

## 12. VÝVOJ ZEMĚ A JEJÍCH GEOSFÉR

### 12.1 Základy datování

- **zákon superpozice** – ve vrstevním sledu, složeném z řady neporušených, na sobě spočívajících vrstev, je každá vrstva spodnější (nižší) vždy starší než následující vrstva svrchnější (vyšší)
- **zákon stejných zkamenělin** – vrstvy, obsahující podobný soubor zkamenělin, lze považovat za stejně staré (platí pro cca posledních 600 milionů let)
- na obou zákonech může být založena jen **relativní časová stupnice**
- radiogenní izotopy jako výsledek rozpadu nestabilních prvků (zákon radioaktivního rozpadu) – **absolutní časová stupnice**
- **absolutní geochronologie** – z poměru obsahu izotopů příslušného dceřinného (hromadí se) a mateřského prvku (obsah klesá) lze určit stáří systému: nejčastěji izotopy  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{40}\text{K}$  - jejich poločasy rozpadu (čas nutný k poklesu počtu atomů radionuklidu na jednu polovinu) řádově shodné se stářím Země;  $^{14}\text{C}$  (radiouhlík),  $^3\text{H}$  (tritium) – sleduje se u nich pokles relativního obsahu mateřského prvku
- období existence Země (kolem 4,65 miliardy let) se dělí na:
  - a) předgeologickou vývojovou etapu – astrální období (období počátečního zformování Země jako planety) a raně geologické období (utváření prvotní atmosféry a hydrosféry)
  - b) geologické období

*Tab. 11.1/211*

### 12.2 Vývoj zemského jádra a pláště

- radioaktivní rozpad nestabilních prvků je nejvýznamnější primární zdroj vnitřní energie Země → změny elastických vlastností, objemu a hustoty hmot
- **gravitační diferenciaci** (pohyb lehčích hmot směrem k zemskému povrchu a pohyb těžších směrem k těžišti Země) – důsledek částečného natavení, látkové diferenciaci a chemických procesů
- růst poloměru jádra (gravitační diferenciaci asi z 86 %), zmenšování poloměru Země a potenciální energie, uvolňování značného množství energie
- konvekce hmot – mechanismus gravitační diferenciaci a přenosu tepla
- ve vývoji pláště je nejdůležitějším procesem postupné obohacování oxidem křemičitým  $\text{SiO}_2$  (rozpad fayalitu  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  na hranici jádra) a přechod železa do jádra
- v plášti původně Fe a FeO, uvolněný kyslík při přechodu železa do jádra oxidoval Fe na FeO a to na  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

*Obr. 11.14/230 – popis částí grafu*

### 12.3 Vývoj zemské kůry

- zemská kůra – sedimentární, metamorfované a vyvřelé horniny
- základ tektonika litosférických desek
- vyvřelé horniny – vulkanická činnost a subdukční zóny (magma)
- metamorfované horniny (ze sedimentárních a vyvřelých hornin při vysoké teplotě a tlaku v zemské kůře) – zóny subdukce
- vydělování prchavých a lehce tavitelných komponent oceánické kůry v zónách subdukce je mechanismem vytváření kontinentální kůry
- cyklus **zvětrávání – odnos – sedimentace – klesání (ponořování) – metamorfismus – magmatismus - zvětrávání**
- **Wilsonův cyklus vývoje oceánů:**
  - a) **počáteční období** – vznik a vývoj kontinentálního riftového systému (období vysoké vulkanické aktivity, hromadění materiálu v riftových depresích)
  - b) **mladé období** – uprostřed původně kontinentálního riftu se vytváří deprese s kůrou oceánického typu, riftová deprese se rozšiřuje poklesy ker podél centrálního zlomu, marinní sedimentace
  - c) **zralé období** – rozšiřující se oceánská pánev, hřbet s centrálním riftem – seismická a vulkanická aktivita, pasivní okraje kontinentů jsou součástí téže desky jako přilehlá část oceánu

- d) **úpadkové období** – přeměna pasivních okrajů kontinentů v aktivní (rozdělení desek), zmenšování oceánské pánve, na obvodu subdukce (zanikání oceánické kůry), při aktivních okrajích kontinentů pohoří andského typu
- e) **období uzavírání** – postupná zánik oceánské pánve, tektogeneze typu kontinent – kontinent, vulkanismus vázaný na subdukci zaniká
- f) **vytvoření geosutury (megalineamentu)** – definitivní zánik zbytku oceánů mezi sbližujícími se kontinenty, znásobení mocnosti kontinentální kůry, pásemná pohoří himálajského typu

*Obr. 11.15/232 – včetně popisu*

#### 12.4 Vývoj atmosféry a hydrosféry

- atmosféra a hydrosféra vznikly v důsledku **odplyňování láv**, uvolňovaných ze svrchního pláště, které vytvořily zemskou kůru (množství produktů vulkanismu řádově odpovídá hmotnosti zemské kůry)
- chemické složení vulkanických plynů – 70-80 % vodní pára, ve větší míře CO<sub>2</sub>, dále SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub> atd.
- **prvotní atmosféra** – tenká vrstva, ve stavu zářivé rovnováhy (množství pohlceného slunečního záření povrchem odpovídalo jeho výdeji dlouhovlnným zářením) → kondenzace značné části vodní páry do **prvotní hydrosféry**
- **kyselé deště** – rozpouštění HCl, HF, HBr, NH<sub>3</sub>, S a její sloučeniny, CO<sub>2</sub> ve vodě → reakce se zásaditými horninami na povrchu → v prvotní atmosféře hlavně vodní pára a část špatně rozpustných plynů
- nejintenzivnější uvolňování vodní páry z pláště v proterozoiku – část vázána v kontinentální a oceánské kůře (tzv. serpentinizace – olivín + voda + oxid uhličitý → serpentín + magnetit, siderit)

*Obr. 11.16/234 s popisem čar – viz opravný lístek*

- **změny obsahu kyslíku v atmosféře:**
  - a) prvotní atmosféra bez volného kyslíku, uvolňován při **fotodisociaci** vodní páry – část na oxidaci, část ho unikala do vyšších vrstev atmosféry; celkově asi 0,001 současného stavu – vznik organických sloučenin z neorganických molekul (mikroorganismy stáří 3,1-3,4 miliardy let, řasy - fotosyntéza); **oxidace plynů** (např. oxidací NH<sub>3</sub> se uvolňoval N<sub>2</sub>) – vliv na složení oceánských vod
  - b) 0,001 současného stavu kyslíku dosaženo asi před 1,2 miliardami let, při 0,01 dosažení **Pasteurova bodu** – přechod od fermentace k dýchání volného kyslíku – ochranné působení atmosféry pro UV záření (cca do 1 m v oceánech – rozšíření možností vývoje života) – pronikání rostlin na pevninu
  - c) 0,1 současné hodnoty – vznik ozonové vrstvy – rozšíření života na souši
  - d) současná koncentrace kyslíku dosažena díky **fotosyntéze** (překročena při velkém rozvoji rostlinstva)
- **změny obsahu CO<sub>2</sub>:**
  - a) odplyňování láv: katalytické reakce grafitu, rozklad karbidů, tepelná disociace prvotních karbonátů, oxidace CH<sub>4</sub> a CO
  - b) z atmosféry a hydrosféry uvolňován při vzniku karbonátů, spotřebováván při fotosyntéze
  - c) jeho růst vázán na růst koncentrací kyslíku – v minulosti větší obsah než dnes

#### 13. GEOGRAFICKÝ PROSTOR A JEHO ZÁKONITOSTI

- **vesmírné faktory** – působí na všechna tělesa ve sluneční soustavě a jejich intenzita je určována polohou tělesa uvnitř soustavy (vzhledem ke Slunci)
- **planetární faktory** – mají specifický ráz a jsou určovány individuálními zvláštnostmi dané planety
- spolupůsobení vesmírných a planetárních faktorů vytváří určitý systém přírodního prostředí – **fyzickogeografickou sféru**

##### 13.1 Geografický prostor a jeho struktura

- **geografický prostor** – část vesmíru, v němž Země vytváří speciální pole (např. tíhové, magnetické), podmíněná její přítomností a individuálními vlastnostmi jako konkrétní planety

- procesy v horní části geografického prostoru podmiňují samotnou možnost výskytu jednotlivých složek FGS, charakteristických právě pro Zemi, zatímco procesy v jeho dolní části řídí rozložení těchto složek na Zemi a jejich vývoj

#### **Obr. 15.1/325 a vysvětlení čísel v obrázku**

- **vertikální struktura geografického prostoru:**
  - a) **blízký vesmír** - oddělen mezopauzou od meziplanetárního prostoru, cca 1500-2000 km nad zemským povrchem, prolínání působení vesmírných faktorů s gravitačním a magnetickým polem Země
  - b) **vysoká atmosféra** – po ozonoféru, pohlcování velkých kvant energie
  - c) **fyzickogeografická sféra** – od ozonoféry po spodní hranici zóny hypergeneze v litosféře (oblast zvětrávání hornin) – základní energetický zdroj je sluneční záření, vznik a rozvoj života, cyklus oběhu hmoty a energie
  - d) **spodní kůra** – část zemské kůry od zóny hypergeneze po Mohorovičičovu diskontinuitu – oblast působení endogenních faktorů (prvotní reliéf planety)

### **13.2 Vybrané důsledky působení vesmírných a zemských faktorů v geografickém prostoru**

- působení slunečního záření Slunce v biosféře:
  - a) **vidění** – purpurový pigment sítnice, který při excitaci zářením mění svoji strukturu (např. schopnost živočichů orientovat se podle Slunce)
  - b) **fotoperiodismus** – změna struktury příslušného chromoforu při ozáření (fytodron – tvoří se v rostlinách za tmy a světlem se rozkládá) (rostliny: pohyb listů, zavírání a otevírání květů; živočichové – tzv. cirkadiální cyklus)
  - c) **fotosyntéza** – skládání ústrojných sloučenin v zelených rostlinách pomocí chlorofylu:  

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{světlo} \rightarrow \text{ústrojné sloučeniny} + \text{O}_2$$
energie vázaná fotosyntézou do ústrojných látek → životní pochody, ukládání v nové tkáni
- **uvolňování energie v živých organismech, hoření:**  

$$\text{ústrojná sloučenina} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energie}$$
- sluneční energie zachycená rostlinami se tak mění na chemickou energii ústrojných sloučenin, v níž může setrvávat různě dlouhou dobu
- druhotné sluneční vlivy se projevují prostřednictvím okolního prostředí (např. elektrická vodivost živých tkání, srdeční a nervová činnost vyšších organismů)
- **sluneční aktivita** – řada různých jevů, vyskytujících se v některých obdobích a oblastech na Slunci (sluneční skvrny, erupce, protuberance aj.)
- **sluneční skvrny** – chladnější místa ve sluneční fotosféře o teplotě kolem 4500 K, vznikající v oblastech zesíleného magnetického pole (tmavé jádro – umbra, světlejší okolí – penumbra)
- ukazatel sluneční aktivity - **Wolfovo relativní číslo  $R = k(10g + f)$** ,  
g - počet skupin skvrn  
f – počet skvrn na viditelné polokouli Slunce  
k – konstanta závislá na použitém zvětšení dalekohledu

#### **Obr. Wolfových relativních čísel**

- vlivy sluneční erupcí na Zemi

#### **Obr. 15.2/328**

- projevy sluneční činnosti v atmosféře a hydrosféře (cirkulace, počasí, podnebí)
- slapová dynamika geografického prostoru (gravitace Měsíce a Slunce)

#### **Obr. 15.7/334**

### **13.3 Energie a hmota v geografickém prostoru**

- působení jednotlivých složek geografického prostoru se uskutečňuje výměnou hmoty a energie (zemský, sluneční a kosmický původ)

#### **13.3.1 Oběh a transformace energie**

- různé formy energie (zářivá, kinetická, chemická, aj.) → tepelná energie
- sluneční energie 99,98 % energie v geografickém prostoru, vnitřní energie Země 0,02 %:

#### **Obr. 15.8/335**

### a) sluneční energie

- (1) - celkový tok zářivé energie Slunce
- (2) - globální záření pronikající k zemskému povrchu
- (3) - pohlcená sluneční energie spotřebovaná na výpar (latentní teplo)
- (9) - dlouhovlnné záření Země

### b) vnitřní energie (radiogenní teplo, energie uvolněná při zkracování zemského poloměru a při slapovém tření, potenciální energie)

- (8) - tok tepelné energie z hlubin Země
- **energie ve fyzickogeografické sféře**
- (4) - část sluneční energie akumulovaná v biomase zelených rostlin
- (5) - chemická energie humusové vrstvy
- (6) - chemická energie odumřelých organických látek (volná energie zóny zvětrávání)
- (7) - pokles organických hmot (chemická energie → tepelná energie → součást vnitřního tepelného toku)
- dynamická rovnováha energie geografického prostoru
- **antropogenní energie** – energie uvolňovaná spalováním přirozených geotermických akumulátorů (energie světové výroby) → ohřev atmosféry

### 13.3.2 Oběh hmoty

#### Obr. 15.10/338

- **velký oběh hmoty** v systému meziplanetární prostor – geografický prostor – hlubiny Země: hmota z hlubin Země do geografického prostoru v podobě produktů vulkanismu (1) a s vyvěřelými horninami (2)
- (3) - meteority a meteoritický prach
- (4) - únik atomů lehkých plynů do meziplanetárního prostoru
- (5) - pokles hmot ze zemské kůry do pláště
- (6) - předchozí hmoty (5) se po přetavení stávají součástí toků (1) a (2)
- **oběh hmoty mezi pevninou a oceánem**, spjatý s oběhem vody:
- (7) - výpar z oceánů
- (8) - srážky na oceánech
- (9) - část vody přenesené nad pevninu, vracející se jako povrchový a podzemní odtok zpátky do oceánů
- (10) - odnos plavenin a splavenin říčním odtokem do oceánu sedimentace mechanického materiálu, zatímco rozpuštěné látky se mísí s mořskou vodou (11), jsou pohlcovány mořskými organismy (13) a jako výsledek chemických a biochemických procesů vypadávají také na dno (12)
- **oběh vyvolaný činností biomasy (biologický):**
- (13) - spotřeba vody a produktů minerální výživy rostlinami na souši
- (14) - pohlcování CO<sub>2</sub> z hydrosféry a atmosféry
- (15) - uvolňování kyslíku při fotosyntéze
- **modifikace oběhu hmoty antropogenní činností:**
- (16) - spotřeba kyslíku při spalovacích procesech
- (17) - uvolňování CO<sub>2</sub> a dalších příměsí do atmosféry změna chemického složení atmosféry skleníkový efekt atmosféry

### 13.4 Obecné geografické zákonitosti

- výsledek vzájemné interakce vesmírných a zemských faktorů: