Mars a jeho reliéf

Po nočním nebi putující načervenalá tečka byla pojmenována podle své barvy, barvy krve, po římském bohu války Martovi (6. pád vlastního jména Mars). Prvními dalekohledy, které byly namířeny na Mars, byly pozorovány světlé a tmavé skvrny na jeho povrchu a předpokládalo se o nich, že to jsou moře a souše. Později byly objeveny polární čepičky a v roce 1877 zpozoroval italský astronom Schiaparelli tmavé pruhy, které jakoby protínaly „marsovskou" pevninu a spojovaly různá moře. Tak došlo k objevu slavných „kanálů" na Marsu, jejichž původ byl přisuzován rozumným bytostem. Ze snímků kosmických sond dnes víme, že nedokonalou technikou pozorované pravidelné „kanály" jsou ve skutečnosti tektonické poruchy nebo do řetězců nahromaděné krátery. Přesto otázky okolo vývoje Marsu či o existenci alespoň jednoduchých životních forem nejsou ani dnes zodpovězeny.

Mars v číslech

Mars je čtvrtou, tedy poslední terestrickou planetou (typu Země) v sluneční soustavě směrem od Slunce. Obíhá kolem Slunce ve vzdálenosti 206,62–249,23 mil. km, což je 1,5krát větší vzdálenost, než má Země od Slunce. Jeho jeden oběh kolem Slunce trvá necelých 687 pozemských dní. Na cestě kolem Slunce ho doprovázejí dva měsíce, Phobos (27x21x19 km) a Deimos (15x12x11 km). Oba dva měsíce mají nepravidelný tvar, připomínající obrovskou bramboru. Jeden „marsovský" den se nazývá sol a trvá 24,66 hodin. Rovníkový poloměr Marsu je 3 397 km, jeho objem je tedy zhruba 6,6krát menší než objem Země (rovníkový poloměr Země je 6 378,1 km). Sklon rotační osy Marsu dlouhodobě kolísá v širokých mezích od 0° do 60° (nyní činí 25°), což způsobuje na této planetě velké klimatické změny.

Atmosféra Marsu je velmi řídká. Průměrný tlak při povrchu Marsu je podle měření kosmických sond Viking 610 Pa, což odpovídá tlaku na Zemi ve výšce 30 km nad povrchem. Také složení atmosféry Marsu je od Země zcela odlišné. Z 95 % ji tvoří CO_2, 2,7 % tvoří dusík, 1,6 % argon, kyslík tvoří pouze 0,13 % a zastoupení vodních par je ještě menší (0,03 %). Průměrná teplota na rovníku Marsu je – 29 °C (na severním pólu – 93 °C a na jižním pólu – 88 °C). Teplotní rozdíly mezi jednotlivými oblastmi na Marsu dovedou vyvolat obrovské prachové bouře, kdy rychlosti větru přesahují 300 km/h. Tyto bouře mohou trvat i několik měsíců a dovedou vyzvednout obrovské množství načervenalého prachu, který povrch Marsu zahalí.

Vulkány a tektonika

Při prvním pohledu na povrch Marsu je nápadný rozdíl mezi jižní a severní polokoulí. Jižní polokoule a část rovníkového pásu představuje strukturně nestejnorodou kontinentální oblast s velkým množstvím kráterů (např. největší impaktní kráter Sluneční soustavy tvořící pánev Hellas o průměru 2 100 km). Tuto kontinentální oblast Marsu lze ztotožnit s pozemskými kontinenty. Zatímco severní polokoule s hladším a mladším povrchem představuje obrovskou depresi, budovanou oceánským typem kůry, na níž se nacházejí rozsáhlé vulkanické oblasti s obrovskými sopkami. Přítomnost nejen těchto sopek, ale i dalších vulkanických tvarů, tvořených vulkanickými horninami, dokazuje, že na Marsu probíhala velmi intenzivní vulkanická činnost. Zprvu převládaly lineární erupce, při nichž vznikly rozsáhlé lávové příkrovy. Vulkanická činnost se na Marsu soustředila do několika oblastí, převážně na severní „oceánské" polokouli, kde jsou erupce vázány na tektonické poruchy (zlomy) a kde kůra není podle gravimetrických a laserových měření tak mocná (35 km) jako na jižní polokouli (80 km). Nejvýraznějšími centry vulkanismu byly obrovské klenby Tharsis a Elysium, plató Hesperia Planum, severní polární oblast a Alba Patera, což je nejrozsáhlejší centrální sopečná struktura na Marsu o průměru 1 600 km. V poslední fázi vulkanismu vznikl v severozápadní části klenby Tharsis štítový vulkán Olympus Mons (obr. 1), nejvyšší sopka Marsu a zároveň celé Sluneční soustavy (výška 22,7 km, šířka základny 550 km). Celkový objem tohoto vulkánu odpovídá objemu všech sopečných hornin pozemské havajské sopečné oblasti. Kromě toho se vyskytují jednotlivé vrcholy a kaldery vulkanického původu, a to v kontinentální oblasti (Patera Apollonia, Patera Adria, Patera Amphitrita). V současné době nebyly na Marsu objeveny žád-

ZAJÍMAVÉ INFORMACE

Bůh války Mars

Planeta Mars je pojmenována po římském bohu války a polních prací Martovi (1. pád Mars), který byl podle legend otcem Romula a Rema. Kromě slavností válečných tažení a polních prací byly Martovi zasvěceny také slavnosti jarního očištění města, pozemků, zbraní a koní. V Římě mu byly zasvěcovány oltáře na tzv. Martových polích, stavěných za městem. Martovými zvířaty byli vlk a datel. V řecké mytologii měl obdobnou funkci jako Mars bůh války Ares.

Počátky průzkumu planety Mars

Systematický průzkum planety Mars kosmickými sondami začal být prováděn v 60. letech 20. století, tedy zhruba ve stejné době, kdy byl zahájen průzkum Venuše. 1. 11. 1962 proletěla ve vzdálenosti asi 193 tisíc km od povrchu planety sovětská sonda Mars 1. O dva roky později, 28. 11. 1964, proletěla ve vzdálenosti asi 10 tisíc km od Marsu americká sonda Mariner 4, pořídila 22 snímků jeho povrchu a provedla měření magnetického pole planety. Program amerických sond Mariner a sovětských sond Mars poté probíhal až do 70. let. V roce 1971 uskutečnily přístroje, které dopadly na povrch Marsu v pouzdru vypuštěném sondou Mars 3, první vysílání z povrchu planety. Ve stejné době se stal americký Mariner 9 první umělou družicí Marsu. Pokusy o zjištění života na planetě Mars probíhají od poloviny roku 1975, kdy Američané vyslali k planetě misi Viking 1 a Viking 2.

Gravimetrický průzkum

Soubor metod tíhových měření, jejichž interpretace přispívá k poznání geologické stavby daného území. Provádí se většinou jako součást komplexního geologického průzkumu. Příkladem gravimetrického průzkumu je například měření tíhových anomálií, ukazujících na rozdílnou hustotu různých geologických jednotek. Gravimetrický průzkum se používá například při sledování průběhu tektonických poruch zlomů, tvaru a složení geologických podloží a při vyhledávání geologických struktur a objektů (např. nerostných surovin) s hustotou odlišnou od okolního prostředí.

APLIKACE DO VÝUKY

Otázky a úkoly:

1. Lze planety Sluneční soustavy pozorovat pouhým okem? Které ano a které ne?
2. Mají planety na noční obloze stabilní polohu nebo ji mění?
3. V čem se odlišují planety terestrického typu od ostatních?
4. Zamyslete se, co všechno může přinést lidstvu dobytí Marsu?
5. Zjistěte, kde leží nejbližší hvězdárna. Pokuste se zjistit, zda pracovníci hvězdárny organizují popularizační přednášky pro veřejnost.
6. S pomocí tabulky „Přehled planet Sluneční soustavy" ve Školním atlase dnešního světa (TERRA 2001, s. 13) porovnejte jednotlivé planety Sluneční soustavy.

DEFINICE, POJMY

alas – oválná deprese s rovným dnem a příkrými svahy, typická pro oblasti s dlouhodobě zmrzlou půdou, která vznikla jejím roztáním

impaktní kráter – kráter, vzniklý dopadem kosmického tělesa. Příkladem je kráter Riess, který leží v Německu a jemuž vděčíme za vltavíny

kaldera – rozsáhlý kráter, vzniklý buď sopečným výbuchem a nebo destrukcí centrální části sopky. Známou kalderou je Crater Lake v Oregonu nebo Ngorongoro v Tanzánii

permafrost – dlouhodobě zmrzlá půda.

rift – tektonická porucha protáhlého tvaru, vzniklá poklesem centrálních bloků s hlubokým dosahem, na niž se váže seismická a vulkanická aktivita. Rift odděluje dvě části jedné litosférické desky, nebo různé litosférické bloky.

termokras – sníženiny zemského povrchu v oblastech s dlouhodobě zmrzlou půdou (permafrostem), vzniklé jeho nerovnoměrným táním. Typické oblasti s termokrasovými formami jsou v severní a východní Sibiři.

planeta – těleso, které po celou dobu své existence nemá vlastní zdroj zářivé energie (v podobě jaderného slučování). Zpravidla obíhá kolem centrální hvězdy jako jeden z členů planetární soustavy.

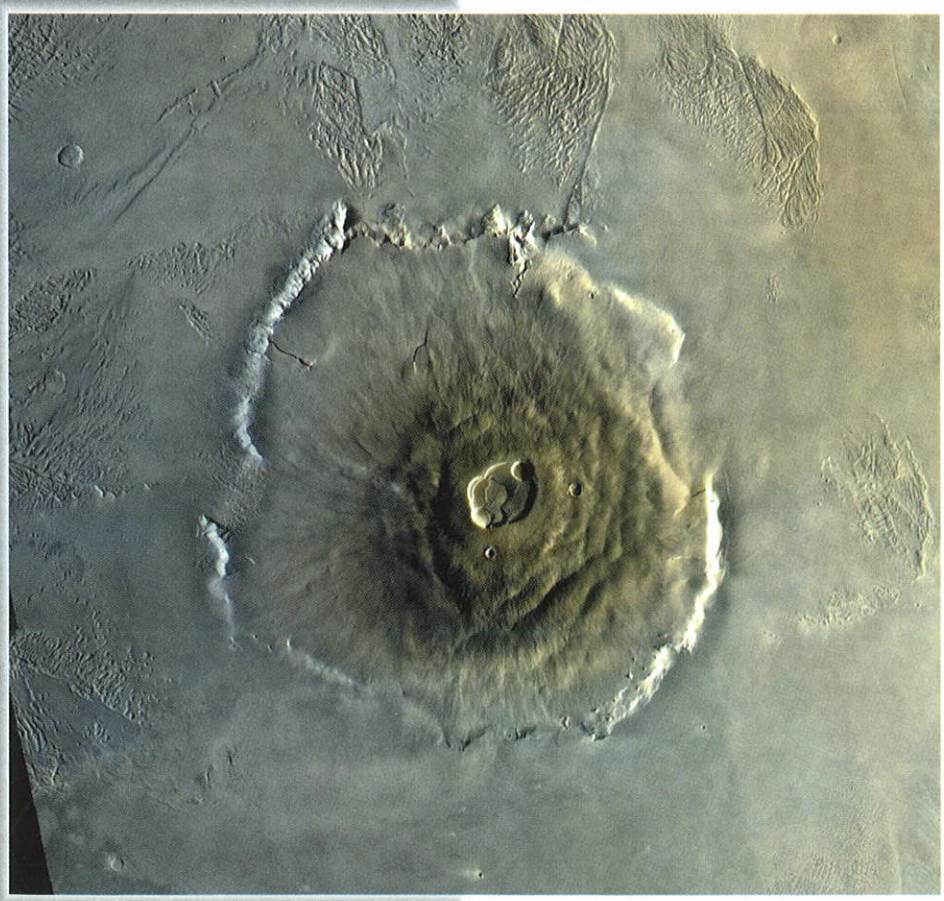

Foto: Nejvyšší sopka Sluneční soustavy Olympus Mons má výšku 22,7 km vzhledem k referenčnímu elipsoidu, avšak převýšení nad okolním reliéfem činí 25 km. Její svahy mají velmi malý sklon 2–5°, severní svah (na snímku nahoře) je ostře omezen vůči okolnímu plató 1–4 km vysokým stupněm (pořízeno sondou Mars Global Surveyor).
Foto: Archiv

né známky aktivního vulkanismu. Podle dostupných informací z kosmických sond se předpokládá, že hlavní etapa vulkanické činnosti proběhla před 2 mld. let a poslední dozvuky aktivního vulkanismu dozněly před 20 miliony lety.

Velice impozantním tvarem Marsu je Valles Marineris. Jde o obrovskou tektonickou prolákli-nu, táhnoucí se v oblasti rovníku, jejíž délka je 4 000 km (tj. čtvrtina rovníkového obvodu Marsu) a šířka až 500 km. Do této prolákliny, která je považována za riftovou strukturu, ústí řada roklí a suchých údolí.

Voda a vítr

Údolní tvary se vyskytují mezi 40° severní šířky a 40° stupněm jižní šířky. Údolí jsou různých velikostí, jsou malá i velká. Mezi největší z nich patří Kasei Vallis, Ares Vallis, Tiu Vallis, Shalbatana Vallis o délkách až 1 000 km a šířkách dosahujících 100 km. Charakteristickým rysem těchto údolí je, že se jejich šířka zvětšuje od horní části do části dolní. Výškový rozdíl mezi horními a dolními částmi údolí je 1–2 km, někdy až 4 km. Tato údolí začínají většinou v oblastech s chaotickým reliéfem, protínají krátery nebo prořezávají vyvýšeniny a ústí do „oceánských" rovin nebo do rozsáhlých pánví. Často se tato údolí větví a zase spojují, vytvářejí ostrovy kapkovitých tvarů, průlivy, „mělčiny" a další tvary, z nichž pak vznikají pozemské řeky. Z tohoto důvodu se tato údolí považují za tvary, vzniklé během katastrofických povodní, kdy došlo k uvolnění zmrzlé vody obsažené v permafrostu; ten dnes na Marsu dosahuje mocnosti 3–11 km.

Zatímco výše popsaná izolovaná údolí mají charakter jakýchsi odvodňovacích kanálů, které se nacházejí v mladších částech reliéfu Marsu, pak proti nim stojí údolí, která vytvářejí složité údolní sítě podobné pozemským. Tato údolí jsou značně hluboká (1–2 km). Tento typ údolí vznikl dříve než ony výše popsané „odvodňovací kanály". Původcem těchto tvarů byla i v tomto případě s nejvyšší pravděpodobností voda. Jedním z důkazů potvrzujících přítomnost vody je nález hydroxidů železa (goethit, limonit) a oxidů železa (hematit), které způsobují načervenalé zbarvení Marsova povrchu a které na Zemi vznikají za přítomnosti vody a kyslíku.

Kde se voda v takovém množství na Marsu vzala a kam hlavně zmizela, je otázka, která ještě není bezezbytku odpovězena. Předpokládá se, že v souvislosti s vulkanickou činností byla v oněch „vodních" epochách Marsu tamní atmosféra Marsu daleko hustší. Jakmile tato vulkanická činnost ustávala, chladl i povrch Marsu a kapalná voda, která neunikla do kosmického prostoru v podobě disociovaného vodíku a kyslíku, se změnila v led, ukrytý v současné době v permafrostu a v polárních čepičkách. Tyto polární čepičky (o mocnosti nejméně 2,5 km) obsahují kromě vodního ledu, který je buduje z podstatné většiny, i tzv. suchý led (CO_2 v pevném skupenství). Během roku se polární čepičky zvětšují a zmenšují podle ročního období. Například v létě sahá severní polární čepička k 80 až 85° severní šířky a v zimě dosahuje až k 65° severní šířky.

Dna dnešních údolí, stejně jako zbytek povrchu Marsu, pokrývají písčité akumulace v podobě dun, které dosahují délek až několik desítek kilometrů, šířek stovek metrů a výšek desítek metrů. Zvlášť velké rozšíření mají v oblastech severní „oceánské" roviny a severního pólu. Podle jejich tvaru lze odvodit převládající směr větru. Díky tomu víme, že větry v okolí severního pólu proudí proti směru hodinových ručiček. Kromě těchto tvarů nalezneme na Marsu oblasti ukládání větrem neseného materiálu, a to v podobě návějí a závějí, které se vyskytují okolo různých překážek; často jimi bývají menší impaktní krátery. Tímto způsobem vznikají různé akumulace v podobě vleček, jejichž délka dosahuje 50 km i více.

Kdybychom chtěli dnešní Mars přirovnat k nějaké pozemské oblasti, pak by nejvýstižnější bylo připodobnění ke studené poušti s celou plejádou periglaciálních tvarů, které na Zemi nalezneme v oblastech s výskytem permafrostu, jako například mrazové trhliny, alasy, termokrasové trychtýře, trhliny, které tvoří polygonální síť připomínající mrazové rozpukání povrchu v tundře apod.

Přestože podmínky na Marsu nejsou pohledem pozemských organismů rájem, nelze zatím vyloučit (a ani potvrdit), že na Marsu existoval život a možná i existuje. Rozhodně se však nebude jednat o vyspělou civilizaci, o jaké uvažoval Schiaparelli, nýbrž maximálně o jednoduché organismy. Pokud chce někdo vidět povrch Marsu a tvary, o nichž je psáno na těchto stránkách, pak jej odkazuji na *www.msss.com*.

Marek Křížek
katedra fyzické geografie
a geoekologie Přf UK Praha