

Zem – vynikajúce miesto pre život

RNDr. Daniel Pivko, PhD.

Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Bratislava

Život vznikol a rozvíja sa len na jedinej planéte v našej slnečnej sústave a nebol zatiaľ zistený v žiadnych okolitých hviezdnych sústavách. Zem ako jediná z planét Slnečnej sústavy má práve takú polohu, ktorá umožňuje život. Zo začiatku, ako sa Zem formovala, život na nej nebol možný, bola príliš horúca. Život sa objavil pred približne 4 miliardami rokov. Počas histórie Zeme sa objavovali čoraz zložitejšie organizmy i napriek tomu, že život bol ohrozovaný rozmanitými klimatickými výkyvmi i náhlymi katastrofami.

História zeme a života

Zem vznikala podobne ako ostatné planéty postupným gravitačným spájaním čoraz väčších telies, ktoré svojou príťažlivosťou sťahovali všetky drobnejšie telesá v dosahu. Dôkazom prvých fáz vzniku Zeme a Slnečnej sústavy sú meteority. Najstaršie meteority majú vek okolo 4,55 miliardy rokov (Dalrymple 1991, Wiens 2002).

S rastúcou veľkosťou Zeme rástla teplota v jej strede až sa začala postupne od vnútra taviť. Ťažšie zložky ako železo začali prenikať do stredu, čím vytvorili *zemské jadro*, ľahšie sa dostali k okraju a sformovali *zemský plášť* a najľahšie, prchavé látky boli odstreďované mimo zemského telesa, čím vytvorili plynný obal *atmosféru*.

Zem stále chladla. Na povrchu sa vytvárala prvá *zemská kôra*. Bola však neustále poškodzovaná dopadom asteroidov a meteoroidov. Vzhľad Zeme pripomínal výzor terajšieho Mesiaca, na ktorom sa vývoj zastavil. Krátery neboli zarovnané povrchovými geologickými procesmi. Najstaršie mesačné horniny sú staré okolo 4,5 miliardy rokov a ťažké bombardovanie kozmickými telesami tu skončilo pred 3,9 miliardami rokov (Schmitt 1999). Najstaršie známe horniny na zemskom povrchu sú z Kanady a majú vek okolo 4 miliardy rokov (Earle 2000).

Najstarším známymi objektmi na našej Zemi sú však zrná minerálu zirkónu z Austrálie, ktoré sú staré 4,3 – 4,4 miliardy rokov (Earle 2000, Wilde et al. 2001). Tento chemicky a mechanicky veľmi odolný minerál pochádza z hornín, ktoré sa nezachovali. Zirkón je typický pre horniny zo skupiny žúl, ktoré sú charakteristické pre kontinentálny typ zemskej kôry. To znamená, že už v tomto období môžeme predpokladať prvé kontinenty.

Na vytváranie kontinentálneho typu kôry je potrebné, aby bola kôra ochladnutá na takú mieru, že už by sa na nej mohla udržať voda. Niekedy v tomto období sa začali vytvárať z dažďov prvé *oceány*. V prvotnom oceáne sa hromadili organické látky, ktoré sa mohli syntetizovať napr.

pôsobením UV žiarenia, elektrických výbojov alebo vulkanickej aktivity.

Vznik života je dodnes pre vedcov záhadou. Život na základe rovnakých znakov a reakcií vo všetkých živých organizmoch musel vzniknúť na jednom mieste, v jednom čase. Prvý život sa sformoval podľa nepriamych dôkazov (objavenia sa organického uhlíka) už pred približne 3,8 miliardami rokov (Cowen 2000). Prvými živými organizmami boli pravdepodobne *baktérie* alebo *archebaktérie*. Archebaktérie dokážu žiť i v extrémnych podmienkach horúceho bahna a horúcich prameňov. Znesú rozpätie teplôt od veľmi silných mrazov až po vyše 110 °C, môžu prežiť i v kyseline sírovej a v koncentrovanom slanom roztoku.

Časom sa na Zemi objavili primitívne fotosyntetizujúce organizmy – *sinice*. Sinice sú aj najstaršími zjavnými dôkazmi života. Ich kolónie sa našli v horninách z Austrálie starých 3,5 miliardy rokov (Cowen 2000). Okraje formujúcich sa kontinentov boli postupne lemované prúžkovanými horninami – stromatolitmi, ktoré vznikli činnosťou kolónií siníc. Sinice produkovali kyslík, ktorý sa postupne stával významnou zložkou atmosféry.

V čase pred 1,5 miliardou rokov sa objavujú jednobunkové organizmy so zložitejšou stavbou bunky – *jednobunkové riasy* a *prvky*. Neskôr sa ukázali prvé *mnohobunkové živočíchy*. Pred 0,7 miliardou rokov ich existovalo viac než 25 druhov (Gore 1999). Asi pred 600 miliónmi rokov sa zmenili parametre morskej vody. To dovolilo organizmom vytvárať pevné *kostry* a *schránky*. Kostra umožňuje oporu tela a tým aj rýchlejší pohyb. Schránka chráni organizmus voči „nepriateľovi“. Boj organizmov o prežitie prebiehal už od počiatku vzniku života.

Už zo začiatku prvohôr sú známe všetky živočíšne kmene, vrátane najzložitejších *chordátov* a ich skupiny *stavovcov*. V mori postupne prebiehal vývoj *rýb*. V prvohorách bola prvýkrát osídlená súš. Najskôr to boli výtrusné rastliny, potom článkonožce a prvé *obojživelníky*, ktoré sa pravdepodobne vyvinuli z rýb. Z obojživelníkov sa vyvinuli prvé *plazy*.

Z jednej alebo viacerých skupín plazov sa v druhohorách vyvinuli *cicavce* i *vtáky*. Medzi cicavcami sa objavili aj *primáty*. Na začiatku treťohôr sa postupne objavili všetky skupiny dodnes žijúcich morských a suchozemských organizmov. Obdobie plazov vystriedal prudký rozvoj cicavcov. Ovládli pozemské i vodné prostredia. Z primátov sa postupne vyvinul *človek*, jediný organizmus s rozumom, vedomím a vôľou.

Z čoho sa číta história zeme?

História človeka sa opiera o písomné pramene a nálezy výrobkov (nástroje, keramika, atď). *História celej Zeme* sa opiera o produkty geologických procesov – horniny, ktoré sa vytvorili v rôznych obdobiach. V konkrétnej hornine sa môžu nachádzať skameneliny organizmov, ktoré žili v danom období, a minerály, ktoré majú v sebe zapísané

rôzne informácie - napr. o teplote a tlaku vzniku ale aj o čase, v ktorom vznikli.

Porovnávaním vrstiev usadených hornín sa zistilo, že obdobné postupnosti vrstiev s tými istými skamenelinami sa opakujú v rôznych častiach sveta. Z toho sa podarilo vytvoriť ideálny sled vrstiev pre celú Zem a priradiť mu názvy období podľa typických skamenelín. Z tejto postupnosti vrstiev sa dá *jednoznačne* vyčítať, že v rôznych obdobiach Zeme sa menili organizmy. Postupne s časom sa objavovali čoraz zložitejšie formy života. Sled geologických období sa zobrazuje v stratigrafickej tabuľke.

Súčasná geológia sa opiera o *stratigrafickú tabuľku*, zostavenú na základe spomínaného poznatku, že vrstvy s rovnakými skamenelinami sú rovnako staré. Bez tohoto faktu, overeného nespočítateľne krát najmä na základe mikroskopických skamenelín, by sa nenašli mnohé ložiská ropy, plynu a iných surovín. Toto tvrdenie podporuje aj skutočnosť, že prudký rozvoj paleontológie (vedy o skamenelinách), stratigrafie (vedy o vrstvách) a sedimentológie (vedy o usadených horninách) podporujú práve ropné spoločnosti, ktoré by neinvestovali do niečoho, čo je nereálne, čo nefunguje, čo neprináša zisk.

Pôvodné stratigrafické tabuľky obsahovali údaje len o relatívnom veku, napr., že obdobie druhohôr je mladšie ako obdobie treťohôr. Celkový vek hornín v rokoch na základe rádioaktívneho rozpadu prvkov sa začal uvádzať asi pred 50 rokmi. Dnes existuje vyše 40 *metód* na meranie celkového veku s tisíckami meraní, ktoré neustále upresňujú vek jednotlivých geologických období a udalostí.

Príklady metód na určovanie celkového veku hornín s uvedeným polčasom rozpadu (Wiens 2002):

Sm-147 - Nd-143	106 miliárd rokov
Rb-87 - Sr-87	48,8 miliárd rokov
Re-187 - Os-187	42 miliárd rokov
Lu-176 - Hf-176	38 miliárd rokov
Th-232 - Pb-208	14 miliárd rokov
U-238 - Pb-206	4,5 miliardy rokov
K-40 - Ar-40	1,26 miliardy rokov
U-235 - Pb-207	0,7 miliardy rokov
Be-10 - B-10	1,52 milióna rokov
Cl-36 - Ar-36	300 tisíc rokov
C-14 - N-14	5,73 rokov

Jedny z najstarších hornín - ruly z Grónska, ktoré vykazujú vek okolo 3,6 miliardy rokov, boli datované piatimi nezávislými metódami (Dalrymple 1991, Wiens 2002):

U-Pb:	3,6±0.05 mld,
Pb-Pb:	3,56±0.10, 3,74 ±0.12 a 3,62±0.13 mld,
Rb-Sr:	3,67±0.09, 3,64 ±0.06, 3,62 ±0.14, 3,66±0.10, 3,61±0.22 a

3,56±0.14 mld,
Lu-Hf: 3,55±0.22 mld,
Sm-Nd: 3,56±0.20 mld.

Okrem relatívneho a celkového veku hornín sa v moderných stratigrafických tabuľkách objavujú obdobia normálneho a inverzného magnetizmu Zeme, zmena výšky hladiny svetového oceánu a začínajú sa objavovať zmeny teploty.

Niektoré faktory ovplyvňujúce život na zemi

Na našej Zemi existuje život nepretržite už okolo 4 miliardy rokov. Z toho vyplýva, že počas tohoto obdobia bola klíma na Zemi v rozpätí teplôt vhodných pre život. Je to div, lebo klímu ovplyvňovalo množstvo faktorov.

Slniečne žiarenie

Slniečne žiarenie svojim teplom a svetlom v podstate umožňuje život na našej Zemi, ale pôsobí aj negatívne. Zem sa musela vysporiadať s rastom slnečného žiarenia, ktoré je od vzniku Zeme asi o štvrtinu silnejšie (Sagan a Chyba 1997)

Obsah skleníkových plynov

Obsah oxidu uhličitého ako hlavného skleníkového plynu ovplyvňoval priemernú teplotu na našej Zemi. Jeho obsah sa môže zvýšiť napr. intenzívnejšou sopečnou činnosťou. Počas histórie Zeme boli teplé obdobia bez ľadových čiapočiek na pólach – *Greenhouse* a obdobia s ľadovými čiapočkami – *Icehouse*. Ľadové doby, keď ľadový pokryv siahal do mierneho pásma až extrémne obdobia s ľadom na celej Zemi – *Snowball Earth* znížili šance pre život, výrazne ho zredukovali. Po období *Snowball Earth* nastalo oteplenie (*Greenhouse*), kedy došlo k explózii životných foriem na konci starohôr a začiatkom prvohôr (Hoffman and Schrag 2000).

Život na Zemi ovplyvňuje aj striedanie ľadových a medziľadových dôb. Aj v medziľadovej dobe, v akej dnes žijeme, boli teplejšie a chladnejšie obdobia (Fleming 2001). Počas stredovekého oteplenia (800 – 1200 po Kr.) napr. Vikingovia kolonizovali Island, juh Grónska a preplavili sa do Severnej Ameriky. Na severnom Slovensku sa pestovala vínná réva. Za teplým obdobím nasledovala Malá ľadová doba (1550 – 1850 po Kr.), kedy sa kvôli zhoršujúcim sa prírodným podmienkam sťahovali ľudia do teplejších oblastí, napr. Škóti sa sťahovali do severného Írska, zanikli kolónie v Grónsku a zredukovali sa na Islande (Gore 2000, Camill 2002). Po Malej ľadovej dobe dochádza k otepľovaniu, ktoré sa prejavuje najsilnejšie za posledné desaťročia.

Zmeny výšky morskej hladiny

Klimatické výkyvy sú jednou z hlavných príčin zmien výšky morskej hladiny. Pri veľkom poklese morskej hladiny sa môžu vytvoriť pevninské mosty, ktoré spôsobujú vyhynutie veľkých skupín organizmov v dôsledku konkurencie príbuzných organizmov. Takáto udalosť sa udiala na konci tretohôr spojením Severnej a Južnej Ameriky (Paturi 1995).

Ozónová vrstva a kyslík

Zo začiatku kyslík nebol prítomný v zemskej atmosfére. Neskôr sa začal objavovať ako odpadový produkt siníc. Na tento toxický plyn sa časom organizmy prispôbili a začali ho využívať. Časom sa z neho vytvorila ozónová vrstva umožňujúca život na súši.

Kolízie kontinentov

Povrchová vrstva Zeme je rozlámaná hlbokými zlomami na rôzne veľké platne, ktoré sa vzájomne pohybujú. Tam, kde sa platne oddaľujú vzniká nové oceánske dno, kde sa približujú, oceánske dno sa pohlcuje. Keď sa úplne pohltnú, zrazia sa okraje kontinentov pričom sa vyvrásni pohorie. Veľké vyhynutie organizmov sa udiali vzájomnou konkurenciou príbuzných organizmov po spojení kontinentov. Napr. po spojení indického kontinentu s Áziou, kedy vznikli Himaláje, vyhynulo mnoho skupín organizmov.

Cirkulácia vody v oceánoch

Vplyvom pohybu kontinentov sa mení aj rozmiestnenie oceánov a tým aj cirkulácia vody v oceánoch. Napr. uzatvorenie spojenia medzi Tichým a Atlantickým oceánom na konci tretohôr vyvolalo zmenu prúdenia, ktorá mohla byť príčinou začiatku ľadových dôb (West 2002).

Predošlé faktory pôsobia postupne, zmena nastáva počas dlhšieho obdobia. Na Zemi sa diali aj náhle *katastrofické udalosti*.

Dopady asteroidov a komét

V prvej fáze tvorby Zeme dopadali kozmické telesá veľmi často, neskôr boli zriedkavejšie. Na rozhraní druhohôr a tretohôr pred 65 miliónmi rokov sa udiala katastrofa vyvolaná pravdepodobne dopadom planétky s priemerom asi desať kilometrov pri polostrove Yucatan (SIC 2002). Materiál vymrštený po jej dopade zatienil slnko, teplota klesla počas niekoľkých mesiacov pod bod mrazu. To malo nedozerné následky pre život, napr. vyhynuli dinosaury. Prežili však prispôsobivé cicavce, odolnejšie voči zmenám teploty. Podobné katastrofy sa na Zemi konali približne raz za 100 miliónov rokov (Nelson 2000).

Obdobia intenzívnej sopečnej činnosti

Na konci prvohôr došlo k najväčším známym erupciám v histórii Zeme, pri ktorých bola zaplavená čadičovou lávou západná časť Sibíri

o rozlohe 2,5 milióna km². Pravdepodobne s touto udalosťou je spojené najväčšie vyhynutie v dejinách Zeme, kedy zaniklo 95 % druhov organizmov. Možnú spojitosť s vyhynutím organizmov na konci druhohôr má mohutná erupcia čadičov v Indii, ktorá zanechala za sebou vrstvu čadiča hrubú 2 km s rozlohou 500 tisíc km² (Cowen 2000). Táto udalosť možno súvisela s dopadom asteroidu v Mexiku, ktorý vyvolal pnutie na opačnej strane Zeme, podobne ako to bolo pozorované na planéte Merkúr (Paine 1999).

Mnohé veľmi silné sopečné erupcie ovplyvňovali aj históriu ľudstva.

1. Pred 75 tisíc rokmi bola najmohutnejšia explózia počas štvrtohôr, ktorá bola 20x silnejšia než výbuch Tambory (viď bod 4). Sopka Toba na Sumatre vyvrhla okolo 1000 km³ popola a 2000 km³ lávy. Erupcia zanechala 170 km kráter. Znamenala výrazné klimatické zmeny, ochladenie klímy o 5 °C na tisíc rokov. Táto udalosť koinciduje s redukciou populácie človeka (Vann et al. 2002).
2. 1600 r. pr. Kr. vybuchla sopka Thera v Egejskom mori, ktorá pravdepodobne spôsobila zánik Minojskej civilizácie na Kréte (Manning 2002, Dayton 2002).
3. V roku 1783 sa udiala trhlinová erupcia Laki na Islande, ktorá vytvorila najväčší lávový prúd na Zemi pozorovaný v historickom období. Táto udalosť pravdepodobne vyvolala kruté zimy, veľké neúrody vo Francúzsku, čo mohlo viesť k Francúzskej revolúcii (USGS 2002, Dayton 2002).
4. V roku 1815 vybuchla sopka Tambora v Indonézii, ktorá vyvrhla 50km³ materiálu. Bola to najvýbušnejšia explózia za posledných 10 tisíc rokov. Na tri dni nastala úplná tma v okruhu 300 km, nasledoval „rok bez leta“. Priemerná globálna teplota klesla o jeden stupeň, niekde až 2,5 °C. V mnohých krajinách boli neprestávajúce dažde, sneh a mráz v letných mesiacoch. Nasledovali hladové búrky a nepokoje (Vann et al. 2002, USGS 2002).

Záver

Podľa vedeckých faktov a dobre overených teórií bol vývoj života na našej Zemi dramatický. Bol to boj s množstvom nepredvídaných nástrah. Napriek tomu sa vo vývoji života tiahla línia od jednoduchého k zložitému, ktorá vyústila až k objaveniu sa človeka. Toto nemožno vysvetliť náhodou, lebo pravdepodobnosť takéhoto sledu udalostí je prakticky nulová. Nedá sa to vysvetliť ani presným nastavením fyzikálnych parametrov, lebo takéto detaily fyzikálne zákony nezohľadňujú.

Literatúra

- 48 –
- [1] Camill P. 2002: Holocene climatic variability. Paleoecology Carleton. Carleton College. <http://www.acad.carleton.edu/curricular/BIOL/classes/bio375/>
 - [2] Cowen, R. 2000. History of Life. 3rd edition. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, Massachusetts.

- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/events/cowen1a.html>
- [3] Dalrymple G. B. 1991: *The Age of the Earth*. Stanford University Press.
- [4] Dayton J. 2002: Santorini and the collapse of the Bronze Age Civilisation. Atlas conferences. <http://atlas-conferences.com/cgi-bin/abstract/caji-61>.
- [5] Earle S. 2000: Very old Australian zircons with a story to tell. <http://www.mala.bc.ca/~earles/zircon-jan01.htm>
- [6] Fleming J. R. 2001: *Climate Change and Variation Mechanisms and Evidence*. Colby College, <http://www.colby.edu/sts/st215/6.2view/index.htm>
- [7] Gore A. 2000: Země na misce vah: ekologie a lidský duch. 2. vyd., Argo, Praha
- [8] Gore P. J. W. 1999: *The Precambrian*. Georgia Perimeter College. <http://www.dc.peachnet.edu/~pgore/geology/geo102/precamb.htm>
- [9] Hoffman P. F. and Schrag D. P. 2000: Snowball Earth. *Scientific American*. <http://burro.astr.cwru.edu/women/articles2/snowball.pdf>
- [10] Manning S. W. 2002: The Thera (Santorini) Volcanic Eruption and the Absolute Chronology of the Aegean Bronze Age. <http://www.personal.rdg.ac.uk/~lasmanng/testoftime.html#News>
- [11] Nelson S.A. 2000: Meteorites, Impacts, and Mass Extinction. Tulane University. <http://www.tulane.edu/~sanelson/geol204/impacts.htm>
- [12] Paine M. 1999: How an Asteroid Impact Causes Extinction. http://www.space.com/scienceastronomy/astronomy/asteroid_paine_october.html
- [13] Paturi F. R. 1995: *Kronika Zeme*. Fortuna Print.
- [14] Sagan C. a Chyba C. 1997: The early faint Sun paradox: Organic shielding of ultraviolet-labile greenhouse gases. *Science* 276: 1217 - 21.
- [15] Schmitt H. H. 1999: What does the Moon tell us about the Earth? Evolution of the Moon: The Apollo Model. University of Wisconsin. <http://silver.neep.wisc.edu/~neep533/LEC10/lecture10.html>
- [16] SIC (The Space Imagery Center), 2002: Chicxulub impact event. The University of Arizona, http://www.lpl.arizona.edu/SIC/impact_cratering/Chicxulub/Chicx_title.html.
- [17] USGS (U. S. Geological Survey), 2002: Description: Volcanoes and the Weather. http://vulcan.wr.usgs.gov/Glossary/VolcWeather/description_volcanoes_and_weather.html
- [18] Vann R., Gregory A., Harcourt J., Hunter E., Helm Ch. a Butcher B. 2002: Geohazards. 'The Secondary effects of Volcanoes'. University of Wales. <http://users.aber.ac.uk/rav/index.htm>
- [19] West I. M. 2002. Stratigraphy and Earth History - West's Geology Directory. <http://www.soton.ac.uk/~imw/stratig.htm>.
- [20] Wiens R. C. 2002.: Radiometric Dating. A Christian Perspective. <http://www.asa3.org/ASA/resources/Wiens.html>
- [21] Wilde, S., Valley, J., Peck W. and Graham, C., 2001: Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth at 4.4 Gyr ago, *Nature*, V. 409, p. 175 - 178.