

Stopařův průvodce obyvatelnými planetami

Pokud zadáte do vyhledávače „obyvatelnost planet“, jen z letošního roku na vás vyskočí titulky Konečně obyvatelná planeta jen kousek od Země? nebo Najdeme druhou Zemi? Mohlo by se proto zdát, že je snadné říci, co činí planetu obyvatelnou pro život, jak ho známe, ale opak je pravdou. Složitou síť vztahů mezi faktory, které na obyvatelnost mohou mít vliv, teprve poznáváme. Podívejme se společně, jak ji mohou ovlivnit geologické a geofyzikální vlastnosti planety.

V první řadě je třeba alespoň trochu definovat, co myslíme obyvatelnou planetou. Ačkoli se ve vědecké literatuře objevují teoretické studie a modely pokoušející se vrhnout světlo na možnost života s jiným základním stavebním kamenem než uhlíkem a jiným rozpouštědlem než vodou a poskytnout alespoň nějaké testovatelné předpovědi jeho biochemie, teď se soustředíme na život, jak ho známe – aneb uhlíkový život vyžadující kapalnou vodu.

Ani tím ale diskuze o pojmu obyvatelnosti nekončí. Kapalnou vodu najdeme i na tělesech velmi nepodobných Zemi – např. pod ledovými krustami celé řady měsíců, jako jsou Europa a Enceladus. Podobná prostředí by mohla být nejrozšířenějším typem výskytu kapalné vody ve vesmíru a možná nejrozšířenějším potenciálně obyvatelným prostředím, ale tady se mu věnovat nebudeme; ve Sluneční soustavě sice můžeme vyslat sondu ke gejzírům Enceladu nebo na Europu, abychom lépe poznali tamní podmínky a zkoušeli pátrat po přírodním životě, ale v případě obdobných těles v jiných soustavách nemáme šanci zjistit, jestli hostí život, nebo ne. Nemají totiž žádnou atmosféru, jejíž složení bychom mohli zkoumat pomocí spektroskopie.

Všeobecně řečeno je spektroskopie studium spektra světla – nakolik intenzivní je na těch či oněch vlnových délkách. V exoplanetární komunitě jde nejčastěji o tranzitní spektroskopii, kdy studujeme světlo hvězdy předtím, než přes její kotouček z našeho pohledu přechází její planeta, a během tohoto přechodu (tranzitu). Nedojde jen k tomu, že planeta hvězdu mírně zatmí; má-li atmosféru, část světla hvězdy projde skrz ni a může být pohlcena přítomnými plyny. Každá látka má unikátní absorpční čáry, jak se tyto pohlcené vlnové délky nazývají, a jejich zachycením můžeme odvodit složení atmosféry (obr. 1).

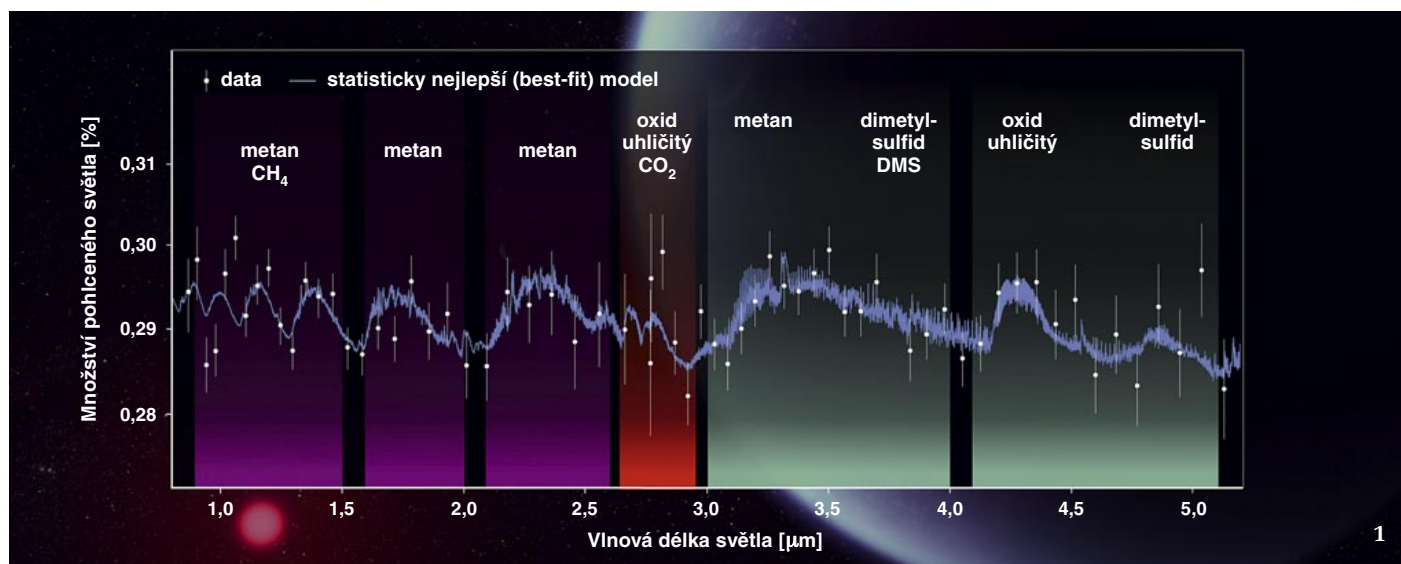
Zní to jednoduše? Možná zní, ale není... Získat dostatečné rozlišení není snadné, ani když jde o velkou planetu u relativně blízké hvězdy. A pokud má planeta příliš řídkou nebo kompaktní atmosféru, nebo je tam zataženo (oblačnost či opar způsobí spíše odraz světla a poměrně ploché spektrum bez zřetelných čar), dobré spektrum k určení přítomných plynů nezískáme. V současné době jsou více či méně zmapována spektra zhruba tisícovky planet, převážně výrazně větších a hmotnějších než Země a obíhajících mnohem blíže svým hvězdám.

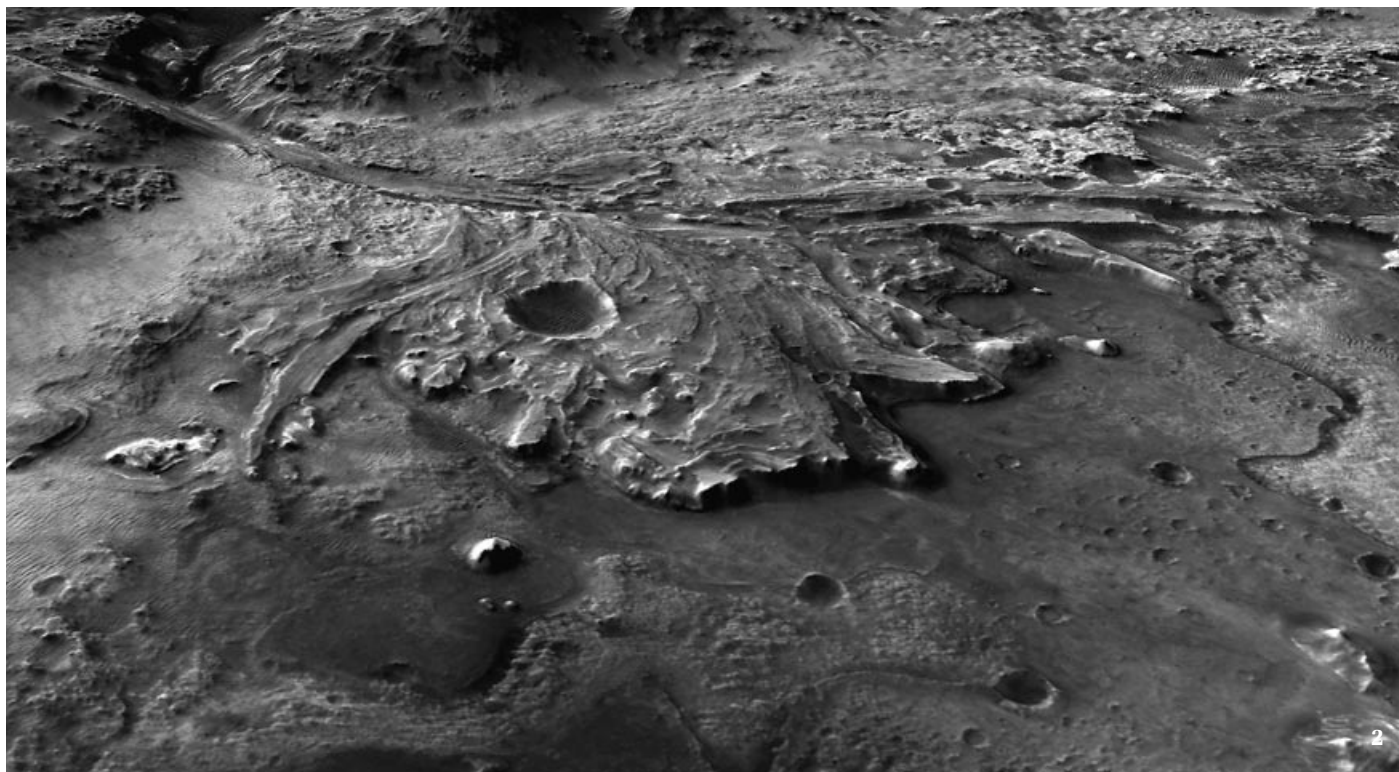
Mise Ariel, na níž se podílejí i čeští vědci pod vedením Martina Feruse z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, nám snad umožní řádově zvýšit množství známých spekter, a to především pro kamenné planety větší než Země. Na planety jako ta naše pravděpodobně její rozlišení ještě stačit nebude, ale další generace vesmírných dalekohledů vybavených spektrometry by měla umožnit i to.

Nelze vyloučit, že jednoho dne postavíme natolik dokonalé teleskopy (pravděpodobně velké kosmické dalekohledy se samostatným stínítkem blokujícím světlo hvězdy, což umožní lépe zobrazit planety v dané soustavě), že poskytnou i více či méně použitelná spektra odraženého světla z ledových planet nebo dokonce měsíců, a tím získáme představu o složení jejich povrchu. Ten den se ale zdá být hodně daleko. Proto se zatím soustředíme na planety s možností povrchové kapalné vody.

Pro účely tohoto článku tedy za obyvatelnou planetu považujeme kamennou planetu nebo měsíc s kapalnou vodou na povrchu (ať už jí je tam velmi málo, nebo pokrývá celý povrch) – což je i nejběžnější přijímaná definice. Takové světy se pokoušíme hledat především v obyvatelné zóně jejich hvězd – ve vzdálenosti, kde by planeta (o vhodné hmotnosti a velikosti a s vhodnou atmosférou) měla díky množství záření od své hvězdy teplotu vhodnou pro přítomnost kapalné vody. Existují různé výpočty rozsahu obyvatelné zóny v závislosti na tom, jestli v nejjednodušší variantě

1 Naměřená spektrální data atmosféry exoplanety K2-18b (body) proložená nejlépe odpovídajícím modelem (modrá linie), který naznačuje přítomnost uvedených látek v atmosféře K2-18b. Metan a oxid uhlíčitý jsou statisticky dobře průkazné, dimetylsulfid už výrazně méně (a navzdory nadšeným titulcům nejde o nespornou známku života – byl objeven např. i na některých kometách, kde lze život jako jeho zdroj podezřívat těžko). Zdroj: National Aeronautics and Space Administration, USA (NASA), Canadian Space Agency (CSA), European Space Agency (ESA), J. Olmstead (Space Telescope Science Institute), N. Madhusudhan (Cambridge University)





bereme v úvahu pouze (průměrné) ozáření hvězdou, nebo např. i vliv rychlosti rotace planety, sklonu osy rotace, oblačnosti, složení a tlaku atmosféry nebo třeba rozložení pevniny a oceánů na výslednou teplotu. Většina vědců se ale shodne, že v naší soustavě se v obyvatelné zóně nacházejí pouze dvě planety: Země a Mars. Znamená to snad, že je Mars obyvatelná planeta?

Mezi Venuší a Marsem

Už tady se dostáváme do šedé zóny... Z geologie Marsu víme, že v dávné minulosti nepochybně měl povrchovou kapalnou vodu (ač se vedou debaty o tom, kolik a jak dlouho); o tu však přišel a dnes má natolik řídkou atmosféru, že s jistotou výjimkou nejnižších položených míst pánve Hellas tam panuje příliš nízký tlak, než aby umožnil stabilní existenci kapalné vody (obr. 2). Z této definice tedy Mars obyvatelný není – ale býval (obr. na 3. str. obálky).

Případ Marsu názorně ilustruje, že kamenná planeta v obyvatelné zóně se nerovná obyvatelná planeta. Své by o tom mohla vyprávět i Venuše. Podle některých širších definic i ona spadá do obyvatelné zóny – s povrchovou teplotou okolo 460 °C ale rozhodně nezapadá do „škatulky“ obyvatelné planety. Pikantní však je, že naše pracovní definice neznámá, že planety jako Mars a Venuše určitě nemohou mít život. Pod povrchem Marsu se dodnes mohou nacházet izolované „oázy“ s kapalnou vodou a nelze zcela vyloučit, že pokud na Marsu někdy život byl, mohl by stále přežívat díky teplu z geotermální činnosti nebo dopadů jiných těles. Podobně u Venuše se hovoří o možnosti života mimo povrch – v jejím případě nad ním. V oblačné vrstvě několik desítek kilometrů nad povrchem Venuše panují teploty a tlaky podobné zemskému povrchu a najdeme tam i kapénky vody – ovšem ve směsi s kyselinou sírovou. Vzpomínáte si na počáteční zmínku o pracích snažících se určit možnost života v jiném rozpouštědle? Směs vody

s kyselinou sírovou je stále častěji uvažovaná možnost. Alespoň teoreticky – žádné opravdu přesvědčivé důkazy zatím nemáme – by tedy mohly být obývané i světy (patřily by tam i již zmiňované ledové měsíce s vnitřními oceány), které nespádají do užší definice obyvatelných.

Co nám umožní se obloukem vyhnout osudu Venuše nebo Marsu a skončit s planetou rámcově podobnou Zemi – s povrchovou kapalnou vodou? Na to není jednoduché odpovědět. Zatím známe jedinou planetu jako Země, a tou je právě naše Země. Je možné, že díky chystaným misím jako Ariel nebo teleskop Nancy Grace Romanové budeme moci v příštích desetiletích odhady a modely otestovat na pozorovaném vzorku planet a upřesnit, ale v tuto chvíli máme právě jen modely. Ani jejich poselství nebývá jednoznačné. Ukažme si to prakticky na několika příkladech faktorů, které by v obyvatelnosti planet mohly sehrát zásadní roli.

Desková tektonika

Na Zemi pohyb litosférických desek umožňuje existenci výkonného uhlíčitanovo-křemičitanového cyklu, který „recykluje“ uhlík z atmosféry zpět do nitra planety a do značné míry pomáhá udržovat na Zemi stabilní klima (bližší v Živě 2022, 6: CXLI–CXLIV na obr. 4). Není proto divu, že někteří vědci se odváží až tvrdit, že jde o nutnou podmínku pro složitý mnohobuněčný život (Stern a Gerya 2024). Mají pravdu?

Zatím známe, opět, jedinou planetu s deskovou tektonikou a současně jedinou planetu se životem – Zemi (viz také str. 202–205 této Živy). Soubor planet prozkoumaných natolik, abychom o nich mohli co do tektonického režimu a zároveň pravděpodobnosti života něco téměř s jistotou říci, je ale natolik nepatrný (v zásadě zahrnuje jen kamenné planety v naší soustavě), že z této korelace těžko můžeme něco vyvodit. Vyšla i řada prací hájících jednodeskově (single-lid) planety jako místa pro život.

Single-lid totiž nemusí nutně znamenat neaktivní stagnant-lid (nehybně-deskové – tady už pokus o doslovný překlad poněkud pokulhává), ale např. také squishy-lid (měkko-deskové) nebo sluggish-lid (pomalo-deskové; už asi chápete, proč se používají jen původní anglické termíny).

Desková tektonika možná nemusí být nutnou podmínkou (osobně by mě překvapilo, kdyby byla), ale nejspíš vznik prostředí pro život přinejmenším usnadňuje. Nakolik je pravděpodobné, že ji najdeme mimo Zemi?

Obrátme napřed pohled do naší vlastní soustavy. Vyskytovala se někdy desková tektonika na Marsu nebo na Venuši? Určitě ne v nedávné minulosti – ale co krátce po svém vzniku a dostatečném vychladnutí, kdy možná také měly oceány kapalné vody (zdá se, že hydratace hornin v plášti napomáhá jeho pohyblivosti – ale opět zde máme problém jediného vzorku, tedy Země, a modely)? Nelze vyloučit, že jak Mars, tak Venuše kdysi alespoň krátce měly rudimentární deskovou tektoniku, a některé modely chemismu atmosféry nasvědčují existenci období rané deskové tektoniky na Venuši. Ostatně, odkdy má deskovou tektoniku Země? Existují podložené názory, že na Zemi se objevila před méně než miliardou let, před zhruba dvěma a půl miliardami let, stejně jako že zde existovala už před více než třemi miliardami let.

Když si nejsme jisti ani tím, kdy začala na Zemi a co ji zde spustilo, jak posoudit její pravděpodobnost na exoplanetách? Mohou ji mít např. hojné super-Země, kamenné planety o výrazně větší velikosti než Země? Odpovědi jsou alespoň prozatím modely, ty ovšem nehovoří jednoznačně. Geofyzička Lena Noacková z Freie Universität Berlin s oblibou ukazuje graf závislosti pravděpodobnosti deskové tektoniky na hmotnosti planety s vnesenými křivkami z různých studií. Je na něm dobře vidět, jak se několik prací shodne, že s rostoucí hmotností pravděpodobnost poroste, dokonce

2 Příklad mnoha dávných říčních koryt a delt na Marsu. Na obrázku, který je mozaikou ze snímků sondy NASA Mars Reconnaissance Orbiter, vidíme deltu v západní části kráteru Jezero. V této oblasti nyní působí rover Perseverance. Zdroj: NASA, v souladu s podmínkami použití

3 Saturnův měsíc Enceladus má navzdory své malé velikosti – s průměrem podobným šířce České republiky – pod ledovou slupkou oceán kapalné vody, a to díky slapovému ohřevu. Mohl by podobný mechanismus vést i k povrchové obyvatelnosti planet? NASA / Jet Propulsion Laboratory (JPL)

že desková tektonika na super-Zemích bude nevyhnutelná... a další se shodnou na přesně opačné závislosti.

Nejupřímnější odpovědí je, že nevíme. Záleží na parametrech modelu, odrážejících naše apriorní domněnky, a na dalších faktorech – téměř všichni se shodnou, že na chladnějších planetách jako Země je desková tektonika daleko pravděpodobnější než na obdobně velkých horkých světech, jako je Venuše. Roli nepochybně hraje i chemické složení planety. Patrně je důležitý podíl vody (v horninách pláště i v podobě oceánů na povrchu), která by měla vznik deskové tektoniky usnadňovat. Ale co takový startovní podíl radiogenních prvků generujících více vnitřního tepla? Nebo počáteční poměr uhlíku a kyslíku, kdy by zvýšení relativního množství uhlíku mohlo vést k vyššímu podílu diamantů v plášti a možnému zpomalení konvekce, tedy méně pravděpodobnému vzniku tektonických desek?

K tomu všemu máme pěkné modely, ale pokud jsou některé naše předpoklady chybné nebo dané modely až příliš zjednodušené, je možné, že se věci mají jinak – a to nezjistíme, dokud exoplanety lépe neprozkoumáme. Sice se tam hned tak nevypravíme, jestli vůbec někdy, ale díky již zmíněné spektroskopii atmosfér, teplotním mapám a dalším možným metodám studia (pozorování polarizace světla a ocean glint čili odlesků oceánu, detekce magnetosfér díky ultrafialovým, rádiovým a jiným emisím apod.) se snad v příštích desetiletích dozvíme více a budeme schopni lépe posoudit, nakolik ony modely popisují realitu.

Zjištění, jaké planety – v závislosti na hmotnosti a velikosti, dráze, (ne)přítomnosti velkého měsíce, složení a dalších vlastnostech – by nejspíše mohly mít deskovou tektoniku, by se pro posuzování jejich vhodnosti pro život hodilo. Můžeme proto nejen obecnější vlastnosti, ale přímo přítomnost deskové tektoniky detekovat na vzdálenost desítek světelných let, abychom své představy a domněnky ověřili? Vyloučit to nelze, i když těžko získáme jistotu. Některé sopečné plyny jsou zřejmě hojnější v případě vulkanismu spjatého s pohybem desek než u sopečné činnosti na jednodeskových planetách. Nakolik spolehlivá známka to ovšem je – a jaké koncentrace plynů budeme schopni zachytit?

Možná existují i jiné cesty. Před několika lety proběhla médií zpráva o detekci deskové tektoniky na exoplanetě. Jde sice o poněkud zveličené prohlášení, odlišné od



vyznění původního článku, ale pojďme se na něj podívat. LHS 3844b je několik desítek světelných let vzdálená super-Země, u níž se podařilo změřit tepelné vyzařování během různých fází planety. Můžeme zjistit, jestli podobnou „teplotní mapu“ vyprodukují různé modely tektonických režimů planety – a v případě LHS 3844b jí dobře odpovídala „hemisférická tektonika“ s odlišným chováním litosféry i pláště na věčně ozářené denní straně a temnotou zahalené noční straně této planety s vázanou rotací.

O detekci deskové tektoniky tedy úplně nejde, chystaná pozorování teplotních emisí i složení atmosfér planet však snad napoví více o tom, nakolik pravděpodobná je desková tektonika na super-Zemích a do budoucna i planetách o velikosti Země. Pokud ale chceme najít geologicky aktivní svět, musíme se podívat i na další faktor, a tím jsou slapové síly.

Slapový ohřev

Na Zemi nejlépe známe slapové jevy jako příliv a odliv v oceánech, způsobené gravitací Měsíce. Náš souputník však podobně „tahá“ i za atmosféru a pevnou složku Země, toho si jen tak snadno nevšimneme. Toto „tahání“ a „hnětení“ muselo být kdysi, když Měsíc obíhal o něco blíže Zemi (postupně se jí mírně vzdaluje), výrazně silnější.

Nejenže extrémní příliv a odliv na rané Zemi mohly vytvářet zajímavé prostředí pro vznik života; obří impakty jako ten, díky němuž se zformoval Měsíc, mohly iniciovat podmínky pro deskovou tektoniku a gravitační působení Měsíce na zemskou kůru mohlo soudě podle některých prací napomoci rozlámání kůry na desky a jejich tektonickému pohybu. A jsme zase u deskové tektoniky – což neuniklo výzkumníkům exoplanet, kteří spekulovali

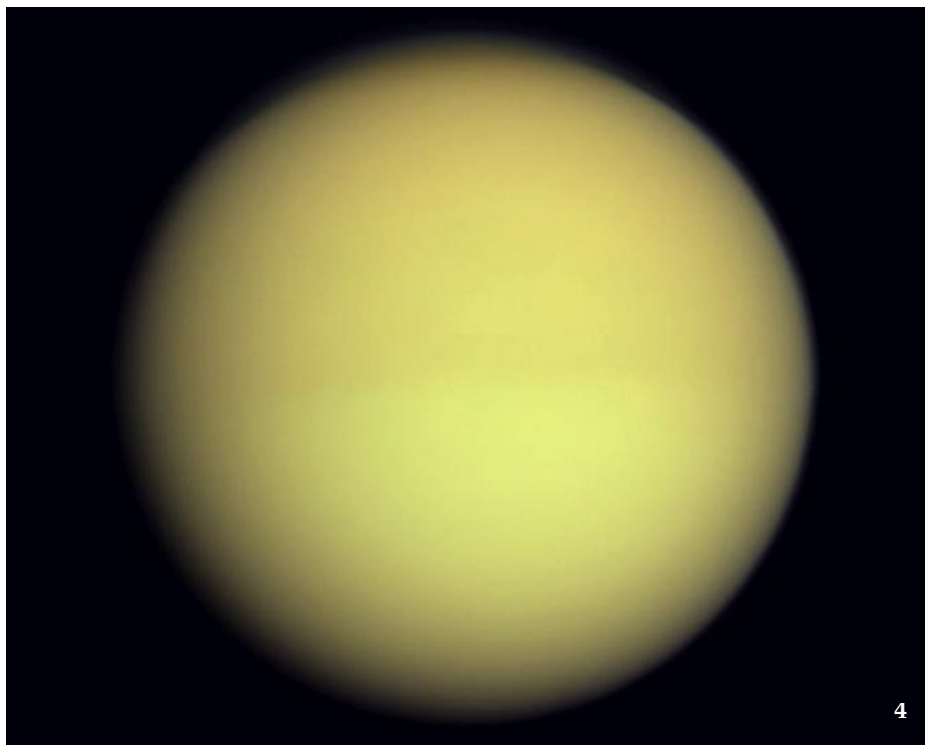
o vyšší pravděpodobnosti deskové tektoniky při silných slapech vyvolaných blízkostí hvězdy. To ale nejsou jediné možné vlivy slapových sil na obyvatelnost!

Slapový ohřev by mohl skýtat zdroj tepla a tektonické či vulkanické aktivity i pro planety, které by jinak byly příliš malé nebo vzdálené na to, aby si zachovaly vhodnou teplotu pro existenci povrchové kapalné vody. Z naší soustavy známe slapově zahřívání tělesa s podpovrchovými oceány – jde o již zmíněné ledové měsíce (např. Enceladus, obr. 3). Mohly by tedy slapy zahřívát i „druhé Země“?

Není důvod se domnívat, že nemohly, možným problémem je spíše míra ohřevu. Přeženete-li to, můžete skončit se „slapovou Venuší“ – planetou, která prošla natolik silným ohřevem, že se jí začaly rychle odpařovat oceány a spustil se překotný skleníkový efekt. Vodní pára jako účinný skleníkový plyn zahřívání planety zrychluje, kapalné vody se odpařuje stále víc a víc, až žádná nezůstane a skončíme se světem s velmi hustou a zahřátou skleníkovou atmosférou. Pokud ale je kombinace míry slapového ohřevu, množství záření od hvězdy, radiogenního a akrečního tepla (tedy tepla jednak z rozpadu radioaktivních prvků v nitru planety, jednak tepla nahromaděného při jejím formování) a dalších vlastností „tak akorát“, mohou slapy obyvatelnosti naopak pomoci.

Zajímavou práci o „ohňových Zemích“ (Ignan Earths) nedávno publikovali Matthew Reinhold a Laura Schaeferová (2025) ze Stanfordské univerzity a ukázali, že by planety mohly být obyvatelné (zachovat si podmínky pro povrchovou kapalnou vodu) za velmi širokého rozpětí intenzity slapového ohřevu. To zní nadějně – uvidíme, co na to budoucí pozorování.

Slapový ohřev není jediný možný zdroj tepla, který nevychází ze samotné planety



(na rozdíl od jejího akrečního nebo radio-genního tepla). Exotičtější možností je indukční ohřev, způsobený průchodem planety s obsahem vodivých materiálů proměnlivou magnetosférou hvězdy. Opět najdeme i příklady z naší soustavy. Měsíce Europa a Callisto mají díky průchodu magnetosférou Jupiteru, jejíž intenzita není po celou dobu oběhu stejná, indukované magnetické pole. Nejspíše tak vzniká i nějaké teplo, ale to je v jejich případě oproti slapům zcela zanedbatelné. U planet blízce obíhajících hvězdy se silnou magnetosférou by však mohlo hrát podstatnější roli a vyvolat silnou sopečnou aktivitu; u jiných by naopak obyvatelnosti mohlo pomoci. A nezačínáme teď ještě s magnetickým polem samotné planety, má-li nějaké. Dříve se téměř jednoznačně předpokládalo, že bude mít pozitivní vliv – pomůže ochránit atmosféru před odvanutím hvězdným větrem nebo výrony hmoty v případě aktivnějších hvězd, bude zachytávat alespoň část nabitých částic a alespoň trochu tak chránit povrchový život před účinky záření. V posledních letech ale část vědecké komunity začala tento předpoklad zpochybňovat. Kdyby si Mars býval zachoval magnetické pole, mohl si uchovat i hustší atmosféru a podmínky pro život? A kdyby Země přišla o to své, stala by se neobyvatelnou?

Budeme se opakovat, když zmíníme, že záleží na vyladění mnoha faktorů. Nakolik jemném – to zatím zůstává otázkou.

Nekonečno překrásných světů?

Biologická evoluce na Zemi vyústila, Darwinovými slovy, v endless forms most beautiful – v nekonečno překrásných forem – vývoj planet může nejspíše dát vzniknout endless worlds most beautiful – nekonečno překrásných světů. Ne všechny představitelné výsledky jsou možné, ale výše naznačená kombinace různých vlivů by mohla dát vzniknout myriádě diametrálně odlišných, ale stále potenciálně obyvatelných planet. Tady jsme se tematicky věnovali

4 Další měsíc Saturnu, Titan, je jediným měsícem v naší soustavě s nezanedbatelnou atmosférou. Ačkoli Titan sám je nesmírně chladný (což nenahrává úvahám o exotickém životě v jeho uhlovodíkových mořích), nasvědčuje to možné obyvatelnosti exoměsíců. Zdroj: NASA / JPL / Space Science Institute. Převzato z Wikimedia Commons, v souladu s podmínkami použití (obr. 3 a 4)

především geofyzikálním vlivům, ovšem ani ty nelze studovat izolovaně – ostatně slapový a indukční ohřev přímo závisejí na faktorech astrofyzikálních. Geochemické a geofyzikální vlastnosti planety také nutně interagují s její atmosférou.

Sníte o diamantech na obloze jako ze slavné písničky Beatles? Pak vás možná potěší, že v některých soustavách s již zmíněným relativně vyšším poměrem uhlíku vůči kyslíku, než je ve Sluneční soustavě, by se mohly vyskytovat planety s do značné míry diamantovými pláště. Vyšší podíl odvodu tepla vedením spíše než prouděním by ovlivnil nejen pravděpodobnost vzniku deskové tektoniky, ale samozřejmě i stálost a intenzitu vulkanické aktivity a s tím složení atmosféry (nemluvě o tom, že to by se od Země lišilo už kvůli odlišnému startovnímu podílu prvků).

Spektrální typ hvězdy, intenzita hvězdné aktivity, oběžná dráha planety, dráhy jiných planet v soustavě, intenzita bombardování menšími tělesy, složení pláště a atmosféry, podíl vody, tektonická a vulkanická činnost. Všechny tyto a další vlivy jsou propojené ve složité síti vztahů a zpětných vazeb. Představte si mnohorozměrný prostor – jedna dimenze pro každou vlastnost, která by mohla ovlivnit obyvatelnost planety. Samotný prostor obyvatelných planet by byl nejspíše pokrouceným, nepopsatelným tvarem, i kdybychom se pokoušeli si ho představit jen trojrozměrně, vzhledem ke komplikované síti vztahů mezi jednotlivými faktory.

Můžeme si tak představit velmi excentrickou kamennou planetu pokrytou převážně oceány, která si díky jejich tepelnému výměníku zachovává příznivé klima, zatímco jinak totožná planeta s převažujícím podílem pevniny by zažívala klimatické extrémy. Můžeme si představit planetu o velikosti a hmotnosti Země na dráze podobné Zemi kolem hvězdy jako Slunce, která ale vzhledem ke složení pláště – anebo třeba náhodné kolizi, jež nevedla ke vzniku Měsíce, ale ke ztrátě těkavých látek, které posléze neobnovily dopady menších těles nebo chemické reakce v plášti a vulkanismus – skončila vyprahlá a neobyvatelná. Nebo si můžeme představit obyvatelné měsíce bludných planet bez hvězd, s vodou na povrchu díky silným slapům a husté atmosféře (že ji měsíce nemohou mít? – podívejte se na Titan, obr. 4). Anebo planety bílých trpaslíků, pozůstatků po hvězdách typu Slunce, co prošly vývojem na hlavní posloupnosti. I takové „post-katastrofické“ planety by díky dopadům drobnějších těles mohly mít atmosféru a oceány.

To všechno naše současné znalosti připouští. Najdeme skutečně takové světy? Troufám si říci, že spíše ano – a možná ještě překvapivější. Přinejmenším co do exoplanet obecně (obyvatelnost pro tuto chvíli stranou) nás vesmír se svými pulsarovými planetami, horkými Jupitery, bludnými planetami a jinými úžasnými světy dovedl překvapit.

V příštích desetiletích snad získáme statisticky zajímavý datový soubor spekter kamenných planet v obyvatelných zónách hvězd. Většina z nich budou téměř jistě planety hmotnější a větší než Země, ale přesto: nalezneme na nich možné známky deskové tektoniky? Nebo dokonce života? Těm by se dal věnovat celý další článek – tomu, jaké látky či chemické nerovnováhy pokládáme za možné stopy života, kolik toho ještě nevíme, nebo proč je zatím skoro nemožné na exoplanetách najít život s naprostou jistotou. Ostatně jednoduché to není ani v naší vlastní soustavě. Posuďte sami: Nakolik silnou biosignaturou jsou minerály vivianit a greigit, nalezené v marsovském kráteru Jezero roverem Perseverance? (Dlouhá odpověď by se dala stručně shrnout: slibné, ale samy o sobě neprůkazné.)

Je také možné, že získáme spektra excentrických kamenných planet a budeme tím moci otestovat některé modely jejich klimatu; že shromáždíme statisticky přesvědčivá data nebo že změříme spektra planet obíhajících hvězdy mimo hlavní posloupnost, jako rudé obry a bílé trpaslíky, a lépe posoudíme jejich šance na život.

Veškeré tyto úžasné nové světy – ať už obyvatelné, nebo ne, a ať už to bude možné, nebo nemožné zjistit s relativní jistotou – představují studnici poznání. Máme štěstí, že žijeme v době, kdy do ní žíznivě noříme vědro sbírající stále více nových pozorování.

Autorka je spoluřešitelkou 4EU+ grantu DRAKE, kde se zaměřuje mimo jiné na popularizaci tématu podmínek pro obyvatelnost planet.

Seznam použité literatury uvádíme na webových stránkách Živy.