

## **Jak jest na Wenus – i dlaczego tak tam jest?**

Tekst pierwotnie opublikowany na portalu Polska.pl – niniejsza wersja, z racji nowych ustaleń naukowych (dotyczących obecnej aktywności wulkanicznej na Wenus) została nieco zmieniona w stosunku do oryginału.

Ludzie starożytni, którzy nazwali drugą planetę Układu Słonecznego imieniem rzymskiej bogini miłości Wenus, nie mieli pojęcia o tym, jakie panują na niej warunki – nie zdawali sobie w ogóle sprawy z tego, że planety są czymś z grubsza rzecz biorąc podobnym do Ziemi. Jeszcze w nie tak odległych czasach, bo zaledwie kilkadziesiąt lat temu, popularne było wyobrażenie Wenus jako miejsca bardzo wilgotnego, parnego, być może z nader bogatą roślinnością – podobnego do Ziemi w [epoce karbońskiej](#), tj. około 300 milionów lat temu.

Takie wyobrażenie Wenus – choć, jak się okazało po odkryciach dokonanych przez radzieckie sondy kosmiczne z serii Wenera, kompletnie fałszywe – nie było czymś w sposób oczywisty nierozsądnym, w prosty sposób przeczącym prawom fizyki. Wiedząc, że średnia odległość Wenus od Słońca wynosi 0,723 jednostki astronomicznej (średniej odległości Ziemi od Słońca) łatwo można obliczyć, że Wenus otrzymuje nieco ponad dwa razy więcej energii słonecznej, niż Ziemia. Gdyby Wenus miała atmosferę nie wywołującą efektu cieplarnianego, średnia temperatura na jej powierzchni (obliczona na podstawie [prawa Stefana – Boltzmana](#)) wynosiłaby minus 21,1 stopni Celsjusza (teoretyczna średnia temperatura dla pozbawionej efektu cieplarnianego Ziemi wynosi minus 24,9 stopni Celsjusza). W przypadku posiadania przez Wenus takiej samej atmosfery, jak ziemską, średnia temperatura na jej powierzchni wynosiłaby około 50 stopni Celsjusza. Byłoby tam więc niezbyt już przyjemnie, ale wciąż nie na tyle gorąco, by człowiek przynajmniej jakiś czas nie mógł przeżyć i by jakiegokolwiek życie było niemożliwe.

### **Goręcej, niż na Merkurym**

Wenus posiada jednak atmosferę kompletnie inną, niż Ziemia. Atmosfera ta składa się w 96,5% z dwutlenku węgla, a pozostałe 3,5% to prawie w całości azot. Inne substancje takie jak tlenek siarki, tlenek węgla, argon, neon, chlorowódz, fluorowódz i para wodna występują w śladowej ilości. Atmosfera tej planety wywiera na jej powierzchni ciśnienie 93 razy większe od ciśnienia panującego na powierzchni Ziemi. To dzięki tej atmosferze, wywołującej olbrzymi efekt cieplarniany, średnia temperatura na powierzchni Wenus wynosi 460 stopni Celsjusza, a w niektórych miejscach dochodzi do 500 stopni (szacuje się, że maksymalna temperatura na powierzchni Wenus wnosi 650 stopni, jako że rozgrzewając się, atmosfera wypromieniowuje więcej ciepła) [1]. Z powodu efektu cieplarnianego powierzchnia Wenus jest gorętsza od zwróconej do Słońca półkuli Merkurego, który jest blisko dwa razy bliżej od Słońca i otrzymuje od niego prawie cztery razy więcej energii [2].

## Zgniecione sondy

O właściwościach atmosfery Wenus po raz pierwszy dowiedziano się dzięki danym z radzieckiej sondy komicznej Wenera 4, która wleciała w tą atmosferę 18 października 1967 r. [3]. Wenera 4 nie dotarła jednak do samej Wenus – została zniszczona przez temperaturę i ciśnienie na wysokości 26 kilometrów ponad powierzchnią planety. Lądowanie na powierzchni Wenus nie powiodło się też Wenerom 5 i 6. Udało się to dopiero w przypadku Wener 7, która osiągnęła powierzchnię tej planety 15 grudnia 1970 r.

## Zagadkowa powierzchnia

Przez wiele lat prawdziwą zagadką dla astronomów była powierzchnia Wenus. Wprawdzie lądownik Wener 9, który dotarł do Wenus 22 czerwca 1975 r., przesłał na Ziemię czarnobiałe zdjęcia powierzchni tej planety, ale stwierdzenie, jak wygląda ona w makroskali było przez długi czas niemożliwe z uwagi na gęste chmury unoszące się stale w jej atmosferze. O powierzchni Wenus dowiedziano się więcej dopiero w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych, kiedy to krążąca wokół tej planety amerykańska [sonda kosmiczna Magellan](#) wykonała szereg zdjęć radarowych, dzięki którym sporządzono mapę powierzchni tego zbliżonego wielkością i masą do Ziemi, ale w rzeczywistości bardzo różniącego się od niej globu.

## Głównie bazalty (i różne dziwne rzeczy)

Jaki obraz Wenus jawi się w świetle danych z sondy Magellan? Otóż, powierzchnia drugiej planety Układu Słonecznego jest stosunkowo płaska. Różnica wysokości między najniższym, a najwyższym punktem tej planety wynosi około 13 kilometrów – zauważymy, że na Ziemi różnica ta sięga blisko 20 kilometrów [4]. 90% powierzchni Wenus pokrywają skały bazaltowe, co sugeruje, że główną siłą, jaka kształtowała jej powierzchnię, był wulkanizm. Na powierzchni Wenus zidentyfikowano takie struktury, jak [góry wulkaniczne, przypominające do złudzenia ziemskie rzeki zastygłe strumienie lawy, potężne – od dziesięciu do stu razy większe, niż na Ziemi – kopuły lawowe, określone mianem „naleśników”](#) (pancakes), przypominające nieco sieć pająka układy spękań – [archanoidy](#), tzw. [korony](#) i [sieci wielkich rowów](#), nasuwające na myśl przejechaną grabiami powierzchnię piasku. Nie ma wyraźnych śladów podziału wenusjańskiej litosfery na płyty tektoniczne, co w przypadku Ziemi jest jedną z głównych cech odpowiedzialnych za ukształtowanie jej powierzchni.

## Mało kraterów

Uderzającym rysem powierzchni Wenus jest stosunkowo niewielka liczba kraterów uderzeniowych. Wprawdzie brakowi niewielkich kraterów trudno się w przypadku tej planety dziwić, jako że jej przeszło 90 razy bardziej gęsta, niż ziemska atmosfera skutecznie broni ją przed obiektami, które mogłyby spowodować ich powstanie, ale na Wenus nie ma też zbyt

wiele kraterów wybitych przez ciała o takich rozmiarach, że nawet tamtejsza atmosfera nie byłaby w stanie ich znacząco wyhamować.

### **Powinno być ich więcej – dlaczego nie ma?**

W łatwo zauważalne kraterory meteorytowe nie obfituje też Ziemia. W przypadku naszej planety wskazać można jednak na dwa czynniki, których działanie powoduje stopniową eliminację kraterów uderzeniowych z jej powierzchni: ruch płyt tektonicznych, który sprawia, że kraterory utworzone na dnie oceanów znikają w końcu w strefach [subdukcji](#) i erozję spowodowaną działaniem wiatru i wody, która stopniowo zaciera kraterory na lądach. Z kraterami na Wenus jest natomiast taki problem, że wspomniane powyżej czynniki na tej planecie najwyraźniej nie występują. Nic nie wskazuje na to, by na Wenus występowały przesuwające się względem siebie płyty tektoniczne, w atmosferze tej planety prawie nie ma wody, zaś siła wiatru na jej powierzchni i powodowana nią erozja jest bardzo słaba. Powierzchnia Wenus powinna być więc – logicznie rzecz biorąc – gęsto pokryta dużymi kraterami uderzeniowymi, a problem jest w tym, że ich nie ma. Dlaczego?

### **Co starło dawne kraterory uderzeniowe na Wenus?**

Odnosnie kraterów meteorytowych na Wenus zauważono, że są one rozrzucone po powierzchni tej planety w sposób zupełnie przypadkowy, bez żadnego widocznego porządku. Sugeruje to, że żadna część powierzchni tej planety nie jest starsza od innej, gdyż gdyby była starsza, to byłaby usiana kraterami gęściej. Jaki wniosek wynika więc z takiego akurat rozmieszczenia kraterów na Wenus i ich względnie niewielkiej liczby? Otóż, wydaje się, że kilkaset – zapewne około 800 - milionów lat temu na Wenus nastąpiło wydarzenie, które całkowicie przeobraziło powierzchnię tej planety i starło z niej istniejące wcześniej kraterory.

### **Zagadki Wenus**

Jakie to jednak było wydarzenie? To chyba największa tajemnica Wenus. Właściwości drugiej planety Układu Słonecznego prowokują zresztą cały szereg pytań. Dlaczego zbliżona wielkością i masą do Ziemi Wenus wiruje wokół własnej osi niezwykle wolno i w dodatku w kierunku przeciwnym do kierunku jej ruchu orbitalnego wokół Słońca – czyli inaczej niż wszystkie pozostałe planety [5]. Przychodzącym od razu na myśl wyjaśnieniem tego fenomenu jest zderzenie z jakimś obiektem, na tyle potężnym, że kolizja spowodowała, że Wenus zaczęła kręcić się w przeciwną stronę, niż wcześniej. Dlaczego Wenus ma bardzo słabe, w porównaniu z ziemskim, pole magnetyczne? Dlaczego Wenus nie ma księżycy? [6]. Skąd wzięła się niezwykle gęsta atmosfera Wenus? Czy powstała ona wkrótce po ukształtowaniu się tej planety, czy też może ukształtowała się znacznie później?

### **Pochodzenie atmosfery Wenus**

Co do atmosfery Wenus pewne jest to, że powstała ona w wyniku procesów wulkanicznych. Wiadomo, że powierzchnia tej planety w 90% pokryta jest przez zastygłą lawę, zaś niedawne badania wskazują na to, że wciąż istnieją na niej aktywne wulkany. [7]

### **10 kilometrów lawy**

Jak intensywna musiała być działalność wulkaniczna na Wenus kiedyś, by spowodować powstanie takiej atmosfery, jaka istnieje tam obecnie? Otóż nie ulega wątpliwości, że musiała być ona ekstremalnie potężna: naukowcy szacują, że aby w wenusjańskiej atmosferze znalazła się taka ilość dwutlenku węgla, jaka znajduje się w niej teraz, na powierzchnię tej planety musiałaby wylać się ilość lawy zdolna pokryć ją warstwą o grubości od 1 do 10 kilometrów [8].

### **Powolny proces, czy nagła katastrofa?**

Nie wiadomo, jak wyglądała dawna katastrofa wulkaniczna na Wenus. Nie jest jasne, czy było to wydarzenie nagłe, czy też może stopniowy, długotrwały proces. Ponieważ jednak wspomniane wyżej cechy powierzchni Wenus sugerują, że od czasu owej wielkiej zmiany z powierzchnią tą działo się raczej niewiele, nasuwa się trudny do odrzucenia wniosek, że wydarzenia, które w zasadniczym stopniu przyczyniły się do ukształtowania powierzchni Wenus nie trwały zbyt długo.

### **Zawsze inna, niż Ziemia?**

Co działo się na Wenus przed tymi wydarzeniami? Czy takie katastrofy zdarzały się w sposób regularny w historii tej planety, przeobrażając co jakiś czas całą jej powierzchnię? Czy może też Wenus – choć podobna wielkością do Ziemi – zawsze była bardzo różna od niej?

### **Z czego zbudowane są wenusjańskie wyżyny?**

Tego, czy Wenus przypominała niegdyś Ziemię nie tylko pod względem rozmiarów, nie da się obecnie stwierdzić. Pewne światło na dzieje tej planety rzucają jednak odkrycia dokonane podczas misji wysłanej w 2005 r. przez [Europejską Agencję Kosmiczną](#) sondy [Venus Express](#). Sonda ta w okresie od maja 2006 do grudnia 2007 r. podczas nocnych przelotów nad południową półkulą Wenus wykonała za pomocą instrumentu VIRITIS około 1000 zdjęć w podczerwieni, na podstawie których sporządzono dokładną mapę temperatur tej półkuli. Ze zdjęć tych wynikało, że wysoko położone obszary tej półkuli, określane jako Phoebe Regio i Alpha Regio są w podczerwieni jaśniejsze, niż wenusjańskie równiny. Wyciągnięty został stąd wniosek, że wyżyny na Wenus utworzone są ze skał innych i prawdopodobnie starszych od bazaltów pokrywających równiny tego globu. Jest bardzo możliwe, że skałami tymi są granity, które na Ziemi tworzą platformy kontynentalne.

### **Jeśli są granity, to (chyba) musiała być woda**

Granity na Ziemi powstają wtedy, gdy skały bazaltowe, znajdujące się pod dnem oceanów, topione są we wnętrzu płaszcza w strefach subdukcji. W procesie powstawania granitów dużą rolę odgrywa woda, wciągana do płaszcza wraz ze skałami skorupy oceanicznej. Jeśli więc na Wenus są granity, to znaczy, że musiała tam być niegdyś woda.

### **Jak tam kiedyś było?**

Jaka zatem przeszłość Wenus rysuje się w świetle odkryć dokonanych przez sondę Venus Express? Aby nakreślić obraz tej przeszłości musimy puścić wodze fantazji – bo to, co dalej zostanie powiedziane, jest fantazją, choć mającą naukowe podstawy.

### **Oceany, kontynenty, płyty tektoniczne**

Przed miliardami lat Wenus wyglądała zupełnie inaczej, niż dzisiaj. Były na niej oceany i wyniesione ponad nie kontynenty, działała podobna do ziemskiej tektonika płyt. Krótko mówiąc, planeta ta pod względem swego ogólnego charakteru nie różniła się zbytnio od Ziemi. Kto wie, może nawet powstało na niej życie?

### **Dlaczego woda z Wenus znikła?**

W pewnym momencie na Wenus wydarzyło się jednak coś, co spowodowało, że woda z tej planety zniknęła. Co to było? Może uderzenie jakiegoś ciała z Kosmosu – tak potężne, że nie tylko spowodowało wyparowanie wenusjańskich oceanów, ale odwróciło kierunek ruchu wirowego Wenus wokół jej własnej osi? Nie wiadomo... choć naukowcy sądzą raczej, że zderzenie, dzięki któremu Wenus kręci się w kierunku przeciwnym, niż wszystkie pozostałe planety, miało miejsce na początkowym etapie jej istnienia, jeszcze przed powstaniem oceanów, które (podobnie, jak oceany na Ziemi) utworzyły się z wody zawartej w uderzających w Wenus kometach [9]. Znacznie bardziej prawdopodobne jest to, że przyczyną zniknięcia z Wenus oceanów była zupełnie inna: po prostu Słońce zaczęło z biegiem czasu świecić na tyle mocno, iż na Wenus zrobiło się tak gorąco, że oceany wyparowały (a co z tą parą wodną się stało – o tym dalej).

### **Słońce świeci coraz mocniej**

Słońce nie świeci cały czas tak samo. Kiedyś jego jasność była prawdopodobnie o 30 procent mniejsza, niż obecnie. Od chwili swego powstania Słońce świeci jednak coraz silniej, zwiększając moc swego promieniowania o mniej więcej 1 procent w ciągu każdych 110 milionów lat [10].

### **Ogrzewająca para**

Jak twierdzi prof. [James F. Kasting](#), gdyby Słońce zaczęło świecić z taką siłą, że woda w ziemskich oceanach ogrzałaby się do temperatury 60 stopni Celsjusza, to parowanie tej wody stałoby się tak potężne, że stałaby się ona głównym składnikiem atmosfery [11]. A para

wodna jest silnym gazem cieplarnianym, ogrzewającym planetę – jeśli jest jej odpowiednio dużo, ogrzewanie doprowadziłoby do temperatur znacznie przewyższających te, które wynikałyby ze wzrostu natężenia promieniowania słonecznego.

### **Ciepło, ciepiej, gorąco**

Coś takiego właśnie stało się na Wenus. Świejące coraz mocniej Słońce ogrzało jej oceany do takiej temperatury, że zaczęły one intensywnie – coraz intensywniej – parować. Zwiększająca się ilość pary wodnej w atmosferze wywołała tzw. niekontrolowany efekt cieplarniany – [runaway greenhouse effect](#), jak się to zjawisko określa w języku angielskim. W końcu na Wenus stało się tak gorąco, że oceany – czy może raczej ich resztki – zagotowały się i wyparowały kompletnie. Powstała para wodna uleciała do stratosfery, gdzie jej cząsteczki zostały przez promieniowanie ultrafioletowe Słońca rozbite na tlen i wodór. Tlen wszedł w reakcję z wenusjańskimi skałami, a lżejszy od niego wodór uciekł w Kosmos.

### **Nie ma wody – nie ma życia... i ruchu płyt tektonicznych**

Utrata wody na Wenus oznaczała koniec życia na tej planecie. Ale nie tylko. Spowodowała ona także, że mechanizm działania tektoniki płytowej po prostu się zaciął. Woda jest bowiem rodzajem „smaru”, dzięki któremu płyty tektoniczne mogą przesuwać się powoli po powierzchni płaszczą i względem siebie. A działanie tektoniki płytowej jest jednym z głównych mechanizmów, dzięki którym gorące wnętrze planety stopniowo pozbywa się ciepła i unika przegrzania.

### **Piekielna erupcja**

Kiedy płyty tektoniczne na Wenus z powodu braku wody przestały się przesuwać, drugą planetą układu słonecznego przestały wstrząsać zjawiska sejsmiczne, wygasły wulkany – przynajmniej te związane ze strefami subdukcji. Ale wygaśnięcie wulkanów i zanik zjawisk sejsmicznych spowodowało, że wnętrze planety nie miało jak pozbywać się nagromadzonego w nim i wciąż dostarczanego przez rozpad pierwiastków radioaktywnych ciepła. Wnętrze Wenus stawało się coraz bardziej gorące, coraz bardziej roztopione, coraz bardziej pełne gazów... aż w końcu wenusjańska litosfera nie wytrzymała rosnącego pod nią ciśnienia. Nastąpiły olbrzymie erupcje wulkaniczne, gruba na wiele kilometrów warstwa lawy zalała 90 procent powierzchni planety. Wraz z lawą wyrzucone zostały olbrzymie ilości gazów. Dwutlenek siarki związał się ze skałami zawierającymi węgiel, dwutlenek węgla gromadził się w atmosferze, powodując coraz potężniejszy efekt cieplarniany. Z biegiem czasu erupcje ustały, lawa zastygła, ale Wenus mimo to pozostała istnym piekłem.

### **Czy Ziemi grozi los Wenus?**

Tak – być może – wyglądały dzieje Wenus. Czy wywoływane spalaniem wydobywanych na Ziemi kopalin globalne ocieplenie (zakładając, że globalne ocieplenie rzeczywiście występuje i działalność gospodarcza człowieka jest jego przyczyną) może przyczynić się do tego, że

tragiczne w sumie dzieje Wenus powtórzą się na naszym globie? O to możemy być spokojni – zdaniem naukowców, ilości wyrzucanego przez samochody, elektrownie i inne zakłady przemysłowe dwutlenku węgla, a także natężenie promieniowania słonecznego, ogrzewającego wodę w morzach i powodującego powstawanie zatrzymującej ciepło w atmosferze pary wodnej są o wiele za małe, by wywołać galopujący efekt cieplarniany, który stał się przyczyną zniknięcia wenusjańskich oceanów i w ostatecznym efekcie całkowitej zmiany oblicza tej zapewne nie bardzo różniącej się niegdyś od Ziemi planety [12]. Jednak w dalekiej przyszłości, kiedy starzejące się Słońce – które w końcu stanie się rozdętym do rozmiarów kuli o średnicy mniej więcej orbity Ziemi [czerwonym olbrzymem](#) (a później małym – wielkości porównywalnej z Ziemią – lecz bardzo gorącym [białym karłem](#)) będzie świecić znacznie jaśniej, niż obecnie, również na Ziemi zapanują warunki sprzyjające zaistnieniu tego niemożliwego do powstrzymania efektu. Ziemia stanie się podobnym piekłem, jak jej bardziej zbliżona do Słońca sąsiadka. Ale nastąpi to dopiero za jakieś 3,5 miliarda lat [13].

Przypisy:

[1] Informacja za [artykułem w Wikipedii](#).

[2] Średnia odległość mocno ekscentrycznej orbity [Merkurego](#) od Słońca wynosi 57 909 176 kilometrów, w przypadku Wenus odległość ta wynosi 108 208 926 kilometrów.

[3] Zob. [artykuł o misji tej sondy](#).

[4] Głębokość najgłębszego miejsca w ziemskich oceanach, jakim jest [Rów Mariański](#), wynosi według najnowszych pomiarów 10 911 metrów, wysokość najwyższego szczytu górskiego – Mount Everest – 8848 m.n.p.m.

[5] Wenus obiega Słońce w ciągu 225 ziemskich dni, obrót Wenus wokół własnej osi trwa przeszło 243 ziemskie doby, co oznacza, że wenusjańska doba jest dłuższa od wenusjańskiego roku.

[6] Zob. [artykuł na ten temat](#).

[7] Zob. [Nowe dowody na aktywne wulkany na Wenus](#) (artykuł z czasopisma „Urania”)

[7] Zob. Mark A. Bullock, David H. Grinspoon [Global Climatic Change on Venus](#)

[8] Zob. na ten temat artykuł wskazany w przypisie 6 – omówiona w nim teoria „podwójnego impaktu” wyjaśnia, dlaczego Wenus nie ma księżyca.

[9] Zob. Richard W. Pogge [The Once and Future Sun](#)

[10] Zob. Agnieszka Przychodzień [“Agonia Ziemi”](#) tyg. Wprost, nr. 11/2000 (902)

[11] Zob. [Runaway Greenhouse Effect](#) – artykuł w Wikipedii

[12] Zob. Richard W. Pogge [The Once and Future Sun](#). Według tej publikacji (i zdaniem prof. Kastinga) efekt taki nastąpi w momencie, gdy słońce będzie świecić 0 40 procent jaśniej, niż obecnie.

[13] Zob. [stronę o misji sondy Venus Express](#)

[Strona główna](#)