



LUKÁŠ KRMÍČEK

SVĚT SOPEK ZBLÍZKA

ZROZENÍ VULKÁNU

Svět sopek zblízka Zrození vulkánu

Vyšlo také v tištěné verzi

Objednat můžete na
www.cpress.cz
www.albatrosmedia.cz



Lukáš Krmíček

Svět sopek zblízka: Zrození vulkánu – e-kniha
Copyright © Albatros Media a. s., 2024

Všechna práva vyhrazena.
Žádná část této publikace nesmí být rozšiřována
bez písemného souhlasu majitelů práv.

ALBATROS  **MEDIA**

Lukáš Krmíček

SVĚT SOPEK ZBLÍZKA ZROZENÍ VULKÁNU



Lukáš Krmíček

SVĚT SOPEK ZBLÍZKA ZROZENÍ VULKÁNU

© prof. RNDr. Lukáš Krmíček, Ph.D., 2024

ISBN tištěné verze 978-80-264-5257-7

ISBN e-knihy 978-80-264-5264-5 (1. zveřejnění, 2024) (ePDF)

Obsah

Několik slov úvodem 10

Část I:

Sopečná činnost na Zemi

i mimo ni 12

Oblasti s aktivním vulkanismem	14
Plášťové hříby	16
Typy erupcí	18
O významu slov aneb kde se vzala česká sopka	21
Božské kořeny slova vulkán	22
První novověké představy o původu sopek	25
Na scénu vstupuje Goethe	26
Finální potvrzení magmatického původu sopek .	28
Význam sopek při počátku vzniku života na naší planetě	30
Teorie sněhové koule	32
Jsme všichni Mart'ani?	34
Přílivy a odlivy magmatického oceánu	36
Sopečná podzemní říše na Měsíci	39
Vulkanismus a evoluce jako nutnost	42
Mohla za vymření dinosaurů sopečná činnost? .	44
Jak recyklovat oceán?	46
Sopky a klima	48
Ozvěny sopečných erupcí v záznamech kronik .	51
Sopečná činnost jako jeden z procesů, který vytváří osud Evropy	54
Islandská záhada	56

Část II:

Jak se rodí islandské vulkány 58

Zrození vulkánu Geldingadalir	62
Dějství první (19. března – 5. dubna)	62
Země se po 800 letech probouzí	62
Siamská dvojčata	64
Olivín a pyroxen – sonda do nitra zemského pláště	64
Dějství druhé (5. dubna – 27. dubna)	68
Vulkán má sourozence	68
Zlatá tefra	70
Není láva jako láva	72
Dějství třetí (27. dubna – 28. června)	75
Živá pulsující sopka	75
Jako gejzír!	78
Lávové bystřiny	81
Dějství čtvrté (28. června – 2. září)	84
Stárnoucí obr	84
V nitru lávových tunelů	87
Nebezpečná láva	90
Dějství páté (2. – 18. září)	92
Zrození vulkánu Meradalir	94
Začátek erupce	94
Dobrodružný odběr láv	98
Finále	102

Zrození vulkánu Litli-Hrútur	104
První dny „Beránka“	106
Opět v akci	110
Sopečné bomby	116
Kolaps vulkanického kuželu	118
Počátek nového vulkanického cyklu?	122

Doslov 124

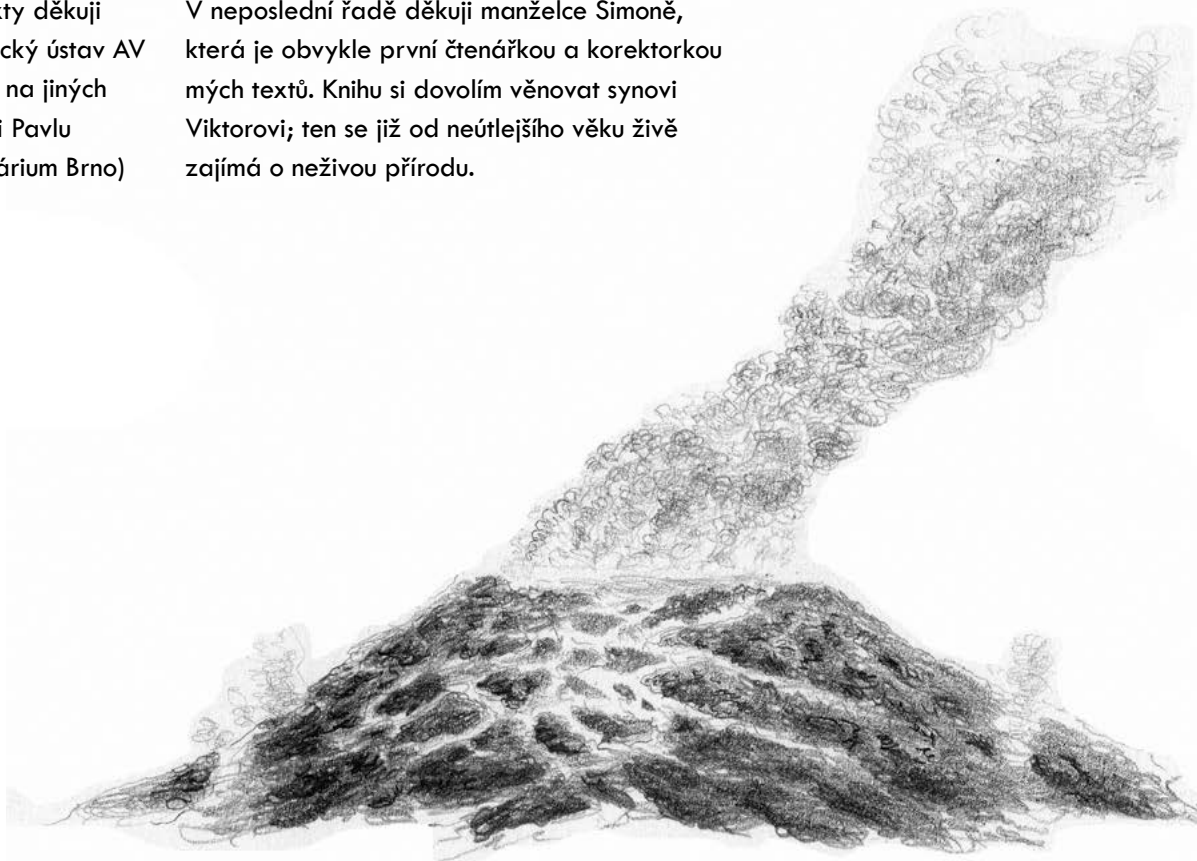
Výběr z použité literatury 126

O autorovi 127

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl vyjádřit velké poděkování všem lidem, kteří mi pomohli s přípravou knihy. Za možnost být členem mezinárodního vulkanologického týmu děkuji Thoru Thordarsonovi (Islandská univerzita) a Valentinu Trollovi (Uppsalská univerzita). Za nezištnou pomoc s úvodními texty děkuji kolegovi Václavu Cílkovi (Geologický ústav AV ČR). Za korekci textů o vulkanismu na jiných planetách Sluneční soustavy děkuji Pavlu Gabzdylovi (Hvězdárna a planetárium Brno)

a Petru Brožovi (Geofyzikální ústav AV ČR). Děkuji také Davidu Spáčilovi, Danielu Páll Jónassonovi a ostatním přátelům a známým za poskytnutí řady dechberoucích snímků. Mé poděkování náleží též Jiřímu Svobodovi, jenž vytvořil olejomalbu vulkánu Geldingadalir. V neposlední řadě děkuji manželce Simoně, která je obvykle první čtenářkou a korektorkou mých textů. Knihu si dovoluji věnovat synovi Viktorovi; ten se již od neútlejšího věku živě zajímá o neživou přírodu.



Několik slov úvodem

Přestože v minulosti probíhala na Marsu bouřlivá vulkanická aktivita, která vedla až ke vzniku nejvyšší sopky Sluneční soustavy – *Olympus Mons*, dnes je považován z tohoto pohledu za prakticky mrtvou planetu. V přímém kontrastu s Marsem je Země díky dynamickému vývoji tektonických desek a související sopečné činnosti mimořádně živou planetou. Na sopečnou činnost můžeme pohlížet jako na činný cévní systém Země. Když ovšem dojde k jeho ucpání, může nastat problém v podobě erupce s katastrofálními následky! Každý rok dochází na Zemi k desítkám erupcí. Na rozdíl od minulosti je dnes díky globálnímu propojení a především díky prudkému rozmachu nejrůznějších sociálních sítí možné sledovat projevy vulkanismu naší planety prakticky v přímém přenosu. Fotografie a videa vybuchujících nebo lávu chrlících sopek se v médiích objevují čím dál častěji. Neznamená to však, že by k sopečné aktivitě docházelo oproti minulým rokům v dramaticky zvýšené míře. Pouze je nyní, více než kdykoliv předtím, vulkanismus lépe „vidět“.

V souvislosti se zvýšeným zájmem o sopky a sopečnou činnost se lidé stále aktivněji zajímají o to, jaký dopad mají erupce na klima. Když totiž dojde k sopečné erupci, na povrch se nedostane pouze roztavená hornina, ale uvolní se i velké množství sopečných plynů, jako jsou vodní pára, oxid uhličitý nebo oxid siřičitý. Tyto plyny také drolí lávu na popel, který v podobě erupčního mraku může ovlivnit sílu dopadajícího slunečního záření. Přesto dnes člověk ročně vypustí mnohonásobně více skleníkových plynů než všechny sopky za stejné období! Sopky navíc slouží k tomu, aby se do atmosféry dostaly zpět plyny, respektive chemické prvky, jež se předtím uvnitř naší planety uložily. V dlouhodobém měřítku tak nemůžeme na sopky nahlížet nijak negativně – právě naopak! Tato kniha je rozdělena do dvou hlavních částí. Podstatou první části je v obecnější rovině seznámit čtenáře se zajímavými aspekty a souvislostmi, které doprovází sopečnou činnost. Na její přípravě se spolupodílel známý český geolog

a spisovatel – Václav Cílek. Ve druhé části knihy je možné na konkrétním příkladu tří mladých islandských sopek vulkanického systému Fagradalsfjall, jejichž zrození jsme mohli doslova *on-line* sledovat v covidovém roce 2021 i v následujících letech 2022 a 2023, představit praktické zákonitosti vzniku sopek vázaných na tzv. rozbíhavé rozhraní litosférických desek a doslova „z první ruky“ ukázat nevšední práci vulkanologa. A protože podle jednoho starého čínského přísloví *jeden obrázek vydá za tisíc slov*, jsou jednotlivé kapitoly bohatě doprovázeny obrazovým materiálem. Jako bonus jsem pro čtenáře knihy připravil sérii videí, které zachycují vybrané vulkanologické jevy spojené s popisovanými mladými islandskými vulkány. Video jsou uložena v rámci databáze Harvardovy univerzity na adrese: www.doi.org/10.7910/DVN/FLF86B. Přál bych si, abyste si textovou a vizuální stránku knihy vychutnali přinejmenším stejným způsobem, jako jsem si já užil její přípravu!

Lukáš Krmíček



Každý rok dojde na světě přibližně k padesáti erupcím. Obrázek z 27. října 2021 zachycuje pohyb lávového proudu v průběhu erupce sopky Cumbre Vieja na kanárském ostrově La Palma. Tato erupce byla hojně sledována jak odborníky, tak širokou veřejností, neboť právě Kanárské ostrovy patří mezi jedny z nejoblíbenějších dovolenkových destinací.

Foto: Harri Geiger

Sopečná činnost na Zemi i mimo ni

(Václav Cílek & Lukáš Krmíček)

Na naší planetě vznikají sopky jako výsledek postupného uvolňování obrovské vnitřní energie Země, která pochází jak ze zbytkového tepla z primárního stadia vývoje naší planety, tak z radiogenního tepla vznikajícího v důsledku rozpadu radioaktivních izotopů prvků U, Th a K. Sopečnou činnost označovanou také jako *vulkanismus* charakterizuje především pronikání *magmatu* (směs roztavených hornin a plynů), jež má nižší hustotu než okolní horniny, na zemský povrch, kde se následně označuje jako *láva*. Se sopečnou činností jsou rovněž spjaty výrony horkých plynů a par, prameny termálních vod a často i zemětřesení, která jsou způsobena pohybem magmatu v hloubce.

V průběhu dlouhého společného vývoje se život na Zemi naučil využívat trochu

rizikového prostředí, jež mu sopky poskytují, a to v široké škále stanovišť od podmořských pramenů až k úrodným půdám sopečných výšin. Vyvřelé horniny ale také přenášejí vodu z pozemských oceánů až do hlubin spodního pláště a pak ji opět vynášejí na zemský povrch.

V této první části knihy si postupně představíme hlavní fenomény spojené se sopečnou činností na Zemi i mimo naši domovskou planetu. Nahlédneme také do historie poznání sopečné činnosti a nastíníme, jakou roli sehrály sopky při vzniku života. V samotném závěru se rovněž zaměříme na vztah sopečné činnosti a klimatických změn a ukážeme si, jak sopky (zejména ty islandské) ovlivnily (a v budoucnu nepochybně také ovlivní) dějiny Evropy.





Erupce islandské sopky Eyjafjallajökull z roku 2010 vedla k vyvržení „pouze“ 0,3 km³ sopečného materiálu. Přesto měla tato erupce za následek týdenní výpadek letecké dopravy nad velkou částí Evropy, vedla ke zrušení na 95 000 letů (výluka zasáhla téměř třetinu celosvětové letecké dopravy) a zapříčinila velké finanční ztráty. Erupce islandské sopky obnažila, jak je naše společnost s rostoucí globalizací zranitelnější a v podstatě nepřipravená na podobné události.

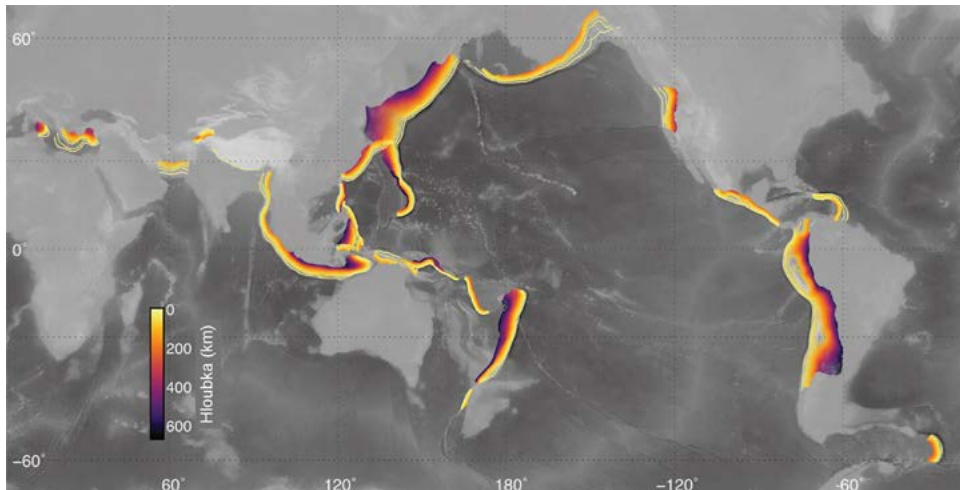
Foto: Daníel Páll Jónasson

Oblasti s aktivním vulkanismem

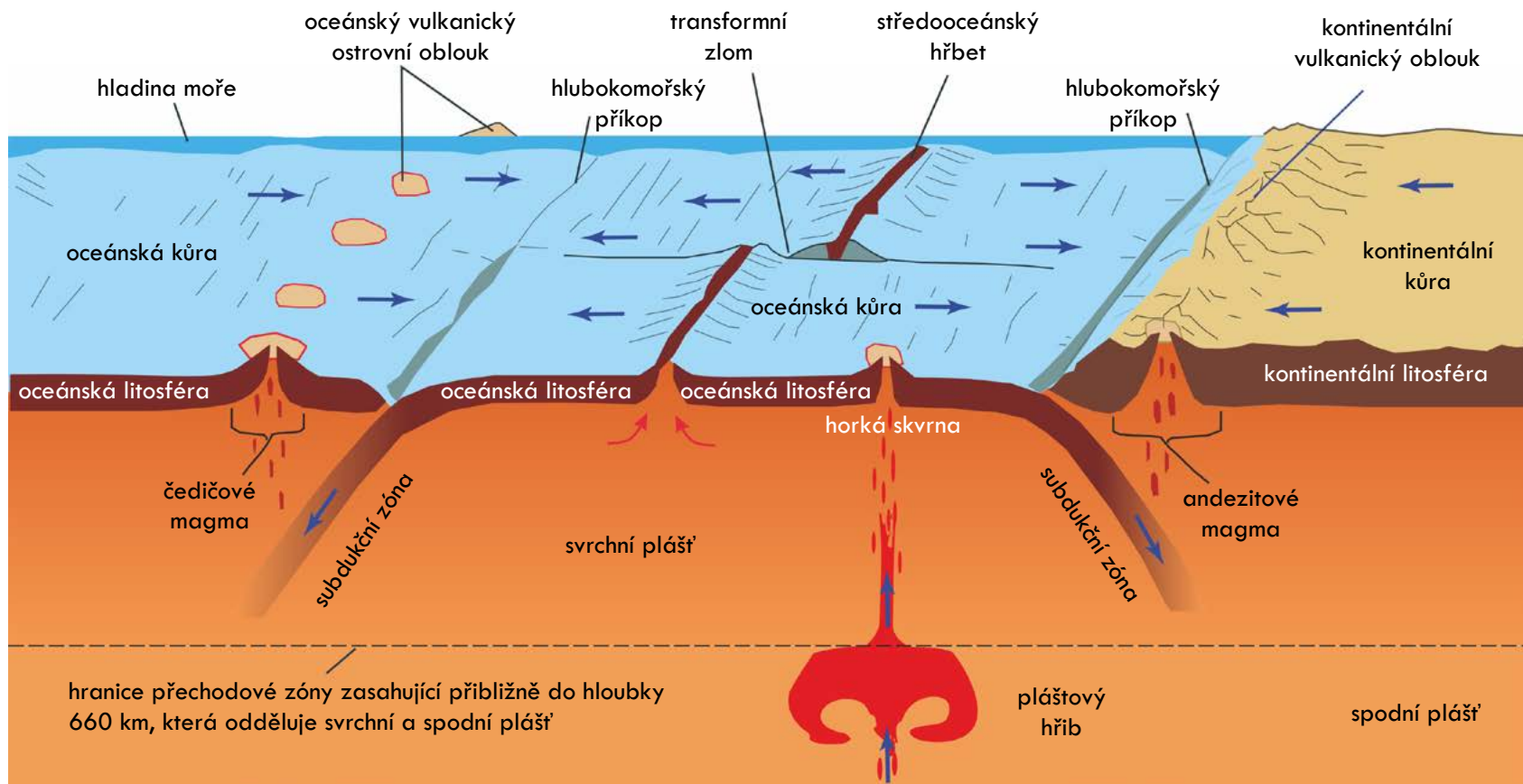
Sopky na Zemi nejsou rozmístěny náhodně. Zemská kůra (nejsvrchnější pevný obal Země) společně s horní částí svrchního pláště jsou rozčleněny na 7 velkých a řadu malých litosférických desek, které se pohybují po plastické vrstvě zemského pláště označované jako *astenosféra*. Průměrná rychlost pohybu dosahuje 5 až 10 cm za rok. Desky se na některých místech navzájem vzdalují, jinde se naopak srážejí, lámou nebo podsouvají jedna pod druhou. Všechny tyto procesy mohou vést ke vzniku sopečné činnosti na okrajích litosférických desek. Místo kolize dvou desek, z nichž jedna se zasouvá pod druhou, se označuje jako *subdukční zóna* a samotný proces

podsování jako *subdukce*. Nejčastěji se tak děje v oblastech, kde se tenčí oceánská deska zasouvá pod mnohem mocnější kontinentální desku. A právě v takových místech se zpravidla vyskytují oblasti s velmi silnou vulkanickou a zemětřesnou aktivitou. Nejlépe viditelná subdukční rozhraní se nacházejí v pásnu lemujícím okraje pacifické oceánské litosférické desky, označované jako *ohnivý kruh* (anglicky *Pacific Ring of Fire*). V tomto přibližně 40 000 km dlouhém pásnu se nachází více než 450 aktivních sopek a odehrávají se zde tři čtvrtiny všech zemětřesení na naší planetě. Vulkanismus neprobíhá pouze na okrajích litosférických desek, ale také v oblastech,

které se nacházejí nad *horkými skvrnami* (anglicky *hot spots*). Jako horké skvrny bývají označována místa situovaná pod litosférickými deskami nad plášťovými útvary nazývanými plášťové hříby (viz další kapitola). V oblastech nad horkými skvrnami může docházet k mohutným výlevům čedičových láv. Když dojde k posunu desky nad horkou skvrnou, přichází sopka o svůj zdroj magmatu a stává se vyhaslou. Postupně tak vzniká celý řetězec sopek, kdy podle polohy jednotlivých sopek je možné určit směr pohybu litosférické desky. Havajské ostrovy jsou výbornou ukázkou sopečného řetězce vzniklého nad horkou skvrnou.



Mapa distribuce subdukčních zón. Hloubka podsunutí litosférických desek, která se zvyšuje se vzdáleností od kolizního rozhraní, je barevně odlišena. V mapě je dobře viditelný pacifický ohnivý kruh. Zdroj: United States Geological Survey, volné dílo



Vulkanismus na naší planetě je z velké části vázán na hranice litosférických desek. Na obrázku můžeme vidět řez kolizním (odborně konvergentním) rozhraním různých typů litosférických desek, kdy je podsouvající se deska v hloubce v rámci subdukční zóny postupně tavena. Nově generované magma je následně zdrojem vulkanické činnosti vázané na oceánské nebo kontinentální vulkanické oblouky. Na obrázku je rovněž schematicky zobrazeno rozbíhavé

(odborně divergentní) prostředí dvou oceánských desek, mezi kterými dochází k vulkanické aktivitě v rámci tzv. středooceánských hřbetů. Vulkanismus je však také vázán na místa spojená s výstupem plášťových hřibů, jejichž zdroj leží velmi hluboko v zemském plášti bez zjevné vazby na hranice litosférických desek.

Obrázek: Yong-Fei Zheng, upraveno

Plášťové hříby

Ze všech abiotických dějin Země je nejdůležitější její termální historie. Nejprve si ranou Zemi představme jako jednoduchý dvojvrstvý model, kdy v hloubce 2 890 km pod povrchem Země leží roztavené jádro a nad ním poměrně viskózní, ale dost homogenní materiál pláště. Teplo se nepohybuje rovnoměrně v celé masě pláště, ale jako mnoho desítek kilometrů tlustý „sloup“ teplých hornin stoupá k povrchu, kde celá masa chladne, těžkne a v podobě deštníku či houby se vrací zpět k jádru. Nicméně je-li sloup, jemuž říkáme plášťový hřib (jindy se mluví také o plášťovém chocholu), skutečně mohutný, projeví se na povrchu jako celá vulkanická oblast. Takovou oblast označujeme anglickým termínem *large igneous province*, tedy velká vyvěrlá provincie.

Nyní pojďme tento model trochu komplikovat a uvažujeme o třívrstvěm teplotním modelu, jaký je či byl typický pro většinu planet zemského typu, které prošly ranými stadii svého geologického vývoje. Plášť Země se v hloubce asi 660 km rozdělil na dvě části, jež mají poněkud odlišnou teplotu a složení. Horký sloup plášťového hříbu už většinou neprorazí až k povrchu, ale zarazí se na plášťovém rozhraní. To prohřeje a způsobí

vznik menších horkých sloupů. Na povrchu Země se pak objevují jako horké skvrny. Někdy mohou být tvořeny např. vulkanickými horninami, jindy se jedná jen o přenos tepla. Někdy způsobí vznik poměrně statické horké skvrny, kolem které vznikají vulkány, ale častěji rozpohybuje zemskou kůru. Její těžknoucí, chladné části se zabořují do poloplastického pláště a vytlačují nahoru lehké, horké a málo viskózní horniny. Tím se vytvářejí zóny, kde nahoru proudí čediče a dna oceánů se rozpínají; a jiné zóny, kde se kusy chladnějších (a hydratovaných) kontinentů propadají do hloubky až k hranici svrchního a spodního pláště. Původně vertikální pohyb plášťového hříbu je poblíž zemského povrchu převeden do horizontálního směru deskové tektoniky. Kusy kontinentů se hromadí podél zaklesávajících (subdukčních) zón, až se vlastní vahou proboří do poloplastického spodního pláště. Tomuto jevu, který trvá desítky milionů let, se říká plášťová lavina. Seismická tomografie ji dokázala vysledovat až do hloubky 2 700 km. Odtud putují na několik málo míst na již nepřekročitelném rozhraní těžkého železného jádra a spodního pláště. Tato místa se poeticky označují jako hřbitov kontinentů.

Důležité je, že kusy kontinentů putují až z povrchu Země, takže v sobě obsahují hodně vody vázané např. do vrstevnatých křemičitanů, jako je chlorit. Jsou tak velké, že ani během dlouhého pohybu z povrchu planety na hřbitov nedokázaly všechnu vodu ztratit. Jenže teplo tekutého jádra Země nedokážou dlouho vzdorovat. Začnou se rozpadat a uvolňovat vázanou vodu. Voda má mnoho pozoruhodných vlastností, ale z hlediska vyvěrlých hornin je neocenitelná tím, že výrazně, až o stovky stupňů Celsia snižuje bod tavení křemičitanových směsí, které tvoří horniny. Úplně naspodu, v hloubce skoro tři tisíce kilometrů, začíná vznikat roztavená oblast, jež pomalu proudí nahoru. Někdy se zarazí o plášťové rozhraní v hloubce 660 km, ale jindy pronikne až skoro k povrchu.

Tento proces výměny tepla a vody zprostředkovaný plášťovými hříby mezi hlubokými částmi Země a jejím povrchem, mezi „peklem“ tavenin a „rájem“ podmořských zahrad patří mezi nezbytné, kritické procesy nejenom geochemického a dynamického vývoje Země, ale také vzniku a kontinuity života.

Vážení čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy Svět sopek zblízka: Zrození vulkánu.
Pokud se Vám ukáзка líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.