



Poszukiwanie życia we Wszechświecie

Joanna Jałocha-Bratek

IFJ PAN, Zakład Astrofizyki Teoretycznej

Jeśli chcemy poszukiwać życia we Wszechświecie, na początku warto zastanowić się, czy na pewno będziemy potrafili je rozpoznać. Podanie ścisłej definicji życia jest bardzo trudne, ale można wymienić kilka cech, które charakteryzują żywe organizmy na Ziemi. Te cechy to zdolność do replikacji, umiejętność utrzymywania w swoim wnętrzu stałych warunków odmiennych od warunków środowiska, wymienianie z otoczeniem materii i energii oraz reagowanie na bodźce i zdolność do uczenia się. Wydaje się, że również pozaziemskie życie, jeśli gdzieś istnieje, powinno wykazywać takie cechy.

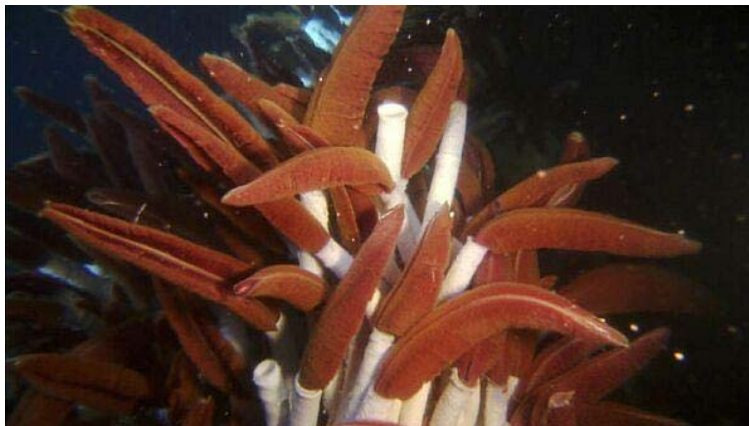
Do niedawna jeszcze za oczywisty uważano fakt, że ciało niebieskie, na którym może powstać i rozwinać się życie, musi spełniać szereg warunków. Musi znajdować się w tzw. ekosferze gwiazdy, czyli w takiej od niej odległości, aby panujące temperatury pozwalały na istnienie wody w stanie ciekłym. Musi posiadać na tyle gęstą atmosferę, aby ciśnienie na powierzchni pozwalało występować wodzie w stanie ciekłym, a także po to, aby ta atmosfera stanowiła osłonę przed promieniowaniem jonizującym. Układ planetarny musi posiadać planety-olbrzymy, które będą ściągać większość asteroid tak, aby nie zagrażały one ciału niebieskiemu, które stało się oazą życia. Wreszcie układ planetarny powinien znajdować się w takim miejscu galaktyki, aby nie zagrażały mu częste i pobliskie wybuchy supernowych.

Obecnie wiemy jednak, że ta lista „wymagań” powinna ulec rewizji. Odkryć, które doprowadziły do takiego wniosku dokonano nie w przestrzeni kosmicznej, a na Ziemi, a dokładniej w głębinach oceanów. Pod powierzchnią ziemskich oceanów znajdują się potężne grzbiety górskie, wyrastające na ok. 3000 m z podmorskich równin, zwanych równinami abysalnymi. Te grzbiety poprzecinane są dolinami, zwanymi dolinami ryftowymi. Te doliny to pęknięcia skorupy ziemskiej, z których na powierzchnię wydobywa się gorąca magma. Doliny ryftowe znajdują się na głębokości ok. 2000–3000 ppm. W dolinach ryftowych woda morska wnika w pęknięcia w skorupie ziemskiej, a następnie nagrzewa się do temperatury ok. 400°C, nasyca się związkami takimi jak siarkowodór i siarczki metali ciężkich, a następnie wypływa z pęknięcia tworząc ujście zwane kominem hydrotermalnym. Ze względu na ogromne ciśnienie panujące w oceanicznych głębinach, pomimo tak wysokiej temperatury, woda pozostaje w stanie ciekłym. Otoczenie kominów hydrotermalnych stanowi iście piekielną scenę – to połączenie ekstremalnych temperatur z obecnością trujących związków chemicznych. Są to jedne z tych miejsc na naszej planecie, o których

do tej pory sądzono, że są wyjątkowo nieprzyjazne życiu. Te poglądy uległy radykalnej zmianie w roku 1977. Wtedy to batyskaf Alvin z dwoma osobami na pokładzie zszedł w dolinę ryftową w pobliżu wysp Galapagos. Celem wyprawy miały być badania geologiczne, jednak przyniosła ona sensację biologiczną. Okazało się, że w otoczeniu ujęć hydrotermalnych kwitnie życie. Masa żywych organizmów przypadająca na jednostkę powierzchni była ok. 100 000 razy większa niż na równinie abysalnej. Na początku nie rozumiano, jak to możliwe. Większość ekosystemów na Ziemi uzależniona jest od energii słonecznej. U podstaw piramidy troficznej stoją organizmy samożywne przeprowadzające fotosyntezę, które muszą mieć bezpośredni dostęp do światła słonecznego. W głębinach oceanicznych panują ciemności uniemożliwiające fotosyntezę. Oczywiście nawet na bardzo dużych głębokościach występują organizmy żywe – korzystają one z resztek organicznych docierających w głębinę z powierzchni; na każdej głębokości znajdują się amatorzy na takie resztki. W związku z tym im głębiej, tym mniej żywności, a im mniej żywności, tym mniej żywych organizmów. Dlatego też bujność życia w otoczeniu kominów hydrotermalnych wprawiała uczonych w zdumienie. Jednak zagadka wkrótce się wyjaśniła: podstawę tamtejszego ekosystemu stanowią organizmy zwane archebakteriami, które prowadzą chemosyntezę opartą na związkach siarki, co czyni ekosystem całkowicie niezależnym od energii słonecznej. Poblizie ujęć hydrotermalnych zamieszkuje wiele różnorodnych organizmów. Większość hoduje w swoich wnętrzach archebakterie, żyjąc z nimi w ścisłej symbiozie. Najbardziej charakterystyczne są tzw. robaki ryftowe. To długie, około dwumetrowe organizmy, zbudowane z wapiennej rurki i mięsistych skrzel. Prócz tego, kominy hydrotermalne zamieszkują mięczaki, krewetki, kraby, ryby. Wszystkie te organizmy przystosowane są do wysokich temperatur oraz obecności trujących wyciwów. Takie organizmy nazywamy ekstremofilnymi.



Kominy hydrotermalne. Kadr z filmu „Obcy z głębin”



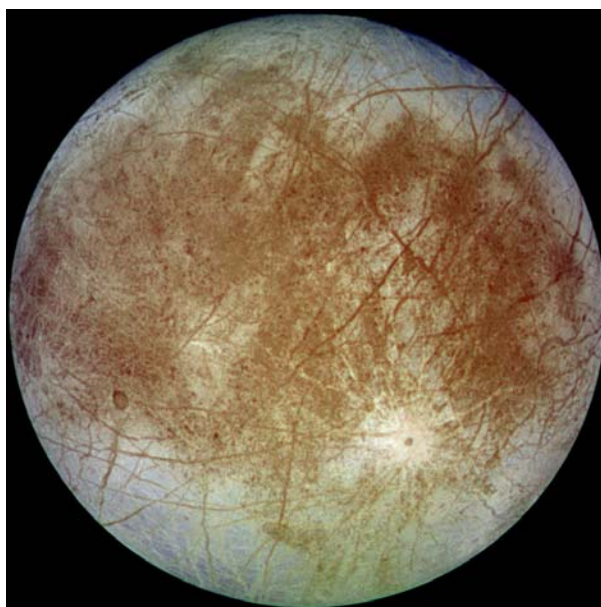
Robaki ryftowe *Riftia Pachyptillia*. Kadr z filmu „Obcy z głębin”

Od roku 1977 zbadano wiele ekstremalnych ekosystemów. Jednym z nich jest odkryty w 1984 roku ekosystem na dnie zatoki Meksykańskiej. To zimna oaza życia. Skąły dna zatoki są przesycone węglowodanami (głównie metanem), które przesiąkają do wody morskiej, tworząc tzw. zimne wysięki. W niektórych miejscach, na skutek wysokiego ciśnienia, metan zamarza. Wokół zimnych wysięków rozkwitło życie, którego podstawę stanowią archebakterie prowadzące chemosyntezę opartą na wiązaniu metanu. Obecnie nauka zna wiele organizmów ekstremofilnych. Należą do nich przede wszystkim archebakterie. Zasadlają one kwaśne (o kwasowości porównywalnej do kwasów w akumulatorach) i zasadowe (jak amoniak) jeziora, niektóre lubią solanki. Rekordzista to *Acidianus infernus* – żyje w silnych kwasach o temperaturze bliskiej 100°C. W latach 90. ubiegłego wieku odkryto żywe kultury bakterii podczas głębokich wierceń naftowych, m.in. pod Morzem Północnym (ok. 3 km), w Szwecji (6 km), pod Pacyfikiem, pod rzeką Kolorado. Organizmy te również tworzą ekosystemy całkowicie niezależne od świata na powierzchni. Niedawno w Afryce, w kopalni złota została odkryta bakteria (*Desulforudis audaxviator*) żyjąca bez tlenu w całkowitej ciemności (2,8 km pod ziemią) w temperaturze 60°C. Bakteria żyje w wodzie wypełniającej szczeliny, zachodzi w niej chemosynteza oparta o związki siarki.

Z tych odkryć wynika, że życie jest znacznie mniej wymagające niż wydawało się do tej pory. Nie potrzebuje wody na powierzchni planety, tlenu, ani atmosfery, a jeśli jest chronione grubą warstwą skał lub wody, wówczas w planecie mogą uderzać meteoryty, a w pobliżu wybuchać supernowe. Życie podobne do ziemskiego potrzebuje źródła energii oraz wody w stanie ciekłym gdzieś na planecie, ale niekoniecznie na jej powierzchni.

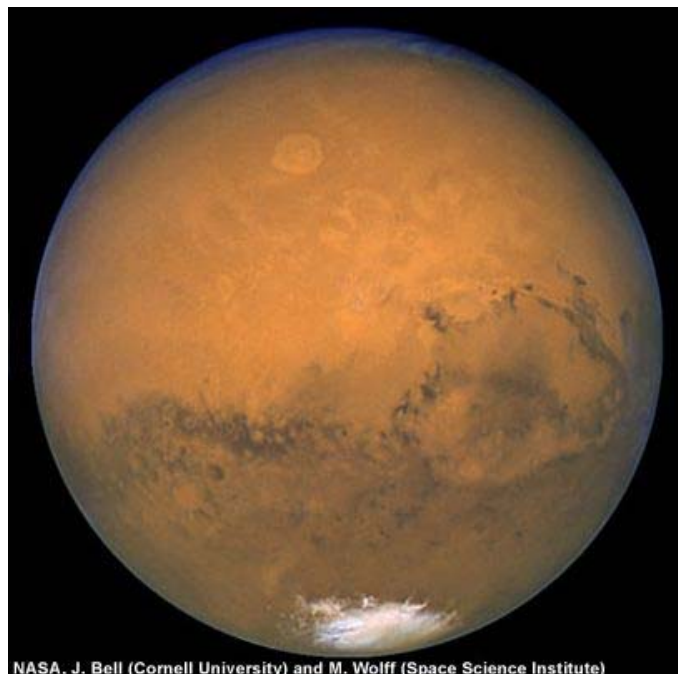
Gdzie zatem szukać życia pozaziemskiego? Jak na razie możliwości jego poszukiwań ograniczają się do naszego układu planetarnego. Wśród obiektów

Układu Słonecznego niewątpliwie najbardziej obiecującym kandydatem na oazę życia jest Europa – jeden z księżyców Jowisza. Europa ma rozmiary porównywalne z naszym Księżycem. Znajduje się w odległości ok. 671 000 km od Jowisza. Obiega planetę w 3,5 dnia, posiada szczątkową atmosferę. Powierzchnia Europy jest skuta lodem, a pod warstwą lodu grubości kilku kilometrów znajduje się najprawdopodobniej ocean. Europa podlega ogrzewaniu pływowemu na skutek oddziaływania z Jowiszem oraz innymi księżycami. To ogrzewanie pływowe jest przyczyną, dla której na Europie spodziewamy się wodnego oceanu, a nie można także wykluczyć, iż na skutek tych oddziaływań jądro Europy jest wciąż rozgrzane. Jeśli tak jest w istocie, wówczas, być może, na dnie oceanów tego księżycy mogą znajdować się kominy hydrotermalne. Te wszystkie cechy czynią Europę bardzo atrakcyjną dla poszukiwań życia pozaziemskiego. Niestety, jeśli życie istnieje na Europie, to znajduje się ono pod kilkukilometrową warstwą lodu. To czyni jego badania szczególnie trudnymi. Astrofizyk Freeman Dyson proponował poszukiwanie orbitujących wokół Jowisza mrożonych ryb wybitych spod powierzchni lodów Europy na skutek uderzeń meteorytów. Jednak najlepszym sposobem na zbadanie, czy na Europie jest życie, byłoby wysłanie na jej powierzchnię sondy, która przedostanie się przez grubą warstwę lodu i zbada domniemany ocean, znajdujący się pod nim. Można mieć nadzieję, że taka sonda w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat faktycznie zostanie wysłana.



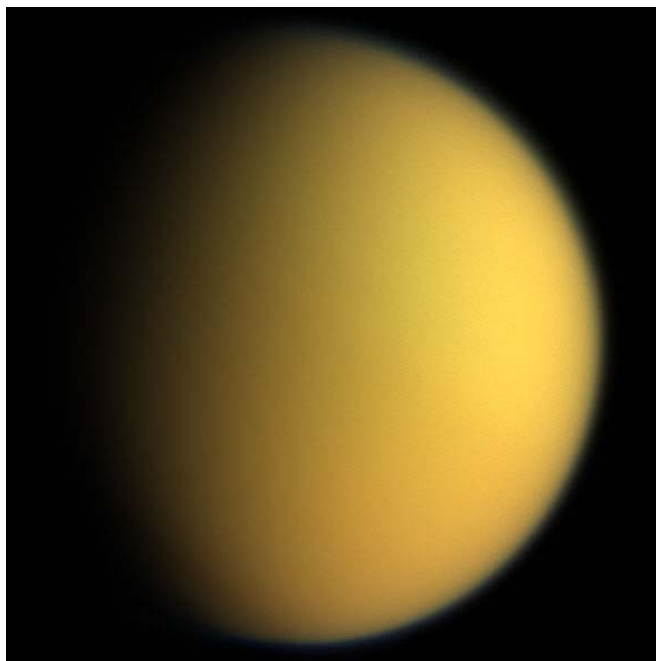
Europa – księżyc Jowisza. Na zdjęciu z sondy Galileo widać pęknięcia lodowej powierzchni księżycy

Kolejnym ciałem niebieskim naszego układu planetarnego, które cieszy się zainteresowaniem poszukiwaczy życia pozaziemskiego, jest planeta Mars. Mars jest mniejszy od Ziemi – jego masa stanowi 11% masy Ziemi, obiega Słońce w ciągu ok. dwóch ziemskich lat, a dzień marsjański trwa prawie tyle samo co ziemski (24 godziny i 37 minut). Mars posiada atmosferę, złożoną głównie z dwutlenku węgla z niewielką domieszką azotu, jednak ciśnienie na powierzchni planety wynosi jedynie 1% ciśnienia ziemskiego na poziomie morza, wobec czego, pomimo iż temperatury na Marsie wahają się pomiędzy -140°C , a $+20^{\circ}\text{C}$, na Marsie nie może istnieć woda w stanie ciekłym. Za to na planecie występuje zarówno zestalony dwutlenek węgla, jak i wodny lód. Mieszanka tych dwóch rodzajów lodu tworzy czapy polarne w okolicach obu biegunów planety. Obecnie wiadomo prawie na pewno, że w odległej przeszłości, gdy Mars miał gęstszą atmosferę, na jego powierzchni występowała woda w stanie ciekłym. Świadczą o tym formy geologiczne obecne na powierzchni planety. Wobec tego, że Mars w przeszłości był najprawdopodobniej miejscem przyjaznym życiu, uczeni przypuszczają, że być może kiedyś istniało marsjańskie życie, a dziś warto szukać pozostałych po nim skamielin. Takie poszukiwania są prowadzone na powierzchni planety (eksplorowanej przez automatyczne sondy), ale istnieje również szansa na znalezienie ich w meteorytach pochodzących z Marsa. Kilka lat temu sensacje wzbudził właśnie taki, znaleziony na Antarktydzie, obiekt. Wiek meteorytu (ALH 84001) oceniono na ok. 4,5 mld lat. Okazało się, że zawiera on globulki węglanowe, struktury przypominające ziemskie skamieliny, a także związki organiczne przypominające te, które powstają na Ziemi podczas rozpadu organizmów żywych oraz minerały podobne do tych produkowanych przez niektóre bakterie na Ziemi. Po początkowym entuzjazmie stało się jednak jasne, że nie można stwierdzić z dużą dozą pewności, że meteoryt zawiera pozostałości marsjańskiego życia – struktury podobne do skamielin były tak małe, że wielu uczonych wątpiło, że mogą być pozostałościami żywych organizmów, a struktury węglanowe i inne związki znalezione w meteorycie mogą także powstać w wyniku procesów niezwiązanych z życiem. Poszukiwanie skamielin marsjańskiego życia to jedno, ale czy jest szansa na to, że na Marsie może obecnie coś żyć? Nie można tego wykluczyć. Jest pewna szansa na znalezienie życia pod powierzchnią planety (być może znajduje się tam woda w stanie ciekłym). Może pod lodem czap polarnych znajdują się zbiorniki z wodą, w których mogło utrzymać się życie? Na pewno warto prowadzić eksplorację Marsa pod kątem poszukiwań życia. Być może kiedyś dojdzie do skutku załogowa wyprawa na tę planetę, która otworzy zupełnie nowe możliwości badań.



Planeta Mars. Widoczna czapa lodowa nad jednym z biegunów. Zdjęcie z kosmicznego teleskopu Hubble'a

Europa i Mars to na pewno najlepsi kandydaci na „ożywione” ciała Układu Słonecznego, ale nie jedyni. Pod uwagę brany jest także Tytan – księżyc Saturna. Jest on nieco większy od Merkurego, posiada gęstą atmosferę złożoną głównie z azotu oraz węglowodorów. Na powierzchni Tytana znajdują się płynne węglowodory tworzące oceany i rzeki, stwierdzono również obecność lodu wodnego. Ciśnienie przy powierzchni jest 1,5 razy większe niż na Ziemi, a temperatura sięga poniżej -200°C . Bardzo możliwe, że na Tytanie występuje ogrzewanie pływowe, a wobec tego faktu, jest możliwe występowanie wody w stanie ciekłym (pod powierzchnią). Na Tytanie w roku 2005 wylądował ładownik Huygens, czas jego pracy był bardzo krótki (ok. godziny), ale był to na pewno dobry początek badań tego interesującego księżyca. Choć bowiem Tytan, ze względu na bardzo niskie temperatury, może wydawać się wyjątkowo nieprzyjaznym miejscem dla rozwoju życia, to z drugiej jednak strony obecność związków organicznych oraz szansa na występowanie na nim ogrzewania pływowego i ciekłej wody czynią z niego niezłego kandydata na kolebkę życia.



Tytan widziany przez sondę Cassini

Pewne nadzieje na znalezienie życia można wiązać także z Ganimesem, kolejnym księżycem Jowisza, na którym, być może znajduje się podpowierzchniowy ocean ciekłej wody. Niektórzy mają nawet nadzieję, że w ekstremalnie gorącym i kwaśnym środowisku planety Wenus mogło rozwinąć się życie.

Jedno jest pewne – warto poszukiwać życia pozaziemskiego. Jego znalezienie byłoby jednym z największych odkryć ludzkości – pokazałoby, że życie jest powszechnym zjawiskiem, pojawiającym się wszędzie tam, gdzie tylko jest to możliwe. Jednak również wynik negatywny, tzn. nieznanie życia, pomimo stwierdzenia istnienia sprzyjających dla niego warunków, byłby interesujący, ponieważ sugerowałby z kolei, że życie może być fenomenem rzadkim i unikalnym. Miejmy zatem nadzieję, że na cel, jakim jest szukanie życia pozaziemskiego, nie zabraknie pieniędzy, ani chęci czy zapału.

Literatura

1. Donald Goldsmith, *W poszukiwaniu życia na Marsie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2000.
2. Marcin Ryszkiewicz, *4 miliardy lat*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2007.
3. Paweł Artymowicz, *Astrofizyka układów planetarnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.