



Přiletěl ŽIVOT na Zemi z Marsu?

Život, jak jej známe, má mnoho podob i strategií přežití. Mohl by však přečkat extrémní podmínky na rudé planetě či cestu nehostinným vesmírem? A zvládne jednou člověk dlouhé mezihvězdné lety? Zeptali jsme se Jany Kvíderové z Centra polární ekologie a z Botanického ústavu Akademie věd

Ptala se Jana Žďárská

? Zabýváte se fyziologií a ekologií sinic a řas v extrémních podmínkách.

Studujete jejich mechanismy přežití, které zahrnují i takzvanou dormanci a zno-vooživení. Mohli bychom právě tyto organismy nalézt například na Marsu?

Určitě by nešlo o tytéž organismy, jaké známe ze Země. Na Marsu tedy nenajdeme právě tu chlorellu, která letěla na Sojuzu 28 s Vladimírem Remkem a užíla si týden na nízké oběžné dráze na palubě Saljutu 6. Fototrofní organismy – využívající světlo jako zdroj energie – by však čistě hypoteticky na rudé planetě existovat mohly. Některá data dokonce naznačují tamní přítomnost kyslíku v minulosti.

? Jak by mohly mikroorganismy žít a přežít v současných extrémních podmínkách Marsu?

Biolog Imre Friedmann uvažoval jako o možné formě života na Marsu o malých

a velmi rozptýlených kryptoendolitických společenstvech, tedy rostoucích pomalu pod povrchem hornin. V oblasti výskytu tmavých skvrn na dunách by mikroorganismy podle hypotézy Eörse Szathmáryho přežívaly zimu v dormantním stadiu pod vrstvou ledu složeného z vody a oxidu uhličitého. Během jarního tání by se aktivovaly v tenké vrstvě kapalné vody a začaly by se rozmnožovat. Po odtání celé ledové vrstvy by čelily podmínkám na povrchu, vysychaly by a přecházely do dormantního stadia, v němž by přežívaly do dalšího jara.

? Po zbytek „marsovského“ roku by se tedy musely stáhnout pod zem?

Nejspíš by zůstávaly „v podzemí“ během většiny svého aktivního i dormantního stadia. Vegetativní stadium by u mikroorganismů na povrchu trvalo poměrně krátce, několik týdnů až měsíců. V případě

subglaciálních jezer by však mohly být aktivní i celý rok.

? Co zmíněné „extrémní prostředí“ obnáší?

Podmínky extrémního prostředí definujeme na základě vlastní zkušenosti – je to na nás moc horké, studené, kyselé, zásadité, slané... Ale i v takových prostředích se vyskytují mikroorganismy a cítí se tam velmi dobře. Například z pohledu sinice žijící v horkém prameni bychom naopak my představovali extremofilní organismus. Evropská vědecká nadace definuje extrémní prostředí jako takové, kde jsou „hodnoty jednoho nebo více parametrů stále blízko spodního či horního známého limitu života“. Jiné definice jej charakterizují jako prostředí vysoce variabilní, na něž je těžké se adaptovat.

Podle teorie litopanspermie by mohly mikroorganismy chráněné vrstvou horniny přežít cestu kosmickým prostorem a přistát na jiné planetě

? Vyskytují se extrémní prostředí také na Zemi?

Vyskytují a některá se klimaticky či geochemicky podobají podmínkám na jiných tělesech Sluneční soustavy. Odborníci daná místa považují za terestrické analogy a využívají je k testování přístrojů budoucích sond určených k detekci života. Jde například o antarktickou oblast Dry Valleys klimaticky blízkou Marsu nebo španělské Río Tinto, jež se geochemicky podobá Meridiani Planum, kde přistál rover Opportunity. Extrémní prostředí však najdeme i v Česku – například sněžná pole v Krkonoších, silně mineralizované prameny... A řada z nás ho má překvapivě doslova za humny: Třeba i na kůře stromů či na skále za chatou najdete nárosty sinic a řas, které čelí velkým výkyvům teplot, omezené dostupnosti vody a živin i značným dávkám záření. Musejí se tedy vypořádat s velmi extrémními podmínkami.

? Mohl by se život nějakým způsobem dostat ze Země na Mars nebo opačně?

K loňskému září se na Zemi podařilo nalézt již 277 meteoritů pocházejících z Marsu, které tak dokazují možnost výměny materiálu mezi planetami. Přenos zárodků života

Kdo je...

RNDr. Jana Kvíderová, Ph.D., (*1976)

Vystudovala Biologickou (dnes Přírodovědeckou) fakultu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Na Botanickém ústavu AV ČR pracovala v letech 2000–2015 a opět od roku 2019. V Centru polární ekologie Jihočeské univerzity působí od roku 2010. V letech 2002 a 2005–2006 byla na doktorské a postdoktorské stáži na Oklahoma State University. Zúčastnila se 11 polárních expedic na Špicberky, další krátkodobé terénní výzkumy prováděla v terestrických analogiích ve španělském Río Tinto a na Islandu. Její biologické experimenty ve stadiu technologické demonstrace se

staly součástí dvou stratosférických balonových misí. Zabývá se fyziologií a ekologií sinic a řas se zaměřením na mechanismy adaptace/aklimatizace na extrémní podmínky a jejich aplikacemi v biotechnologii a astrobiologii.



Strastiplná cesta vesmírem

Na mikroorganismy ve vesmíru působí elektromagnetické a kosmické záření...

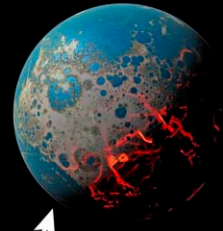
1. Kosmická srážka do prostoru vymrští úlomky hornin



... vysoké teploty a tlak, vysoké g (tíhové zrychlení)...



2. Na cizí planetu úlomky dopadnou jako meteority



... vysoké teploty a tlak, vysoké g

2. Úlomky hornin s živými mikroorganismy putují vesmírem



... proměnlivá teplota, vakuum, nízké g...

Podpovrchová jezera na jižní polární čepičce Marsu by mohla obsahovat kapalnou vodu a v ní i živé mikroorganismy

či primitivních mikroorganismů popisuje hypotéza litopanspermie: Při dopadu kosmického tělesa jsou z mateřské planety

do vesmíru vymrštěny úlomky hornin obsahující živé mikroorganismy. Pokud dosáhnou únikové rychlosti, dostanou se na meziplanetární dráhu, přičemž přelet může trvat miliony let. V dané fázi budou v dormantním stadiu. Je-li úlomek zachycen gravitačním polem cílové planety, prolétne její atmosférou a dopadne jako meteorit na povrch. Dokud zůstane dostatečně velký, budou mikroorganismy chráněny před vysokou teplotou při průletu. A pokud budou na místě „přistání“ panovat vhodné podmínky, mohou mikroorganismy vystoupit z dormance, začít růst a rozmnožovat se. Dnes je popsán způsob přenosu živých forem málo pravděpodobný kvůli nízké frekvenci impaktů, ale v éře pozdního velkého bombardování před 4,1 až 3,8 miliardy let – tedy v období, kdy na Zemi vznikala život – se mohl odehrávat mnohem častěji.

? Pokud by mohly mikroorganismy popsáním způsobem cestovat vesmírem, co by je ochránilo před radiací?

Expoziční experimenty uskutečněné na nízké oběžné dráze v rámci programu BIOPAN a EXPOSE prokázaly, že

překrytí mikroorganismů vrstvou horniny zvyšuje pravděpodobnost jejich přežití během meziplanetárního letu. Vrstva by mohla sloužit i jako tepelný štít při průletu atmosférou, a ochrání je tak během dopadu na povrch planety.

? A jaké jsou šance u komet, jejichž jádro s každým přiblížením ke Slunci postupně odtává?

Kometry se od meteoritů liší geologickým i geochemickým složením. Zatímco v případech popsané litopanspermie a expozičních experimentů jde o materiál terestrických

Ano, mikroorganismy by se během meziplanetárního či mezihvězdného letu rovněž nacházely v dormantním stadiu, ale bez ochranné vrstvy horniny by čelily nepříznivým faktorům: vakuu, nízké teplotě, mikrogravitaci, dále ultrafialovému, rentgenovému a gama-zářením a zároveň částicovému kosmickému záření. Pravděpodobnost přežití dormantních stadií za popsaných podmínek by byla velmi nízká. V případě mnohobuněčné biomasy, tedy kolonií či mikrobiálních nárostů, by mohly částečnou ochranu poskytnout svrchní vrstvy buněk.

stadia (spory) výrazně morfologicky liší od vegetativních buněk a mohou být považována i za různé druhy.

? A jak souvisí dormantní stav organismů s astrobiologií?

Astrobiologie představuje multidisciplinární vědní obor, přičemž jedna z hlavních větví se zaměřuje na zjištění limitů života a na mechanismy adaptace či aklimatizace pozemských mikroorganismů. Dormance patří mezi základní úspěšné strategie, jak se vyhnout stresu a přežít v nehostinném prostředí na Zemi. Lze tedy předpokládat, že by ji využívaly i mimozemské organismy.

? Jak dlouho může organismus v dormantním stadiu přežívat?

Záleží na faktoru, který dormanci vyvolal, i na tom, který ji uvolní. Klidové stadium může trvat několik týdnů, měsíců, ale také mnoho roků. Z herbářových položek starých několik dekád až sto let byly izolovány životaschopné buňky sinic. Podařilo se rovněž prokázat přežívání mikroorganismů v permafrostu – trvale zmrzlé půdě – po dobu tří až pěti milionů roků.

? Jak dojde k opětovné aktivaci organismu?

Dochází k ní, když nastanou příznivé podmínky: Lokalita se například zaplaví vodou, stoupne teplota a podobně. Vnější signál spustí procesy, které postupně nastartují fyziologickou aktivitu. Organismus se tak dostane do metabolicky plně aktivního vegetačního stadia, je schopen růstu a rozmnožování.

„Spící“ mikroorganismy mohou v úlomcích hornin přežít meziplanetární let trvající miliony roků

planet, kometry představují „špinavé sněhové koule“. U litopanspermie tak bude odtávání mnohem pomalejší. Existují však hypotézy, že by mohl život existovat i v jádrech obřích vlasatic. Reakce probiotické chemie nebo živé mikroorganismy by mohly být aktivní při průletu periheliem, tedy při největším přiblížení ke Slunci.

? Dala by se tak vysvětlit i teorie panspermie?

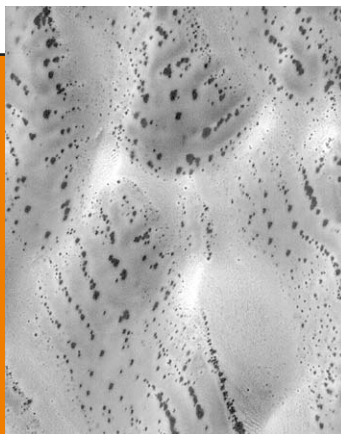
? Pojďme si ještě objasnit pojem „dormance“...

Lze tak označit stav (mikro)organismu, kdy se na určitou dobu výrazně omezí nebo úplně zastaví fyziologické procesy, přičemž genetická informace zůstává – téměř – nepoškozena. Toto klidové stadium tvoří často součást životního cyklu sinic a řas v extrémních podmínkách, kdy přežívají nepříznivé období, například vyschnutí lokality. Někdy se dormantní

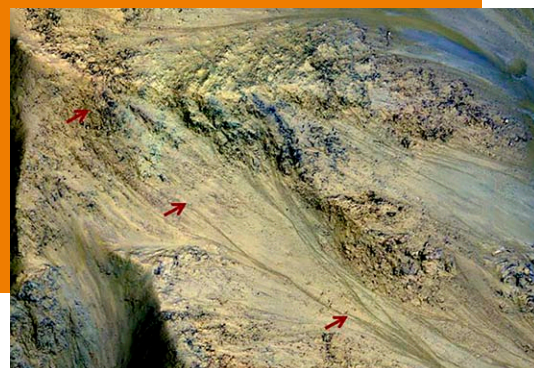
Hledá se život

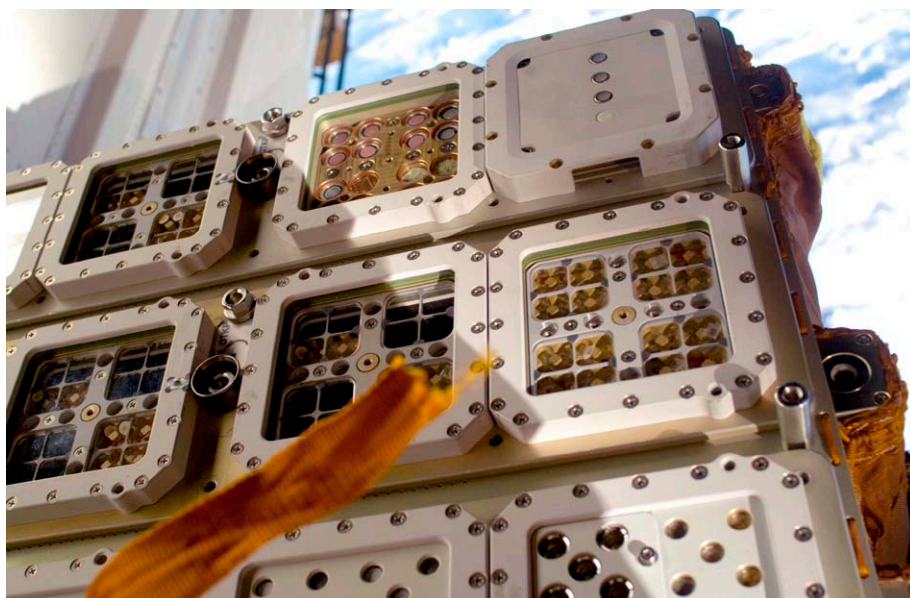
Mezinárodní Výbor pro planetární ochranu COSPAR stanovil významné oblasti Marsu, kde bychom mohli přežívající mikroorganismy objevit. Patří mezi ně:

- pozorované povrchové struktury – soutěsky či rokliny a s nimi asociované jasné pruhy, podpovrchové dutiny, podpovrchové vrstvy v hloubce přes 5 m, potvrzené a částečně potvrzené opakující se svahové linie;
- struktury, jež mohou být nalezeny – povrchová voda, zdroj metanu, geotermální aktivita a novodobé odtokové kanály;
- pozorované struktury vyžadující individuální zhodnocení – temné pruhy, prachem pokryté depozity sněhu a ledu, možné opakující se svahové linie.



Velmi zajímavá a lákavá místa pro astrobiologii představují temné skvrny na dunách, rokliny a opakující se svahové linie na povrchu Marsu





Experimenty EXPOSE, umístěné vně Mezinárodní vesmírné stanice, studují vliv kosmického prostředí na chemické či biologické vzorky

? Jak je možné, že nedojde k poškození jeho buněk?

Buňky mají řadu mechanismů adaptace a efektivní opravné mechanismy, přesto k jejich poškození dochází. Čím extrémnější podmínky (nejen) během dormance, tím víc se jich poškodí. Snížená fyziologická aktivita při dormanci také omezuje ochranné a opravné procesy a případná narušení se projeví až při reaktivaci.

? Bylo by možné popsané poznatky aplikovat na člověka v rámci meziplanetárních či mezihvězdných letů?

Podle našich dnešních znalostí není člověk dlouhodobé dormance, jak ji chápeme u mikroorganismů, schopen. Tu krátkodobou používá medicína při podchlazení těla během náročných operací. Pacienti jsou běžně uváděni do umělého spánku při léčbě polytraumat nebo při závažných onemocněních. Jde však o hodiny, dny, týdny, v krajním případě měsíce – málokdy o roky či desítky let, jak by tomu bylo v rámci meziplanetárních či mezihvězdných misí. Aby mohl člověk po „probuzení“ znovu plně fungovat, je dnes zapotřebí komplexní zdravotnická péče, která zabere mnoho týdnů, měsíců, a někdy se vše ani nemusí podařit. Pro meziplanetární či mezihvězdnou misi jde o velké riziko, protože potřebujeme, aby byla posádka po přiletu schopná plnit cíle expedice bez jakékoliv asistence.

? Přesto – umožňuje-li současná věda zmrazit krev či krevní deriváty, blížíme se ke schopnosti zmrazit i člověka nebo jiného živočicha?

Není problém člověka zmrazit, ale rozmrazit jej tak, aby zůstal naživu a obnovily

se všechny vitální funkce. Čím komplexnější organismus, čím víc odlišných tkání obsahuje, tím je na kryoprezervaci citlivější. Dokonce i mezi mikroorganismy panují velké rozdíly: Třeba bičíkovci jsou mno-

? Uvažuje se při plánování misí o konkrétních oblastech, kde bychom mohli organismy objevit?

Ano, Výbor pro planetární ochranu COSPAR dokonce definoval na Marsu zvláštní místa, která jsou pro astrobiologický výzkum mimořádně důležitá (viz *Hleď se život*). V uvedených lokalitách bychom mohli najít žijící marsovské mikroorganismy, nebo by tam mohly přežít i ty pozemské. Výběr místa přistání pak závisí na geologických a inženýrských kritériích, vědeckých cílech a kategorii mise z hlediska planetární ochrany. Jedná se o dlouhodobý a náročný proces, kdy se během pracovních schůzí (workshopů) postupně vylučují navržené lokality. V případě roveru Perseverance, který na povrch Marsu dosedl letos v únoru, předložili odborníci

Po probuzení z dormance potřebuje člověk komplexní zdravotnickou péči – což komplikuje její možné využití při dlouhodobých letech

hem vnímavější ke zmrazování než kokální formy a řasy z polárních oblastí odolávají výrazně lépe než tropické typy.

? Vraťme se na Mars. Jakým způsobem bychom tam mohli organismy v dormantním stadiu detekovat?

Zatím musíme spoléhat na robotické mise. První astrobiologické experimenty zaměřené na detekci života na Marsu uskutečnily americké sondy Viking 1 a 2 v roce 1976. Tři nezávislé pokusy se zaměřily na metabolismus hypotetických „Martánů“. Stavěly však na poznatcích pozemské biologie z počátku sedmdesátých let dvacátého století. Výsledky byly kontroverzní: Zatímco dva experimenty život na planetě neprokázaly, třetí jej podle předletových kritérií indikoval. Pozorované výsledky pravděpodobně způsobila – z pohledu pozemšťana – neobvyklá chemie marsovského regolitu.

Slovníček

Dormance

Výraz pochází z latinského „dormans“ neboli „spící“ a označuje **přechodné zastavení či omezení fyziologických procesů u živých organismů**. Účelem je uspořit energii, a přečkat tak nepříznivé období. U živočichů rozlišujeme zimní a letní spánek – tedy hibernaci, respektive estivaci – a diapauzu neboli zastavení vývoje zárodků. Známe také dormanci rostlin, semen a virů.

Panspermie

Hypotéza panspermie předpokládá, že se **život dostal na Zemi z vesmíru v podobě mikroorganismů**, které jako spory putují kosmickým prostorem a pokoušejí se uchytit v příznivých podmínkách.

už v květnu 2014 třicet možných destinací a ke konečnému rozhodnutí dospěli teprve v říjnu 2018, po čtyřech workshopech.

? Připomeňme, že právě Perseverance má na Marsu pátrat po stopách života...

Ano, po sondách Viking jde o prvního průzkumníka, který bude provádět cílený astrobiologický výzkum. Dosedl do kráteru Jezero, aby tam pracoval po dobu jednoho marsovského roku, tedy 687 pozemských dní. Na palubě nese mimo astrobiologicky zaměřené experimenty sestavu kamer Mastcam-Z a SuperCam, meteorostanici či experiment orientovaný na produkci kyslíku z marsovského oxidu uhličitého.



Čím extrémnější podmínky během dormance, tím více buněk se poškodí. Snímek pořízený během polární expedice na Špicberkách zachycuje mikrokolonie sinice Nostoc – vlevo s poškozenými buňkami, vpravo vitální

Ve vytipovaných oblastech Marsu bychom mohli najít živé mikroorganismy, kde by možná přežily i ty pozemské

? Pomocí kterých nástrojů bude rover hledat známky života?

Pro astrobiologii jsou nejdůležitější experimenty RIMFAX – první podpovrchový radar, který zobrazuje geologickou strukturu do hloubky více než deseti metrů. Dále rentgenový spektrometr PIXL pro určení chemického složení ve velmi vysokém rozlišení a astrobiologický SHERLOC na robotické paži. Cílem je neinvazivní detekce minerálů, organických molekul a možných známek

života. K tomu poslouží zobrazovací kamera s vysokým rozlišením, Ramanův spektrometr a UV laser. Zajímavé vzorky uloží rover v kapslích na povrchu planety, aby je budoucí mise sesbírala a odeslala na Zemi.

? Chystá se v dohledné době další podobně zaměřená mise na rudou planetu?

Ano, už příští rok má odstartovat evropsko-ruská sonda Mars 2022 s roverem

Rosalind Franklin, prvním evropským vozítkem na Marsu. Pro astrobiologii bude nejdůležitější modul Pasteur se sestavou kamer a analytických nástrojů pro detekci mineralogického složení a organických látek, včetně Ramanova spektrometru a plynového chromatografu – hmotnostního spektrometru. Interpretace možných biologických dat z rudé planety bývá pokaždé velmi náročná a téměř vždycky je k dispozici čistě fyzikálně-chemické i biologické vysvětlení, jako například u slavného marsovského meteoritu ALH 84001 (viz *Nejslavnější kámen z rudé planety*). ↻

Mgr. Jana Žďárská působí jako místopředsedkyně Kosmologické sekce České astronomické společnosti, pracuje na Fyzikálním ústavu AV ČR. K astronomii ji v dětství přivedl otec, v rámci její popularizace se věnuje ponejvíc rozhovorům s vědeckými osobnostmi a reportážím z astronomických akcí

Nejslavnější kámen z rudé planety

Meteorit ALH 84001 našli v prosinci 1984 výzkumníci projektu ANSMET v antarktické oblasti Allan Hills. V době objevu vážil 1,93 kg. Jedná se o nejstarší známý meteorit z Marsu, o němž se předpokládá, že vznikl krystalizací roztavené horniny před čtyřmi miliardami let. Z chemické analýzy vyplynulo, že kus horniny opustil planetu v době, kdy na ní ještě existovala tekutá voda.

Roku 1996 se mu dostalo velké pozornosti médií, když David S. McKay a jeho kolegové dospěli k názoru,

že v něm našli možné mikroskopické fosilie bakterií. Mnoho lidí si to vysvětlilo jako důkaz existence mimozemského života. Zpráva se rozšířila po celém světě a vyvolala další detailní zkoumání meteoritu. Na základě těchto analýz byla nakonec hypotéza o důkazu výskytu mikrobiálního života na Marsu zamítnuta, neboť se pro přítomnost neobvyklých struktur našlo nebiologické vysvětlení. Šlo však o bod obratu v nazírání na astrobiologii jako na „tvrdou“ experimentální vědu, nikoliv vědu spíše teoretickou.



Snímek z elektronového mikroskopu odhalující řetízovité struktury v meteoritu ALH 84001