

Byl na Marsu oceán?

Již několik desetiletí se ve vědecké komunitě vede spor, jestli se před miliardami let nacházel na povrchu Marsu oceán kapalné vody, či nikoliv. Existenci oceánu naznačuje řada nepřímých důkazů – hladké pláne pokrývající část severní polokoule, rozsáhlá síť říčních koryt a odtokových kanálů, ale i přítomnost vodního ledu na povrchu i pod povrchem planety. Nicméně žádný z uvedených faktů oceán nedokazuje bezvýhradně, vždy je k dispozici alternativní vysvětlení. Navíc až doposud měli oponenti teorie jeho existence v ruce pádný argument – absenci linie pobřeží. Pokud tedy oceán skutečně existoval, měla by na jeho okraji vzniknout linie pobřeží. Tu se přes značné úsilí nedařilo věrohodně prokázat; rozhodně ne v potřebném rozsahu. Nyní se však zdá, že se tento rozpor podařilo vysvětlit. Linii pobřeží totiž mohlo zničit několik vln tsunami.

text **PETR BROŽ**

JIŽ Z PRVNÍCH SNÍMKŮ Marsu bylo patrné, že jeho polokoule mají rozdílný vzhled. Zatímco jižní je poseta obrovským množstvím impaktních kráterů, takže připomíná povrch Měsíce, na severní polokouli se jich nachází mnohem méně. Kdyby povrch polokouli vznikl ve stejné době, množství kráterů by bylo podobné. Jejich nižší četnost napovídá, že severní polokoule je mladší, respektive že byl její povrch kompletně přetvořen či překryt, následkem čehož byly starší krátery vymazány. Z výškových mapy Marsu (obr. 1) je dále patrné, že tím rozdíly nekončí. Jižní polokoule se totiž nachází průměrně o 5 kilometrů výše než polokoule severní. Gravimetrická měření také ukazují, že rozdílná je i stavba samotné kůry. Zatímco její mocnost na jižní polokouli dosahuje 40 až 80 km, na severní polokouli je to jen 30 až 40 km. Severní polokoule tak představuje rozsáhlou nížinu s mladším a relativně hladkým povrchem.

Samotný přechod mezi jižní a severní polokoulí tvoří neostrá hranice v podobě soustavy plání pozvolně se svažujících od jihu k severu. A jsou to právě tyto pláne, kde se nachází řada říčních koryt a zvláštních povrchových útvarů, tzv. odtokových kanálů (obr. 2). Ty mohou být až tisíce km dlouhé,

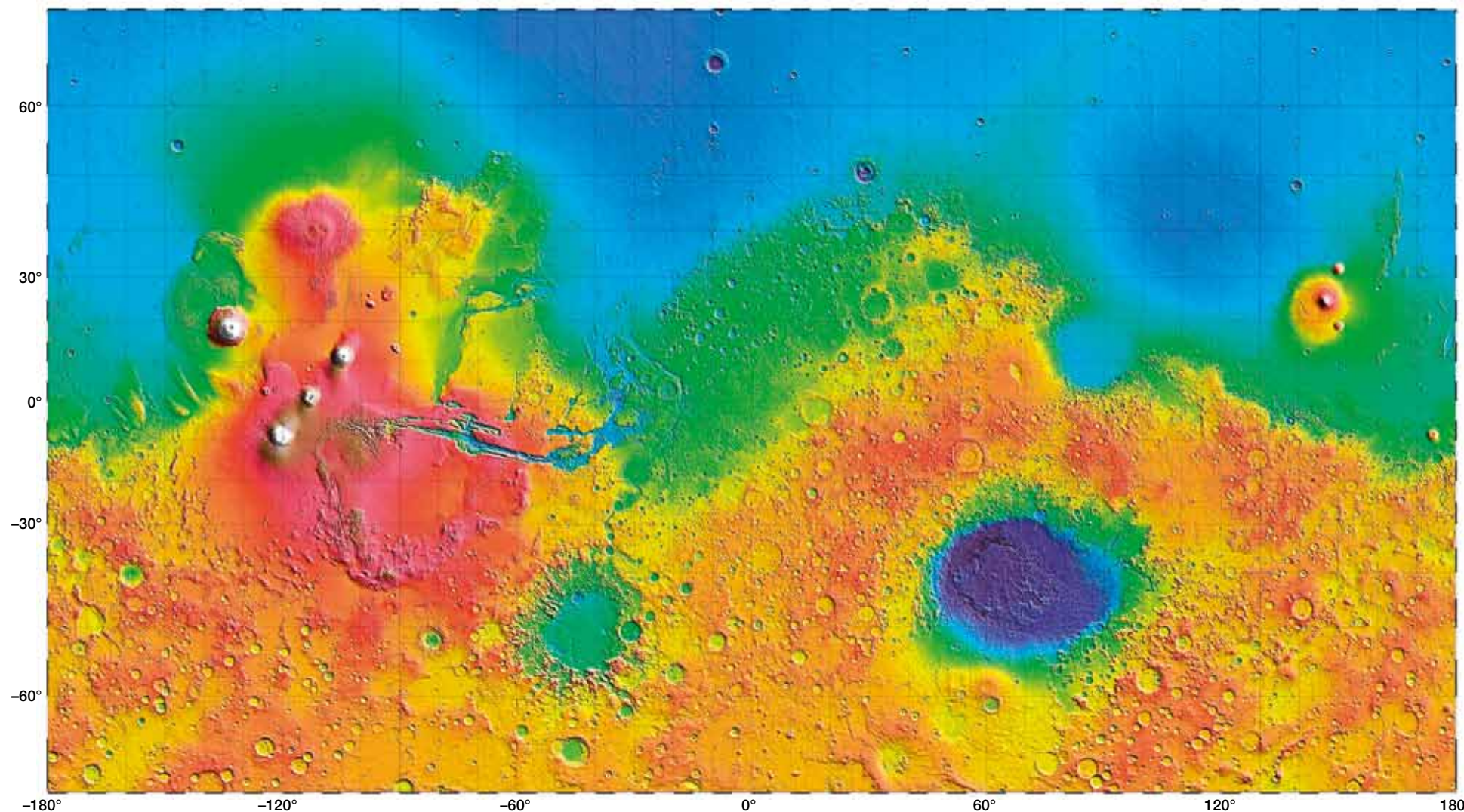
stovky km široké a několik km hluboké a byly vytvořeny erozivní silou tekoucí vody během povodní nedozírných rozměrů, když se vyvalilo z podzemního zdroje obrovské množství vody. Vyhroubení kanálů vyžadovalo, aby po povrchu proudilo při každé události několik kubických kilometrů vody za sekundu po dobu týdnů až měsíců. Jen pro představu, průměrný průtok Amazonky, nejmohutnější řeky Země, je o několik řádů nižší – pouhých 0,00022 km³/s. Objev odtokových kanálů tak vyvolal v osmdesátých letech 20. století otázku, co se s uvolněnou vodou následně stalo. Hromadila se v severních nížinách v podobě menších moří, nebo jí bylo tolik, že vytvořila souvislý oceán? Tak začal závod o prokázání oceánu, neformálně označovaného jako *Oceanus Borealis*.

Mezi prvními, kdo existenci rozsáhlého tělesa vody na severní polokouli rozpracovali, byla německo-americká vědkyně Baerbel Lucchitta. Ta na základě výzkumu polygonálních prasklin v blízkosti ústí odtokových kanálů navrhla, že by jejich vznik mohl být spojen s usazováním a vrásněním sedimentů vzniklých ve vodním prostředí. To naznačilo, že v okolí ústí muselo být po určitou dobu přítomno vodní těleso dovolující sedimentaci. Jak velké, však

zůstávalo nejasné. Ve stejné době pracoval na myšlence marsovského oceánu i Němec Heinrich-Peter Jöns, který se věnoval mapování severních nížin. Jöns během své práce narazil na zvláštní povrchový útvar – úzký hřeben táhnoucí se tisíce kilometrů, který se nacházel na přechodu dvou geologických oblastí. Domníval se, že objevil okraj dřívějšího bahnitého oceánu. Jeho výzkum však zapadl. Do širšího povědomí se existence linie pobřeží dostala až později, když se jinému vědeckému týmu podařilo v okolí



Mgr. PETR BROŽ, Ph.D., (*1984) vystudoval geologii na PŘF UK. V současnosti je vědeckým pracovníkem Geofyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., kde se věnuje výzkumu sopečné činnosti na Marsu. Specializuje se na malá sopečná tělesa vzniklá při krátkodobé sopečné aktivitě. Věnuje se i popularizaci geovědních oborů ve spojitosti s průzkumem sluneční soustavy.



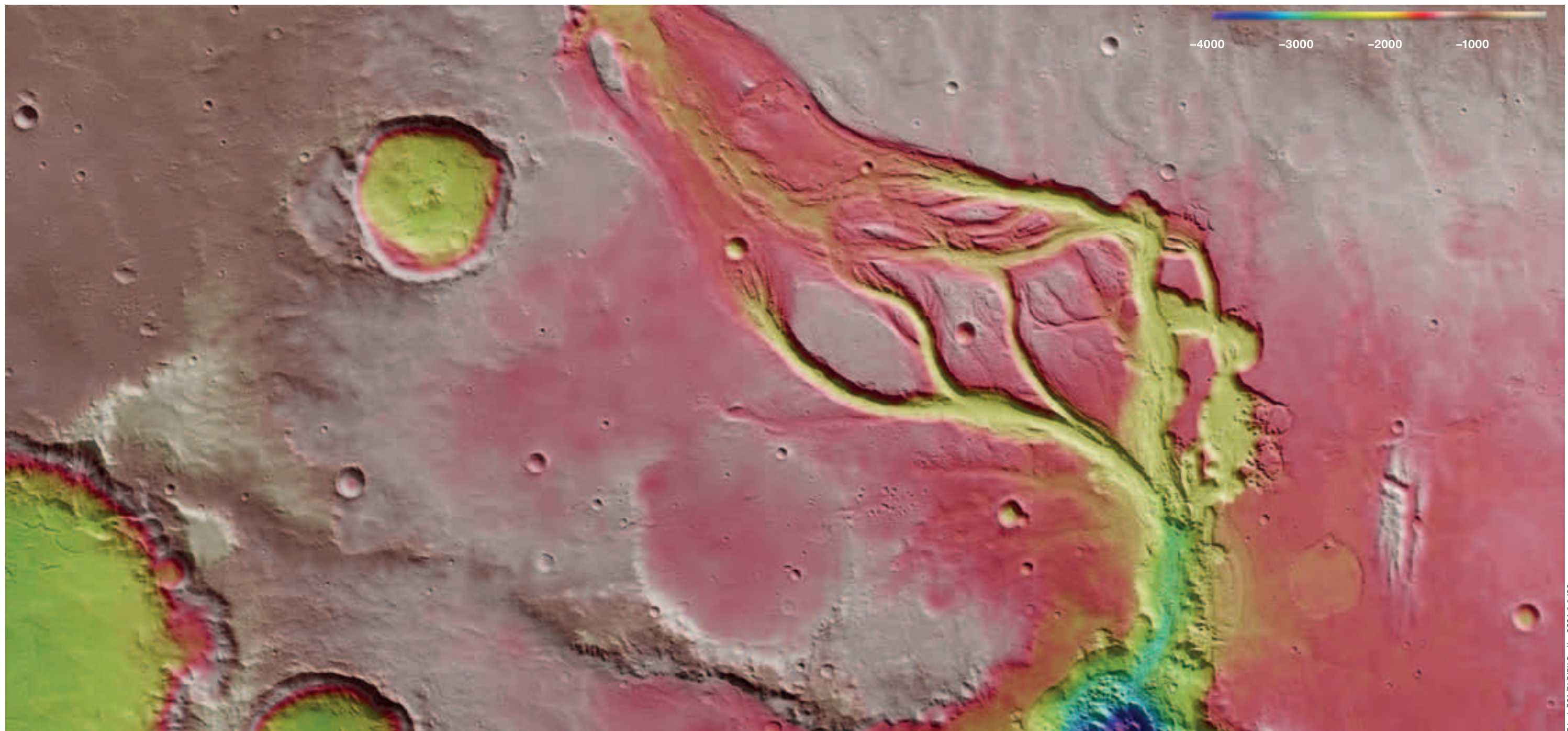
Zdroj: MOLA/NASA/upraveno, volné dílo



1. POVRCH MARSU zachycený na výškové mapě v nepravých barvách. Tmavě modrá představuje nejnižší oblasti, tmavě červená až bílá oblasti nejvyšší. Ze snímku je patrné, že Mars má dvě nesourodé polokoule. Zatímco jižní polokoule je vrchovina silně poseta impaktními krátery, severní polokoule je převážně nížina s mnohem menším počtem kráterů. Napravo od výrazné červené anomálie (sopečné oblasti Tharsis) je možné rozeznat řadu odtokových kanálů směřujících do oblasti *Chryse Planitia*.

3. UMĚLECKÁ PŘEDSTAVA povrchu Marsu před přibližně 4 miliardami let, kdy se možná na jeho povrchu nacházel oceán kapalné vody.

Zdroj: ESO/M. Kornmesser, volné dílo, CC4.0



Zdroj: ESA/DLR/FU Berlin, CC-SA 3.0 IGO

severního pólu najít ne jednu, ale rovnou dvě linie pobřeží - starší a mladší - vzniklé v období před 2 až 4 miliardami let. Zdálo se, že vědci jsou na dobré cestě existenci oceánu na Marsu prokázat.

Na konci devadesátých let 20. století ale přišel zvrat. Existence linií pobřeží totiž dostala významnou trhlinu. Americká sonda *Mars Global Surveyor* umožnila prozkoumat povrch Marsu v dříve nedostupném rozlišení - s vertikální přesností okolo 300 metrů. To vědcům dovolilo změřit, jestli má linie pobřeží všude stejnou výšku. Výsledek překvapil, protože to tak nebylo. Navržená linie se táhne v oblastech, jejichž výšky se vzájemně liší až o kilometr. Linie pobřeží tak najednou začala vypadat jako mořská vlna; někde stoupala a jinde klesala. Tento závěr byl zcela v rozporu se zkušeností ze Země. Pokud totiž měříme na Zemi výšku

2. SNÍMEK V NEPRAVÝCH BARVÁCH zachycuje část odtokového kanálu (anglicky *outflow channel*) *Otago Valles*. Bílá a červená zobrazuje oblasti s největší výškou, modrá s nejnižší. Na snímku je dobře rozpoznatelná síť kanálů, svědčící o dřívějším proudění kapalné vody. Snímek pořídila evropská sonda *Mars Express*.

od hladiny oceánu, linie pobřeží je v podstatě všude stejně vysoko. Překvapivý objev způsobil, že někteří vědci začali o existenci marsovského oceánu pochybovat. Nicméně brzy museli svůj názor opět přehodnotit. V roce 2007 se totiž podařilo paradox výšky linie pobřeží objasnit. Rozdíl lze vysvětlit pohybem osy rotace - marsovské póly se v posledních 2 až 3 miliardách let posunuly o více než 3000 kilometrů. Rotující tělesa mají tendenci se vyklenovat v oblasti rovníku, takže každý pohyb osy rotace by měl za následek vyklenování jiné jeho části povrchu s tím, jak by se měnila pozice

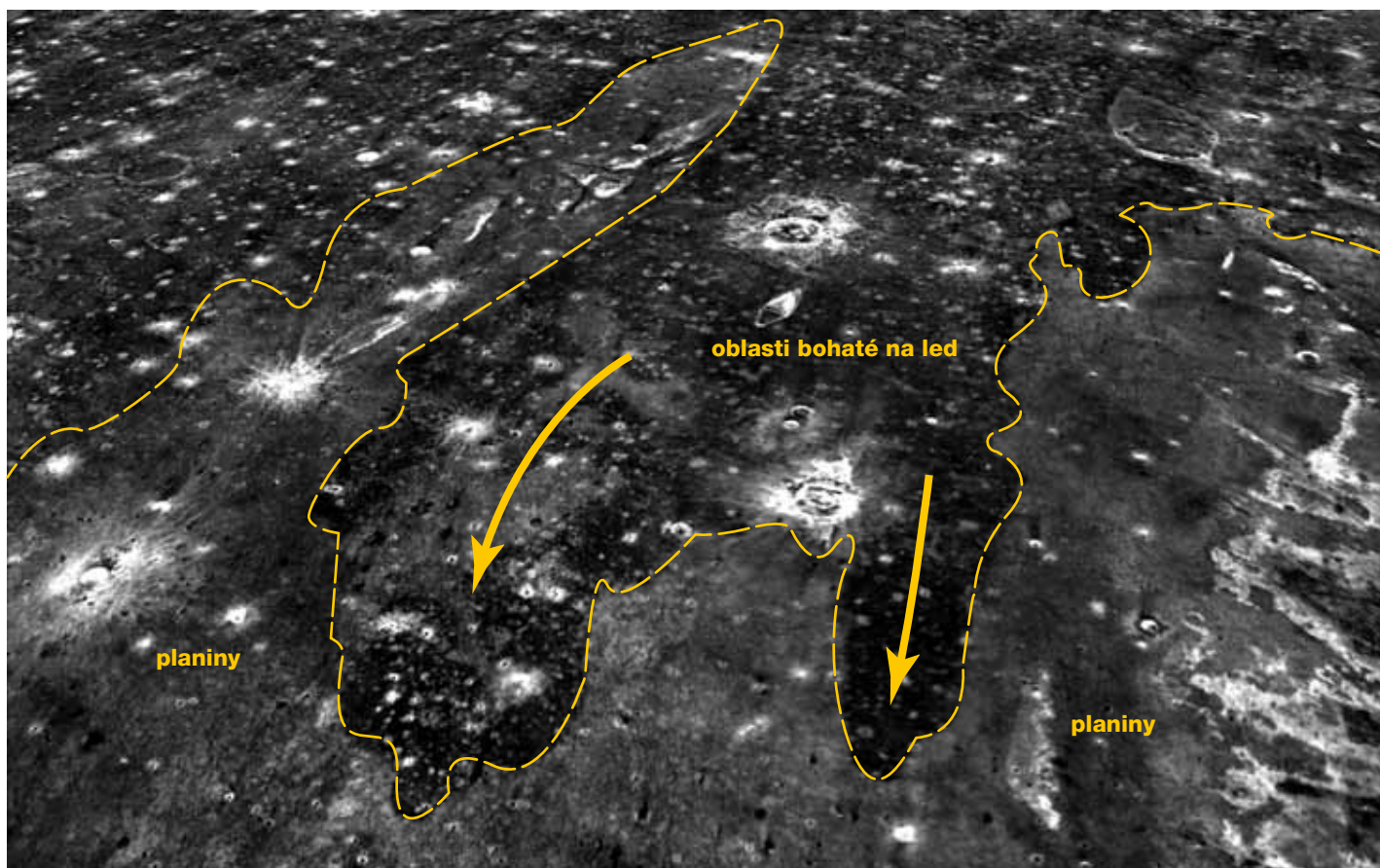
rovníku. Numerické výpočty ukázaly, že pohyb osy rotace by byl schopen způsobit změny ve výšce severních nížin ve stejném rozsahu, jak bylo pozorováno. Najednou bylo zřejmé, proč má linie pobřeží v různých oblastech rozdílnou výšku. Zůstával však jiný problém. Linie pobřeží totiž v některých oblastech okolo severních nížin chyběla.

K vysvětlení tohoto paradoxu byla ale ještě dlouhá cesta. Nejprve bylo potřeba hypotézu existence oceánu dalšími pozorováními přesvědčivěji podpořit. Jako například výzkumem z roku 2009, který se zaměřoval na síť říčních koryt. Ty jsou oproti

odtokovým kanálům podstatně menší, ale mnohem četnější. Během zkoumání si totiž vědci povšimli, že jejich četnost a hloubka klesá směrem k jižnímu pólu. Jako by množství vody tekoucí po povrchu Marsu se vzdáleností od severních nížin klesalo. To by naznačovalo, že se dříve v okolí severního pólu nacházely oblasti vody, z nichž se do atmosféry dostávala vypařováním vlhkost pro vznik deštových srážek. Pokud by tomu tak bylo, znamenalo by to, že čím dále by byla určitá oblast od tohoto tělesa, tím by srážky byly vzácnější a skromnější. O tři roky později se objevil další pádný argument pro oceán. Za pomoci radarového mapování se evropské sondě *Mars Express* podařilo zjistit, že se pod povrchem severních nížin nachází přibližně 100 metrů mocná vrstva směsi vodního ledu a úlomků hornin překrývající starší sopečný materiál. Tato

vrstva měla navíc téměř totožnou rozlohu jako navržený oceán. V roce 2015 se následně podařilo změřit poměr vodíku a deuteria v dnešní atmosféře Marsu, což umožnilo srovnat tyto hodnoty nejenom s mořskou vodou ze Země, ale i s bublinkami plynů uvězněných v marsovských meteoritech. Srovnání umožnilo odhadnout, kolik vody se dříve na Marsu muselo nacházet. Přibližně 6,5krát více než dnes, což je dostatečné množství na pokrytí celého Marsu vrstvou vody o mocnosti 137 metrů. S ohledem na rozdílnost polokouli je ale nutné předpokládat, že by se voda primárně hromadila v oblasti severních nížin. Tam by tak mohl vzniknout až 1,6 kilometru hluboký oceán (obr. 3). To by znamenalo, že Mars mohl mít na oceán mnohem delší čas (desítky až stovky milionů let), než se původně předpokládalo.

A to nás přivádí k nové hypotéze, která je schopna vysvětlit chybějící pobřeží v některých oblastech. Pokud by totiž na povrchu Marsu oceán existoval dlouhodobě, je vysoká pravděpodobnost, že by byl zasažen velkým asteroidem. Takováto událost by po sobě zajistě zanechala patrné stopy v podobě výrazně poznamenaného či poničeného pobřeží. Dopad asteroidu by totiž způsobil vznik obrovské vlny tsunami, která by se přelila do okolí. Tím by umožnila vodě, aby ho svou erozivní silou přetvořila. Důkazy o existenci vlny tsunami prozatím přicházejí ze dvou oblastí - z *Chryse Planitia* a ze severozápadní části *Arabia Terra*. V těchto lokalitách se totiž povedlo najít vrstvy usazených hornin vzdálené desítky km od místa, kde se jinak vyskytují. Tvoří je směs horninových úlomků o různé velikosti (některé balvany mají průměr až desítky metrů), která by se



Zdroj: THEMIS/MRO/NASA/Alexis Rodriguez, volné dílo, CC0, upraveno

místa byla schopna pohybovat směrem proti výškovému gradientu (obr. 4). Tedy v opačném směru, než je běžné. V bezprostředním okolí se nachází síť malých a mělkých kanálů, které jsou mladší než usazené horniny. Jejich směřování napovídá, že voda v nich tekla po svahu dolů. To vše naznačuje, že oblast byla postižena vlnou tsunami. Její síla totiž nejprve vyvrhla společně s vodou balvany a usazené horniny daleko od původního zdroje, načež se rozlitá voda začala vracet do oceánu a tím vytvářet síť koryt. Pečlivým průzkumem pak bylo zjištěno, že oblast nepostihla pouze jedna vlna tsunami, ale rovnou dvě. Druhá, mladší, vznikla v době, kdy hladina oceánu poklesla přibližně o 300 metrů - pravděpodobně vlivem sublimace. Oproti starší vlně nesla mladší mnohem více ledových ker, jejichž pozůstatky se povedlo najít uvnitř některých kráterů, což napovídá, že oceán byl v době vzniku druhé tsunami již zamrzlý. Bylo odhadnuto, že

4. FOTOGRAFIE ZACHYCUJE část povrchu Marsu, kde se nacházejí desítky kilometrů dlouhé tmavé oblasti bohaté na vodní led. Ty částečně zakrývají světlejší planiny. Tvar a orientace tmavých oblastí napovídá, že materiál se dokázal během svého transportu pohybovat proti výškovému gradientu. To naznačuje, že mohl být přenesen vodou vyvrženou vlnou tsunami proti tehdejšímu pobřeží.

každá vlna tsunami musela mít průměrnou výšku 50 metrů, v některých místech mohla ovšem vystoupat až k 120 metrům. Tato obrovská masa vody, ledu a kamení pak mohla způsobit zásadní proměnu linie pobřeží či rovnou její zánik. Dopady těles tak velkých, že by byly schopny vytvořit takto rozsáhlé tsunami, jsou poměrně vzácné. Proto se dá předpokládat, že časový odstup mezi těmito událostmi byl minimálně 30 milionů let. To naznačuje, že na povrchu Marsu musel existovat oceán minimálně po několik desítek milionů let. A to je zjištění, které nenechává vědce, hledající na povrchu Marsu život, chladné. Dlouhotrvající oceán

by totiž mohl představovat pro rozvoj života vhodné místo.

Představa marsovského oceánu tak postupně získává reálnější obrysy a zabydluje se v hlavách vědců. Nicméně stále před námi leží strastiplná cesta k jeho definitivnímu prokázání a zodpovězení mnoha souvisejících otázek. Dosud totiž nevíme jistě, jak dlouho trval, neznáme chemické vlastnosti vody, která ho tvořila, a ani si nejsme jisti, jestli v historii Marsu vznikl v severních šířkách jen jeden oceán, nebo dva a více. Jak totiž ukazuje datace vzniku odtokových kanálů, v různé míře se z nich voda uvolňovala v podstatě po celou historii Marsu. ●



Objevte svůj vnitřní vesmír!

To, co časopis Vesmír ví o vědě a životu kolem nás, my víme o našem vnitřním životě:

- » vztahy a pocity
- » myšlení a učení
- » neurověda a terapie
- » psychosomatika
- » fungování ve společnosti
- » seberozvoj

Předplaťte si měsíčník Psychologie dnes! V nové atraktivnější podobě!

Objednávejte na www.psychologiednes.eu

