

vesmír
přírodovědecký časopis
první číslo vyšlo roku 1871 Copyright

Může být něco většího

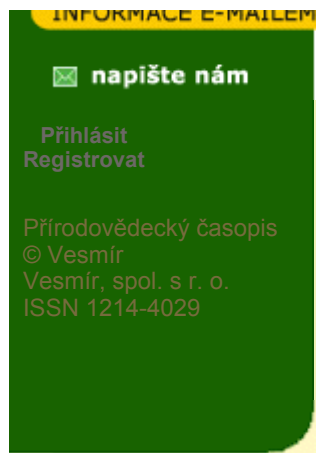
Jméno jeho Bábel
aneb O hříbech pod našima nohama

Ctirad Matyska
Publikováno: Vesmír 74, 687, 1995/12

Geodynamika je věda sloužící k obživě geodynamiků a autorů popularizačních článků. K této skutečnosti je čtenář Vesmíru doveden poté, co si prohlédne ukázkovou sbírku hypotetických plášťových hřibů podle Rogera L. Larsona přetištěnou v článku geochemika Martina Nováka (Vesmír 74, 373, 1995/7), a následně utrpí otřes odhalením seizmologa Michala Kvasničky, že geofyzika takovým procesům nevěří (Vesmír 74, 584, 1995/10). Pro existenci plášťových hřibů, natož velehřibu, nejsou údajně k dispozici věrohodné fyzikální argumenty. Je tedy plášťový hřib kvalitativní představou zrozenou v hlavách geologů, která se začne rozplývat v okamžiku, kdy ji začneme studovat kvantitativně? V tomto případě je tomu přesně naopak. Představa o houbovitých útvarcích totiž vznikla při numerickém modelování pohybů v zemském plášti spojených s uvolňováním tepla z nitra Země a je na ostatních geovědních disciplínách, aby ji podrobily kritice.

Při modelování dlouhodobých geodynamických procesů považujeme Zemi za tvárné kontinuum. Podporuje nás v tom neustálý pohyb jejího povrchu, který je dnes detegován dokonce i pomocí přímých geodetických metod, i laboratorní měření ukazující, že v minerálech tvořících horniny zemského pláště probíhá velmi pomalé tečení, pokud jsou podrobeny dlouhodobému namáhání. Jde o podobný efekt jako u starých skel oken gotických katedrál, která u spodního rámu zvolna tloustnou díky dlouhodobě působící gravitační síle. O viskozitě takového tečení přímo v Zemi pak rámcová představa existuje, neboť ukončení poslední doby ledové, tj. relativně náhlé odlehčení rozsáhlých oblastí na zemském povrchu, má za následek dodnes měřitelný výzvih rozsáhlých dříve zaledněných oblastí. Při modelování výzdvihu je viskozita klíčovým fyzikálním parametrem, což umožňuje získat odhad její velikosti porovnáním modelů s naměřenými daty.

Matematicky je tečení a přenos tepla v kontinuu popsán soustavou nelineárních parciálních diferenciálních rovnic, jejichž řešení závisí na kombinacích řady fyzikálních parametrů: intenzitě vnitřního zahřívání, teplotě rozhraní jádro-plášť, tepelné roztažnosti a vodivosti, viskozitě, gravitačním zrychlením, rozměrech tělesa. V principu se může stát, že (i) jakékoliv pohyby jsou utlumeny a teplo se přenáší pouze vedením, nebo (ii) k pohybům sice dochází, ale řešení rovnic je stacionární, tj. v čase neproměnné, nebo (iii) řešení je víceméně



časově periodické anebo (iv) dochází k tzv. deterministickému chaosu, kdy proudění má turbulentní charakter. Případ (ii) a částečně i (iii) je přitom charakterizován existencí konvekčních buněk, v nichž není stopy po existenci nějakých hřibů. Při modelování turbulentního proudění jsou však vznikající a zanikající hřibovité útvary zcela typické; řada neposedných hřibků se vyvíjí z přehřáté hraniční vrstvy na dně pláště, avšak většina z nich nedorůstá mimořádné velikosti.

Odkud se tedy vzala představa plášťového velehřibu odpovědného za „katastrofický“ vzrůst tektonické aktivity ve střední křídě? Po desetiletí trvá diskuse o tom, co je vlastně podstatou rozhraní mezi svrchním a spodním pláštěm v hloubce 670 km, které je charakterizováno vyšší hustotou i rychlostmi seizmických vln na straně spodního pláště, a navíc vymezuje největší známé hloubky ohnisek zemětřesení. Závislost seizmických rychlostí a hustot na hloubce lze věrohodně získat přímo ze seizmických dat (šíření prostorových i povrchových vln a vlastních kmitů Země) a tyto závislosti pak tvoří seizmický model, opěrný pilíř našich fyzikálních znalostí o Zemi. Existenci rozhraní v hloubce 670 km proto lze považovat za výchozí skutečnost pro další úvahy. Jedním z možných vysvětlení podstaty zmíněného rozhraní je, že jde o fázový přechod, kde se vzrůstajícím tlakem dochází ke změně v uspořádání krystalické mřížky minerálů, doprovázené i změnou fyzikálních vlastností. Fázový přechod při odpovídajících tlacích byl experimentálně prokázán například pro olivín $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$, který je patrně jedním z dominantních minerálů svrchního pláště. Podstatné však je, že u olivínu tento přechod nastává při poněkud nižších tlacích, pokud roste jeho teplota. Když se totiž stoupající horká hmota dostane k rozhraní tvořenému takovým fázovým přechodem, způsobí jeho vydutí směrem vzhůru, neboť ho zahřeje. Protože je však pod rozhraním těžší fáze, působí toto vydutí jako lokální zátěž bránící dalšímu vzestupu horkých hmot. Naopak na straně chladných sestupujících hmot vzniká vydutí směrem dolů, a příslušná vztlačková síla tak brání i průniku studených hmot dolů. Fázové rozhraní tohoto typu proto může hrát roli jakési bariéry proti průniku tekoucích hmot. Aby došlo k proražení, je nutno nashromáždit značné množství teplé hmoty na spodní straně rozhraní nebo studené na jeho straně horní. Proražení bariéry je pak následováno „katastrofickým“ stylem proudění, kdy obrovský balík teplé hmoty rychle stoupá k povrchu a studené hmoty rychle propadávají až ke dnu pláště. Tuto kvalitativní představu se podařilo simulovat i kvantitativně pomocí numerických modelů, vyvinutých geodynamickými skupinami například na Kalifornské technice nebo na Minnesotské univerzitě. V souhrnu lze uvést, že numerické modely plášťové konvekce využívající současné parametry zemského nitra, jak je poskytuje minerálová fyzika, patří někam mezi skupinu (iii) a (iv) z výše uvedeného matematického scénáře. Jsou tedy slabě turbulentní, s občasnými katastrofami v případech zahrnutých fázových přechodů. Intenzivně se modeluje i vliv hloubkových závislostí jednotlivých veličin, například viskozity ve spodním plášti. Možnost rozdílného charakteru proudění ve spodním a svrchním plášti existenci relativně velkých hřibů rozhodně nevylučuje, ba naopak spíše podporuje.

Abych však v čtenáři nevyvolal dojem, že hypotéza plášťových hřibů je dynamicky zcela bezesporná, zmíním se stručně ještě o tzv. horkých skvrnách. Jde o několik desítek anomálních míst především v Pacifiku a v Africe, o nichž se již před dvaceti lety soudilo, že jsou způsobena štíhlými plášťovými hřiby malého horizontálního rozměru, vyznačujícími se vzájemně velmi stabilní polohou a propojením popřípadě až do termální vrstvy nad rozhraním jádra a spodního pláště. Na této představě je založeno i vysvětlení vzniku řetězců podmořských sopek na oceánských litosférických deskách, o nichž se zmínil i Martin Novák. Pokud je mi známo, v numerických modelech globálního proudění se malé hřiby, které by byly stabilní vůči kolem probíhající konvekci, modelovat nedaří. Objeví-li se nějaký lokální útvar, je snadno stržen globální cirkulací. Na druhé straně, nejnovější tomografické modely zemského pláště nacházejí ve spodním plášti, právě pod Pacifikem a Afrikou, velké struktury se sníženými rychlostmi seizmických vln, které se interpretují jako oblasti zvýšených teplot. Je tedy vcelku přirozené dávat rozložení horkých skvrn na povrchu do souvislosti s případnou existencí velkých horkých megastruktur ve spodním plášti, které by mohly být podhoubím řady procesů. Otázka, zda z tohoto podhoubí skutečně nějaké hřibky či spíše kuřátka vyrůstají a jak by vůbec mohly takové obrovské horké struktury přilepené na jádro existovat, je pak další výzvou pro celou geodynamickou obec.

Studium proměn Země, které jsou způsobeny postupným uvolňováním její vnitřní energie, je ve své podstatě studiem nestacionárností, od těch spjatých s celkovým chladnutím až po náhlá uvolnění seizmické energie během zemětřesení. Současné odhady fyzikálních parametrů pláště pak naznačují, že přenos tepla je proces, kdy vznik a zánik anomálií může být v nitru Země jevem tak typickým, jakým je *Boletus aestivalis* v nitru šumavských hvozdů. ¹⁾

Poznámky

1) *Boletus aestivalis*, hřib pravý a dubový. Jedlý a výtečný.

[tisk článku](#) [vložit komentář](#) [0]

[Home Page](#) [Nahoru](#)

Vesmír© 2003

[Aktuální číslo](#)