

Bombardowanie komety

Na początku lipca 2005 r. przeprowadzony został niezwykle eksperyment kosmiczny: wystrzelony z Ziemi pół roku wcześniej obiekt uderzył w jądro komety, aby – poprzez wybite na jego powierzchni krateru uderzeniowego – można było zbadać właściwości uwolnionej i odsłoniętej w ten sposób materii. Ciała niebieskie zwane kometami – choć urodziwe, ale ciągle tajemnicze – są dziś przedmiotem szczególnego zainteresowania, dlatego że ich badania bardzo dużo mogą powiedzieć o powstaniu Układu Słonecznego. Wiemy bowiem, że są pozostałościami tworzywa i procesów sprzed ponad 4,5 miliarda lat, które dały początek Słońcu i krążącym wokół niego planetom. Co więcej, podejrzewa się, że to one mogły dostarczyć formującej się Ziemi nie tylko wodę, ale i materię organiczną, która była niezbędna do rozwoju życia. Nic więc dziwnego, że obecnie usiłuje się coraz głębiej wnikać w tajniki komet, gdyż zawierają one zapewne wiele informacji o naszej przeszłości i pochodzeniu. Jeszcze do niedawna cała wiedza o kometach pochodziła z obserwacji, prowadzonych z powierzchni Ziemi za pomocą różnych instrumentów astronomicznych. Od dwóch dziesięcioleci jest natomiast wzbogacana metodami sondowania, pozwalającymi na bezpośredni kontakt przyrządu badawczego z przedmiotem badań. Zaczęło się w połowie lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy to na spotkanie z powracającą wtedy w pobliże Słońca słynną kometą Halleya wysłano kilka sond kosmicznych. W marcu 1986 r. przeleciały one przez tzw. głowę komety, czyli obłok gazowo-pyłowy będący najbardziej okazałą częścią obiektu. Pierwsze zbliżyły się do znajdującego się wewnątrz głowy jądra komety dwie identyczne sondy radzieckie WEGA, mijając go w odległości około 8500 km ze względną prędkością prawie 80 km/s (w skład aparatury naukowej sond WEGA wchodził skonstruowany w Polsce analizator fal plazmowych niskich częstotliwości). Kilka dni później sonda Europejskiej Agencji Kosmicznej Giotto zanurzyła się w głowę komety aż do odległości 600 km od jądra. Znacznie dalej od komety przeleciały dwie sondy japońskie: Suisei minęła jądro w odległości około 150 tys. km, a Sakigake aż 7 mln km. Kometę Halleya śledziła też z odległości ponad 30 mln km amerykańska sonda ICE (ang. *International Cometary Explorer*), która kilka miesięcy wcześniej przeleciała przez warkocz komety Giacobiniego-Zinnera w odległości około 7800 km od jądra. ICE to wystrzelony w 1978 roku sztuczny satelita Ziemi ISEE-3 (ang. *International Sun-Earth Explorer*), przeznaczony początkowo do badań okołoziemskich pasów radiacyjnych i wiatru słonecznego, który po serii manewrów – wykorzystujących m.in. oddziaływanie grawitacyjne Księżyca – w 1984 r. stał się międzyplanetarną sondą kometarną.

Trzecim spotkaniem sondy kosmicznej z kometą był przelot uruchomionego po kilkuletnim uśpieniu aparatu Giotto w lipcu 1992 r. w odległości około 200 km od jądra komety Grigga-Skjellerupa. Sonda minęła tę kometę ze względną prędkością 14 km/s, czyli znacznie

Krzysztof ZIOŁKOWSKI*

mniej niż w przypadku komety Halleya. Nie udało się jednak uruchomić uszkodzonej podczas przelotu koło komety Halleya kamery fotograficznej i wobec tego uzyskane tym razem wyniki były znacznie skromniejsze. Kolejna kometa zbadana przez sondę kosmiczną była nadprogramowym celem misji Deep Space 1, inaugurującej amerykański program o nazwie Nowe Tysiąclecie (ang. *New Millennium Program*), służący testowaniu nowych technologii dla eksploracji przestrzeni kosmicznej w XXI wieku. Wystrzelona w 1998 r. sonda Deep Space 1 była pierwszym obiektem międzyplanetarnym wyposażonym w silnik jonowy zasilany energią słoneczną. Realizację swych głównych zadań przeprowadziła podczas lotu do jednej z planetoid bliskich Ziemi (9969 Braille) i zbliżenia do niej w lipcu 1999 roku na odległość zaledwie 26 km. Pomyślne zakończenie misji zachęciło jej twórców do przedłużenia pracy sondy i, mimo awarii urządzenia służącego do kontroli orientacji obiektu w przestrzeni, sondę Deep Space 1 udało się skierować ku komecie Borrellego. Minęła ją we wrześniu 2001 roku w odległości 2171 km od jądra, przekazując na Ziemię m.in. piękne jego zdjęcia.

Do najciekawszych i najbardziej obiecujących misji kometarnych należy lot amerykańskiej sondy Stardust, który rozpoczął się w 1999 r. Głównym jej celem było przechwycenie i dostarczenie na Ziemię materii z głowy komety Wilda 2 (a także cząstek pyłu międzygwiazdowego penetrującego Układ Słoneczny). W styczniu 2004 roku sonda osiągnęła kometę i przeleciała w odległości 236 km od jej jądra z prędkością względem niego 6 km/s. Oprócz pobrania próbek materii kometarnej zostały wykonane różne badania jądra (łącznie z doskonałymi jego zdjęciami) oraz otoczki gazowo-pyłowej komety. W styczniu 2006 r. zasobnik z gazem i pyłem kometarnym ma zostać sprowadzony na Ziemię.

Kometa Wilda 2 przed odkryciem w 1978 r. obiegała Słońce w okresie 47 lat po orbicie, której punkt najbliższy Słońca znajdował się w odległości od niego porównywalnej z odległością Jowisza. Tak oddalonej od Ziemi komety nie dało się zobaczyć. Ale w 1974 r. zbliżyła się do Jowisza na odległość zaledwie 900 tys. km, w wyniku czego oddziaływanie grawitacyjne największej planety zmieniło jej ruch. Zaczęła krążyć wokół Słońca w okresie około 6 lat, a jej najmniejsza odległość od Słońca stała się tylko trochę większa od odległości Ziemi od Słońca. Umożliwiło to jej odkrycie i stałe śledzenie. Zbadanie takiej komety jest więc szczególnie interesujące, gdyż składa się ona z materii, na którą promieniowanie słoneczne miało dotychczas znacznie mniejszy wpływ niż w przypadku komet, które bliżej i częściej przelatują koło Słońca. Można więc domniemywać, że kometa Wilda 2 kryje w sobie więcej informacji o początkach Układu Słonecznego niż inne komety krótkookresowe.

Zanim jednak w ziemskich laboratoriach zostanie zbadana materia kometarna, przechwycona przez sondę Stardust, poznamy już, być może, wstępne wyniki

* Centrum Badań Kosmicznych PAN

amerykańskiej misji Deep Impact, której celem była krótkookresowa kometa 9P/Tempel 1. Odkrył ją w 1867 r. niemiecki astronom Ernst W.L. Tempel pracujący w Obserwatorium Astronomicznym w Marsylii. Nie była widoczna gołym okiem, ale kilkumiesięczne śledzenie przez lunety jej ruchu po niebie umożliwiło obliczenie toru jej rzeczywistego ruchu wokół Słońca. Dzięki temu kometa Tempel 1 udało się obserwować podczas następnego pojawienia się w latach 1873 i 1879. Ale w 1881 r. zbliżyła się do Jowisza, co – wskutek silnego oddziaływania grawitacyjnego masywnej planety – spowodowało tak dużą zmianę toru, że kolejne próby jej zaobserwowania nie powiodły się i kometa uznano za zagubioną. Podejrzewano nawet, że mogła w ogóle przestać już istnieć w rezultacie np. jakiegoś rozpadu na mniejsze fragmenty, podobnie jak rozpadła się obserwowana wcześniej kometa Bieli. Dopiero w 1967 r., dzięki obliczeniom amerykańskiego badacza ruchów komet Briana G. Marsdena, kometa odnaleziono i od tej pory jest już stale śledzona podczas każdego powrotu w pobliże Słońca. Obecnie obiega Słońce co 5,5 roku po eliptycznej orbicie o mimośrodzie 0,5, położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ruchu Ziemi pod kątem 10,5°. Przez najbliższy Słońca punkt swej orbity przeszła na początku lipca 2005 r. i wtedy właśnie dosięgnął ją wystrzelony z Ziemi pocisk. Sondę Deep Impact wyniosła na trajektorię okołosłoneczną, prowadzącą ku komecie Tempel 1, rakieta Delta 2, której start nastąpił 12 stycznia 2005 r. z przylądka Canaveral na Florydzie. W dniu 4 lipca 2005 r. odłączony od sondy dzień wcześniej pocisk o masie 372 kg zderzył się z jądrem komety z prędkością 10,2 km/s. Pocisk został naprowadzony na kilkukilometrową bryłę jądra za pomocą własnego automatycznego systemu nawigacyjnego. Dzięki zainstalowanej na nim kamerze z 12 cm teleskopem uzyskano zdjęcia powierzchni jądra tuż przed uderzeniem, charakteryzujące się zdolnością rozdzielczą aż do ok. 20 cm; ostatnie zostało wykonane i przekazane na Ziemię na 3 sek. przed uderzeniem, czyli z odległości ok. 30 km. Przebieg zderzenia był śledzony z pokładu sondy za pomocą 30 cm teleskopu z kamerą wielospektralną i spektrometrem podczerwieni, a także 12 cm teleskopu przeznaczonego przede wszystkim do celów nawigacyjnych. W momencie uderzenia sonda znajdowała się w odległości ok. 8600 km od jądra i zbliżała się do niego, wykonując kilka zdjęć na sekundę. Gdy przelatowała w minimalnej odległości ok. 500 km od jądra, instrumenty sondy zostały na kilka minut skryte za specjalną osłoną chroniącą je przed ewentualnym uderzeniem cząstek pyłu kometarnego, ale później dalej śledziły skutki uderzenia. W sumie na Ziemię dotarło ok. 4500 zdjęć, które wspólnie z wynikami obserwacji komety wykonanych za pomocą teleskopów kosmicznych oraz przyrządów z powierzchni Ziemi są bogatym materiałem do badań komety. Jednym z najciekawszych i raczej niespodziewanym efektem uderzenia było utworzenie się ogromnego pióropusza pyłowego, złożonego z drobin tak małych i tworzących tak gęsty obłok, że uniemożliwił sfotografowanie powstającego krateru z przelatującej w pobliżu sondy. Z obserwacji naziemnych wynika, że

rozprzestrzeniał się mniej więcej dwukrotnie szybciej niż naturalne emisje materii z jądra i doprowadził do pięciokrotnego wzrostu jasności komety, którego maksimum nastąpiło ok. 30 min. po uderzeniu. Był to jednak efekt krótkotrwały: po kilku dniach wygląd komety powrócił do stanu sprzed uderzenia. Zaobserwowano także wzrost emisji produktów rozpadu cząsteczek wody, ale nie tak duży, jak można było oczekiwać. Już te pierwsze wyniki, wskazujące, że pokryte wielką ilością pyłu jądro zawiera prawdopodobnie mniej lodu wodnego, zmuszają do skorygowania dotychczasowych modeli i wyobrażeń na temat budowy komet.

Zadaniem misji Deep Impact była symulacja typowego, chociaż słabo rozpoznanego zjawiska w Układzie Słonecznym. Na wszystkich twardych powierzchniach obserwuje się jedynie jego skutki w postaci licznych kraterów uderzeniowych. Nasza Ziemia nie jest wyjątkiem: też doświadczyła w swej historii wielu uderzeń i jest na nie narażona w przyszłości. Trudno więc przecenić znaczenie tego eksperymentu dla projektowania ewentualnej obrony przed wprawdzie mało prawdopodobnym, ale jednak realnym niebezpieczeństwem. Szczególnie ważne wydaje się przetestowanie systemu automatycznego naprowadzania pocisku na cel, który – co warto podkreślić – pomyślnie zadziałał w odległości ponad 130 mln km od Ziemi. Przeciwno uderzeniu w kometa podnosiły się głosy protestu. Nie ma co ukrywać, że była to rzeczywiście ingerencja człowieka w naturę, ale trzeba ją widzieć w odpowiednich proporcjach. Sztucznie wywołane zaburzenie środowiska komety było wyraźnie mniejsze niż naturalne przejawy aktywności podczas zbliżania się komety do Słońca. Dowodzą tego choćby dostrzeżone w dniach 14 i 22 czerwca 2005 r. nagle pojaśnienia komety Tempel 1, świadczące o jakichś gwałtownych wyrzutach strumieni gazów i pyłów z pękającej, być może, powierzchni jądra. Takie wybuchy są często i od dawna obserwowane w kometach, ale niewiele o nich wiadomo. Eksperyment Deep Impact z pewnością pomoże je objaśnić.

Podczas kulminacyjnego momentu misji kometa Tempel 1 była obserwowana przez wiele instrumentów astronomicznych z powierzchni Ziemi i znajdujących się w przestrzeni międzyplanetarnej, m.in. przez sondę Rosetta, która w marcu 2004 r. rozpoczęła lot do komety Churyumowa–Gerasimenki. Wprawdzie misja Rosetta Europejskiej Agencji Kosmicznej swój cel osiągnie dopiero w 2014 r., ale wszechstronnością i rozmachem projektowanych badań przewyższa wszystkie dotychczasowe eksperymenty kometarne. Wystarczy dla przykładu wspomnieć, że planowane jest m.in. osadzenie na powierzchni jądra komety urządzenia badawczego. Dodajmy, że w jego skład wchodzi – zbudowany w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie – tzw. penetrator wraz ze specjalnym młotkiem wbijającym go w jądro dla zbadania własności materii podpowierzchniowej. Po próbie zajrzania pod powierzchnię jądra komety przez wybitcie na niej krateru uderzeniowego nadchodzi czas systematycznego badania powierzchni za pomocą instalowanych na niej przyrządów.