

Superbolidy: obiekt tunguski

Tadeusz J. JOPEK*

W czasach współczesnych katastrofy kosmiczne na powierzchni Ziemi nie zdarzają się często. Zdaniem badaczy Układu Słonecznego cztery miliardy lat temu sprawa wyglądała inaczej – powierzchnie Merkurego, Wenus, Ziemi, Księżyca oraz Marsa doznały swobodnego bombardowania przez obiekty o rozmiarach od kilkumetrowych do olbrzymich, kilometrowych brył. Ślady tego kataklizmu widoczne są do dzisiaj m.in. na powierzchni Księżyca usianej kraterami uderzeniowymi o średnicach dochodzących nawet do 600 km. Na powierzchni Ziemi tego rodzaju kraterzy są trudne do zauważenia, bowiem na skutek erozji atmosferycznej ich ślady zaciera się stosunkowo szybko. Niektóre jednak przetrwały, jak, na przykład, znajdujący się w RPA największy ziemski krater uderzeniowy Vredefort o średnicy 300 km, powstały około 2 miliardów lat temu. W Europie największy krater Puczeż-Katuński znajduje się w Rosji w rejonie Niżnego Nowogrodu. Ma rozmiary 80 km, powstał około 170 mln lat temu. Na terenie Polski średnica największego krateru uderzeniowego wynosi 100 m, powstał on około 5000 lat temu i znajduje się nieopodal dawnej wsi Morasko, obecnie włączonej w obręb Poznania. Niektóre ciała niebieskie nadal stanowią zagrożenie dla mieszkańców Ziemi. Z obserwowanych przez dawnych astronomów obiektów największy lęk budziły komety. Na temat ich natury nawet Galileusz miał błędne poglądy, nikt zatem nie uświadamiał sobie, jakie rzeczywiście mogą stanowić niebezpieczeństwo.



Fot. 1. Fragment 100-metrowego krateru na terenie rezerwatu Morasko w Poznaniu.

Pierwszym przedstawicielem innej grupy niebezpiecznych obiektów była odkryta w roku 1898 planetka Eros. Wkrótce podobnych obiektów zaobserwowano znacznie więcej i łącznie z kometami nadano im określenie – obiekty NEO (ang. *near-Earth objects*, obiekty bliskie Ziemi). Na nasze szczęście obiekty NEO nieczęsto wpadają do atmosfery Ziemi. Jednak w Układzie Słonecznym istnieje jeszcze jedna grupa groźnych ciał obejmująca szeroki zakres rozmiarów i mas – od ułamków mikrona do kilkudziesięciu metrów. Są to *meteoroidy* – bryły materii pochodzenia kometarnego albo planetkowego. W Układzie Słonecznym ciał o mniejszych rozmiarach jest znacznie więcej od ciał dużych, stąd meteoroidy o rozmiarach mniejszych niż 1 cm bardzo często wpadają do ziemskiej atmosfery, wywołując piękne zjawiska świetlne zwane meteorami. W każdą pogodną noc w ciągu godziny obserwujemy kilka lub więcej meteorów. Kiedy do atmosfery wpada meteoroid o rozmiarach metrowych, zjawisko meteoru jest niezwykle spektakularne. Określamy je mianem bolidu, a w przypadku ciał dziesięciometrowych lub większych mianem superbolidu. Meteoroidy wywołujące superbolidy niosą ogromną energię kinetyczną, która może być nawet 1000 razy większa od energii wybuchu bomby, jaka eksplodowała nad Hiroszimą. Oznacza to, że w przypadku superbolidów możemy mieć do czynienia ze zjawiskiem, dla którego określenie „katastrofa kosmiczna” jest jak najbardziej adekwatne. Do takich wydarzeń należała katastrofa tunguska oraz, w mniejszej skali, niedawny superbolid obserwowany w okolicy Czelabińska w Rosji.



Rozwiązanie zadania F 841.

Prędkości wypływu wody skierowane są poziomo i wynoszą, odpowiednio, $v_1^2 = 2g(h - h_1)$ i $v_2^2 = 2g(h - h_2)$. Cząsteczki wody poruszają się w pionie ruchem jednostajnie przyspieszonym, zatem czas ich lotu od otworu do wysokości podstawy zbiornika wynosi $t_1^2 = 2h_1/g$ i $t_2^2 = 2h_2/g$, odpowiednio dla pierwszej i drugiej strugi. Zasięgi obu strug są równe, tj. $v_1^2 t_1^2 = v_2^2 t_2^2$. Łącząc uzyskane rezultaty, otrzymujemy $h = h_1 + h_2 = 70$ cm.

Katastrofa tunguska wydarzyła się 700 km na północny zachód od jeziora Bajkał w niezamieszkałym rejonie Centralnej Syberii, 70 km na północ od wówczas kupieckiej osady Wanawara położonej nad rzeką Podkamienną Tunguska. 30 czerwca 1908 roku, o godzinie 7.13 lokalnego czasu z południowego wschodu nadleciał z ponaddzwiękową szybkością obiekt wywołujący niezwykle jasny superbolid, o blasku, który świadkowie zdarzenia porównywali ze Słońcem. Obiekt tunguski przebył w atmosferze odległość blisko 1000 km, ale nie dotarł do powierzchni Ziemi, tylko eksplodował nad tajgą na wysokości około 8 km. Niemal natychmiastowym skutkiem eksplozji był niezwykle potężny impuls promieniowania widzialnego i podczerwonego wzniesający pożar tajgi.

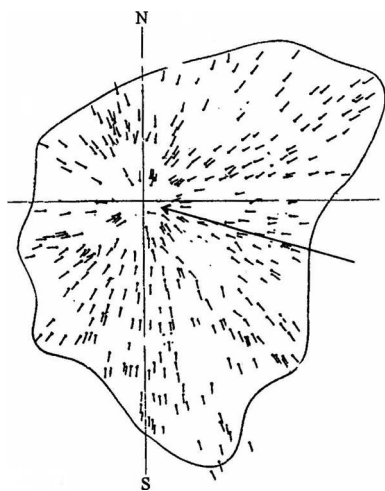
* Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.



Fot. 2. Dziewicza tajga w Centralnej Syberii w rejonie rzeki Podkamiennaja Tunguska.



Fot. 3. Skutki eksplozji obiektu tunguskiego.



Mapa powalonej na skutek eksplozji tajgi z zaznaczonym kierunkiem ruchu bolidu. Szerokość obszaru wynosi około 50 km.

Literatura

- [1] N.V. Vasilyev, 1998, Planetary Space Science, 46, 129–150.
- [2] L. Kresak, 1978, Bulletin of Astronomical Institutes of Czechoslovakia, 29, 129–134.
- [3] Z. Sekanina, Astronomical Journal, 88, 1382–1414 (1983).
- [4] P. Farinella i in., 2001, Astronomy & Astrophysics, 337, 1081–1097.
- [5] T.J. Jopek i in., 2008, Earth, Moon and Planets, 102, 53–58.

Ruchowi meteoroidu, a w szczególności końcowej eksplozji, towarzyszyła uderzeniowa fala balistyczna, która w ciągu 10 sekund dotarła do epicentrum (punktu na powierzchni Ziemi, nad którym nastąpiła eksplozja), powodując trzęsienie ziemi o sile około 5 stopni w skali Richtera. W atmosferze natomiast wygenerowane zostały fale akustyczne o bardzo niskiej częstotliwości (0,003–0,03 Hz), które, podobnie jak fale sejsmiczne, zarejestrowano w wielu nawet bardzo odległych stacjach sejsmicznych i barograficznych. Rejestracje te posłużyły do w miarę precyzyjnego określenia momentu eksplozji oraz oszacowania jej energii. Innym skutkiem fali balistycznej był niszczycielski huraganowy podmuch, który na obszarze 2150 km² powalił rosące na nim drzewa (dla porównania, powierzchnia Warszawy wynosi około 520 km²).

Przepiękna, dziewicza tajga błyskawicznie zamieniła się w pogorzelsko i rumowisko. Powalone pnie w większości ułożyły się wzdłuż linii skierowanych ku epicentrum, a uśrednione kierunki orientacji pni naniesione na mapę miały charakterystyczny kształt „motyla”. Jego oś symetrii umożliwiła oszacowanie azymutu trajektorii bolidu nad epicentrum katastrofy. Zniszczenia lasu wykorzystano również do oszacowania energii wybuchu. Rejestracje sejsmiczne i barograficzne, jak i analiza zniszczeń lasu są obiektywnymi źródłami informacji. Relacje naocznych świadków (w latach 1923–1974 przesłuchano około 650 osób) nie stanowią wiarygodnego źródła, a ich interpretacja wymaga ostrożności; na przykład, zdaniem niektórych świadków tunguski bolid przeleciał nad tajgą nad ranem, zdaniem innych – po południu. W rezultacie można było jedynie ustalić zakres parametrów dynamicznych obiektu tunguskiego:

Czas eksplozji	30 VI 1908, 00:13 UT
Miejsce eksplozji	61° N, 102° E
Azymut trajektorii	97–127°
Nachylenie trajektorii	3–28°
Szybkość	14–32 km/s

Ale jest jeszcze jedna obiektywna informacja o istotnym znaczeniu, mianowicie fakt nieznaledzenia w rejonie katastrofy choćby najmniejszego meteoroidu pozostałego po eksplodującym obiekcie tunguskim. Można stąd wnioskować, że kosmiczne ciało, które wtargnęło do atmosfery, nie było bryłą składającą się głównie z żelaza i niklu, czy też fragmentem skalnym podobnym do meteoroidów kamiennych. Meteoroid tunguski miał niewielką wytrzymałość mechaniczną, dlatego zanim dotarł do powierzchni Ziemi, w wyniku oddziaływania z cząsteczkami atmosfery uległ gwałtownemu, przypominającemu eksplozję, rozpadowi na mikrodrobiny. Zdaniem niektórych badaczy niewielka wytrzymałość mechaniczna obiektu tunguskiego jest silnym argumentem na rzecz jego kometarnej natury. Takiego zdania był m.in. Kresak [2] proponujący kometę Enke jako ciało macierzyste obiektu tunguskiego. Sekanina [3] miał inne zdanie: gdyby obiekt tunguski był fragmentem komety, uległby rozerwaniu na znacznie wyższej wysokości. Sekanina postulował więc planetkowe pochodzenie obiektu tunguskiego, co początkowo nie znajdowało aprobaty. W miarę odkrywania coraz to nowych planetek z grupy NEO hipoteza Sekaniny znalazła uzasadnienie w badaniach orbitalnych. W stosunkowo niedawnych pracach [4, 5] autorzy w oparciu o możliwe zestawy parametrów dynamicznych obiektu tunguskiego podane wyżej oraz na podstawie danych o obiektach typu NEO obliczyli dwa dynamiczne niezmienniki, szybkość geocentryczną i jej odległość kątową od kierunku ruchu Ziemi. Porównując wartości tych parametrów dla hipotetycznych obiektów tunguskich z analogicznymi wartościami odpowiadającymi obiektom NEO, okazało się, że mamy znacznie więcej planetek niż komet, które mogły być ciałem macierzystym obiektu tunguskiego.

Na drugą część opisu słynnych superbolidów, dotyczącą niedawnego zjawiska obserwowanego niedaleko Czelabińska, zapraszamy do następnego numeru.