

W poszukiwaniu kosmicznej wody

# Mokre planety



Dr Maria I. Błęcka od 20 lat zajmuje się eksperymentami kosmicznymi, badając atmosfery i skład powierzchni planet (gazy, pyły, aerozole)

**MARIA I. BŁĘCKA**  
Centrum Badań Kosmicznych  
Polskiej Akademii Nauk, Warszawa  
mib@cbk.waw.pl

**Woda występuje powszechnie w Układzie Słonecznym. W postaci gazowej znajdujemy ją w atmosferach planet i komet, w postaci lodu – na powierzchni, w warstwach podpowierzchniowych oraz wewnątrz Marsa, komet i większości satelitów planet**

Nasza Ziemia, na której woda występuje we wszystkich trzech stanach: stałym, ciekłym i gazowym to wyjątek w Układzie Słonecznym. Woda w postaci płynnej występuje we wszystkich formach życia na Ziemi. Gdziekolwiek znajdujemy wodę – tam też jest życie. Występowanie wody na innych obiektach Układu Słonecznego stwarza więc fascynującą możliwość, że i tam też mogłoby istnieć życie. Skąd się bierze woda w Układzie Słonecznym?

## Historia planetarnej wody

Około 4.5 miliarda lat temu, gdy powstawał Układ Słoneczny, Słońce otaczał obłok gazowy, gorący wewnątrz i chłodny na obrzeżach. Planety wewnętrzne Układu powstały w gorącym środowisku i zbudowane są ze składników o wysokiej temperaturze kondensacji, a więc głównie z rozmaitych form skał. W zewnętrznych częściach obłoku mógł powstawać lód. Rozmiary kumulujących lód planet zwiększały jeszcze osiadające na nich gazy. Dlatego właśnie w zewnętrznych partiach Układu Słonecznego znajdujemy obfitość lodu i wody. Wodę można jednak znaleźć także i na planetach wewnętrznych – takich jak Ziemia. Skąd ona pochodzi? Jak wiemy, komety składają się głównie z wody. W początkowym etapie akumulacji materiałów tworzących planety, komety, powstałe na chłodnych obrzeżach Układu Słonecznego, bywały pod wpływem

pola grawitacyjnego cięższych planet zawracane ku centralnym częściom Układu i mogły dostarczać znacznych ilości wody do planet wewnętrznych. Być może Ziemia nie jest jedyną planetą zawierającą tak znaczne ilości wody.

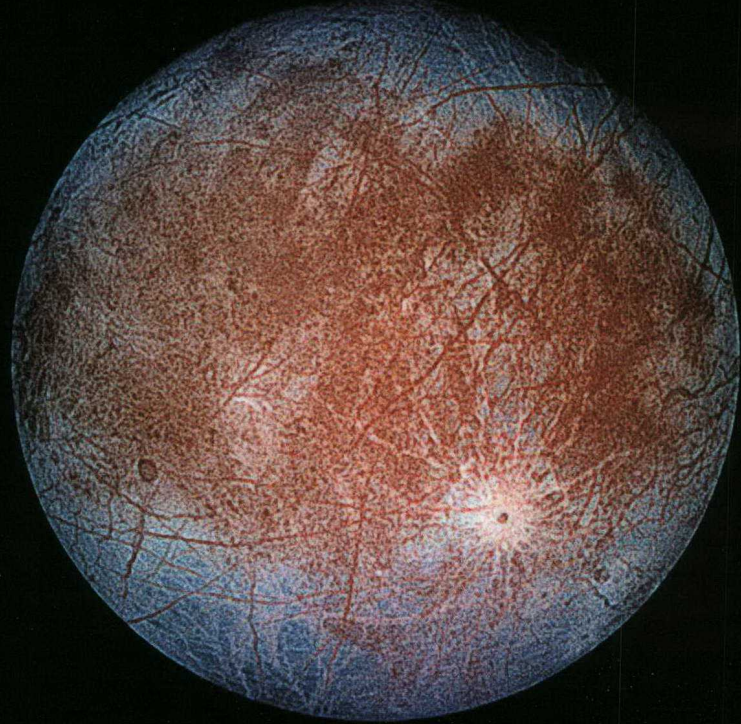
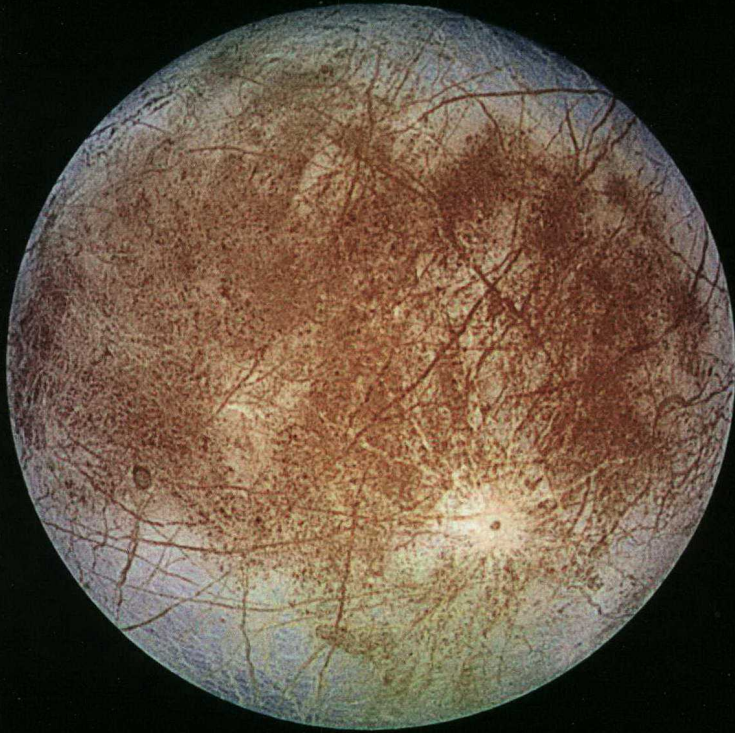
20 lutego 1997 sonda Galileo, okrążająca Jowisza, przeleciała obok Europy – jednego z jego satelitów – mijając go w odległości 587 km i dostarczając szereg znakomitych fotografii. Na zdjęciach tego księżycyca widać czerwone morze pokryte cienką warstwą lodu. Prawdopodobnie na Europie, na niezbyt odległym etapie jej rozwoju geologicznego, znajdował się lub nadal jest ocean, ukryty pod lodem. Uczni szacują, iż ocean ten może mieć nawet 100 km głębokości. Jeżeli tak jest w istocie, to Europa ma dwukrotnie większe zasoby wody niż cała Ziemia.

Woda występuje też na ziemskim Księżycu. Pojazd „Lunar Prospector”, badający skład chemiczny powierzchni Księżycyca, znalazł tam wodę w obszarach okołobiegunowych. Poszukiwanie wody na suchym, jak się zdaje, Księżycu było uzasadnione: mogły ją przecież dostarczyć zderzające się z Księżycem komety. Woda ta mogła na długo pozostać w pobliżu biegunów, nawet na głębokości paru metrów, w postaci mieszaniny lodu i gruntu księżycowego. Odkrycie wody na Księżycu stworzyło wzorzec programu



Oglądana z daleka, sieć dolin na Marsie przypomina doliny rzek na Ziemi

NASA



NASA

badan pod tym kątem pozostałych obiektów Układu Słonecznego, a zwłaszcza Marsa - planety najbliższej Ziemi.

### **Mars - nasz najbliższy sąsiad**

Do niedawna badacze planet tylko przypuszczali, że zimny i suchy Mars mógł być niegdyś wilgotną planetą. Latem 2000 r. NASA przedstawiła zdjęcia z MGS (Mars Global Surveyor), na których pojawiły się fascynujące ślady całkiem niedawnego przesiąkania wody w gruncie marsjańskim, w kraterach i stokach dolin południowej półkuli. Wydaje się, że na Marsie wciąż jeszcze mogą istnieć znaczne zasoby wody, która niegdyś mogła obficie występować na powierzchni tej planety.

Intensywne badania Marsa są dziś prowadzone za pośrednictwem licznych urządzeń: teleskopu Hubble'a, przyrządów na stacji Mars Global Surveyor, misji Odyssey czy aparatury orbitera Mars Express (misja Europejskiej Agencji Kosmicznej). W misji Mars Express zaangażowani są badacze z warszawskiego Centrum Badań Kosmicznych (CBK PAN).

### **Cele naukowe misji Mars Express**

Celem misji jest zdobycie szczegółowej mapy fotogeologicznej (o rozdzielczości 10 m)

oraz mapy mineralogicznej (o 100 m rozdzielczości) Marsa, mapy składu jego atmosfery, zbadanie cyrkulacji atmosferycznej, przebadanie struktur podpowierzchniowych, a następnie zbadanie oddziaływań między atmosferą a powierzchnią planety oraz między jej atmosferą a ośrodkiem międzyplanetarnym. Na satelicie Mars Orbiter misji Mars Express działa obecnie spektrometr podczerwieni - Planetary Fourier Spectrometer (PFS) przystosowany głównie do badań atmosfery. Zakres długości fal spektrometru pokrywa obszar od 1.2 do 45  $\mu\text{m}$ , w dwóch kanałach z obszarem granicznym w rejonie 5  $\mu\text{m}$ . Pole widzenia wynosi około 2 stopnie w kanale krótkofalowym i 4 stopnie w długofalowym. Odpowiada to przestrzennej zdolności rozdzielczej 10 i 20 km. PFS może dostarczyć unikalnych danych nie tylko o własnościach marsjańskiej atmosfery, lecz także o składzie mineralogicznym powierzchni Marsa i o oddziaływaniach między atmosferą a powierzchnią. Badacze z CBK uczestniczą aktywnie w eksperymencie PFS. Nasz zespół zbudował niektóre bloki instrumentalne i opracował oprogramowanie do ich testów. Obecnie korzystając z naszych symulacji numerycznych dotyczących przepuszczalności atmos-

**Północna półkula pokrytej lodem powierzchni satelity Jowisza, Europy, w kolorze rzeczywistym (lewy obraz) i wzmocnionym (prawy obraz). Dłgie ciemne linie to pęknięcia warstwy lodowej. Większość powierzchni Europy pokrywa warstwa lodu. Istnieją przesłanki po temu, iż pod lodem kryje się ocean wody lub topniejącego lodu. Jeżeli tak jest w istocie, to na Europie jest dwukrotnie więcej wody niż na całej Ziemi**

## W poszukiwaniu kosmicznej wody

fery zawierającej gazy i pyły oraz emisyjność i współczynnika odbicia powierzchni Marsa, opracowujemy otrzymane już dane.

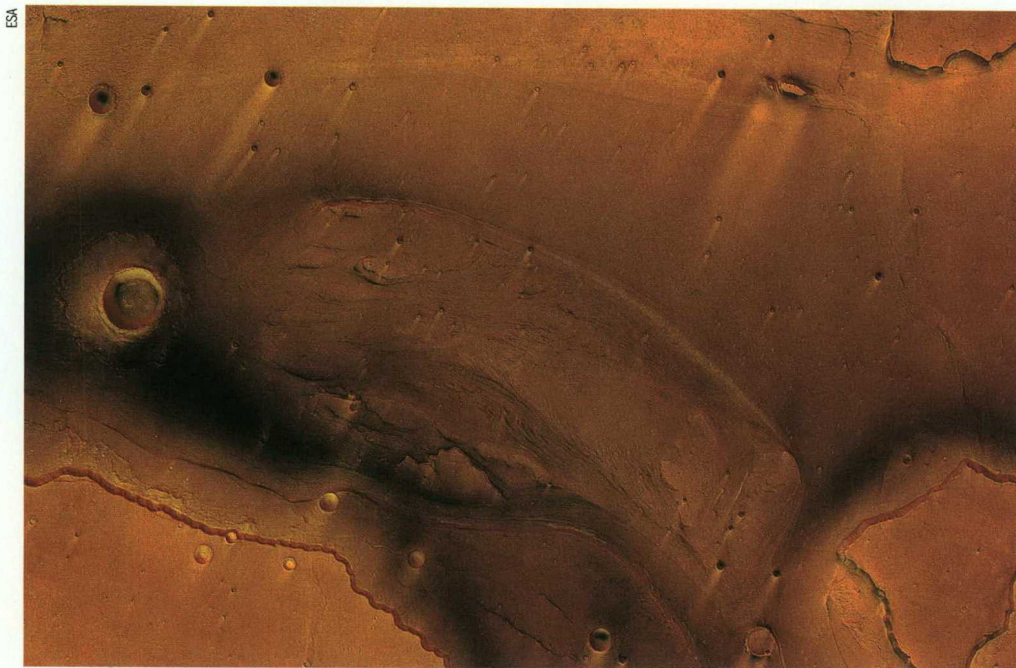
Na obrazach Marsa, przekazywanych m.in. przez Hubble Space Telescope, widoczne są białe chmury i czapy w pobliżu biegunów. Białe chmury, podobnie jak na Ziemi, składają się z wody i lodu. Czapy okołobiegunowe zawierają zamrożony dwutlenek węgla (suchy lód), a czapa przy biegunie północnym zawiera także znaczną ilość zamrożonej wody. Ostatnie wyniki pomiarów z PFS i spektrometru OMEGA umieszczonych na stacji Mars Express wykazują także istnienie lodu wodnego w rejonie czapy bieguna południowego.

W przeszłości na Marsie istniały prawdopodobnie znaczne zasoby wody. Świadczą o tym kanały odpływowe, które mogły powstać w wyniku potężnych krótkotrwałych przepływów. Takie kanały widoczne są w czterech obszarach: Chryse-Acidalia, Elysium Planitia, wschodni Hellas Basin oraz Amazonis Planitia. Szereg kanałów spływa ku obszarom północnym, co czyni prawdopodobną hipotezę o istnieniu dawnego oceanu, pokrywającego większość obszaru półkuli północnej. Istnieją również inne dane świadczące o dawnym występowaniu przepływów wodnych. Na obszarze południowych płaskowyżów również obserwuje się sieć dolin, które mogły zostać wytworzone przez wodę. Oglądane ze znacznej odległości, doliny te przypominają ziemskie doliny rzek. Jednakże zainstalowane na MGS

kamery pozwoliły zaobserwować też istotne różnice. Doliny mają tę samą szerokość i ten sam kształt u początku i przy końcu, i mają bardzo niewiele dopływów w górnym biegu. Świadczyłyby to raczej o wypływie wody ze źródeł pod powierzchnią, nie zaś o rzekach powstających z opadów. Woda na powierzchni musiała pozostawać przez dłuższy czas, skoro doprowadziła do uformowania długich dolin, niektórych o długości powyżej 200 km. Mogło to nastąpić ponad 3.8 miliardów lat temu, gdy Mars był jeszcze ciepły i wilgotny.

Na Marsie występują też kratery zderzeniowe, powstałe na skutek upadku meteoroidów. Większość silnie zerodowanych kraterów ma znaczne rozmiary. Niektóre spośród wielkich starych kraterów stanowią źródła kanałów, a część z nich zawiera warstwy łatwo erodujących materiałów, co sugeruje, iż w kraterach tych mogły ongiś istnieć jeziora. Większość młodo wyglądających kraterów jest niewielka. Kratery powstawały prawdopodobnie w miękkim, i zapewne nasyconym wodą, podłożu. Wiele z nich, a zwłaszcza te położone powyżej szerokości 45 stopni, otoczonych jest płatowatymi strukturami, co może sugerować, że meteoroidy uderzały w grunt mokry lub pokryty lodem. Najnowsze wspaniałe zdjęcia tego typu kraterów pochodzą z kamery (HRSC) umieszczonej na Mars Express.

Większość dużych kanałów ma swój początek na wyżynach marsjańskich, zaś kończy



**Kasei Vallis** to największy kanał odpływowy na Marsie. Prawdopodobnie powstał on w wyniku erozji lodowej albo wypływu wody z podlodowych jezior. Zdjęcie wykonane zostało przez High Resolution Stereo Camera (kamerę stereoskopową wysokiej rozdzielczości) na wysłanym przez ESA orbiterze Mars Express

się na płaszczynach nizin, gdzie niegdyś mogły rozciągać się głębokie na parę kilometrów oceany. Dokonywane z orbity pomiary wysokości wykazują, że te północne niziny są niezwykle płaskie – bardziej płaskie niż jakiegokolwiek tereny na Ziemi, wyjąwszy głębokie dna oceanów. Istnieje również wąska linia stromych zboczy otaczających niziny północne, wszystkie na jednakowej wysokości. Niektórzy badacze sugerują, iż linia ta mogła powstać w wyniku erozji przez fale pradawnego oceanu marsjańskiego.

Grunt marsjański zawiera około 1% wody, a w niektórych z marsjańskich meteorytów znajdujemy niewielkie ilości minerałów zawierających wodę. Zależnie od grubości gruntu, znaczny procent wody na Marsie może być zawarty właśnie w tych materiałach powierzchniowych. Jednakże większość wody, która niegdyś płynęła po powierzchni planety, jest obecnie uwięziona w jej wnętrzu.

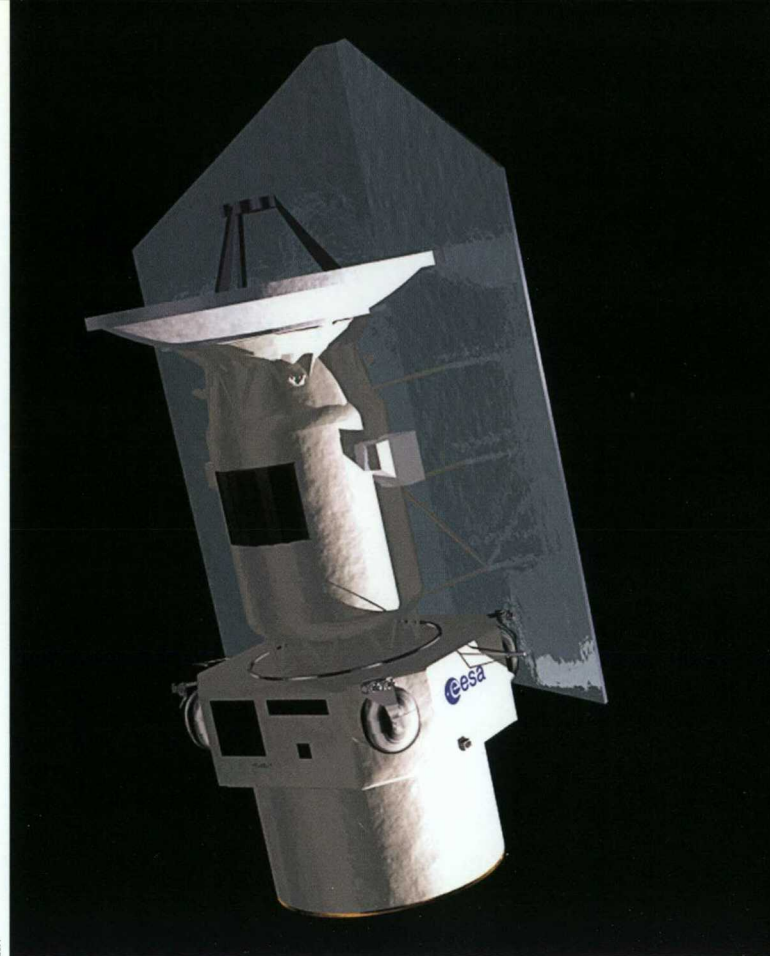
Jakie marsjańskie minerały mogą zawierać wodę? Przede wszystkim różnego rodzaju węglany (np. kalcyt), ale także tlenki żelaza (np. hematyt). Jak wynika z pomiarów TES (Thermal Emission Spectrometer), umieszczonego na Mars Global Surveyor, około 3% powierzchni planety zawiera gruboziarniste kryształy hematytu. Obecność tego minerału może stanowić potwierdzenie przeszłej obecności wody w badanym obszarze Marsa.

Sprawa występowania na Marsie minerałów związanych z obecnością wody stanowi wciąż otwarty temat dyskusji. Z jednej strony zdjęcia planety wyraźnie wskazują na dawne zbiorniki wody stojącej, w których mogły nawarstwiać się osady, z drugiej zaś strony, brak węglanów w jednorodnych warstwach powierzchniowych prowadzi do pytania: gdzie te węglany mogą kryć się teraz?

Badacze z CBK, interpretujący dane z PFS, biorą żywy udział w tej dyskusji. Wykazaliśmy, że proponowany dotąd mechanizm destrukcyjny, czyli: foto-rozkład spowodowany promieniowaniem ultrafioletowym, nie wystarcza do wytłumaczenia „deficytu węglanów” na Marsie. Za pomocą symulacji pokazaliśmy, że trudności wykrycia węglanów można przypisać np. niskiej temperaturze obserwowanych dotychczas obszarów.

### Przyszłe misje

Prowadzone dziś badania Europy, Marsa i ziemskiego Księżyca, mogą jeszcze dopro-



wadzić do nowych, fascynujących odkryć związanych z występowaniem wody. Już niedługo otworzą się przed nami jeszcze inne możliwości badań. Oferuje je nam satelita Herschel Space Observatory, który ma zostać wysłany w 2007 r. i prowadzić pomiary w zakresie fal submilimetrowych i podczerwonych. Jednym z tematów badawczych prowadzonych z użyciem przyrządów z tego obiektu będą badania atmosfer planet i komet w Układzie Słonecznym. Zespół badaczy z CBK w Warszawie zaangażowany jest w prace związane z eksperymentem HIFI (spektrometr wysokiej rozdzielczości) w misji Herschel, którego celem jest m.in. poszukiwanie wody w Układzie Słonecznym.

**Podziękowania:** Wykorzystano środki z grantu KBN-Nr 5 T 12 E002 23 ■

**W roku 2007 zostanie wysłany satelita Herschel Space Observatory. Zespół badaczy z CBK w Warszawie aktywnie uczestniczy w eksperymencie wykorzystującym spektrometr wysokiej rozdzielczości HIFI Herschela, którego celem jest m.in. poszukiwanie wody w Układzie Słonecznym**

### Chcesz wiedzieć więcej?

- Blecka Maria I. (1999). A Study of the Influence of the Surface Emittance and Extinction by Dust on Martian IR Spectra, *Adv. in Space Research* 23, No. 9, 1613-1622.
- Fonti S., Jurewicz A., Blanco A., Blecka M. I., Orofino V. (2001). Presence and detection of carbonates on the Martian surface *JGR* 106, No. E11 27, 815-27, 822A.
- Jurewicz A., Blecka M. I., Blanco A., Fonti S., Orofino V. (2001). A Study of Physical Processes on the Surface of Mars and their Possible Bearing on Detectability of Carbonates *Adv. Space Res. Vol. 28, No. 8, 1191-1196V.*
- Formisano et al. (2004). PFS: the Planetary Fourier Spectrometer for Mars Express *MARS EXPRESS - The Scientific Payload*, European Space Agency, SP-1240.