Když se voda vaří a mrzne zároveň: recept na podivné ledové krajiny ve Sluneční soustavě

17.4.2026 - | Matematicko-fyzikální fakulta UK

Vložíte-li listové těsto do trouby, voda v něm se mění na páru, která proudí mezi jeho promaštěné vrstvy a vytváří přitom delikátní křupavou strukturu. Na ledových tělesech Sluneční soustavy by podle podobného principu – i když bez másla a při extrémně nízkém tlaku – mohly vznikat útvary výlevného kryovulkanismu. Tedy procesu, během něhož vystupuje na povrch místo roztavené horniny (magmatu) směs vody, soli a jiných látek, které při nízkých teplotách rychle mrznou a vytvářejí ledové „lávy“. Nová studie z dílny českých vědců totiž experimentálně ukazuje, že voda na ledových měsících může vřít i mrznout současně a díky tomu budovat překvapivě složité struktury.

Na trpasličí planetě Pluto nebo také na měsících Jupiteru a Saturnu zvaných Europa a Enceladus jsou podpovrchové oceány kapalné vody, která se zřejmě občas rozlije na jejich povrch během procesu, který nápadně připomíná sopečnou činnost, tak jak ji známe ze Země. Tým Petra Brože z Geofyzikálního ústavu Akademie věd ČR a Vojtěcha Patočky z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy vložil nádobu se 40 litry vody do vakuové komory GEORGE na Open University v anglickém Milton Keynes, aby zjistil, k čemu by při vodním výlevu takové „chladné lávy“ mohlo dojít.

Na povrchu ledových těles totiž zpravidla není téměř žádná atmosféra a to je prostředí, které se dá za použití vakuové komory snadno napodobit. Za nízkého tlaku se voda stává nestabilní a začne se překotně měnit v páru – jinými slovy se začne vařit. Není tedy potřeba mít vodu zahřátou na 100 °C, aby vřela, k tomuto jevu dojde s poklesem tlaku za libovolné teploty nad bodem mrazu. Při varu rychlé molekuly vodní páry kapalinu opouštějí a ta díky tomu okamžitě chladne. Voda se tak vypařováním prudce ochlazuje a brzy proto začne její povrch zamrzat. A právě tento souboj páry a vznikajícího ledu vedl k objevu dosud nepozorovaných ledových struktur nápadně připomínajících nadýchané listové těsto.

„Již z dřívějších, ovšem pouze krátkých experimentů jsme věděli, že pod ledovou krustou se voda bude dlouhodobě vařit. I to, že bubliny led občas protrhnou. Co jsme ale nevěděli a co nás zajímalo, jak dlouho bude toto praskání ledové krusty trvat a kolik vody se při tom ztratí,“ vysvětluje motivaci experimentů Petr Brož. *„Únikem páry do okolí voda neustále ztrácí energii – jak skrze vypařování, tak díky sublimaci ledu – dalo se tedy předpokládat, že časem krusta zesílí a voda prostě zmrzne. Ale čekalo na nás překvapení,“* dodává Vojtěch Patočka. Pára totiž měla dostatečnou sílu zdvihnout celé desky ledu. A to tehdy, když krusta dosáhla kritické tloušťky, při které již pod nárazy bublin led nepraskal po částech. Tento proces se několikrát opakoval a vznikla tak složitá vrstevnatá struktura. Každý cyklus zvednutí a opětovného zamrznutí vytvořil novou vrstvu – podobně jako když se postupně propékají listy těsta. Jinými slovy: Voda se snažila „uniknout“ jako pára, zatímco povrch současně zamrzal – a právě tento souboj vytvořil neobvykle vrstvené struktury plné bublin.

„V pozemské laboratoři byla tloušťka takto vzniklého ledu okolo deseti centimetrů. To se může zdát málo, ale musíme si uvědomit, že na tělesech s menší gravitací bude tato vrstva ledu plného bublin úměrně tlustší. Na Enceladu, kde je 100× menší gravitace než na Zemi, by vrstevnaté ledy mohly dorůst do výšky až několika desítek metrů. Je to kvůli tomu, že hydrostatický tlak, který se hloubkou v kapalině postupně zvyšuje, roste na malém měsíci s hloubkou pomaleji a k varu tak může docházet i ve větší hloubce,“ vysvětluje Patočka, proč by křupavé struktury mohly být na různých tělesech Sluneční soustavy různě mohutné.

Tyto nově pozorované procesy pak mohou zásadně ovlivňovat, jak se na povrchu ledových měsíců a dalších těles ukládají látky z podpovrchových oceánů – včetně solí a organických sloučenin. Znalost toho, zda se na povrchu vyskytuje extrémně porézní a vrstevnatý led, může navíc v budoucnu pomoci zvýšit bezpečnost přistání sond, které se na těchto exotických světech pokusí dosednout. Prozatím není sice zřejmé, zdali se experimentálně pozorované struktury na ledových měsících skutečně nachází, ale to by se mohlo brzy změnit: do jejich blízkosti směřuje dvojice sond, JUICE a Europa Clipper, které jsou vybavené radarem schopným proniknout pod povrch a ukázat nám tak, z čeho je tvořen. A tím odhalit, jestli a případně i jak často tam k tomuto neobvyklému procesu dochází.

https://www.mff.cuni.cz/cs/verejnost/aktuality/kdyz-se-voda-vari-a-mrzne-zaroven-recept-na-podivne-ledove-krajiny-ve-slunecni-soustave