoczne były jedynie nieliczne, cienkie żyłki szokowe. Podsumowując mogliśmy stwierdzić, że mamy do czynienia z materiałem chondrytowym wysoko przeobrażonego typu petrograficznego, prawdopodobnie 5 lub nawet 6.

Badany fragment meteorytu był dość silnie zwietrzały, ale tylko na powierzchni. Wyraźne zmiany wietrzeniowe sięgały do głębokości około 3–4 mm w głąb okazu. Doskonale widoczna była czarna, miejscami pokryta brązowymi wodorotlenkami żelaza, skorupa obtopieniowa o grubości mniejszej od 0,5 mm. Na udostępnionym nam do badań okazie nie wykazywała ona ukierunkowania.

Znalezienie dwóch odrębnych, ale pasujących kształtem do siebie, okazów leżących w odległości około 1 m (Kuś, 2015) wskazuje, że meteoryt ten rozpadł się na bardzo niewielkiej wysokości, albo podzielił się na dwie części dopiero na skutek uderzenia w powierzchnię gruntu. Wcześniej jednak musiał być już pęknięty, gdyż upadł na miękki grunt – przybrzeżne zarośla nad Narwią, według relacji znalazcy (Kuś, 2015).

W dniach 1–2 III 2016 roku

w LGiP przecięto odcięte uprzednio płytki i podzielono je w sposób umożliwiający wykonanie preparatów do różnych badań. W wyniku cięcia zostały przygotowane: 4 płytki do wykonania preparatów mikroskopowo-mikrosondowych o masach: 2,43 g, 2,43 g, 1,92 g oraz 1,48 g, 2 fragmenty do badań właściwości fizycznych oraz do badań izotopowych: ogryzek o masie 3,83 g i ścinek o masie 0,70 g, a także 1 duży fragment do badań uśrednionego składu chemicznego (*ang. bulk chemistry*), który stanowi płytka o masie 11,12 g. Pozostawiono także reper (zapas) w postaci piętki o masie 8,09 g. Dwa dni pracy? Widocznie mieliśmy akurat dużo wolnego czasu na początku letniego semestru.

W dniu 7 III 2016 roku wysłaliśmy przesyłkę pocztową zawierającą 4 przygotowane 1 i 2 III 2016 r. płytki do wykonania preparatów mikroskopowo-mikrosondowych na prywatny adres szlifierza. Niestety w Polsce brakuje wyspecjalizowanych pracowników przygotowujących preparatów do badań meteorytów na mikroskopach petrograficznych i analizatorach składu chemicznego w mikroobszarze (tzw. mikrosondach). Dopiero w roku 2017 we Wrocławiu powstał taki ośrodek wyposażony w nowoczesną linię technologiczną i przygotowany do takich zadań personel. Znajduje się on w KGHM CUPRUM Sp. z o.o. – Centrum Badawczo-Rozwojowym. Koszty wykonania preparatów pokryte zostały z prywatnych środków autorów... takie hobby.

W dniu 8 III 2016 roku ścinek o masie 0,70 g przeznaczono do analiz właściwości termofizycznych na Politechnice Łódzkiej (dr inż. Radosław Wach).

W dniu 15 III 2016 roku płytka o masie 11,11 g została skruszona i zmielona w LGiP przy użyciu kruszarki BB51 i młynka PM100 firmy Retsch. Wykorzystano szczęki kruszarki i okładziny wykonane z tlenku cyrkonu, a okładziny młynka i kulki do mielenia materiału chondrytu wykonane z tlenku glinu. Użyty materiał ścierny ma zna-

czenie dla oznaczania poszczególnych pierwiastków z dużą dokładnością, a taką charakteryzuje się metoda ICP MS (*ang. inductively coupled plasma mass spectrometry; spektrometria mas sprzężona z plazmą wzbudzaną indukcyjnie*). Masa zmielonej próbki wynosi 10,87 g. Próbką tą jest przeznaczona do wykonania analiz uśrednionego składu pierwiastkowego (*ang. bulk chemical composition*) w laboratorium ACME w Kanadzie przy zastosowaniu metody ICP MS. Czekamy z wykonaniem analiz na przygotowanie 20 próbek, aby maksymalnie wykorzystać środki finansowe, gdyż opłatę ponosi się za pakiet 20 próbek, niezależnie od faktycznej liczby próbek wysłanych do badań (skrupulatnie liczymy koszty...). Dlaczego Kanada? Koszt oznaczenia pojedynczego pierwiastka w próbce w tym laboratorium wynosi około 1 dolara (kanadyjskiego), a metoda umożliwia oznaczanie ponad 50 pierwiastków z dokładnością sięgającą ppm. Tak niskiej ceny nie może zaoferować żadne naukowe, ani nawet komercyjne laboratorium w Europie, ani tym bardziej w Polsce. Laboratorium ACME ze względu na liczbę komercyjnych analiz oferuje najniższe możliwe ceny i zapewnia wysoką jakość analiz. Jest luty 2018 roku, czekamy... aż uzbiera się 20 próbek meteorytów do analizy (na razie są chyba 3...).

W dniu 18 III 2016 roku ścinek o masie 0,70 g wysłaliśmy pocztą do analiz właściwości termofizycznych na Politechnice w Łodzi (dr inż. Radosław Wach). Liczymy na wykonanie wspólnych badań, których wyniki wykorzystamy do wspólnej publikacji naukowej. To kolejny sposób na uniknięcie ponoszenia kosztów analiz... Wszystko zresztą w ramach PTMet.

		Fo	Fa	Te
		[% wag.]		
wyniki analiz autorów	min	79,62	18,39	0,46
	max	81,14	19,91	0,60
	średnia	80,28	19,21	0,52
H3.8	min	80,55	18,87	0,42
	max	84,78	14,80	0,58
	średnia	82,40	17,10	0,53
H4/5	min	80,06	17,44	0,50
	max	81,61	19,25	0,57
	średnia	80,75	18,53	0,53
H5+H6	min	79,69	17,56	0,48
	max	81,94	19,82	0,56
	średnia	80,67	18,81	0,52

Tab. 1. Porównanie analiz składu chemicznego oliwinów przeprowadzonych przez autorów z wynikami uzyskanymi przez Krzezińską (2013). Zacieniono wyniki analiz Krzezińskiej (2013) najbliższe wynikom uzyskanym przez autorów.

W dniach 9–10 IX 2016 roku wykonano analizy chemiczne w mikroobszarze na mikrosondzie Cameca SX100 w Bratysławie (Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra). Było to możliwe dzięki „wykombinowaniu” (to niestety smutna codzienność badań meteorytów w Polsce) środków finansowych umożliwiających pokrycie kosztów wykonania analiz na mikrosondzie, a także kosztów podróży Kasi i jej pobytu w Bratysławie w czasie wykonywania analiz. Wyjazd trzeba było oczywiście zgrać w czasie z wolnym od zajęć ze studentami oraz zarezerwować miejsce na mikrosondzie z kilkumiesięcznym wyprzedzeniem. Udało się i wyniki tych analiz mogliśmy przeliczyć na skład chemiczny poszczególnych minerałów w dniu 26 VII 2017 roku. Tyle czasu zajęło znalezienie kilku godzin wolnego od obowiązków naukowo-dydaktyczno-organizacyjnych dla mnie i Kasi jednocześnie.

W kolejnych dniach lipca 2017 roku autorzy poddali płytki cienkie obserwacjom mikroskopowym. Wykorzystali do tego znajdujący się w LGiP mikroskop Nikon Eclipse LV100PL umożliwiający obserwacje w świetle spolaryzowanym przechodzącym oraz w świetle odbitym (do obserwacji minerałów kruszcowych). W czasie tych badań wykonano także zdjęcia.

W obrazie mikroskopowym autorzy stwierdzili dużą liczbę utlenionych ziaren FeNi. Niektóre z nich były utlenione nawet całkowicie i zamiast rodzimego metalu (FeNi) pod mikroskopem widoczne były tlenki i wodorotlenki żelaza. Część z nich wewnątrz jednak posiada fragmenty nieutlenionego FeNi, a niektóre ziarna stopu FeNi utlenione są w niewielkim stopniu i tylko na brzegach. Troilit (FeS) utleniony jest tylko nieznacznie. Wodorotlenki i tlenki żelaza wchodziły w spękania krzemianów i tworzą krótkie żyłki między ziałami metalu (FeNi), siarczków (FeS) i krzemianów. Wskazuje to na stopień wietrzenia W2. Zaskakujące jest stwierdzenie tak niskiego stopnia wietrzenia zważywszy na klimat i środowisko, w jakim leżał badany fragment meteorytu przez niemal 150 lat.

W obrazie mikroskopowym zaobserwowano również silnie spękaną ziarną krzemianów, zarówno piroksenów (Px), jak i oliwinów (Ol) (rys. 2),

		enstatyt			diopsyd		
		En	Fs	Wo	En	Fs	Wo
		[% wag.]			[% wag.]		
wyniki analiz autorów	min	80,79	16,39	1,22	47,17	5,69	44,08
	max	82,26	17,42	1,85	49,10	8,72	46,32
	średnia	81,75	16,72	1,53	47,99	6,85	45,16
H3.8	min	82,02	15,52	0,31	46,71	5,33	46,91
	max	83,78	17,67	0,70	47,56	5,53	47,97
	średnia	82,90	16,60	0,51	47,14	5,43	47,44
H4/5	min	81,30	16,05	0,84	47,33	5,86	44,64
	max	82,92	17,34	1,45	49,50	6,16	46,51
	średnia	82,11	16,63	1,26	48,32	5,95	45,74
H5+H6	min	81,21	14,24	0,87	47,78	5,66	45,32
	max	84,76	17,43	1,66	48,20	6,56	46,38
	średnia	82,24	16,51	1,25	48,02	6,19	45,80

Tab. 2. Porównanie analiz składu chemicznego piroksenów przeprowadzonych przez autorów z wynikami uzyskanymi przez Krześcińską (2013). Zacięniowano wyniki analiz Krześcińskiej (2013) najbliższe wynikom uzyskanym przez autorów.

a niektóre kryształy Px wygaszają fałszywie światło. Kryształy Ol natomiast zwykle wygaszają światło prosto. Wskazywać to może na bardzo niski stopień szokowy — S1 lub najwyżej S2. Jednak w innych obszarach pojawiają się również planarne spękania wskazujące na wyższy stopień szokowy S2/S3 (rys. 3a-b). Zróżnicowany stopień szokowy jest jedną z charakterystycznych cech chondrytu Pułtusk, odzwierciedlającą skomplikowaną historię deformacji jego ciała macierzystego (Krześcińska, 2013).

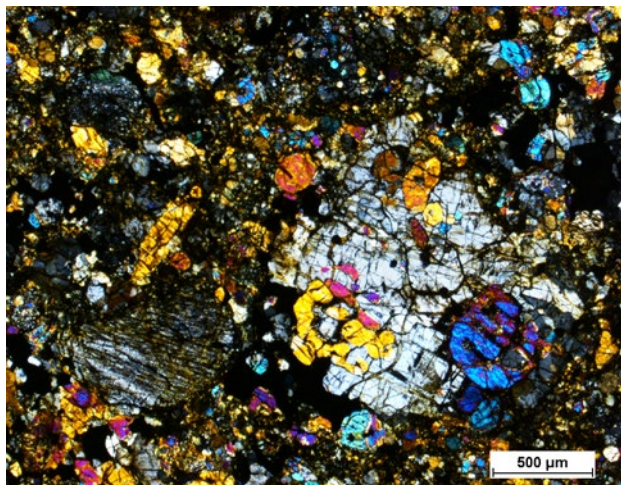
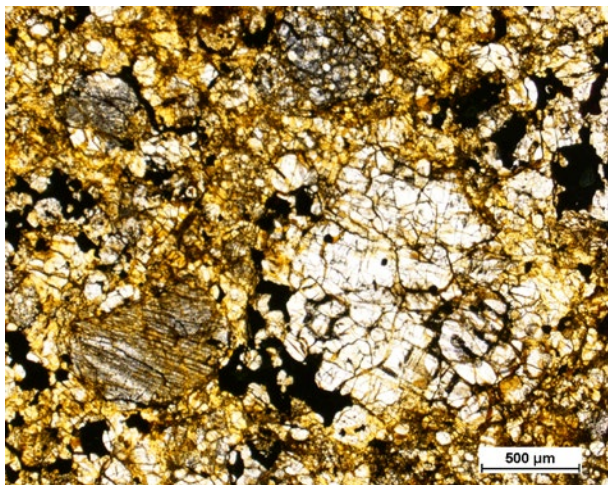
Granice chondr w większości przypadków są niewidoczne, chondry pozostają nieodróżnialne od matrix (rys. 2, 4b i 4c). Rzadko tylko występują chondry wyraźnie odróżnialne od matrix, ze stopniowym przejściem w matrix (rys. 4a i 4d). Taka cecha strukturalna pozwala określić typ petrograficzny badanego meteorytu na 5. Stwierdzone pod mikroskopem chondry, to najczęściej chondry piroksenowe, znacznie rzadziej piroksenowo-oliwinowe i oliwinowe. Stwierdzono wiele ich odmian strukturalnych: PO (porfirowe oliwinowe), POP (porfirowe oliwinowo-piroksenowe; rys. 4b), BO (belkowe oliwinowe; rys. 4c), GO (granularne oliwinowe), RP (promieniste piroksenowe; rys. 2), a być może także BP(?) (belkowe piroksenowe?) oraz promienistą piroksenową mozaikową — z kilkoma

centrami krystalizacji (Rys. 4a). Matrix jest krystaliczne, zbudowane głównie z kryształów oliwinu, w mniejszym stopniu piroksenów. W matrix niektóre drobniejsze kryształy oliwinu są automorficzne i wówczas są one również mniej spękaną od pozostałych.

Autorzy stwierdzili także obecność kryształów plagioklazów (Pl). Występują one jednak rzadko i są niewielkich rozmiarów (20–50 μm). Kryształy piroksenów wygaszają światło prosto i są to zapewne romboidalne pirokseny wapniowe (diopsyd), a także enstatyt. Niektóre jednak kryształy Px, znacznie rzadziej występujące, wykazują wygaszanie światła skośnie, pod niewielkim kątem (<20°). Są to zapewne kryształy jednoskośnego klinoenstatytu. W brzeżnej części jednej z analizowanych płytek cienkich wyraźnie widoczny jest klastyczny inny materiał — pozbawiony Ol,

		Ab	An	Or
		[% wag.]		
wyniki analiz autorów	min	80,48	11,48	4,96
	max	83,04	12,88	7,20
	średnia	82,11	12,14	5,75
H3.8	min	21,12	12,82	0,34
	max	83,15	78,54	4,03
	średnia	51,20	47,00	1,80
H4/5	min	77,07	5,57	3,63
	max	85,17	14,86	9,26
	średnia	82,19	11,48	6,33
H5+H6	min	80,70	11,04	4,62
	max	83,31	12,54	6,75
	średnia	82,56	11,92	5,50

Tab. 3. Porównanie analiz składu chemicznego skaleń przeprowadzonych przez autorów z wynikami uzyskanymi przez Krześcińską (2013). Zacięniowano wyniki analiz Krześcińskiej (2013) najbliższe wynikom uzyskanym przez autorów.



Rys. 2. Fotografie fragmentu chondry promienistej piroksenowej oraz oliwinowej chondry zespolonej o zatartych granicach z matrix, z silnie splekanymi kryształami oliwinów i piroksenów, w świetle spolaryzowanym przechodzącym bez skrzyżowanych nikoli (a) oraz przy skrzyżowanych nikolach (b).

wykazujący znacznie niższe barwy interferencyjne.

Zaprezentowany na zdjęciu 4f klast (chondra?) chromitowo-plagioklazowy wskazuje na obecność także i w badanym przez autorów fragmencie niewielkich enklaw materiału niezrównoważonego typu H3.8 opisanego dokładnie przez Krześcińską (2013).

Następne wolne dni, w których mogliśmy się zająć meteorytowym hobby, nadarzyły się dopiero w 2018 roku. W dniach 24 I 2018 roku oraz 26 I 2018 roku, a także 30 I 2018 roku udało się wygospodarować znowu nieco czasu, aby wykonać odpowiednie przeliczenia analiz chemicznych składu minerałów. Kasia sporządziła różnego rodzaju diagramy i zestawienia podstawowych statystyk, które wcześniej wybraliśmy jako najlepsze do zaprezentowania syntetycznych wyników naszych badań. Ja zająłem się także analizą pracy doktorskiej Koleżanki Agaty Krześcińskiej, jako

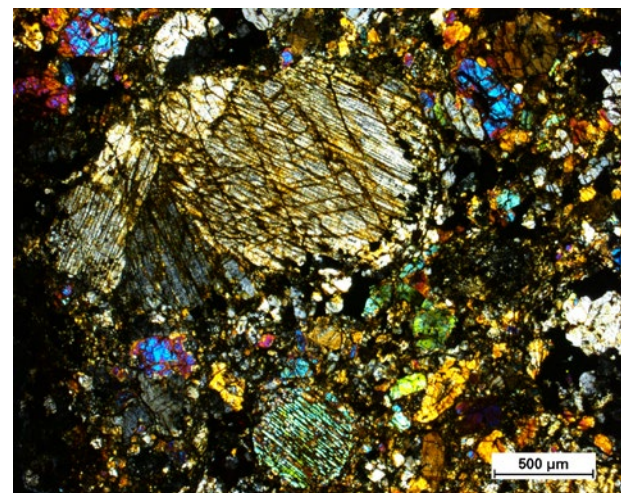
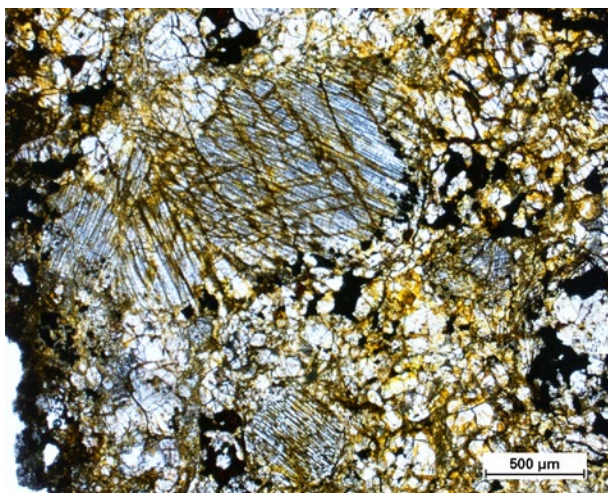
skarbnicy wiedzy o meteorycie Pułtusk (Krześcińska, 2013). Analizy wykonane przez Agatę potraktowaliśmy jako materiał odniesienia. Wyniki naszych prac z zakresu mineralogii znalezionej meteorytu przedstawione są w tabelach 1–5. Dzięki ich analizie możliwe było ostateczne potwierdzenie lub wykluczenie przynależności znalezionych fragmentów do spadku pułtuskiego.

Uzyskane przez nas wyniki składu oliwinów mieszczą się w dość wąskim zakresie (średnio 80,28% Fo, 19,21% Fa i 0,52% Te) i są najbardziej zbliżone do oliwinów analizowanych przez Krześcińską (2013) w części Pułtusa odpowiadającej typom petrograficznym 5 i 6 (średnio 80,67% Fo, 18,81% Fa i 0,52% Te) (tab. 1). Oliwiny skały pułtuskiej typu 3.8 mają większe zawartości Fo i co za tym idzie mniejsze Fa, natomiast typu H4/5 nieco większe zawartości Fo i nieco mniejsze Fa — ogólnie wyniki Krześcińskiej charakteryzują się węższymi zakresami dla Fo

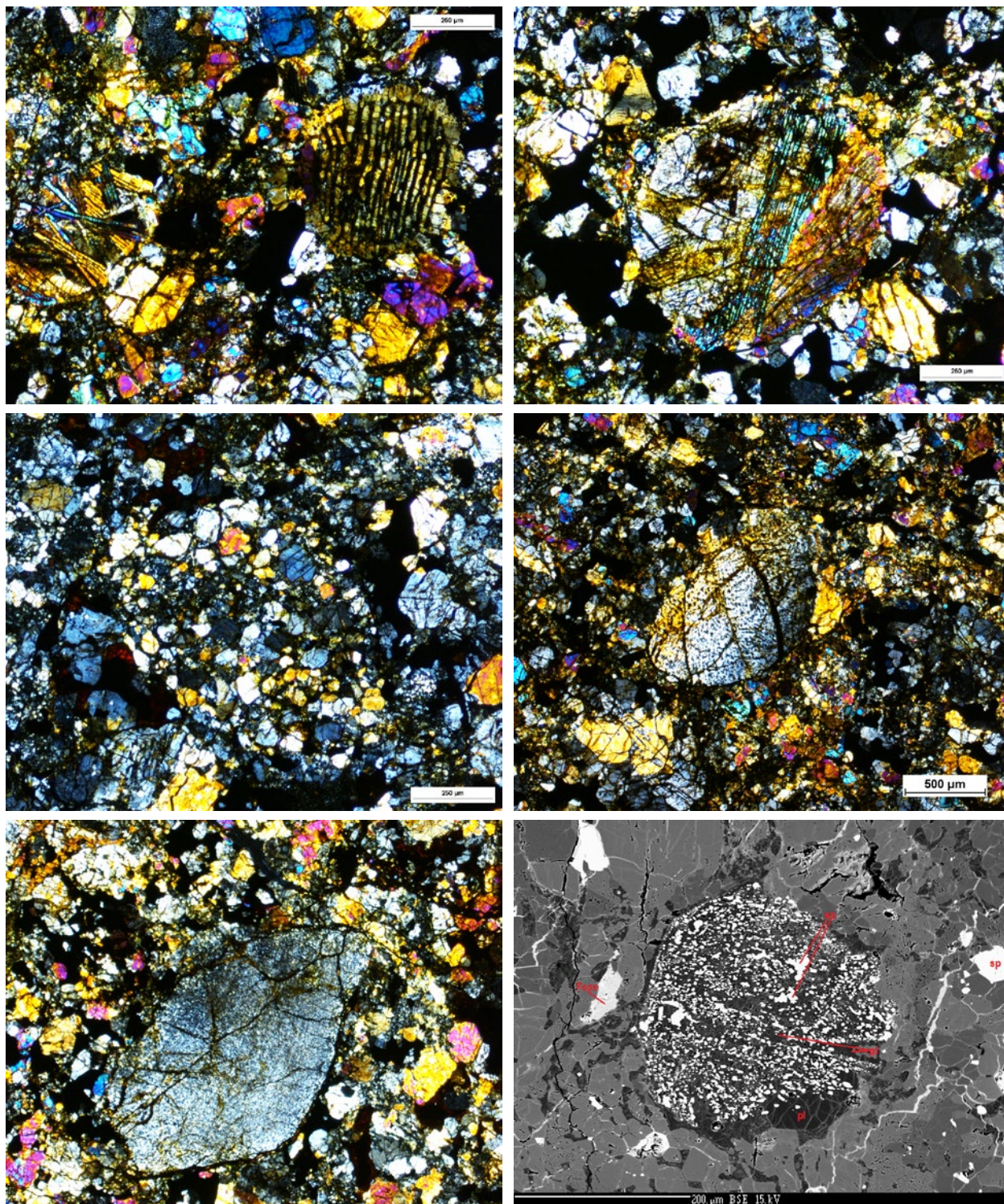
i Fa, niż dane uzyskane przez autorów. Wynika to zapewne z mniejszej liczby analiz prezentowanych w pracy Krześcińskiej.

Uzyskane przez nas dane składu enstatytu mieszczą się w zakresie wyników uzyskanych przez Krześcińską (2013) dla fragmentów Pułtusa typu H4/5. Analizy przeprowadzone przez nas w kryształach diopsydu są natomiast najbardziej zbliżone do wyników Krześcińskiej (2013) uzyskanych dla skały pułtuskiej typu H5+H6 (tab. 2). Enstatyt w skałe pułtuskiej typu H3.8 ma większą zawartość części En i mniejszą zawartość części Fs i Wo, natomiast w skałe typu H5+H6 ma on skład bardzo zbliżony do typu H4/5, a co za tym idzie, do analizowanych przez nas kryształów enstatytu. Wskazuje to, że badana przez nas materia jest najprawdopodobniej typu H5 i reprezentuje niewątpliwie fragment spadku pułtuskiego.

Podobnie jak w przypadku diopsydu, przeprowadzone przez nas analizy



Rys. 3. Fotografie planarnych spękań kryształu piroksenu w świetle spolaryzowanym przechodzącym bez skrzyżowanych nikoli (a) oraz przy skrzyżowanych nikolach (b).



Rys. 4a-f. Fotografie a-e w świetle spolaryzowanym przechodzącym przy skrzyżowanych nikolach (a) chondra belkowa oliwinowa, (b) chondra promienista piroksenowa mozaikowa, (c) chondra porfirowa piroksenowo-oliwinowa, (d) fragment chondry promienistej piroksenowej/szklistej (?), (e) klast materii o wyraźnie innym składzie mineralnym, (f) agregaty chromitowo-plagioklazowe? (chondra?) w obrazie BSE (ang. back scattered electrons — elektronów wtórnie rozproszonych).

skaleni najbardziej przypominają swym składem skalenie skały typu H5+H6 badane przez Krześcińską (2013) (tab. 3). Skalenie w skale typu H3.8 charakteryzują się bardzo dużą zmiennością składu, w skale typu H4/5 mają co prawda zbliżoną zawartość cząstki Ab, jednak mniejszą cząstki An, a co za tym idzie większą Or w porównaniu z uzyskanymi przez nas wynikami.

Analizowane przez nas ziarna stopu FeNi zbudowane są z kamacytu oraz taenitu (rys. 5). Autorzy nie wykonali żadnych analiz FeNi w mikroobszarze, których skład mógłby wskazywać na obecność tetrataenitu. Szczegółowy skład kamacytu i taenitu przedstawiono w tabeli 4. Uzyskane przez nas wyniki składu chemicznego kamacytu charakteryzują się mniejszą zawartością

Fe (średnio o około 2% wag.) od jego zawartości w ziarnach kamacytu analizowanych przez Krześcińską (2013) we fragmentach Pułtusa typu H4/5 czy H5+H6. Średnia zawartość Ni w analizowanym przez nas kamacycie jest nieznacznie większa niż średnia w kamacycie skały typu H4/5 i o 1% większa niż średnia w kamacycie skały typu H5+H6 (Krześcińska, 2013).

Średnia zawartość Co w analizowanym przez nas kamacycie jest mniejsza od średniej zawartości tego pierwiastka w kamacycie skały typu H4/5 czy H5+H6 analizowanym przez Krześcińską (2013). Ze względu na małą liczbę danych dotyczących koncentracji miedzi w kamacycie uzyskane przez Krześcińską dane nie stanowią wiarygodnego punktu odniesienia dla danych autorów. Autorzy oznaczyli także niewielką zawartość Cr przede wszystkim w ziarnach taenitu (tab. 4).

Średnia zawartość Fe, Ni i Cu w analizowanych przez nas ziarnach taenitu jest zbliżona do zawartości tych pierwiastków w ziarnach taenitu skały typu H4/5 badanych przez Krześcińską (2013). Jedynie koncentracje Co w ziarnach taenitu uzyskane przez autorów są nieco mniejsze od uzyskanych przez Krześcińską (tab. 4).

Ziarna troilitu analizowane przez autorów charakteryzują się nieco mniejszą zawartością Fe i S, a także Co niż ziarna troilitu skały typu H4/5 i H5+H6 badane przez Krześcińską (2013) (tab. 5).

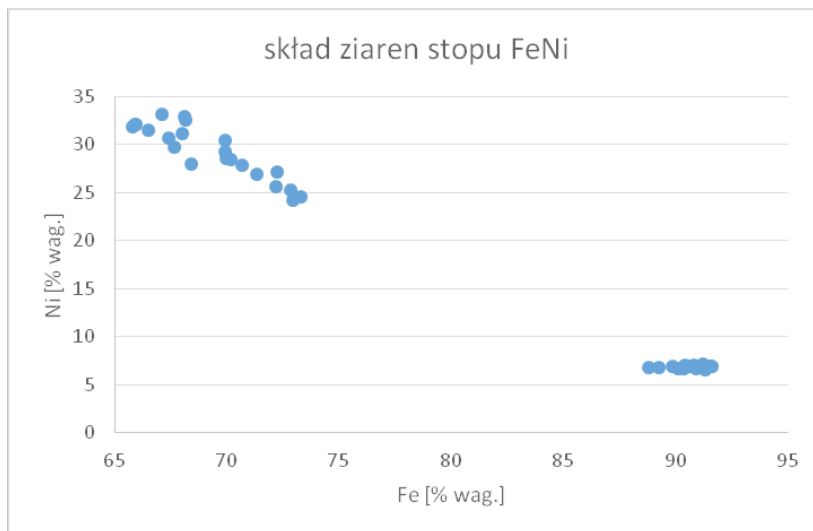
Chromit wykazuje domieszki przede wszystkim glinu i manganu, a więc zawartość cząstki spinelu właściwego. Uśredniony wzór chemiczny analizowanych przez autorów ziaren chromitu można zapisać jako: $(\text{Cr}_{1,62}\text{Al}_{0,27}\text{Ti}_{0,06}\text{V}_{0,02}\text{Fe}^{3+}_{0,03})_2(\text{Mg}_{0,17}\text{Fe}^{2+}_{0,79}\text{Mn}_{0,03}\text{Zn}_{0,01})\text{O}_4$. Stwierdzono także obecność spinelu z dużą domieszką cząstki chromitu $(\text{Al}_{1,33}\text{Cr}_{0,65}\text{Ti}_{0,01}\text{V}_{0,01})_2(\text{Mg}_{0,53}\text{Fe}^{2+}_{0,46}\text{Mn}_{0,01}\text{Zn}_{0,01})\text{O}_4$.

WNIOSKI

Powodem do satysfakcji jest stwierdzenie, że znalezione przez Piotra Kusia okazy meteorytu są niewątpliwie częścią spadku pułtuskiego

		Fe	S	Ni	Co
		[% wag.]			
wyniki analiz autorów	min	61,40	35,31	0,00	0,00
	max	63,02	36,30	0,05	0,04
	średnia	62,41	35,90	0,03	0,02
H4/5	min	62,76	36,50		0,09
	max	63,79	36,54		0,11
	średnia	63,32	36,51		0,10
H5+H6	min	63,57	36,40		0,10
	max	64,43	36,50		0,11
	średnia	64,00	36,45		0,11

Tab. 5. Porównanie analiz składu chemicznego troilitu przeprowadzonych przez autorów z wynikami uzyskanymi przez Krześcińską (2013).



Rys. 5. Zawartość Fe i Ni w analizowanych ziarnach stopu FeNi ukazująca wyraźny podział na kamacyt i taenit.

		kamacyt					taenit				
		Fe	Ni	Co	Cu	Cr	Fe	Ni	Co	Cu	Cr
		[% wag.]					[% wag.]				
wyniki analiz autorów	min	88,80	6,58	0,51	0,00	0,00	65,78	24,24	0,15	0,11	0,00
	max	91,64	7,13	0,57	0,05	0,02	73,30	33,09	0,23	0,21	0,06
	średnia	90,70	6,87	0,54	0,02	0,004	69,30	29,28	0,18	0,16	0,01
H4/5	min	92,44	5,96	0,62	0		67,01	26,05	0,26	0,14	
	max	93,43	6,84	0,71	0,04		74,24	32,65	0,36	0,21	
	średnia	92,94	6,50	0,66	0,02		70,63	29,35	0,31	0,18	
H5+H6	min	91,99	4,58	0,66	b.d.		60,47	33,31	0,22	0,62	
	max	93,99	6,86	0,82	b.d.		66,34	38,98	0,32	b.d.	
	średnia	92,98	5,85	0,71	b.d.		63,41	36,15	0,27	0,62	

Tab. 4. Porównanie analiz składu chemicznego ziaren stopu FeNi przeprowadzonych przez autorów z wynikami uzyskanymi przez Krześcińską (2013). Zacięto wyniki analiz Krześcińskiej (2013) najbliższe wynikom uzyskanym przez autorów.

z 30.01.1868 r. Badany okaz można sklasyfikować jako chondryt zwyczajny **H5, W2, S2**. Podobnie, jak w pracy doktorskiej Agaty Krześcińskiej z 2013 roku, autorom udało się stwierdzić obecność skały o zróżnicowanym stopniu szokowym — od S1 do S2/3, jak również obecność skały zawierającej klast (chondr?) chromitowo-plagioklazowy skały niezrównoważonej, scharakteryzowanej przez Krześcińską jako materiał H3.8. Wyjątkowość okazów znalezionych przez Piotra Kusia, z których jeden podaliśmy analizom, polega na tym, że stanowią one dwie pasujące do siebie części, które prawdopodobnie jeszcze kilka metrów nad powierzchnią Ziemi stanowiły jedno ciało.

Przyjemna jest współpraca kolekcjo-

nerów, dealerów, poszukiwaczy i ludzi nauki, jeśli prowadzi do satysfakcji wszystkich, przy dużej dozie cierpliwości tych pierwszych, w obecnych realiach możliwości nawet podstawowych badań meteorytów w Polsce, niestety.

Jeżeli w Polsce ma powstać ośrodek naukowy zajmujący się profesjonalnymi badaniami z zakresu meteorytyki i planetologii, to należy to zrobić jak najszybciej. Rozproszone pojedyncze osoby zajmujące się tą tematyką badań w Sosnowcu, Wrocławiu, Poznaniu, Łodzi, Warszawie i Krakowie nie zapewniają warunków do rozwoju tych dziedzin nauki. Profesorów hobbystycznie zajmujących się tą problematyką badań niestety szybciej ubywa, niż przybywa. Do rozwoju, a w zasadzie do utworzenia, takiego ośrodka naukowo-dydaktyczno-wdrożeniowego potrzeba zarówno zainwestowania znacznych środków finansowych, jak i zdecydowanej inicjatywy i lobbowania we wszelkich

gremiach naukowych i politycznych. Jeśli ma rozsądnie działać Polska Agencja Kosmiczna, to potrzebujemy wielu ludzi wykształconych w zakresie meteorytyki i planetologii. Polskie Towarzystwo Meteorytowe powinno te działania popierać i promować wykorzystując ku temu wszelkie możliwości.

Fajnie, że z badaniami i opracowaniem wyników zdążyliśmy na 150 rocznicę spadku meteorytu Pułtusk, którą uczymy w czasie tegorocznej X Konferencji Meteorytowej. Skończyliśmy pracę nad tym tekstem dokładnie 30 stycznia 2018 roku.

LITERATURA

Kramsztyk S., 1899 — Komety i gwiazdy spadające. Nakład Gebethnera i Wolffa, Kraków — G. Gebethner i spółka, Warszawa.

Krzesińska A., 2013 — Deformacja i metamorfizm meteorytu pułtuskiego. Praca doktorska. Instytut Nauk Geologicznych PAN, Wrocław. Maszynopis.

Kuś P., 2015 — Wyjątkowe okazy Pułtуска. Meteoryt, nr 4(96), s. 10–11.



dr inż. Katarzyna Łuszczek – asystent na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Pracuje w Laboratorium Geologii i Planetologii. Prowadzi badania dotyczące surowców pozaziemskich w Układzie Słonecznym, głównie na ciałach macierzystych chondrytów zwyczajnych. Ponadto to jej zainteresowań naukowych należą izotopy gazów szlachetnych w meteorytach oraz ewolucja materii w Układzie Słonecznym. Od kilku lat zajmuje się także badaniem właściwości termofizycznych materii pozaziemskiej we współpracy z Politechniką Łódzką, z Międzyresortowym Instytutem Techniki Radiacyjnej.



Dr hab. Tadeusz Andrzej Przylibski – profesor nadzwyczajny w Politechnice Wrocławskiej i prezes Polskiego Towarzystwa Meteorytowego. Na wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, w Zakładzie Geologii i Wód Mineralnych kieruje Laboratorium Geologii i Planetologii. Zajmuje się badaniami z zakresu geochemii i kosmochemii izotopowej. Zainteresowania naukowe i czas dzieli pomiędzy badania związane z naturalnymi izotopami promieniotwórczymi (szczególnie ^{222}Rn , $^{228,226}\text{Ra}$) występującymi w litosferze, hydrosferze i atmosferze Ziemi oraz z surowcami pozaziemskimi i ewolucją materii Układu Słonecznego. Ulubione meteoryty – chondryty, zwłaszcza takie, które można poddać badaniom całkowicie niszczącym.



Doniesienia z Wiki

Zaczarowany burgrabia

Jan Woreczko

„Odkryta” przez Neumanna (1812) ponad 100 kg bryła żelaza obrosła w wiele legend. Znamy z historii wiele przekazów dotyczących dziwnych kamieni – w starożytności czczono w świątyniach kamienie *spadłe z nieba*, zaś meteorytowi Ensisheim przypisywano diabelskie pochodzenie i trzymano go na łańcuchu w kościele. Przechowywanej przez stulecia w ratuszu w Elbogen (Loket) bryle żelaza, zwanej *zaczarowanym burgrabią* (niem. *verwünschte Burggraf*), również przypisano niezemskie własności. Według legendy znienawidzony przez poddanych bur-

grabia został zamieniony w bryłę żelaza, inna jej wersja głosiła, że został on zabity przez tę bryłę. Przypisywano jej również niebywale moce (Tuček 1968).

Przebywający w październiku 1811 roku w Elbogen Karl August Neumann zainteresował się przechowywaną tam w ratuszu bryłą żelaza, bryłą którą wcześniej opisał w swym opracowaniu Jaroslaus Schaller (kompilacja informacji Neumann 1812; Schaller 1785; Tuček 1968):

„W tutejszym ratuszu przechowywana jest bryła wielkości głowy konia, nazywana tu *zaczarowanym burgrabią* (niem. *verwünschte Burggraf*), być może z powodu zbytnej surowości byłego burgrabiego Elbogen. Jest ona czarna i brzmi jak metal.

Niektórzy przypisują jej nawet czarodziejską moc, że w pewnych okresach staje się lżejsza, a w innych znów cięższa i że nie można jej rozbić ani za pomocą młotka ani ognia. Poważny eksperyment położyłby bez wątpienia kres temu obłędowi. Johann von Werth, królewski generał, kazał wrzucić wspomnianą bryłę do zamkowej studni, jednak po wielu latach została ona znów wyciągnięta i umieszczona na swoim poprzednim miejscu.”

„Zadziwiająca jest opowieść i wiara w to, że wspomniany *zaczarowany burgrabia*, leżąc do 1742 roku w piwnicy zamku, gdy został wrzucony do tamtejszej studni zamkowej głębokiej na 22 sążni, wciąż się pojawiał i był odnajdowany we wcześniejszym miejscu. Nikt nie próbował przeprowadzać eksperymentów, by przekonać

się o prawdziwości tej opinii, ponieważ masie tej przypisywano jako czemuś zaczarowanemu szczególną moc, aż do momentu gdy w czasie wojen o sukcesję do tronu za panowania Marii Teresy do Elbogen przybyły wrogie wojska francuskie. Okupanci skłonieni przez ludowe wierzenia, wrzucili *zaczarowanego burgrabiego* do zamkowej studni w nadziei, że powróci ona na swoje miejsce. Masa przeleżała tam do 1776 roku, gdy studnia wyschła. Następnie została ponownie wydobyta i leży w piwnicy ratusza. Od tego czasu znów odżyła stara opowieść, że tylko ludzie, którzy są bez grzechu i w stanie łaski mogą go podnieść oraz że masy tej nie można stopić w piecu.”

„W kolejnych latach próbowano wyjaśnić cudowne właściwości masy i jej nazwę tym, że była ona dzwonem, którym mieszkający w zamku burgrabia dawał znak mieszkańcom miasta Rabicz, że czas zacząć pracę. A ponieważ dzwon ten podczas pożaru roztopił się, nadano mu nazwę *zaczarowanego burgrabiego*. Ostatnią opinię Schaller (1785) umieścił w swojej topografii powiatu Elbogen.”

Rzadki typ IID

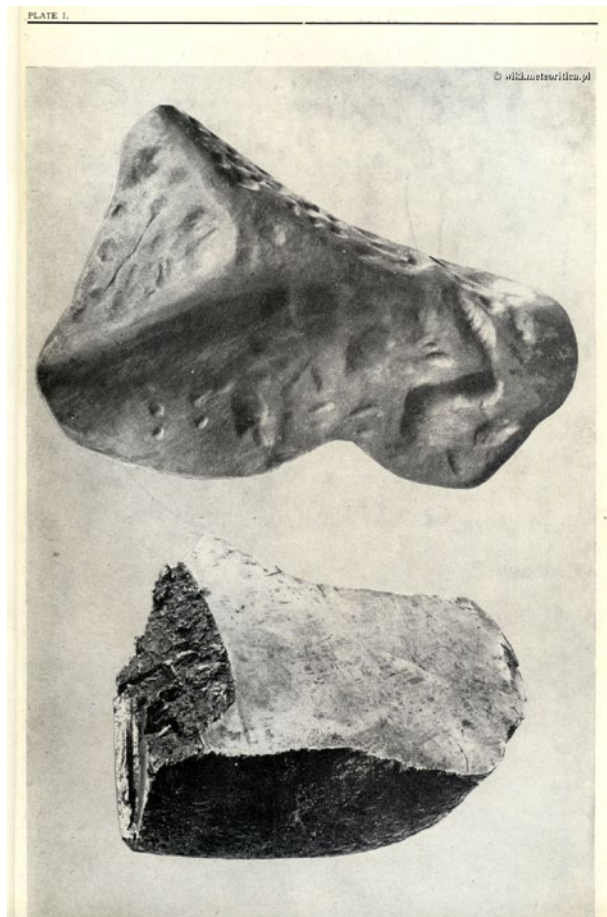
Meteoryt Elbogen należy do rzadkiego typu meteorytów żelaznych IID. W bazie *Meteoritical Bulletin Database* (stan: luty 2018) są zarejestrowane tylko.

Na Europę przypada ich aż 5: dwa spadki – Elbogen (Czechy) i Hraschina (Chorwacja) oraz trzy znaleziska – Vicenice, Alt Bela (też w Czechach!) oraz Cheder (Rosja). Więc aż 3 meteoryty typu IID przypadają na niewielkie Czechy! Na terenie dużo większych Stanów Zjednoczonych znaleziono ich tylko 7, a spośród dziesiątków tysięcy meteorytów znalezionych na Antarktydzie tylko 1 jest tego typu (meteoryt Miller Butte 03002).

Meteoryt Elbogen ma (podejrzanie?!) bardzo podobny skład do dwóch innych „nieodległych” czeskich meteorytów typu IID (miejsca spadku/znalezienia meteorytów Elbogen i Vicenice leżą od miejsca znalezienia okazu Alt Bela odpowiednio o: 398 i 166 km!).

Jest to stosunkowo rzadka grupa meteorytów, ale rozrzut wartości zawartości pierwiastków śladowych wewnątrz niej jest większy, niż dla tych trzech meteorytów żelaznych z Czech!

Okazy meteorytów Alt Bela, Elbogen i Vicenice są do siebie bardzo podobne w formie („kartoflaste” bryły bez regmagliptów) oraz mają podobny stopień i charakter zwiętrzenia. Również wszystkie one są oktaedrytami średnioziarnistymi (Om – *medium octahedrite*).



(1) Kopia masy głównej i (2) fragment o wadze 6600 g (84×140×160 mm) ze zbiorów Muzeum Historii Naturalnej w Pradze (Národní Muzeum Praha) (źródło: Tuček 1968).

Więcej informacji o tym ciekawym meteorycie na portalu Wiki.Meteoritica.pl

Literatura

- Koblitz J., MetBase. Meteorite Data Retrieval Software, Version 7.3 (CD-ROM), Ritterhude, Germany 1994–2012.
- Neumann K.A., (1812), Der verwünschte Burggraf in **Ellbogen** in Böhmen, ein Meteorolit, *Annalen der Physik*, 12, Bd. 42, 1812, s. 197–209.
- Schaller J., (1785), *Topographie des Königreichs Böhmen...* Zwenter Theil. Ellbogener Kreis, Prag 1785, (s. 6).
- Tuček K., (1968), Catalogue of the Collection of meteorites of the National Museum in Prague (Katalog sbírky meteoritů Národního muzea v Praze), National Museum, Prague, 1968, s. 103.

Za Koblitz MetBase:

Meteoryt	Ni [mg/g]	Ga [μg/g]	Ge [μg/g]	Ir [μg/g]	Co [mg/g]	Au [ng/g]	P [mg/g]	bandwidth [mm]
Vicenice (Czechy, znalezisko 1911 rok, 4,65 kg)	97,7	74,8	87,4	12,7	6,8	773	2,7	0,63–0,80
Elbogen (Czechy, spadek ~1400 rok, ~107 kg)	102	75	87	14	6,4	–	2,2	0,75
Alt Bela (Czechy, znalezisko 1898 rok, ~4 kg) oraz	100,4	75	84	16	–	–	–	0,70
Hraschina (Chorwacja, spadek 1751 rok, 49 kg)	106	75	89	13	–	–	–	0,70

Bolid Wielkopolski — nowe spojrzenie

Tomasz Walesiak

Wprowadzenie

Hipoteza, że w przypadku Morasko możemy mieć do czynienia z największym obszarem rozrzutu meteorytów na świecie, pojawiła się już 16 lat temu (Bartoszewitz i in. 2001). Bazowała między innymi na wynikach badań składu chemicznego i sugestii, że Morasko i Seeläsgen (Przełazy) należą najprawdopodobniej do jednego spadku (Kracher i in. 1980). Dodatkowo Bartoszewitz uwzględnił podobny skład meteorytu Tabarz znalezione w Turynii i zauważył, że te trzy lokalizacje leżą w przybliżeniu na jednej linii. Wkrótce (w 2004 roku), na przedłużeniu wyznaczonej trajektorii, znaleziono w Jankowie Dolnym, niedaleko Gniezna, kilka meteorytów podobnych budową i składem do Morasko.

Pojęcie „Bolid Wielkopolski” zostało użyte po raz pierwszy w 2010 roku przez Wiesława Czajkę sugerującego, że znajdowane meteoryty mogą mieć coś wspólnego z informacją o potężnym bolidzie na przełomie XIII i XIV wieku, mającą swe źródło w kronice klasztoru cystersów z Bierzwnika.

Czy blisko 750 lat temu mogło dojść w Polsce do jednego z największych deszczów meteorytów żelaznych na świecie?

Z notatki umieszczonej w Roczniku Kołbackim wynika, że około 1301 roku, w okolicach Strzelce Krajeńskich, obserwowano deszcz ognistych kamieni (Karwowski i Brzustowicz 2009). Należy tutaj podkreślić, że taką właśnie datę (1301) można odczytać z oryginału kroniki, a dopiero w późniejszym przedruku podano 1305, odczytując z rękopisu „quin(t)o” (piąty) zamiast „primo” (pierwszy), przez co późniejsze teksty najczęściej odwołują się do „Friedland 1304/1305” (np. Woźniak 2014). Przez długi czas zapis dokonany przez kleryka pozostawał nie lada problemem dla osób badają-

cych historię tego średniowiecznego spadku meteorytów, ponieważ nie można było odnaleźć śladów takiego zdarzenia ani w polskich, ani w obcych kronikach. Nie pozwalało to więc potwierdzić tak opisanych zniszczeń (np. spalonej ziemi, potłuczonych naczyń), jak również choćby wystąpienia zjawiska nadzwyczajnego meteoru. Bliski rozwikłania zagadki był Wiesław Czajka, który zasugerował możliwy związek wpisu z Rocznika Kołbackiego z relacją o trzech jednoczesnych księżycach obserwowanych w 1314 roku, cytując przy tym tekst Marcina Bielskiego, kopiującego de facto zapis z „Kronik” Jana Długosza. Spostrzeżenie było niezwykle trafne, ale niestety podana nowa data stanowiła ślepy zaułek, ponieważ była nieprawdziwa. W komentarzu do Rocznika Małopolskiego dla Rękopismu Królewieckiego (przygotowanego „z rozkazu Długosza”) podano, że wydarzenia z roku 1269 (dotyczące wezbrania Wisły) zapisano pod rokiem 1312, czyli o 43 lata później. Czy jest możliwe, by podobna rozbieżność występowała dla relacji o trzech księżycach z A.D. 1314? Niewątpliwie wyliczony w ten sposób rok 1271 był poza dotychczasowym zakresem analiz (1300–1315), więc wymagał starannej weryfikacji dostępnych źródeł. I tak według innych kronik (pozostałych rękopismów Rocznika Małopolskiego czy Rocznika Traski) czytamy, że w dniu 14 lutego tego właśnie roku zaobserwowano trzy jednoczesne słońca (nie księżyce), które pokazały się po wschodzie słońca. Mniej więcej w tym samym czasie, tj. w 1272 roku zostają zniszczone Strzelce Krajeńskie, o czym dowiadujemy się z jednej z kopii Kroniki Wielkopolskiej (wiadomość musiała być uzupełniona przez późniejszego kopistę, jako że sama kronika urywa się niespodziewanie w 1271 roku). W innym źródle występuje nazwa miejscowości znanej z wcześniejszej notatki z Rocznika Kołbackiego, więc

nasuwa się podejrzenie, że obie informacje mogą dotyczyć tego samego wydarzenia. Co więcej, także miesiąc i dzień wydają się być zgodne. Podane przez zakonnik okoliczności: „podczas uroczystości czczonych ludzkich dusz, gdy gromadził się lud” (tłum. Karwowski i Brzustowicz 2009) mogą oznaczać dawne rzymskie święta („Parentalia”), obchodzone pomiędzy 13 a 21 lutego, rozpoczynające się publiczną procesją, której symbolem może być właśnie wspomniany „gromadzący się lud”. Jak jednak wyjaśnić różnicę 30 lat (choć warto przy tym zauważyć, że jest ona i tak o 13 lat mniejsza od rozbieżności z Rocznika Królewieckiego)? Myślę, że należy wziąć pod uwagę dwie możliwości – pierwsza to taka, że rok 1301 oznacza czas wpisania informacji do kroniki. Druga, równie prawdopodobna, to że połączono potrójny, dzienny bolid z kometą Halleya, która pojawiła się właśnie w 1301 roku. W dawnych czasach uważano, że takie zjawiska na niebie zwiastują nieszczęścia, a to dodatkowo dawało wówczas przekonujące wytłumaczenie katastrofalnych zniszczeń, które wystąpiły w Nowej Marchii i w Wielkopolsce. Jak podają kroniki, Strzelce (Krajeńskie), Myślibórz, Santok oraz inne zamki i miasta, które leżały najprawdopodobniej przy trasie bolidu, zostały wtedy dosłownie zrównane z ziemią. Nie mniejsza skala zniszczeń dotyczyła Poznania. Zdrutgotane zostały mury miejskie od strony północnej (z Kroniki Wielkopolskiej wiemy, że już w 1253 roku otaczały nowo lokowane miasto na lewym brzegu Warty, a według Rocznika Lubińskiego w 1273 roku zakończono ich odbudowę), Zamek na górze Przemysła (który pomiędzy rokiem 1249, gdy jest po raz pierwszy o nim wzmianka w źródłach pisanych, a okresem 1273–1296 uległ bliżej nieokreślonej katastrofie budowlanej), Katedra na Ostrowie Tumskim (wymurowana od fundamentów około

1244 roku, niespełna 30 lat później, bo przed A.D. 1274, wymagała znacznego remontu/przebudowy północnej jej części) czy Palatium Mieszka I z kaplicą ufundowaną przez Dobrawę (rozebrane z niewiadomego powodu w tym samym czasie). Z kronik dowiadujemy się również, że w 1271 roku trzeba było przenieść z Poznania do Gniezna siedzibę księcia Wielkopolski. Skoro dane historyczne i archeologiczne wskazują na potężne zniszczenia około 1271 roku, to być może nieprzypadkowo informacja o zjawisku trzech słońc występuje w źródłach tuż obok notatki o opuszczeniu Poznania, w szczególności jeśli uwzględnimy wątpliwości archeologów dotyczące niespotykanej skali zniszczeń murów miejskich lewobrzeżnego miasta i brak broni zdolnej je spowodować (nawet w okresie kolejnych 200 lat). Zastanawiający jest też fakt, dlaczego dla kronikarza z XV wieku, tworzącego Rękopism Kuropatnickiego, tylko te dwie informacje były na tyle ważne, by je wpisać do tego rocznika.

Czy można jakoś powiązać obserwację z odnajdywanymi meteorytami?

Choć przeważa opinia, że meteoryt Morasko spadł około 5000 lat temu, to jednak znaczna część wyników badań wskazuje, że mogło się to wydarzyć zaledwie około 750 lat temu. Świadczy o tym między innymi pierwsza seria datowań metodą ^{14}C osadów z dna zagłębień w Rezerwacie, które ujawniło wiek około 700 ± 100 lat. Dopiero gdy ponowiono próbę to uzyskano wynik około 5000 lat. Z dokumentacji fotograficznej tego drugiego badania (Stankowski 2009) wynika, że analizie została poddana gleba spod osadów, więc wynik może być bardzo postarzony. Innymi argumentami przemawiającymi za znacznie późniejszym spadkiem i zdecydowanie młodszym wiekiem kraterów (zakładając ich jednoczesne utworzenie) są: fragment meteorytu w korzeniu drzewa (który to korzeń w sprzyjających warunkach mógł przetrwać co najwyżej kilkaset lat), datowanie materii organicznej w spieku jednego z meteorytów (badanie tej substancji wykazało wiek 880 ± 30 lat), czy określenie wieku na podstawie miąższości osadów w zagłębieniach wypełnionych wodą (3,5

m) i średniego rocznego ich przyrostu 5 mm/rok, co wskazuje znowu na wynik około 700 lat. Podobne rezultaty uzyskano podczas datowania osadów zawierających liczną frakcję magnetyczną w okolicach jeziora Niesłysz, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia przynależności do tego samego spadku dla Morasko i Seeläsgen oraz zaproponowanego poniżej modelu. Temat określenia daty spadku meteorytu Morasko (m.in. uzasadniając, dlaczego w niektórych próbach uzyskano wiek postarzony o kilka tysięcy lat) omówiłem szerzej w ASMP vol. 8. (Walesiak 2016).

Obserwacja 3 słońc a 3 główne kratery

Relacje z kronik, nie tylko dotyczące efektu „wizualnego”, ale przede wszystkim mówiące o miejscach zniszczeń, sugerują, że możemy mieć do czynienia z trzema lub nawet z czterema głównymi odłamami, z czego na tę chwilę spróbujemy wyróżnić: Morasko, Przełazy i Złotów (Wojnowo).

Najbardziej znany jest fragment pierwszego obszaru, czyli Rezerwat Meteoryt Morasko wraz z terenem po jego wschodniej stronie. Po wykonaniu analizy kształtu zagłębień uznanych za kratery, (czego słuszność przynajmniej dla dwóch największych obiektów można dodatkowo potwierdzić na podstawie szczególnej morfometrii) możemy dojść do wniosku, że uderzenie musiało nastąpić od strony NW/NNW. Ale czy tylko w Rezerwacie są formy poimpaktowe? Zagłębienia o cechach kraterów znajdują się np. na terenie pobliskiego poligonu. Musimy pamiętać również o strukturze nr 8 (przy drodze do Umultowa, badanej przez Mroza i Piekutowskiego, a wymienianej przez Pokrzywnickiego), nr 9 przy ul. Poligonowej (opisanej przez Paula Hodge'a), czy obiektach widocznych na starych mapach (obecnie niestety są one zniwelowane). Ale jest jeszcze jeden krater, który moim zdaniem mógł być główną przyczyną zniszczeń w Poznaniu w 1271 roku. Jest nim jezioro Umultowskie. Struktura jest około 10 razy większa od największego obiektu w Rezerwacie, posiada potężne boczne wały o podstawie szerokości około 250 m. Dla porównania krater nr 1 w Rezerwacie ma podobne boczne wały, ale o szerokości „zaledwie” 25 m. Kierunek uderzenia w tym

wypadku (wyznaczony jako dwusieczna kąta między bocznymi wałami) jest niemal idealnie od strony NW. Fakt, że wał od strony południowo zachodniej jest o 10 m niższy od przeciwnielego może sugerować, że fala uderzeniowa propagowała właśnie głównie w kierunku Poznania, co być może tłumaczyłoby skalę zniszczeń stolicy dawnej Wielkopolski około 1271 roku. Jezioro Umultowskie wymaga jak najszybszego podjęcia badań, albo przynajmniej ochrony przed dalszymi niszczącymi działaniami postępującej urbanizacji (m.in. stopniowego zasypywania, co miało już miejsce w nieodległej przeszłości). Na wyznaczonej trajektorii spadku tej głównej masy koncentrują się nie tylko dotychczasowe znaleziska fragmentów Morasko, ale również znalezione zostały 2 meteoryty żelazne określane mianem Oborniki (lokalizacja ustalona przez Pokrzywnickiego), które nieszczęśliwie zaginęły w czasie wojny. Nie wiadomo, czy ktoś obecnie prowadzi na tej linii poszukiwania, ale nie byłoby zaskoczeniem, gdyby podążając w stronę Umultowa, odnajdywano nowe rekordowe okazy.

Wspominając postać Jerzego Pokrzywnickiego można odnieść wrażenie, że współcześnie nie jest w pełni doceniany jego wkład w rozwój polskiej meteorytyki. Pokrzywnicki w swoich pracach umieścił wiele cennych informacji, które ostatnimi czasy nie są uwzględniane w badaniach. Dzięki niemu znamy dość dokładną lokalizację meteorytów z okolic Obornik, co jest ważne nawet mimo braku ostatecznego potwierdzenia, że to na pewno fragmenty Morasko. Wiemy także, że w pobliżu krateru nr 8 znaleziono bryłę żelaza o masie 78 kg, której lokalizacja nie pasuje do dotychczas prezentowanej elipsy rozrzutu i nie została wzięta pod uwagę podczas publikacji opracowanej mapy znalezisk (natomiast znajduje się tuż obok wcześniej omawianej linii Oborniki-Umultowo). Pokrzywnicki wiele lat temu zaproponował kierunek uderzenia od strony NNW/N, co aktualnie wyjątkowo dobrze zgadza się z kierunkiem wyznaczonym na podstawie wiedzy na temat ukośnych impaktów, czyli odpowiednio NW/NNW oraz NNW/N dla dwóch największych zagłębień w Rezerwacie.

Nawiązałem do tego, ponieważ ten wybitny uczony przedstawił

również miejsce odnalezienia meteorytu Seeläsgen (Przelazy) ($52^{\circ}16'N$ $15^{\circ}23'E$), które w kontekście zarówno spisanej relacji, jak i analizowanych przeze mnie danych, dystansuje dwie dotychczas najbardziej popularne lokalizacje (Met. Bull.: $52^{\circ}16'N$ $15^{\circ}33'E$ oraz Kesselmeier: $52^{\circ}14'N$ $15^{\circ}23'E$). Relacja brzmiała następująco: „Na kilka lat przed 1847 rokiem pewien rolnik z miejscowości Seeläsgen (obecnie Przelazy, pow. Świebodzin), kopiąc na swej wilgotnej łące rów odpływowy w kierunku pobliskiego jeziora Nieschlitz See (Niesulica), wydobył z głębokości 6-7 łokci masę żelaza meteorytecznego wagi około 2 cetnarów (102 kg)” (Pokrzywnicki 1964). Podmokła łąka zdaniem Pokrzywnickiego znajdowała się bliżej wsi Mostki. Na pierwszy rzut oka podana lokalizacja zdaje się nie pasować do opisu, gdyż wskazane miejsce znajduje się w znacznej odległości od wymienionego zbiornika wodnego. W pobliżu tego miejsca poprowadzony jest jednak Kanał Niesulicki (naturalny ciek wodny połączony z jeziorem Niesłysz), do którego w tej okolicy prowadzi wiele rowów odprowadzających wodę z pobliskich terenów (pośrednio w stronę jeziora Niesłysz). Jednym z nich jest zapewne ten, podczas kopania którego odnaleziono bryłę meteorytu Seeläsgen o identycznym składzie chemicznym jak Morasko.

Choć niedaleko miejsca wskazanego przez Pokrzywnickiego znajduje się kilka nietypowych zagłębień, to bez szczegółowych badań nie jest możliwa skuteczna ocena ich genezy. Sytuacja zmienia się, gdy poszerzymy obszar poszukiwań śladów impaktu i przyjrzymy się nieco dalszej okolicy. Z analizy szczegółowych danych topograficznych wynika, że najciekawsze struktury znajdują się niespełna 4 km na wschód od miejscowości Przelazy i są to, położone w płytkiej rynnie polodowcowej, jeziora Księżno i Niziel. Oba posiadają charakterystyczny „ogonek” od północy, a większy z nich pozostałości/fragmenty bocznych wałów. Takie cechy mogą już świadczyć o tym, że na kształt wymienionych form terenowych miały wpływ fale szokowe, analogiczne jak towarzyszące przepływowi hipersonicznemu (np. tworzącym się wokół meteoroidu przedzierającego się przez atmosferę). Podobne zjawiska odcisnęły się zresztą

trwale w wyglądzie wielu kraterów na świecie. Przykładem może być kilka obiektów z grupy Morasko, Campo del Cielo w Argentynie czy choćby słynny Krater Meteorowy (Barringera). Niestety jeziora Księżno i Niziel są w stanie silnej eutrofizacji (podobnie jak Jezioro Umultowskie w pobliżu Poznania), co bez szczegółowych badań znacznie utrudnia identyfikację ich pierwotnego kształtu. Nie wiadomo też, czy poszarpana linia brzegowa od strony południowej to efekt związany z impaktem czy z erozją, ale w specyficzny sposób zaznacza się jedynie na styku z zagłębieniami i tylko od strony południowej. Tak czy inaczej, mając do dyspozycji dane z laserowych pomiarów, trudno sobie wyobrazić, by zbiorniki o takim kształcie mogły powstać w wyniku działalności lodowca. W szczególności uwzględniając, że ich wydłużenie jest prawie prostopadłe do wydłużenia rynny.

Podobnie jak w przypadku Morasko, tak również dla meteorytu Seeläsgen, w końcowej fazie spadku musiało dochodzić do intensywnej fragmentacji. Okazów należy szukać przede wszystkim na północ od jeziora Niesłysz, w okolicach wsi Mostki. Podobnie jak dla Morasko większe fragmenty będą zapewne współwystępować z mniejszymi okazami. Niestety poszukiwań nie będą ułatwiać podmokłe tereny i odłamki wojenne związane z sąsiedztwem umocnień MRU. Sam obraz obserwowanej w tej okolicy w 1271 roku intensywnej fragmentacji zachował się w postaci malowidła w klasztorze w Paradyżu (zdjęcie autorstwa Wiesława Czajki), którego początek budowy datowany jest pomiędzy 1270 a 1290 rokiem.

W 2010 roku pewien mieszkaniec Złotowa odnalazł w pobliżu swojej miejscowości bryłę meteorytu o wadze około 10 kg. Gdy okazało się, że nie ma różnicy z Moraskiem, przestano dawać wiarę w autentyczność jego opowieści. W kontekście obserwacji z 1271 roku, nawiązującej do trzech jednoczesnych słońc, postanowiłem sprawdzić, czy nie mógł tam przełatywać jeden z trzech głównych odłamów meteorytu. Na podstawie informacji o zniszczeniach z tego okresu, przybliżonego miejsca rozłamu (punktu przecięcia trajektorii dla jeziora Umultowskiego i Przelazów), podanej lokalizacji znaleziska z okolic

Złotowa i zakładając zbliżony zasięg, jak dla Przelazów i Morasko, rozpocząłem poszukiwania weryfikujące, czy nie istnieje jeszcze jedna grupa kraterów. Jak się okazało wyliczenia były dość dobre, bo na wyznaczonym obszarze (w pobliżu Bydgoszczy) odnalazłem bardzo charakterystyczną strukturę, która prawie na pewno ma genezę impaktową. Podobnie jak dla kilku kraterów Morasko czy zagłębień w okolicach jeziora Niesłysz, tak tutaj również występuje „ogonek” od strony spadku, któremu w dodatku towarzyszą ślady tylnych, szokowych fal rekompresji. Od strony czołowej krawędź zagłębienia ma formę łuku, co odpowiada przedniej fali szokowej powstającej w przepływach hipersonicznych. Choć lokalizacja potencjalnego krateru została ustalona pośrednio na podstawie informacji o przybliżonym miejscu odnalezienia pojedynczego okazu w pobliżu Złotowa to istniało ryzyko, że jest to przypadkowe odkrycie. Wątpliwości rozwiał jednak fakt, że założona wcześniej trasa bolidu (od punktu rozłamu, przez okolice miejsca nowego znaleziska), pokrywa się z osią symetrii omawianego zagłębienia a to zdecydowanie zmniejsza prawdopodobieństwo zaistnienia zbiegu okoliczności.

Impakt pod niewielkim kątem

Porównując asymetrię zagłębień, określaną jako krater Morasko, z kraterami Campo del Cielo w Argentynie zauważymy, że występują podobne proporcje średnic. Z dostępnej literatury wiemy, że szacowany kąt impaktu podczas tworzenia struktur w Ameryce Południowej wynosił od około $9 - 16^{\circ}$, więc w przypadku obiektów w okolicach Poznania należy się spodziewać zbliżonego zakresu ($10 - 20^{\circ}$). Jeśli uwzględnimy, że przybliżone miejsce podziału kosmicznego przybysza znajduje się około 200 km od lokalizacji zagłębień (co wynika z odległości punktu przecięcia osi symetrii największych struktur od miejsc impaktu) oraz zakładając, że zjawisko wystąpiło na wysokości najwyższej 60 km (a biorąc pod uwagę, że mówimy o meteorycie żelaznym, mogło to być pomiędzy 40 a 50 km) to z prostych funkcji matematycznych wynika, że nachylenie trajektorii do horyzontu było na poziomie $11 - 16^{\circ}$. Tym sa-

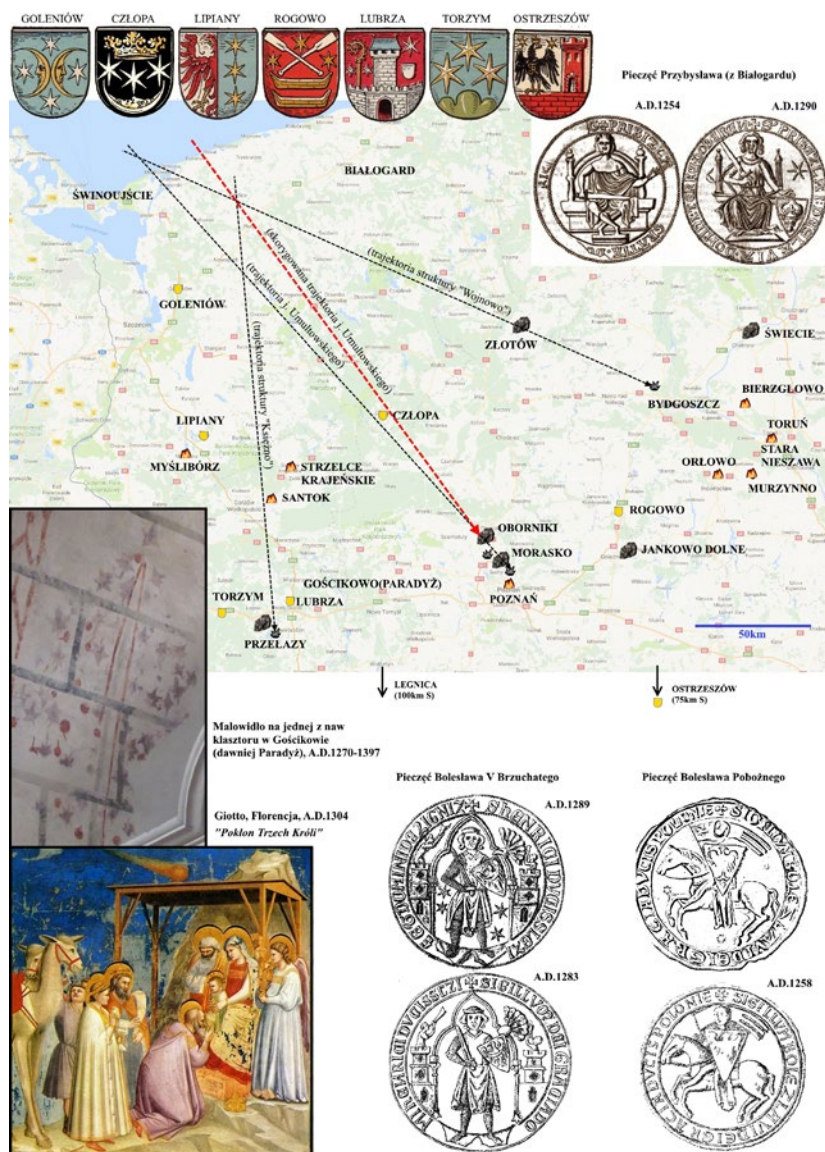


Fig. 1. Mapa wyznaczonych przybliżonych trajektorii poszczególnych odłamków z zaznaczonymi miejscami zniszczeń około 1271 roku, obszarami znalezienia meteorytów oraz możliwymi świadectwami tego wydarzenia

mym kąty impaktu dla największych fragmentów byłyby porównywalne z tymi w Argentynie. W wielu publikacjach przeczytamy, że przy kątach impaktu mniejszych niż 35° można z danych topograficznych (kształtu, asymetrii wyrzucanego materiału) określić przybliżony kierunek, z którego nastąpiło uderzenie. To tylko dodatkowo potwierdza, że przy uzyskanych przez nas wartościach kątów nie powinno być problemu z odczytaniem takiego azymutu i wyznaczane w ten sposób trajektorie mogą dość dobrze odzwierciedlać faktyczne zdarzenia.

Giotto i „Pokłon Trzech Króli”

Wiesław Czajka, w swojej pracy „Bolid Wielkopolski” zaproponował, że meteor widoczny na fresku może być powiązany ze znaną nam relacją

z Rocznika Kołbackiego. Założenie, że zjawisko wystąpiło w 1271 a nie w 1301 czy 1305 roku (jak domniemywał autor), może jeszcze bardziej sprzyjać tej hipotezie. Urodzony około 1266 roku Giotto, jako chłopiec był pastuszkim na wzgórzach niedaleko Florencji, co stwarzało doskonałe warunki do obserwacji. Jeśli był świadkiem takiego zjawiska to zapamiętał je z pewnością do końca życia. Uwzględniając zakrzywienie naszej planety, przy dobrej pogodzie, bolid mógł rzeczywiście być widoczny nad horyzontem z rodzinnych stron Giotto, gdy przelatował na wysokości jeszcze powyżej 100 km. Co więcej, zaprezentowany na fresku kierunek i kąt spadania pasują do wyznaczonej wcześniej, na podstawie cech zagłębień, trajektorii.

Czy meteoryt mógł dolecieć do Jankowa Dolnego?

Jak wspomniałem na wstępie, w 2004 roku w pobliżu tej miejscowości pewien licealista odnalazł kilka brył żelaza, z których największa, o masie ponad 11 kg, stanowiła, według relacji znalazcy, obciążnik pokrywy ula. Zebrane meteoryty mają niemal identyczny skład chemiczny jak meteoryt Morasko, więc pojawiło się przypuszczenie, że prawdopodobnie pochodzą z jednego wydarzenia. Istnieje jednak szereg wątpliwości. Ze względu na postawę znalazcy, która podważyła wiarygodność pochodzenia pozaziemskiego żelaza, zorganizowano w 2013 roku konkurs na weryfikację miejsca znalezienia meteorytów. Mimo intensywnych poszukiwań nie udało się ani pozyskać nowych fragmentów, ani potwierdzić choćby istnienia pasieki, z której zabrano największą bryłę. Także z punktu widzenia cech poznańskich kraterów oraz wyestymowanego kierunku, z którego nadleciały meteoryty, wydaje się, że lokalizacja jest poza zasięgiem spadku. Nie można jednak wykluczyć, że przy uderzeniu i rozerwaniu bryły w okolicach Umultowa, niektóre fragmenty zostały wyrzucone nawet kilkadziesiąt kilometrów dalej. Jest również prawdopodobne, że bryła została tam przetransportowana przez człowieka.

Czy zniszczenia w okolicach Torunia w 1271 mogą być powiązane ze spadkiem Morasko?

Mamy tutaj do czynienia z trochę podobną sytuacją jak dla Jankowa Dolnego. Kilkadziesiąt kilometrów dalej, na przedłużeniu trajektorii odłamu Złotów, dochodzi do gwałtownych zniszczeń zamku Bierzgłowskiego i kilku wsi, jak np. Orłowo, Murzynno, Stara Nieszawa (naprzeciwko Torunia, nie myląc z współcześnie znaną Nieszawą). Być może pożar Torunia, o którym wiadomo, że strawił miasto w drugiej połowie XIII wieku, nastąpił w podobnych okolicznościach. Za spustoszenie swoich ziem Zakon Krzyżacki obwiniał wówczas Bolesława Pobożnego (podobnie zresztą przypisano mu zrównanie z ziemią zamków i miast na terenie Nowej Marchii). Zatem czy fala uderzeniowa dotarła znacznie dalej niż przypuszczamy? Czy może

doszło do rykoszetu? A może istnieją tam dodatkowe krater? Z pewnością warto to zweryfikować podczas dalszych analiz. Warto zauważyć, że linia łącząca kolejno Bierzgowo, Toruń, Starą Nieszawę, Murzynno i Orłowo tworzy łuk przypominający rozkład energii kinetycznej i nadciśnienia, który wystąpił po eksplozji meteoru nad Czelabińskiem w 2013 r. (Popowa i in. 2013). Oś symetrii tego łuku leży w przybliżeniu na przedłużeniu trajektorii dla struktury Wojnowo. Możliwe, że podobnie jak w Rosji, większa bryła została rozerwana nisko nad ziemią. Dzięki obserwacji nad Uralem znamy skutki takiej eksplozji.

Meteorzyt Świecie

Postanowiłem napisać krótki komentarz dotyczący tego meteorytu żelaznego, ponieważ znaleziony wiosną 1850 roku okaz zlokalizowany był w mniejszej odległości od miejsc zniszczeń z A.D. 1271 (oraz wskazanej wcześniej struktury Wojnowo) niż Jankowo Dolne względem Morasko. Widać to bardzo dobrze na załączonej pod tekstem mapie (Fig. 1). Jest jednak bardzo mało prawdopodobne, by meteoryty z 2 różnych grup (IIIA dla Świecia i IAB-MG dla Morasko i Przelazów wg klasyfikacji MetBase v7.1 z 2006 r.) mogły należeć do tego samego spadku.

Podsumowanie

Do tej pory pod pojęciem Bolidu Wielkopolskiego rozumiano kolizję planetoidy żelaznej z Ziemią, która nastąpiła 2–3 dni przed Wielkanocą 1305 roku, pozostawiając ślady w postaci meteorytów Morasko i Przelazy. W niniejszym artykule zasugerowałem

niedawno wcześniejszą datę wydarzenia, opierając się na relacjach z polskich kronik o obserwacji potrójnego meteoru i katastrofalnych zniszczeniach w Nowej Marchii i Wielkopolsce. Przedstawiłem także wstępną koncepcję modelu fragmentacji, bazując na informacji o trzech jednoczesnych słońcach, asymetrii kraterów pozwalających wyznaczyć dla każdego z tych zagłębień przybliżony kierunek impaktu (zakładając, że te krater powstały w tym samym czasie) oraz danych o znaleziskach meteorytów, które w każdym przypadku układają się w klasyczny sposób rozmieszczenia fragmentów w elipsie: małe → większe → największe. Oczywiście muszę zaznaczyć, że powyższe rozważania powinniśmy na tę chwilę traktować raczej jako jeszcze jedną hipotezę, wymagającą poparcia wynikami dalszych badań.

Na załączonej mapce (Fig. 2a, 2b, 2c) zaznaczyłem odpowiednio trzy obszary, które moim zdaniem dają duże nadzieje na odnalezienie kolejnych fragmentów, pozostałości z Bolidu Wielkopolskiego. Należałoby je zweryfikować. Warto przy tym zaznaczyć, że nie ma sensu eksploracja większych zagłębień, czego potwierdzeniem mogą być np. krater w Rezerwacie Morasko. Jeśli nawet występują tam fragmenty meteorytu, to znajdują się one bardzo głęboko.

Komentarza wymaga jeszcze jedna kwestia. Zaprezentowane na mapie (Fig. 1) trzy główne trajektorie nie przecinają się dokładnie w jednym punkcie (miejscu potencjalnego wspólnego rozłamu). Trudno w tej chwili powiedzieć, czy doszło do jednoczesnego podziału na trzy główne części.

Na pewno to dość prawdopodobny scenariusz. Musimy pamiętać, że przedstawiono tutaj jedynie przybliżone trajektorie wyznaczone głównie na podstawie specyficznej osi symetrii największych zagłębień. Gdy dochodziło do wtórnych rozłamów na fragmenty zdolne tworzyć krater, czyli gdy stosunki mas stawały się porównywalne, wówczas nawet te największe bryły zmieniały kierunek. Najwięcej zagłębień podejrzanych o impaktowe pochodzenie znajduje się (a raczej powiedzmy, że zachowało się w dość dobrym stanie) w okolicach Poznania. I choć na podstawie dwusiecznej kąta między osiami bocznych wałów jeziora Umultowskiego jesteśmy w stanie dość precyzyjnie określić kierunek potencjalnego impaktu (-42° odchylenia od północy), to jednak tutaj mogło dochodzić do częstszych zmian „trasy”. Poza znanymi zagłębieniami w Rezerwacie, czy niedawno ujawnioną grupą na terenie poligonu, w lesie, 4 km na zachód od Chludowa (na granicy proponowanej elipsy odłamu Morasko) znajduje się jeszcze jedna, niestety zniwelowana struktura, o znacznej średnicy, którą można podejrzewać o wspólną genezę z pozostałymi. Z eksperymentów wynika, że wspomniana „niwelacja” w znacznej mierze mogła nastąpić od razu po impakcie w podmoście podłoża. Zagłębienie posiada między innymi charakterystyczne wcięcie występujące od strony spadku. Z podobnym „ogonkiem” mamy do czynienia w przypadku dwóch największych struktur w Rezerwacie Meteorzyt Morasko, a także w przypadku tzw. krateru nr 9 przy ul. Poligonowej, co najmniej dwóch obiektów w pobliżu jeziora Niesłysz czy domniemanego

Ważniejsze lokalizacje Bolidu Wielkopolskiego		
Nazwa	Współrzędne GPS	Opis
j. Umultowskie	52° 28' 33" N 16° 56' 12" E	Główny krater odłamu Morasko
krater nr 1 („A”)	52° 29' 25" N 16° 53' 48" E	Największy krater w Rezerwacie Meteorzyt Morasko
Struktura „N1” Struktura „N2”	52° 30' 39" „N 16° 53' 21" E 52° 30' 38" „N 16° 53' 29" E	Największe dwa obiekty z grupy zagłębień na terenie poligonu wojskowego Biedrusko
Krater nr 8	52° 29' 10" N 16° 55' 06" E	Przy drodze w kierunku Umultowa, opracowywany przez W. Mroza, M. Piekutowskiego, opisywany przez J. Pokrzywnickiego
Krater nr 9	52° 29' 38" N 16° 54' 23" E	Przy ul. Poligonowej, wymieniany przez P. Hodge'a
Struktura Chludowo	52° 32' 22" N 16° 47' 34" E	Obiekt mocno zerodowany, jednakże posiada kilka cech charakterystycznych dla impaktów pod małym kątem
j. Książno	52° 14' 32" N 15° 26' 08" E	Główny krater odłamu Przelazy
j. Niziel	52° 14' 48" N 15° 26' 25" E	„Mniejszy brat” j. Książno
Struktura Wojnowo	53° 11' 47" N 17° 50' 45" E	Główny krater odłamu Złotów

krateru w okolicach Wojnowa. Jak już wcześniej wspomniałem, takie same cechy posiadają znane (potwierdzone) struktury jak np. niektóre kratery Campo del Cielo w Argentynie (np. nr 10 i 13). Jeśli założymy, że w pobliżu Chłudowa jest jeszcze jedna struktura impaktowa, to nie tylko „skorygowa-

na” o jej symetrię trajektoria „spotka się” w jednym punkcie z pozostałymi dwiema trajektoriami Przelazów i Wojnowa, ale znalezisko w pobliżu Obornik znajdzie się jeszcze bliżej jej osi.

Niezależnie od tego, jak bardzo przedstawione tutaj informacje przyczynią się do odnalezienia kolej-

nych okazów meteorytów Morasko, Przelazy czy Złotów, to w związku z dalszymi pracami nad modelem fragmentacji, mam ogromną prośbę o przekazywanie do mnie danych dotyczących nowych znalezisk. Najistotniejsze są: waga okazu (przed/po czyszczeniu), współrzędne GPS,

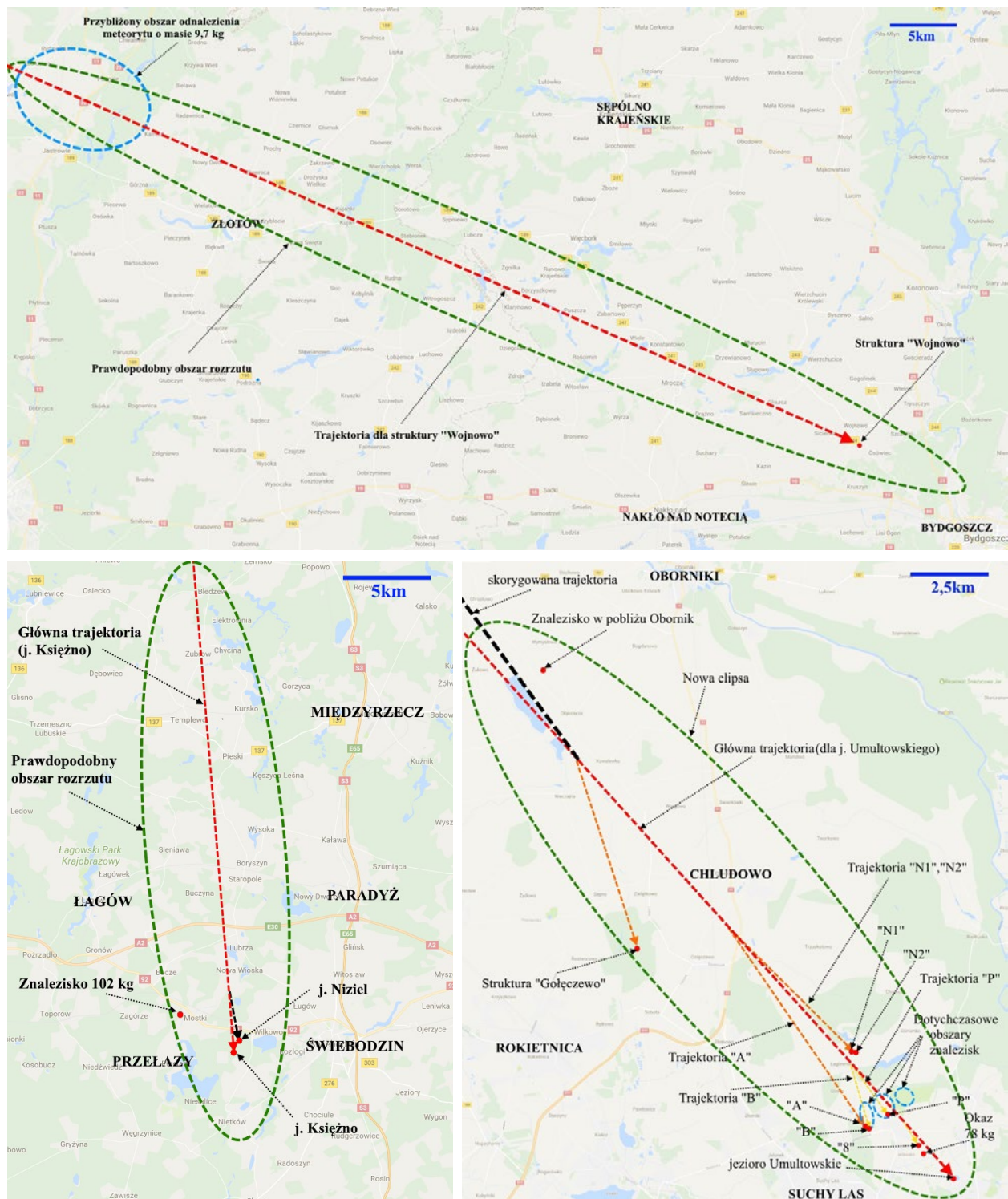


Fig. 2a. (na górze) Proponowana przybliżona elipsa rozrzutu wyznaczona wzdłuż trajektorii określonej na podstawie cech struktury Wojnowo, obejmująca także znalezisko w okolicach Złotowa

Fig. 2b. (z lewej) Proponowany obszar poszukiwań fragmentów dla odlamu Przelazy, określony na podstawie cech zagłębień będących najprawdopodobniej strukturami impaktowymi, obejmujący wszystkie te obiekty oraz lokalizację odnalezienia meteorytu 102 kg

Fig. 2c. (z prawej) Proponowana elipsa rozrzutu meteorytu Morasko, obejmująca miejsca odnalezienia meteorytów oraz wszystkie zagłębienia, które posiadają wyraźne cechy struktur impaktowych. Rzeczywisty obszar dystrybucji fragmentów tego odlamu będzie z pewnością zdecydowanie większy. Na potrzeby niniejszego opracowania postanowiłem jednak zachować ostrożność i zawęzić go głównie do granic dotychczasowych znalezisk.

przybliżona głębokość, rodzaj gleby (np. Piasek, glina, torf itp.), typ okazu (indywidualny, szrapnel), opcjonalnie data odnalezienia i dane znaleziska.

Chciałbym bardzo serdecznie podziękować Panu Wiesławowi Czajce, za cenne porady, udostępnienie zdjęcia z klasztoru w Paradyżu oraz jego ogromny wysiłek w analizie i publikacji (w szczególności za książkę „Bolid Wielkopolski”), które naprowadziły mnie na odpowiedni trop podczas moich dociekliwych poszukiwań.

Literatura

Bartoszewicz R., 2001, Morasko – największy znany obszar rozrzutu na świecie?, *Meteorit*, 4, 2001, s. 20
Czajka W., 2013, Bolid wielkopolski. Okoliczności spadku meteorytu Morasko, Wyd. nakładem własnym, Warszawa 2013
Karwowski L., Brzustowicz G.J.,

2009, Strzelce Krajeńskie – średniowieczny deszcz meteorytów (Medieval rain of meteorites – Strzelce Krajeńskie), *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*, vol. 1, 2009, s. 59-66

Kracher A. i in., 1980, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, s. 773-787

Pokrzywnicki J., 1964, I. Meteority Polski. II. Katalog meteorytów w zbiorach polskich, *Studia Geologica Polonica*, vol. XV, Wydawnictwa Geologiczne, s. 70-71

Popowa O. i in., 2013, Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization, *Science*, vol. 342, issue 6162, s. 1069-1073

Stankowski W., 2009, Meteoryt Morasko. Osobliwość obszaru Poznania, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2009

Walesiak T.M., 2017[2], Jeszcze jedna dyskusja na temat daty spadku meteorytu Morasko, *Acta Societatis*

Meteoriticae Polonorum, vol. 8, 2017, s. 123-148

Woźniak M., 2014, Friedland 1304 – zajrzyjmy do źródeł (Friedland 1304 – let's look to the sources), *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*, vol. 5, 2014, s. 155-181



Tomasz Walesiak, zawodowo informatyk, od kilku lat interesuje się meteorologią. Szczególne miejsce w tym hobby przeznacza na zbieranie danych o historycznych spadkach, analizę i zdobywanie wiedzy na temat struktur impaktowych.

Poszukiwania meteorytów z użyciem dronów, a kwestie prawne ich użycia, w tym w szczególności prawo do prywatności

Andrzej Kotowiecki

Wstęp

Według najnowszych szacunków, na całym świecie jest kilka tysięcy osób profesjonalnie trudniących się poszukiwaniem meteorytów, z czego ponad 80% przypada na Afrykę Północną, dlatego też wiadomość o spadku na Ziemię meteorytu, to dla wielu poszukiwaczy tych nieziemskich skarbów sygnał, że należy niezwłocznie udać się na poszukiwana. Meteority to nie tylko znaleziska naukowe, ale czasem bardzo dobre źródło utrzymania i robienia niezłego biznesu. W dobie rozwoju technologicznego pojawiają się na rynku coraz to nowe typy wykrywaczy do metalu z urządzeniami coraz to czulszymi i nowocześniejszymi. Od pewnego jednak czasu, w związku z rozwojem bezzałogowych statków powietrznych zwanych dronami, pojawiła się nowa metoda penetrowania terenów spadku meteorytów za pośrednictwem dronów. Metoda ta będzie moim zdaniem w coraz większym stopniu wykorzy-

stywana do poszukiwań meteorytów, będzie najbardziej rozpowszechnioną metodą, najbardziej oszczędzającą czas i najszybszą. Drony w szczególności pomocne są w penetrowaniu terenów pustynnych, lodowców oraz terenów trudno dostępnych. Nadto pozwalają na doskonałą, precyzyjną i w pełni wartościową dokumentację fotograficzną terenu.

Należy podkreślić, że mimo powszechności wykorzystania statków powietrznych wykonujących loty bez pilota na pokładzie, nie został zdefiniowany konkretnie taki pojazd. Pierwsze bezzałogowe urządzenia latające konstruowano już przed naszą erą. Dostępne źródła piszą o wynalazku Archytasa z Tarentu, który w V w. p.n.e. zbudował mechanicznego gołębia napędzanego parą wodną, a także o próbach Chińczyków z latawcami i balonami w podobnym okresie. W czasach nowożytnych swój wkład w konstrukcję tego typu miał Leonardo da Vinci, który zbudował protoplastę

bezzałogowego helikoptera jako urządzenie z mechanicznymi skrzydłami – tzw. latającą śrubę. W okresie I wojny światowej stosowane były automatyczne urządzenia latające jako ruchome cele do trenowania oddziałów przeciwlotniczych. Jeden z projektów prowadzonych przez E. Sperry'ego i P.C. Hewitta w tym okresie miał na celu opracowanie bezzałogowego samolotu o klasycznej konstrukcji, wprowadzonej przez słynnych braci Wright, z silnikiem spalinowym i śmigłem z przodu. Taki samolot powstał i odbył pierwszy lot w 1917 roku. W podobnym okresie powstała też latająca torpeda opracowana przez Ch. Ketteringa (ang. Kettering Bug). W 1925 roku Brytyjczycy opracowali wyposażony w autopilota bezzałogowy samolot o nazwie Larynx (ang. Long Range Gun with Lynx Engine), który stanowił broń przeciwko jednostkom pływającym. Stosowane później w wojskowości latające bomby, czy też pociski ma-

newrujące, także można zaliczać do bezzałogowych statków powietrznych, pamiętając jednak o ich specyfice jako broni, która nie może być powtórnie wykorzystana. W kolejnych latach wysiłki skierowano na opracowanie możliwości zdalnego sterowania takimi jednostkami drogą radiową. Doskonano konstrukcje dronów służących do szkolenia wojsk przeciwlotniczych. Doświadczenia te wykorzystano podczas II wojny światowej. W tym okresie podjęto prace nad dronami szpiegowskimi, które powszechnie zaczęto wykorzystywać w latach 60. i 70. XX wieku. Pod koniec lat 50. XX wieku firma Gyrodyne Company of America skonstruowała pierwszy bezzałogowy śmigłowiec QH-50 DASH, którego używano do celów bojowych jako niszczyciela łodzi podwodnych (ang. Drone Anti-Submarine Helicopter). Można było go wyposażać w dwie torpedy. Urządzenie było także wykorzystywane w misjach szpiegowskich, transportowych i innych.¹

W pierwszej dekadzie XX w. amerykańska armia używała dronów do trenowania przez żołnierzy umiejętności strzelania do celu. II wojna światowa przyspieszyła technologiczny rozwój konstrukcji tego typu. Były m.in. stosowane przez armię USA do ataków na nazistowskie Niemcy.²

Statki tego typu były sterowane przez pilota lub system sterowania znajdujący się poza tego typu statkiem bezzałogowym. Te maszyny nadto były bardziej zaawansowanymi typami i wersjami amatorskich modeli latających. Amatorskie latające urządzenia są zdalnie sterowane przez osoby stojące na ziemi i obsługujące urządzenia sterujące, komunikując się za pośrednictwem fal radiowych. Rozwój tego typu amatorskich urządzeń zaczął się na przełomie lat 40-tych i 50-tych XX w.³

Próba zdefiniowania pojęcia statku powietrznego bezzałogowego — dron

Na wstępie należy podkreślić, że nie jest powszechnie stosowana jednolita terminologia takiego statku ani nazwa funkcji osoby nim sterującej.

¹ W. Wyszywacz, *Drony — Budowa, Loty, Przepisy*, wyd. Poligraf 2016r. str. 15 oraz M. LaFay, *Drony dla bystrzaków*, wyd. Septem 2017 r. s. 23

² Tamże s. 24 i 16

³ M. LaFay, *Drony dla bystrzaków*, wyd. Septem 2017 r. s. 25

Słowo drone w języku angielskim oznacza *trutnia*, ale także *warkot* czy *brzęczenie*. Nazwa przyjęta została zapewne poprzez analogię do swobody i sposobu poruszania się owadów, a także odgłosów, jakie temu towarzyszą.

Środowiska lotnicze, w tym międzynarodowe organizacje zajmujące się standaryzacją przepisów lotniczych, nie porozumiały się w kwestii jej ujednolicenia. Różnie też tłumaczy się na język polski teksty, w tym przepisy, regulujące budowę i wykorzystanie tego rodzaju statków powietrznych. Z tego powodu, nie tylko w języku potocznym i na specjalistycznych forach internetowych, lecz także w publikacjach i oficjalnych dokumentach najważniejszych lotniczych organizacji międzynarodowych spotkać można różną terminologię⁴.

Jeżeli chodzi o terminologię używaną w prawie polskim to w ustawie — Prawo lotnicze⁵ nie podano definicji bezzałogowego statku powietrznego ani modelu latającego. Nie określono również, kim jest osoba pilotująca taki statek lub model. Jednakże z treści zapisów poszczególnych artykułów określających wymagania dla osób pilotujących takie statki powietrzne oraz zasady korzystania z polskiej przestrzeni powietrznej wynika, że dron i model latający — to bezzałogowe statki powietrzne⁶. Natomiast osoba pilotująca taki statek w celach innych niż rekreacyjne lub sportowe — to operator bezzałogowego statku powietrznego⁷, a osoba pilotująca

⁴ M. Bujnowski, *Integracja bezzałogowych statków powietrznych z unijnym systemem lotnictwa cywilnego*, Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny 2017, nr 2(6) s. 75, www.ikar.w.uw.edu.pl

⁵ Prawo lotnicze — Dz.U. 2002 Nr 130 poz. 1112 z póź. zm.

⁶ Prawo lotnicze — Dz.U. 2002 Nr 130 poz. 1112 z póź. zm — Art. 126a. 1. „Bezzałogowy statek powietrzny, w tym model latający, może...”

⁷ Tamże — art. 95 ust. 2. pkt 5a) ustawy — Prawo lotnicze oraz Tabela nr 2 Wykaz egzaminów na licencje i świadectwa kwalifikacji oraz wysokość stawek opłaty lotniczej związanej z egzaminami, Część I Egzamin, 1.2. Egzamin praktyczny na licencje i świadectwa kwalifikacji oraz uprawnienia do nich wpisywane, pkt 3, ppkt 7, oraz M. Bujnowski, *Integracja bezzałogowych statków powietrznych z unijnym systemem lotnictwa cywilnego*, Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy

model statku powietrznego — to pilot-operator modelu latającego.⁸

W fachowej literaturze wojskowej na zachód termin „bezzałogowy statek powietrzny” (ang. *unmanned aerial vehicle, UAV*) zaczął pojawiać się na początku lat 90-tych XX wieku. Słownik skrótów i wyrażeń wojskowych określał UAV, jako: „napędzany statek powietrzny, który nie ma na pokładzie człowieka-operatora, wykorzystuje siłę nośną do utrzymywania się w powietrzu, może latać samodzielnie według programu ustalonego przed startem lub być sterowany zdalnie, może być zużyty lub użyty ponownie oraz przenosić uzbrojenie lub inne wyposażenie”.⁹ Powyższa definicja i interpretacja jest akceptowana i wykorzystywana w wielu dokumentach doktrynalnych sił zbrojnych na całym świecie.¹⁰ Literatura fachowa używa również takich pojęć, jak bezzałogowy system powietrzny (ang. *unmanned aerial system, UAS*), dron — statek powietrzny, a wszystkie te pojęcia określają statki powietrzne, który nie wymagają do lotu załogi obecnej na pokładzie oraz nie mają możliwości zabierania pasażerów. W Polsce przyjmuje się definicję: „Bezzałogowe statki powietrzne, potocznie zwane dronami, definiuje się jako nadające się do wielokrotnego użytku aerodynamiczne systemy latające, które mogą być pilotowane zdalnie za pomocą joysticka lub cyfrowego interfejsu, wspieranego przez urządzenia automatycznego sterowania. Wraz z obsługującą je infrastrukturą, taką jak stacje kontroli i łącza danych, są określane jako „bezzałogowe systemy latające” (unmanned aircraft systems). Bezzałogowce mogą być wyposażone w łopaty (tak jak helikopter) lub skrzydła (tak jak samolot). Pierwotnie

i Regulacyjny 2017, nr 2(6) s. 78, www.ikar.w.uw.edu.pl

⁸ Tabela nr 2 Wykaz egzaminów na licencje i świadectwa kwalifikacji oraz wysokość stawek opłaty lotniczej związanej z egzaminami, Część I Egzamin, 1.2. Egzamin praktyczny na licencje i świadectwa kwalifikacji oraz uprawnienia do nich wpisywane, pkt 3, ppkt 5

⁹ Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms 2009, s. 577.

¹⁰ T. Zieliński, *Funkcjonowanie bezzałogowych systemów powietrznych w sferze cywilnej*, wydawnictwo Naukowe SILVA RERUM, 2014r., s. 33.

zostały opracowane dla wojska i nadal są często wykorzystywane do misji wojskowych wysokiego ryzyka”.¹¹ Statki te są pilotowane zdalnie lub wykonują lot autonomicznie. Bezzałogowe statki powietrzne (BSP) są obecnie wykorzystywane głównie przez siły zbrojne do obserwacji i rozpoznania, przez co zwykle wyposażone są w sprzęt służący do obserwacji w postaci głowic optoelektronicznych.¹² Uzbrojone i przeznaczone do wykonywania działań bojowych statki są określane jako *Unmanned combat air vehicle* (UCAV).

Wszystkie cywilne statki powietrzne (załogowe i bezzałogowe) działają zgodnie z konwencją chicagowską o lotnictwie cywilnym. Pojęcie statku powietrznego bez pilota (*Pilotless aircraft*)¹³ weszło do oficjalnej terminologii międzynarodowego lotnictwa cywilnego w 1944 r. za sprawą konwencji chicagowskiej, która w art. 8 ustanowiła zasady przelotu statku powietrznego, nadającego się do lotu bez pilota, nad terytorium umawiającego się państwa.¹⁴ I tak — „*Statek powietrzny, nadający się do lotu bez pilota, może bez pilota przelatywać nad terytorium Umawiającego się Państwa tylko za specjalnym upoważnieniem ze strony tego Państwa i zgodnie z warunkami takiego upoważnienia. Każde Umawiające się Państwo zobowiązuje się zapewnić kontrolę lotów statków powietrznych bez pilota w rejonach otwartych dla cywilnych statków powietrznych w taki sposób, by uniknąć niebezpieczeństwa dla cywilnych statków powietrznych*”.

Konwencja nie zdefiniowała jednak samego pojęcia takiego statku.

Konstrukcje dronów

Drony przyjmują postać multi-kopterów (ang. multi-rotor UAV): tri-, kwadro-, hexa- i oktokopterów, które mają odpowiednio trzy, cztery, sześć lub osiem śmigieł.

¹¹ Cywilne wykorzystanie dronów, INFOS — Biuro Analiz Sejmowych, nr 4(187), 5 marca 2015 r.

¹² W. Wyszywacz, *Drony — Budowa, Loty, Przepisy*, wyd. Poligraf 2016 r. s. 17

¹³ Tłum. Pilotowany samolot

¹⁴ Konwencja o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Chicago. 1944. 12.07. — Dz.U. 1959.35.212 — zał. <https://mib.gov.pl/files/0/1796973/Konwencjachicagowska.pdf>

Najczęściej spotkać można kwadro- oraz oktokoptery. Duża liczba śmigieł zapewnia przewidywalne sterowanie i stabilność podczas lotu. Drony można zdefiniować jako bezzałogowe statki powietrzne wielokrotnego użytku, sterowane zdalnie lub zaprogramowane tak, by latać w sposób autonomiczny.¹⁵

Przepisy międzynarodowe dotyczące dronów, a prawo polskie.

Wszystkie cywilne statki powietrzne (załogowe i bezzałogowe) działają zgodnie z konwencją chicagowską o lotnictwie cywilnym. Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa Cywilnego — agencja ONZ nadzorująca rozwój i bezpieczeństwo transportu lotniczego — wyznaczyła terminy objęcia regulacjami poszczególnych kategorii bezzałogowców:

— do 2018 r. — wstępna integracja z ruchem lotniczym w przestrzeni powietrznej, bez obszarów wydzielonych,

— do 2028 r. — pełna integracja, zapewniająca „przejrzystość działania w przestrzeni powietrznej”, w której bezzałogowce są widoczne dla służb kontroli ruchu lotniczego i są w stanie komunikować się z nimi¹⁶.

W Polsce raport w sprawie zastosowania bezzałogowych statków powietrznych, przygotowany w 2013 r. przez Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC), zwraca uwagę na potencjalne bogactwo zastosowań, ale już na wstępie stwierdza, że wcześniejszy brak regulacji nie przeszkodził w rozwoju lotnictwa bezzałogowego¹⁷. Po nowelizacji w 2011 r. ustawy Prawo lotnicze¹⁸, loty BSP muszą spełniać

¹⁵ K. Dalamagkidis, K.P. Valavanis, L.A. Piegł, *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System: Issues, Challenges, Operational Restrictions, Certification and Recommendations*, 2nd ed., Springer-Verlag, Dordrecht, Heidelberg, London, New York 2012, s. 2

¹⁶ Cywilne wykorzystanie dronów, INFOS — Biuro Analiz Sejmowych, nr 4(187), 5 marca 2015 r. [http://orka.sejm.gov.pl/WydBAS.nsf/0/CD0446A2341FEFE0C1257DF-9003F59B5/\\$file/Infos_187.pdf](http://orka.sejm.gov.pl/WydBAS.nsf/0/CD0446A2341FEFE0C1257DF-9003F59B5/$file/Infos_187.pdf)

¹⁷ Raport Człowiek Maszyna Bezpieczeństwo, Warszawa, październik 2013 ISBN 978-83-62824-04-5 s. 18

¹⁸ Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lot-

określone warunki.¹⁹ Polskie przepisy należą, obok amerykańskich²⁰, do najmniej restrykcyjnych, ponieważ loty cywilnych dronów, których masa startowa nie przekracza 25 kg, są ogólnie dopuszczone w celach rekreacyjnych lub sportowych, bez obowiązku posiadania pozwolenia; nie jest wymagana rejestracja urządzenia, użytkownik nie musi zapewniać dodatkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej czy posiadać certyfikacji.²¹ Nie jest także wymagane pozwolenie na wykonywanie lotów oraz spełnianie kryteriów wymagań środowiskowych czy norm hałasu. Włączenie bezzałogowców do obowiązującego ustawodawstwa jest istotne ze względu na konieczność zapewnienia bezpiecznego ich stosowania w przestrzeni powietrznej na równi z pozostałymi jej użytkownikami. Amerykański Kongres uchwalił prawo zobowiązujące Urząd Regulacji Przestrzeni Powietrznej USA (Federal Aviation Administration) do otwarcia przestrzeni powietrznej dla powietrznych statków bezzałogowych do 2015 r. Przewiduje ono wprowadzenie norm technicznych, a także norm dotyczących przestrzeni powietrznej oraz bezpieczeństwa. Rozporządzenie WE 1592/2002 ustanowiło wytyczne odnoszące się do bezzałogowców o masie ponad 150 kg, przeznaczonych do celów innych niż badania i cele wojskowe. W 2012 r. Unia Europejska opublikowała dokument roboczy, w którym przyjęła za cel zintegrowanie bezzałogowców z europejskim ruchem lotniczym do 2016 r. Europejska Agencja Bezpieczeństwa Lotniczego opracowała plan działania, który ma doprowadzić do stopniowej

nicze, Dz.U. z 2002 r. Nr 130, poz. 1112 z późn. zm.

¹⁹ Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy — Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, „Dz.U. 2013 poz. 440”, 26 marca 2013.

²⁰ FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, *Unmanned Aircraft Operations in the National Airspace System (NAS)*, 27 października 2015.

²¹ <https://www.portalodo.com/entry/drony-warunki-eksploatacji-odpowiedzialnosc-i-dane-osobowe>

integracji bezałogowców z europejską przestrzenią powietrzną po 2016 r. Agencja uwzględniła takie kryteria, jak bezpieczeństwo, postęp techniczny i wymiar społeczny.

Prawo lotnicze wspólne dla wszystkich

Wszystkich operatorów/pilotów dronów, niezależnie od charakteru odbywanego lotu (np. loty komercyjne, rekreacyjne, sportowe, inne), obowiązują te same zasady prawa lotniczego, które są wspólne dla wszystkich statków powietrznych. Przed wykonywaniem jakichkolwiek lotów modelami RC /dronami należy przeczytać podstawowe informacje dotyczące klasyfikacji przestrzeni lotniczej oraz poznać przepisy obowiązujące w polskim prawie lotniczym.

Podział przestrzeni powietrznej

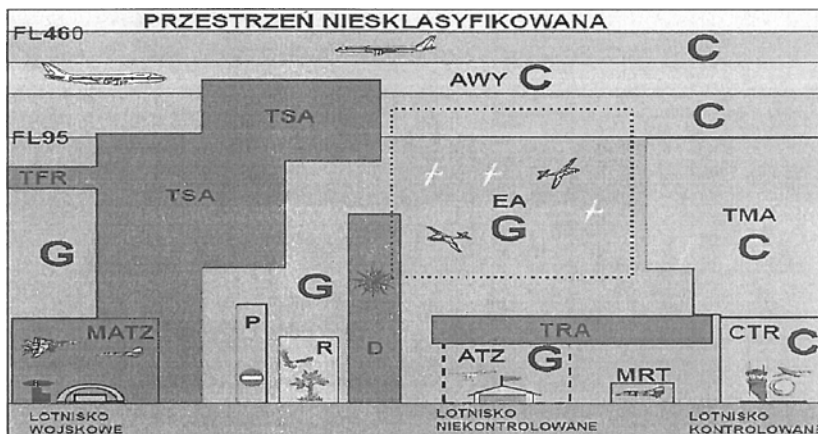
W Polsce przestrzeń powietrzna dzieli się przede wszystkim na przestrzeń sklasyfikowaną i niesklasyfikowaną. Przestrzeń sklasyfikowana jest podzielona na dwie podstawowe klasy przestrzeni:

- przestrzeń niekontrolowana — klasa G; sięgająca od ziemi (GND) do FL095 (9500 stóp czyli ok. 3000 m nad ziemią)
- przestrzeń kontrolowana — klasa C; sięga od FL095 do FL460

Do przestrzeni niesklasyfikowanej należy przestrzeń powyżej FL460 oraz liczne elementy przestrzeni, które są specjalnie wydzielone z przestrzeni zarówno kontrolowanej C jak i niekontrolowanej G np. przestrzeń D (Danger Area), P (Prohibited Area), R (Restricted Area), EA (Exercise Area) i inne. Prócz tego w przestrzeni niekontrolowanej G wyodrębnia się elementy przestrzeni kontrolowanej:

- CTR — (Control Zone) strefa kontrolowana lotniska
- TMA — (Terminal Control Area) rejon kontrolowany lotnisk(a)
- MCTR — Military Control Zone
- MTMA — Military Terminal Control Area

Jak zatem widać z powyższego opisu, przestrzeń powietrzna nie jest jednolita ani w obszarze przestrzeni kontrolowanej C (może zawierać liczne elementy przestrzeni niesklasyfikowanej), ani w obszarze przestrzeni niekontrolowanej G (która zawiera



Dla operatorów dronów najistotniejsze będzie to, co dzieje się w przestrzeni od ziemi do ok. 3 km nad powierzchnią ziemi. Powyżej tego poziomu (dokładnie FL95) na chwilę obecną nie ma możliwości latania dronem.

sporo stref CTR/TMA, które są strefami C lotnisk komunikacyjnych). Dla łatwiejszego zrozumienia warto zerknąć na obrazek:

Gdzie zatem można latać dronem?

Dla uproszczenia rozważań przyjmujemy, że spełniamy poniższe (bardzo istotne) kryteria: loty naszego drona mają charakter rekreacyjny/sportowy, lot odbywa się w zasięgu wzroku operatora drona, nadto nasz dron z całym wyposażeniem waży poniżej 25 kg (MTOM). Jeśli powyższe kryteria są spełnione, to na chwilę obecną dronem na terenie Polski można poruszać się bez specjalnego zezwolenia jedynie w niekontrolowanej przestrzeni powietrznej (klasa G), z wyłączeniem wszelkich elementów niesklasyfikowanych (strefy D, P, R, TSA, inne) i kontrolowanych (CTR, TMA), które mogą znajdować się w przestrzeni G.

Jeśli dronem chcielibyśmy odbywać lot w strefach lub rejonach kontrolowanych lotnisk (CTR lub TMA), to obowiązują nas i naszego drona te same zasady, które obowiązują pozostałe statki powietrzne. Co więcej: dron musiałby być wyposażony w urządzenia (nawigacyjne, łączności, umożliwiające lot) takie, jak inne statki powietrzne operujące w warunkach IFR (lot na instrumenty) lub V FR (lot z widocznością), lot musiałby być wykonywany zgodnie z wcześniej zgłoszonym planem lotu

Mapa stref powietrznych w Polsce

Mapa stref lotniczych w Polsce, podzielona na sektory, dostępna jest w Internecie.²²

²² http://www.fis.pansa.pl/?lang=_pl&top_

Ponieważ mapy nie są jednak bardzo dokładne i ciężko jednoznacznie określić, szczególnie dla obszarów granicznych, gdzie przebiega dokładnie granica między jedną strefą a drugą, można zacerpnąć informacji „z pierwszej ręki” czyli zadzwonić bezpośrednio do odpowiedniego oddziału FIS (Flight Information Service — Służba Informacji Powietrznej).

Co jeśli dron nie spełnia tych 3 warunków?

W przypadku przekroczenia granicy 25 kg wagi drona, prócz zasad obowiązujących jak dla normalnych statków powietrznych latających w strefie kontrolowanej C, dodatkowo: operator musi posiadać stosowne pozwolenie wydane przez Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego; pozwolenie wydaje się po zakończeniu całego procesu związanego np. z nadzorem nad budową statku powietrznego.

Jeśli lot dronem miałby być wykonywany bez widoczności z ziemi, czyli przy użyciu sprzętu FPV (First Person View — kamera z widokiem z drona), zasady takiego lotu są takie same, jak dla lotów wszystkich innych statków powietrznych operujących w warunkach IFR/VFR, czyli wymagane jest wyposażenie drona w urządzenia do nawigacji i komunikacji (transponder, łączność radiowa), oraz lot realizowany wg planu. Jeśli lot dronem ma charakter komercyjny, należy uzyskać odpowiedni certyfikat UAVO wydawany przez Urząd Lotnictwa Cywilnego. Należy sprawdzić, jak uzyskać świadectwo kwalifikacji UAVO do pilotowania drona. Poza tym obowiązują wszystkie powyższe

menu=top_fis&left_menu=menu_fis&opis=fis_wiecej_o_mapie_FIS

prawa (dla dronów cięższych niż 25 kg i wykonujących lot bez widoczności).

Czy loty FPV są całkiem zabronione?

Nie do końca tak jest, bowiem zgodnie z literą prawa lotniczego, każdy ma równe prawa do przestrzeni powietrznej nad terytorium RP. To oznacza, że każdy może zwrócić się do Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (PAŻP) z prośbą o wydzielenie specjalnej strefy powietrznej EA (Exercise Area) na loty bez widoczności. Jeśli otrzyma w odpowiedzi zgodę na wydzielenie takiej przestrzeni, będzie mógł w niej wykonać loty FPV, czyli z widokiem jedynie z kamery zamontowanej na dronie.

Deklaracja z Rygi dotycząca dronów

Deklaracja z Rygi potwierdziła wolę współpracy europejskiego środowiska lotniczego w celu przygotowania właściwych regulacji zapewniających innowacyjny rozwój usług świadczonych przez drony w całej Europie, począwszy od 2016 r.²³. Na jej zakończenie zebrani przyjęli deklarację dotyczącą zdalnie sterowanych statków powietrznych (dronów) — „Kształtowanie przyszłości lotnictwa”. Określili w niej następujące zasady, które powinny leż u podstaw procesu tworzenia ram prawnych, regulujących funkcjonowanie dronów w Europie:

- 1) drony muszą być traktowane jako nowe typy statków powietrznych i funkcjonować w oparciu o przepisy uwzględniające ryzyko wykonywanych przez nie operacji;
- 2) europejskie przepisy bezpiecznego świadczenia usług przez drony muszą być opracowane już teraz;
- 3) technologie i standardy powinny być tworzone z myślą o pełnej integracji dronów z europejską przestrzenią powietrzną;
- 4) akceptacja społeczna jest podstawą rozwoju usług dronów;
- 5) operator drona jest odpowiedzialny za jego wykorzystanie.

Wymienione zasady były zgodne z omówionymi w poprzednim punkcie podstawowymi założeniami strategii, przedstawionymi przez KE w komu-

unikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady w kwietniu 2014 r. (COM(2014) 207 final). W dokumencie końcowym uczestnicy konferencji zadeklarowali swoje zaangażowanie w prace na rzecz realizacji wymienionych zasad i podkreślili konieczność pilnego opracowania ram prawnych dla dronów, aby możliwe było od 2016 r. wykonywanie usług z ich wykorzystaniem w całej Europie. EASA została zobowiązana do przeprowadzenia (do połowy 2015 r.) powszechnych konsultacji w sprawie ram regulacyjnych operacji dronów i przedstawienia do końca 2015 r. (w oparciu o wyniki tych konsultacji) propozycji prawnych dla operacji niskiego ryzyka. Agencja wywiązała się z postawionych zadań w terminie. W maju 2015 r. przedstawiła „Koncepcję prowadzenia operacji z wykorzystaniem dronów. Oparte na ryzyku podejście do uregulowania kwestii bezzałogowych statków powietrznych”. W okresie od 31 lipca do 25 września 2015 r. przeprowadziła konsultacje w sprawie proponowanych zmian (ANPA 2015-10). W grudniu 2015 r. przedstawiła KE „Opinię techniczną”, która w części 4 zawiera nowelizację mapy drogowej z 2013 r. W sierpniu 2016 r. zaprezentowała szkic projektu rozporządzenia KE w sprawie operacji bezzałogowych statków powietrznych dla kategorii otwartej i specjalnej. Ponadto Agencja przygotowała materiały pomocnicze i doradcze, w tym dla organizacji projektujących, pomagające wybrać odpowiednie specyfikacje certyfikacyjne (z mających zastosowanie do lotnictwa załogowego), na podstawie których można przygotować podstawy certyfikacji projektu RPAS oraz informator dla użytkowników dronów (Flying a dron) zawierający podstawowe zasady bezpiecznego posługiwania się RPAS.

Wykorzystywanie bezzałogowych statków powietrznych do celów cywilnych

Głównymi obszarami zastosowania bezzałogowych statków powietrznych²⁴ jest obserwacja (pomiar otoczenia za pomocą czujników) i przewóz (transport ładunków, w tym

transport towarowy). Pojawiają się nowe cele i dziedziny, w których można wykorzystać bezzałogowce. Stosowane są w miejscach odległych i trudno dostępnych, w których wykorzystanie statków załogowych byłoby niebezpieczne, a także w warunkach zagrożenia ludzkiego życia lub zdrowia. Małe bezzałogowe statki najczęściej są wyposażone w aparaty fotograficzne lub inne urządzenia do przetwarzania obrazu. Małe drony wykorzystuje się do:

- fotografowania i filmowania do celów badawczych i komercyjnych (np. transmisje telewizyjne),
- monitoringu środowiska (atmosfera, różnorodność biologiczna, ochrona środowiska, mapowanie siedlisk, geologia, lód i śnieg),
- dostarczania danych do celów precyzyjnego stosowania zabiegów rolniczych,
- kartografii,
- kontroli infrastruktury (np. ropociągów i gazociągów),
- pomocy w nagłych wypadkach (np. poszukiwania i ratownictwo, możliwość zastosowania w pożarnictwie i policji).

Oczywiście do tego należałoby dodać obecnie rozwijające się komercyjne wykorzystanie dronów w handlu, turystyce itp. a także nas interesujące — **poszukiwania meteorytów**.

Na przełomie kilku, a nawet kilkunastu ostatnich lat nastąpił bardzo dynamiczny rozwój nowych technologii, który szczególnie jest zauważalny w dziedzinie miniaturowych układów sterowania, obserwacji i łączności.²⁵ Postęp i innowacyjność przede wszystkim dostrzegane są w sektorze przestrzeni powietrznej za sprawą bezpilotowych modeli latających, dzięki którym prawie każdy może mieć do niej praktycznie nieograniczony dostęp. Rosnący dostęp do zaawansowanej elektroniki daje szeroki wachlarz zastosowań praktycznych i nowatorskiego wykorzystania przestrzeni powietrznej, jednak, oprócz wielu korzyści, stosowanie tego rodzaju rozwiązań, niesie za sobą również cały szereg problemów prawnych,

²³ <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/news/doc/2015-03-06-drones/2015-03-06-riga-declaration-drones.pdf>

²⁴ za opr. — Cywilne wykorzystanie dronów, INFOS — Biuro Analiz Sejmowych, nr 4(187), 5 marca 2015 r.

²⁵ A. Moldenhawer, W. Perkowski: Pneumatyczna wyrzutnia startowa bezpilotowych samolotów. W: Transactions of the Institute of Aviation. Prace Instytutu Lotnictwa, pod red. prof. Zdzisława Gosińskiego. Nr 216/2011.

społecznych i technicznych.²⁶ Coraz częściej podnoszone są, nie tylko w Polsce ale i na arenie międzynarodowej, zagadnienia etyczne odnoszące się do wykorzystywania bezzałogowych statków powietrznych w kontekście ochrony praw człowieka, ochrony prywatności czy danych osobowych.

Szkolenia i zdobywanie uprawnień lotniczych w zakresie lotów dronami są szeroko opisane w Internecie w tym:

— Szkolenie VLOS (loty w zasięgu wzroku) — teoria²⁷

— Nauka latania dronem — Szkolenie praktyczne VLOS²⁸

— Szkolenie BVLOS (loty poza zasięgiem wzroku)²⁹

— Uprawnienia do pilotowania samolotów bezzałogowych o masie do 5 kg³⁰

— Uprawnienia A do 25kg³¹

— Egzamin państwowy³².

Odpowiedzialność cywilna

Zgodnie z art. 206 Prawa Lotniczego odpowiedzialność za szkody spowodowane ruchem statków powietrznych podlega przepisom prawa cywilnego o odpowiedzialności za szkody wyrządzone przy posługiwaniu się mechanicznymi środkami komunikacji poruszonymi za pomocą sił przyrody. Odpowiedzialność za szkodę wyrządzoną przez ruch mechanicznego środka komunikacji jest opisana w art. 436 Kodeksu Cywilnego. Dla porównania we Francji, Rumunii czy Republice Czeskiej podstawy prawne dla odpowiedzialności cywilnej także regulowane są przez tamtejsze kodeksy cywilne, jednak już w Danii, Niemczech czy Wielkiej Brytanii zasady te regulowane są w krajowych ustawach dotyczących prawa lotniczego³³.

Wspomniany wcześniej art. 436

²⁶ Biuro Analiz Sejmowych. Cywilne wykorzystanie dronów. Nr 4 (187), 5 marca 2015. www.bas.sejm.gov.pl — pobrano 10.08.2015.

²⁷ https://dron.edu.pl/?page_id=304

²⁸ <https://dron.edu.pl/?product=nauka-latania-dronem-szkolenie-praktyczne-vlos>

²⁹ <https://dron.edu.pl/?product=szkolenie-bvlos>

³⁰ <https://dron.edu.pl/?product=szkolenie-na-samolocie-bezzałogowym-do-5kg>

³¹ <https://dron.edu.pl/?product=uprawnienia-a-do-25kg>

³² https://dron.edu.pl/?page_id=536

³³ IAA Report, Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems in Irish Airspace safety, Dublin, 23.07.2014, nr 02/12, s. 23

KC określa odpowiedzialność na zasadzie ryzyka, odnoszącą się zarówno do posiadaczy samoistnych, jak i posiadaczy zależnych.³⁴ W porządkach prawnych dużej części Państw Członkowskich UE występują podobne do naszych zasady dla określania odpowiedzialności (odpowiedzialność na zasadzie ryzyka przyjmują też m.in. Niemcy, Włochy, Belgia czy Dania). Jednak występują także państwa, jak Holandia, które opierają określenie odpowiedzialności na zasadzie winy, oraz państwa, jak Wielka Brytania³⁵, które przyjmują mieszane zasady odpowiedzialności. Wielka Brytania reguluje odpowiedzialność na zasadzie ryzyka dla zdarzeń i szkód spowodowanych na powierzchni ziemi, oraz odpowiedzialność na zasadzie winy dla zdarzeń i szkód spowodowanych w powietrzu.³⁶

Dla powstania obowiązku naprawienia szkody muszą zostać spełnione przesłanki odpowiedzialności cywilnej, to jest zdarzenie, z którym system prawny łączy czyjś obowiązek naprawienia szkody. W tym wypadku jest to ruch drona, powstanie szkody oraz związek przyczynowy między zdarzeniem, a szkodą.³⁷ PrLot wprowadza jednak pewne modyfikacje odpowiedzialności, bowiem zgodnie z art. 206 ust. 2 PrLot odpowiedzialność, o której mowa w ust. 1 tego przepisu, nie powstaje, jeżeli szkoda wynika z samego faktu przelotu statku powietrznego odbywającego się zgodnie z obowiązującymi przepisami. Ponadto istotne modyfikacje w aspekcie podmiotowego zakresu odpowiedzialności wprowadza art. 207 PrLot, bowiem:

Odpowiedzialność za szkody, ponosi osoba eksploatująca statek powietrzny;

Osobę wpisaną do rejestru statków jako użytkownika uważa się za osobę eksploatującą statek powietrzny i ponoszącą odpowiedzialność za szkodę.

³⁴ A. Olejniczak, Komentarz do art. 436 Kodeksu cywilnego. I Kodeks cywilny. Komentarz. Tom III. Zobowiązania — część ogólna, red. A. Kidyba, 2014, LEX nr. 8917

³⁵ Steer Davies Gleave for European Commission, Study on the Third-Party., rozdział: 4 s. 22–23.

³⁶ Tamże op. cit., rozdział: 4 s. 22–23

³⁷ A. Konert, Odpowiedzialność za szkodę na ziemi wyrządzoną ruchem statku powietrznego, Warszawa 2014, s. 131–134.

chyba że udowodni, że eksploatującą w danym czasie była inna osoba.

Za osobę eksploatującą statek powietrzny uważa się osobę, która go używała w czasie spowodowania szkody. Za używającą statek powietrzny uważa się osobę, która używa go bądź sama, bądź przez osoby za nią działające, choćby przekroczyły udzielone im uprawnienia.³⁸ Osobę, która przekazała prawo używania statku powietrznego innej osobie, uważa się za eksploatującą statek powietrzny, jeżeli zachowała prawo decydowania w sprawach wykonywania lotu. Odpowiedzialność ponosi również osoba, która bezprawnie używa statku powietrznego, a solidarnie z nią odpowiedzialność ponoszą osoby wcześniej wymienione, chyba że użycie statku powietrznego nastąpiło bez ich winy. Solidarnie z osobami określonymi w ust. 1–6 (z wszystkimi wcześniej wymienionymi) odpowiadają osoby, z których winy szkoda powstała. W razie zderzenia się mechanicznych środków komunikacji poruszanych za pomocą sił przyrody, wymienione osoby mogą wzajemnie żądać naprawienia poniesionych szkód tylko na zasadach ogólnych.³⁹

Podsumowanie

W Polsce wciąż najpopularniejszą kategorię BSP stanowią statki używane w celach rekreacyjnych lub sportowych, w zasięgu wzroku i ważące do 25 kg. Z treści przepisów wynika, iż stanowią one kategorię o najmniejszych wymaganiach stawianych przed operatorem BSP dla podjęcia przez niego lotu statkiem.

Jednak nie można zapominać, jak szybko rozwija się ta dziedzina i dlatego powinna być ona analizowana pod kątem rozwiązań prawnych w innych państwach świata, aby móc udoskonalać nasz porządek prawny. Wydaje się też, iż potrzebna była by szersza integracja na poziomie międzynarodowym. Dlatego trzeba pamiętać o wspominanych już wcześniej pracach podjętych przez ICAO i UE, z których to ICAO wyznaczyło terminy objęcia regulacjami poszczególnych kategorii BSP (do 2018 r.

³⁸ Art. 207 Ustawy Prawo Lotnicze (Dz.U. z 2013 r. poz. 1393); L. Goździaszek, Drony..., op. cit.

³⁹ A. Konert, Odpowiedzialność za szkodę..., op. cit., s. 136.

wstępna integracja z ruchem lotniczym w przestrzeni powietrznej bez obszarów specjalnych oraz do 2028 r. pełna integracja).⁴⁰

W niedługim czasie problemem, będzie ingerencja dronów wyposażonych w optoelektronikę, która w znacznym stopniu może ograniczać nasze prawo do prywatności. Dotykamy tutaj zagadnienia niezmiernie wrażliwego, dotyczącego obawy naruszenia kwestii związanych z ochroną danych osobowych, jak również poszanowania podstawowych wolności obywateli.

Nowe technologie są elementem naszej codzienności; będą w coraz większym zakresie ingerować w nasze życie, ale żeby nie niosło to za sobą poważnych konsekwencji społecznych, musimy zachować odpowiedzialność i rozsądek, jednocześnie dbając o gwarancje ochrony naszych podstawowych praw i wartości, jakimi są wolność i prywatność. Należy jeszcze dodać, że udając się na poszukiwania meteorytów poza granice Polski należy dobrze upewnić się w ambasadzie konkretnego kraju o regulacjach prawnych dotyczących poszukiwań za pomocą dronów, lub też udać się na poszukiwania na miejscu z osobą posiadającą tamtejsze uprawnienia oraz stosowne zezwolenia i oczywiście znajomość terenu. Stanowczo odradzam udawanie się w rejony konfliktów zbrojnych czy też rejony o niepewnej sytuacji politycznej. Nadto w przypadku odkrycia meteorytu na danym terenie nie należy zapominać o uzyskaniu **stosownej zgody na wejście na dany teren**, co już zostało niejednokrotnie wyjaśnione w wielu publikacjach.⁴¹

Bibliografia

W. Wyszywacz, *Drony — Budowa, Loty, Przepisy*, wyd. Poligraf 2016r. str. 15 oraz M. LaFay, *Drony dla bystrzaków*, wyd. Septem 2017r. s. 23

M. LaFay, *Drony dla bystrzaków*, wyd. Septem 2017 r. s. 25

⁴⁰ Biuro Analiz Sejmowych, *Cywilne.*, op. cit., s. 2.

⁴¹ A. Kotowiecki, Status prawny meteorytów w Polsce, Wadowice 2015 r, A. Kotowiecki — „Prowadzenie poszukiwań meteorytów za pomocą wykrywaczy do metali a kwestia prawna ich legalności” — „Meteoryt” Nr.1/2002, s.19–22., A. Kotowiecki, Status prawny meteorytów, Kwartalnik METEORYT Nr 2/2011 wydawanym przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne

M. Bujnowski, *Integracja bezzałogowych statków powietrznych z unijnym systemem lotnictwa cywilnego*, Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny 2017, nr 2(6) s. 75, www.ikar.w.uw.edu.pl

Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms 2009, s. 577.

T. Zieliński, Funkcjonowanie bezzałogowych systemów powietrznych w sferze cywilnej, wydawnictwo Naukowe SILVA RERUM, 2014r., s.33.

W. Wyszywacz, *Drony — Budowa, Loty, Przepisy*, wyd. Poligraf 2016r. str.17

Konwencja o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Chicago.1944.12.07. — Dz.U.1959.35.212 — zał. <https://mib.gov.pl/files/0/1796973/Konwencjachi-cagowska.pdf>

Prawo lotnicze — Dz.U. 2002 Nr 130 poz. 1112 z póź. Zm

K. Dalamagkidis, K.P. Valavanis, L.A. Piegł, On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System: Issues, Challenges, Operational Restrictions, Certification and Recommendations, 2nded., Springer-Verlag, Dordrecht, Heidelberg, London, New York 2012, s. 2

Cywilne wykorzystanie dronów, INFOS — Biuro Analiz Sejmowych, nr 4(187), 5 marca 2015 r. [http://orka.sejm.gov.pl/WydBAS.nsf/0/CD0446A2341FEFE0C1257DF-9003F59B5/\\$file/Infos_187.pdf](http://orka.sejm.gov.pl/WydBAS.nsf/0/CD0446A2341FEFE0C1257DF-9003F59B5/$file/Infos_187.pdf)

Raport Człowiek Maszyna Bezpieczeństwo, Warszawa, październik 2013 ISBN 978-83-62824-04-5 s. 18

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy — Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, „Dz.U. 2013 poz. 440”, 26 marca 2013.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, *Unmanned Aircraft Operations in the National Airspace System (NAS)*, 27 października 2015.

Moldenhawer A, W. Perkowski: Pneumatyczna wyrzutnia startowa bezpilotowych samolotów. W: Transactions of the Institute of Aviation. Prace Instytutu Lotnictwa, pod red. prof. Zdzisława Gosiewskiego. Nr 216/2011.

T. Zieliński: Funkcjonowanie bezzałogowych systemów powietrznych w sferze cywilnej. Poznań 2014, s. 7, 12.

M. Zych: Drony w cywilu. www.codozasady.pl — pobrano 31.07.2015; Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju. Projekt z dnia 01.12.2014r. Nr w wykazie prac 434

Dz.U.UE.C.2015.12.87 — Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-

-Społecznego w sprawie komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady „Nowa era w dziejach lotnictwa. Otwarcie rynku lotniczego na cywilne wykorzystanie systemów zdalnie pilotowanych statków powietrznych w bezpieczny i zrównoważony sposób” COM (2014) 207final

IAA Report, Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems in Irish Airspace safety, Dublin, 23.07.2014, nr 02/12, str. 23

Steer Davies Gleave for European Commission, Study on the Third-Party., s. 22–23.

Konekt A, Odpowiedzialność za szkodę na ziemi wyrządzoną ruchem statku powietrznego, Warszawa 2014, s.131–134

Dz.U.UE.C.2015.12.87 — Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady „Nowa era w dziejach lotnictwa. Otwarcie rynku lotniczego na cywilne wykorzystanie systemów zdalnie pilotowanych statków powietrznych w bezpieczny i zrównoważony sposób” COM (2014) 207final

J. Niklas, A. Walkowiak: Drony nadzór z powietrza, Fundacja Panoptikon, źródło: www.panoptikon.org/sites/default/files/panoptikon_drony_nadzor_z_powietrza_11.07.2014_O.pdf

A. Kotowiecki, Status prawny meteorytów w Polsce, Wadowice 2015 r, A. Kotowiecki — „Prowadzenie poszukiwań meteorytów za pomocą wykrywaczy do metali a kwestia prawna ich legalności” — „Meteoryt” Nr.1/2002, s.19–22., A. Kotowiecki, Status prawny meteorytów, Kwartalnik — METEORYT Nr 2/2011 wydawanym przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne



Andrzej Kotowiecki — Prokurator w stanie spoczynku, członek założyciel Polskiego Towarzystwa Meteorytowego i Przewodniczący Sądu Koleżeńskiego.

Andrzej Kotowiecki



Na zdjęciach, od góry:

Meteoryt podkopany, gotowy do wydobywania.

Już prawie na powierzchni! Wreszcie można było przyjrzeć się dokładnie znalezisku.

Kolejny etap czyszczenia, po około 50 godzinach pracy.

Fot. Andrzej Owczarzak

