

Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část I.

Hadaikum, archaikum, proterozoikum

Rostislav Brzobohatý

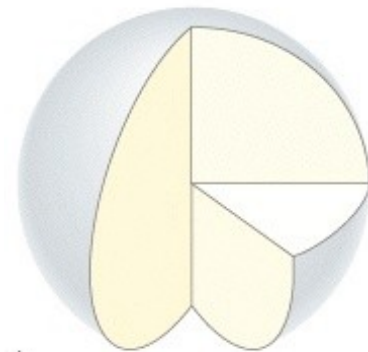
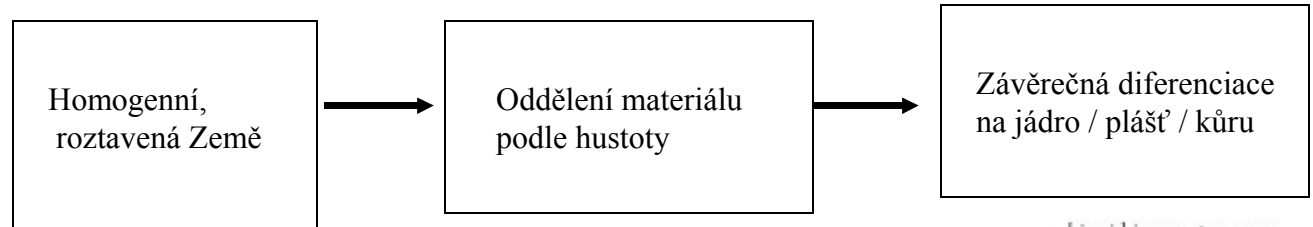
Hen-výběrovka 09



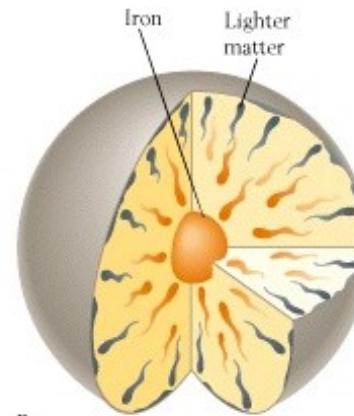
Velký třesk – 15 Ga – elementární částice, lehké prvky (H, He)-
hvězdy a galaxie první generace – bílí trpaslíci.

Neutronové hvězdy, černé díry, další lehké prvky – supernovy –
těžké prvky, hvězdy druhé generace s planetami – chemická evoluce

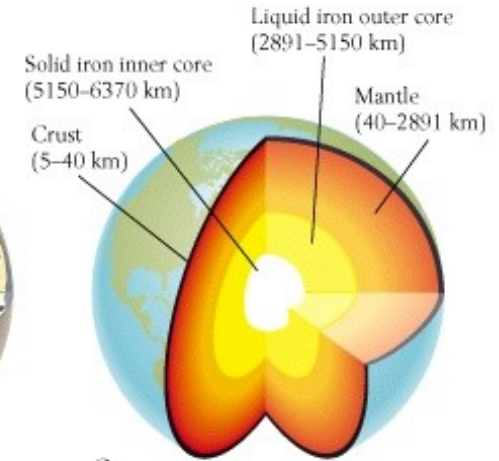
Tvorba Země jako planety zahrnuje



A



B



C

Earth History, Ch. 11

10

-Po počátečním oddělení Fe a Ni jádra a vnější silikátové slupky pokračovala diferenciaci na vnitřní (pevné, tlakový efekt – pevné Fe je hustší než tekuté Fe) a vnější (tekuté) **jádro**, **plášť** (Fe + Mg silikáty) a **kůru** (K + Na silikáty).

-Chladnoucí magma vytvářelo prvotní basaltovou („čedičovou“) kůru (tak jak je to dnes na dnech oceánů). Ta byla několikrát přetavena energií impaktů velkých asteroidů během hadaika.

-Kontinentální kůra je mladší a její tvorba souvisí s rozběhnutím geologických cyklů.

Země

Dnes:

Geosféra – Hydrosféra – Atmosféra – Biosféra – Noosféra

Geologické faktory:

Kosmické – sluneční energie (teplo, světlo), záření (UV, kosmické),
hmota (1 t/den, impakty mimozemských těles)

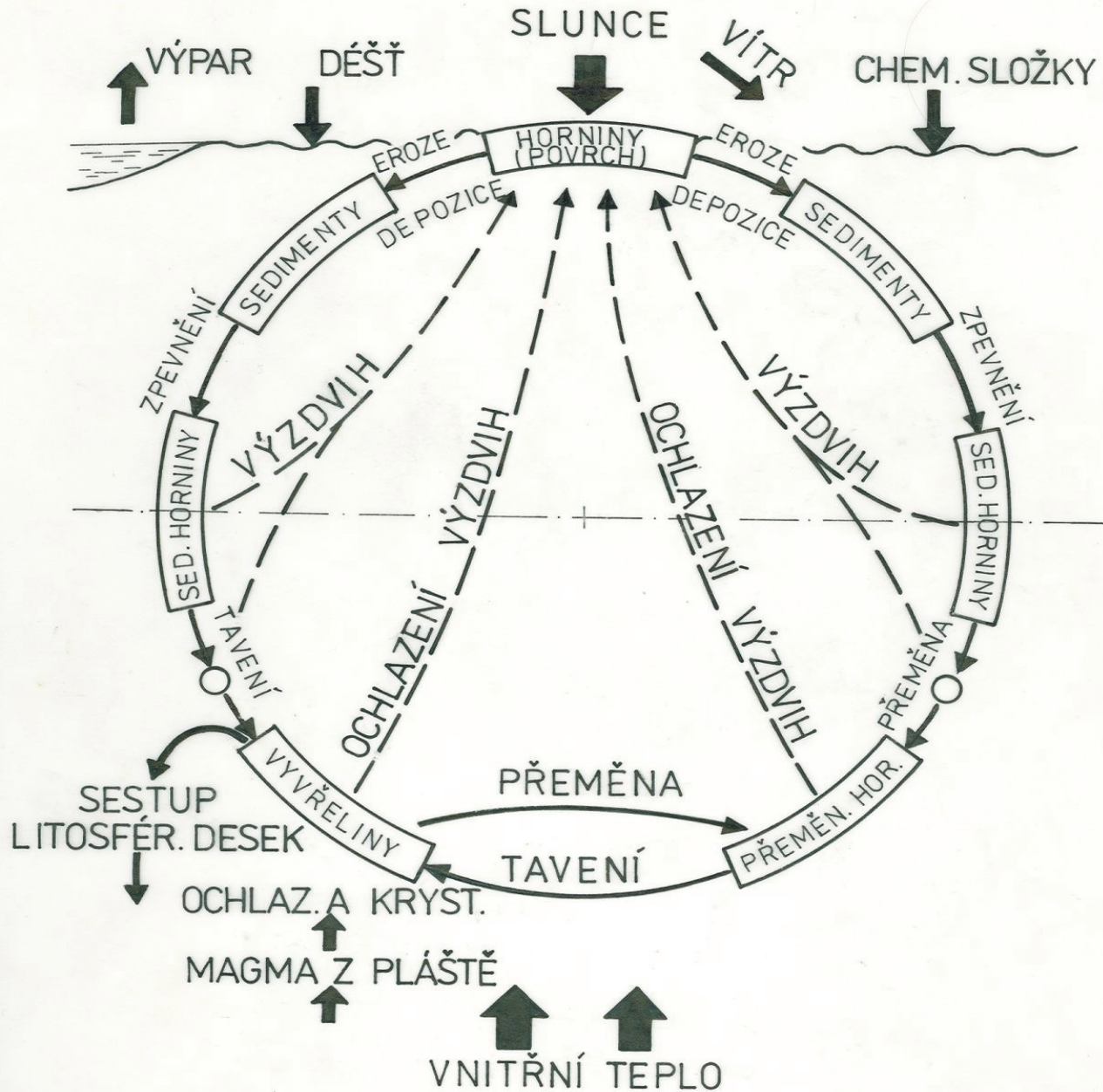
Zemské – zemský metabolismus /látkové cykly – geotektonický
(horniny), geochemický (voda, C, N, S, O, P), biologický,
člověk/

- geofyzikální pole (gravitační, magnetické, teplotní, elektrické)
- radiace (radioaktivní prvky – rozpad – teplo – výstup etc.)
- energetický systém (příjem sl. energ. – výdej vlastní energie)

Látkové cykly (jejich velikost)

- Hydrologický500 000 000 mil.t/rok
- Tektonický100 000 000 ''
- Člověk 4 000 000 (voda)''
50 000 jiné mat. ''
- Biologický 200 000 ''
- Sedimentární 10 000 ''

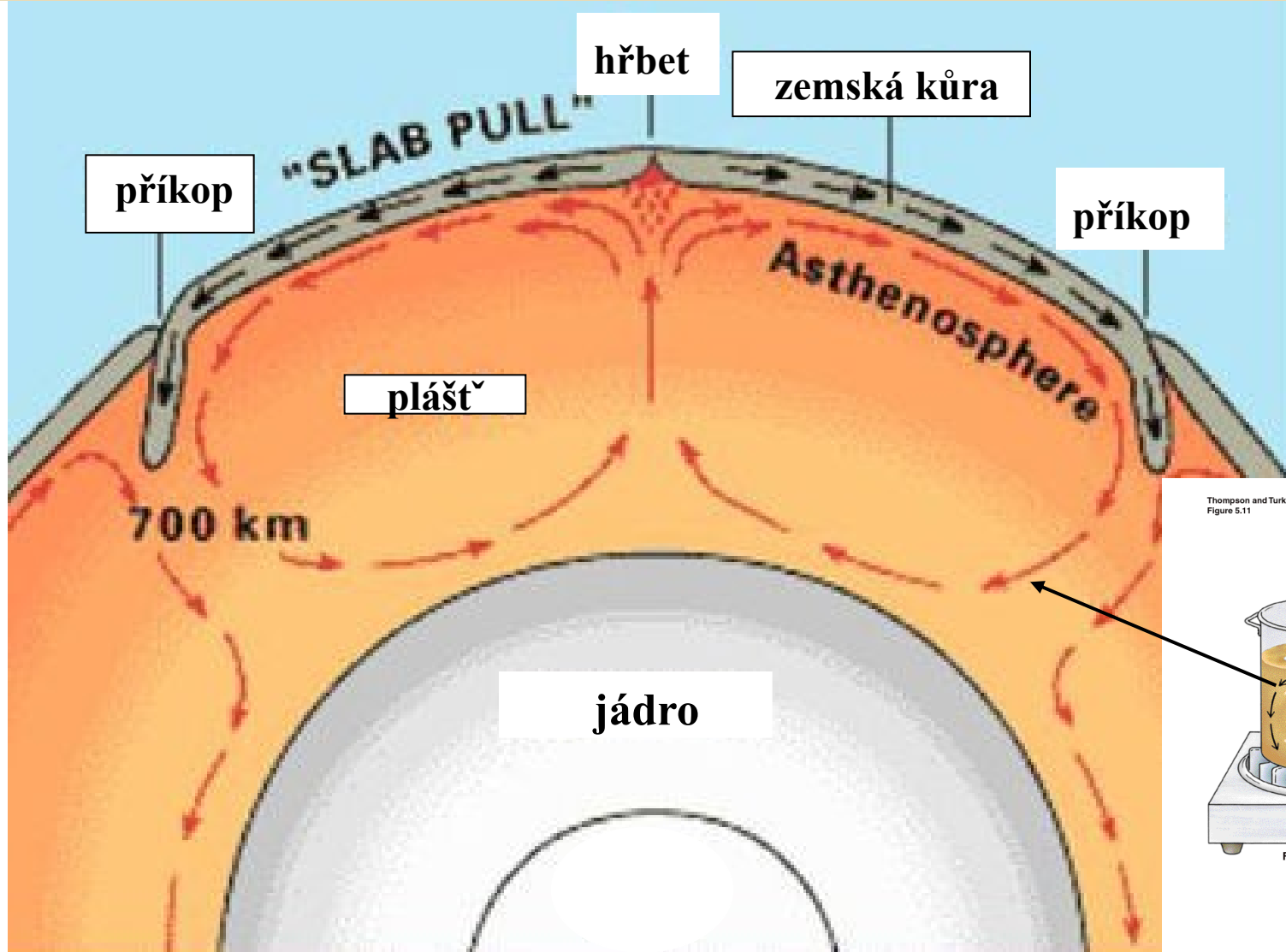
Horninový cyklus



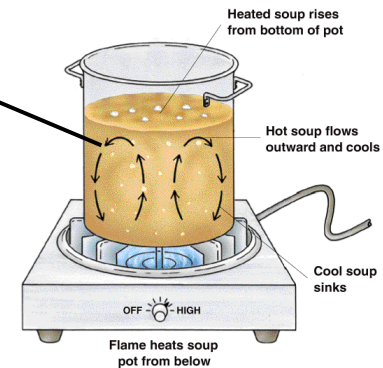
Tektonický cyklus

Starší hypotéza - konvekce

- vlivem proudění hmoty v zemském plášti se pohybují desky zemské kůry
- oddalují se a narážejí na sebe = podsouvají/nasouvají se => vrásnění, vznik horstev etc.



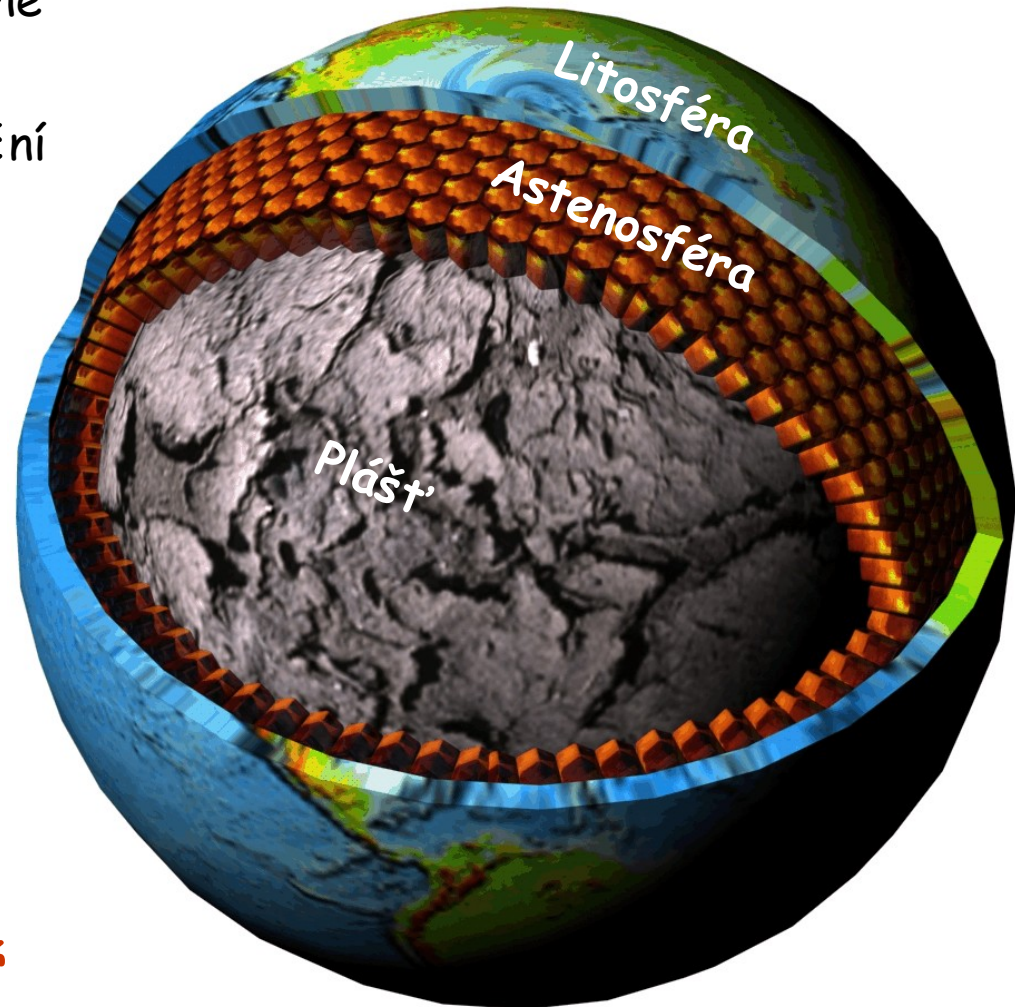
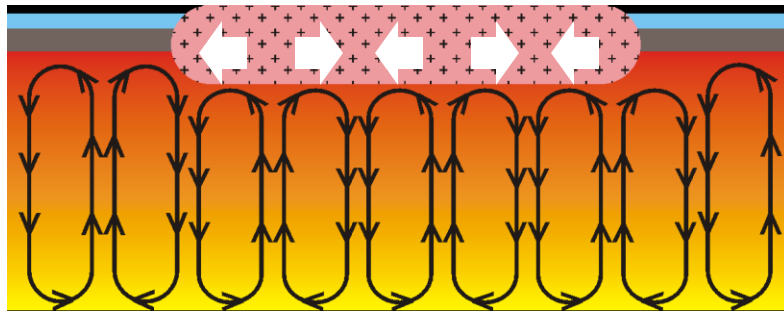
Thompson and Turk: Earth Science and the Environment, 2/e
Figure 5.11



Jak je to tedy s konvekčními proudy

Novější hypotéza

- Astenosféra je velmi plastická a horká = musí v ní probíhat konvekce
- konvekční buňky jsou avšak relativně malé a pravidelné
- experimenty prokázaly, že konvekční buňky mají zhruba tvar šestibokého hranolu, o délce hrany ~500 km
- vzhledem ke své velikosti nemohou konvekční proudy hýbat deskami, jejich účinky se vzájemně ruší

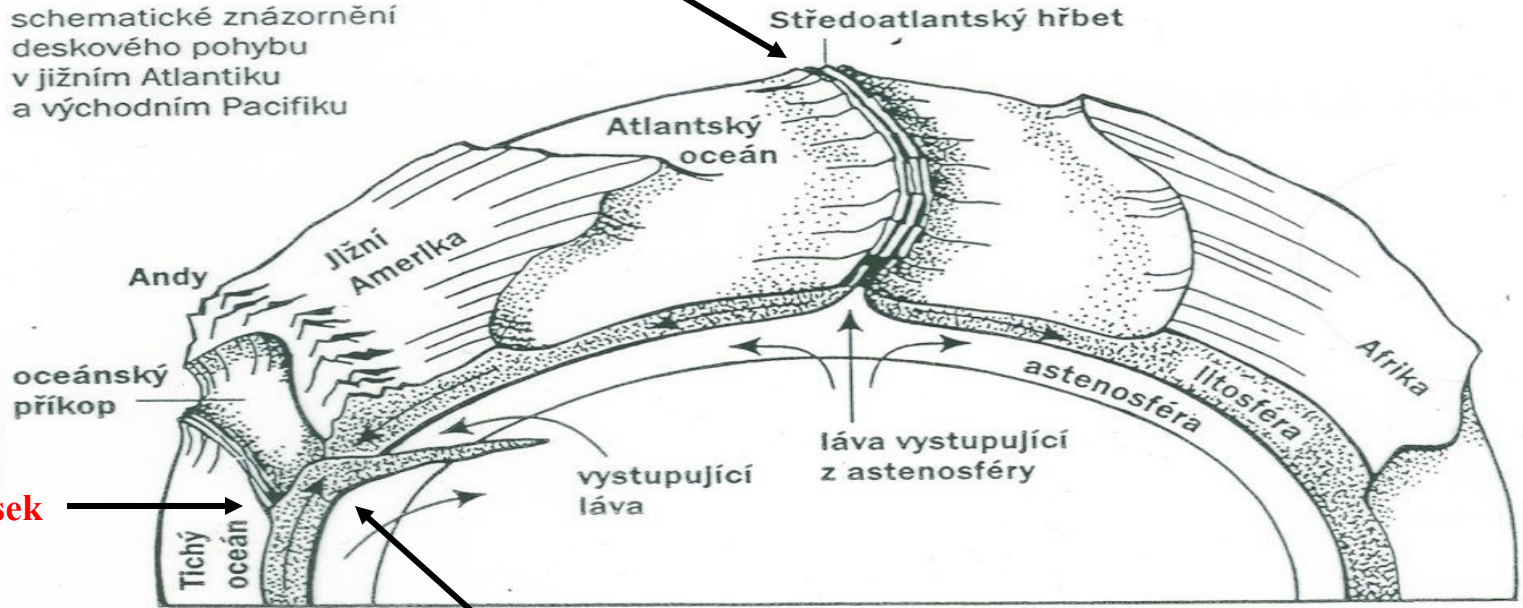


Konvekční proudy (buňky) vytvářejí jakýsi polštář, po kterém desky kloužou

Desky se zabořují a podsouvají vlivem spredingu a rozdílné hustoty litosféry a astenosféry

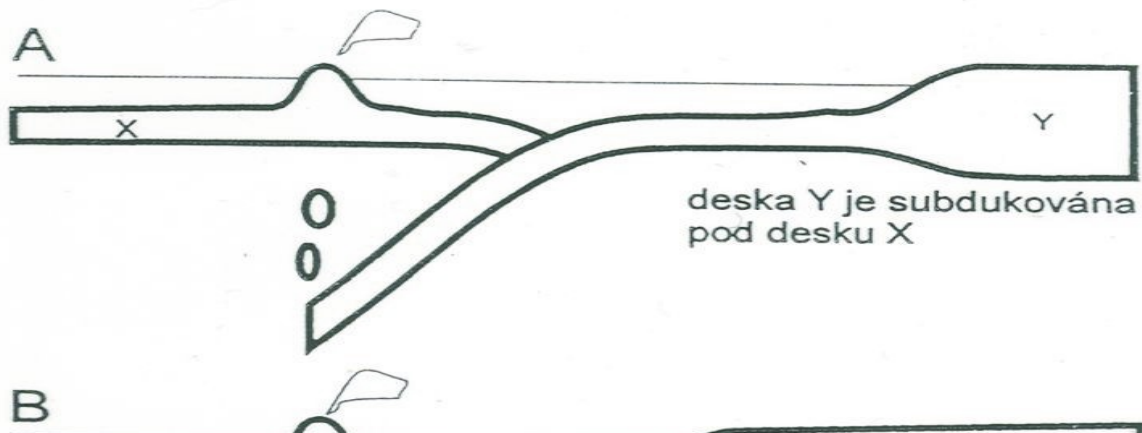
rozpínání desek

schematické znázornění
deskového pohybu
v jižním Atlantiku
a východním Pacifiku

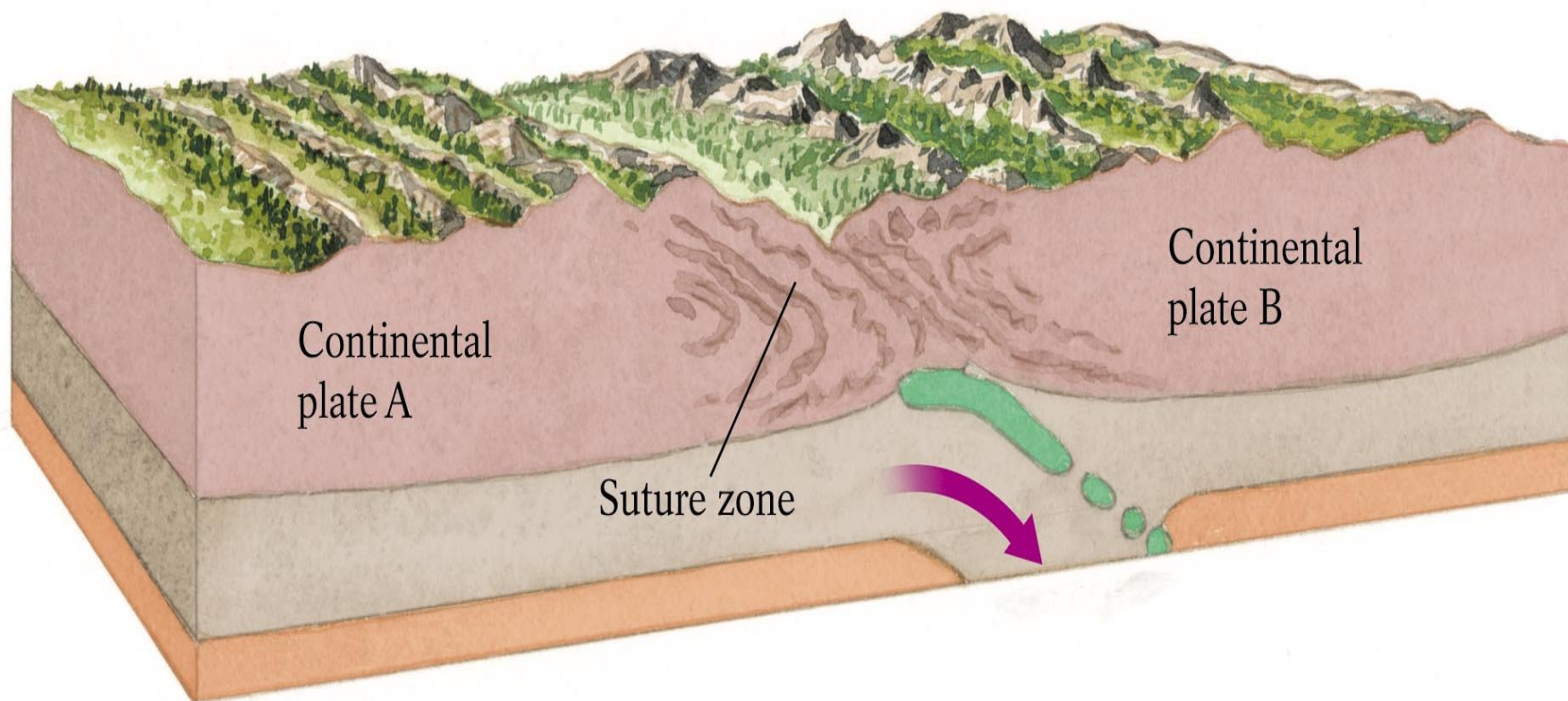


rážení desek

podsování desky Nazca (Pacifik)

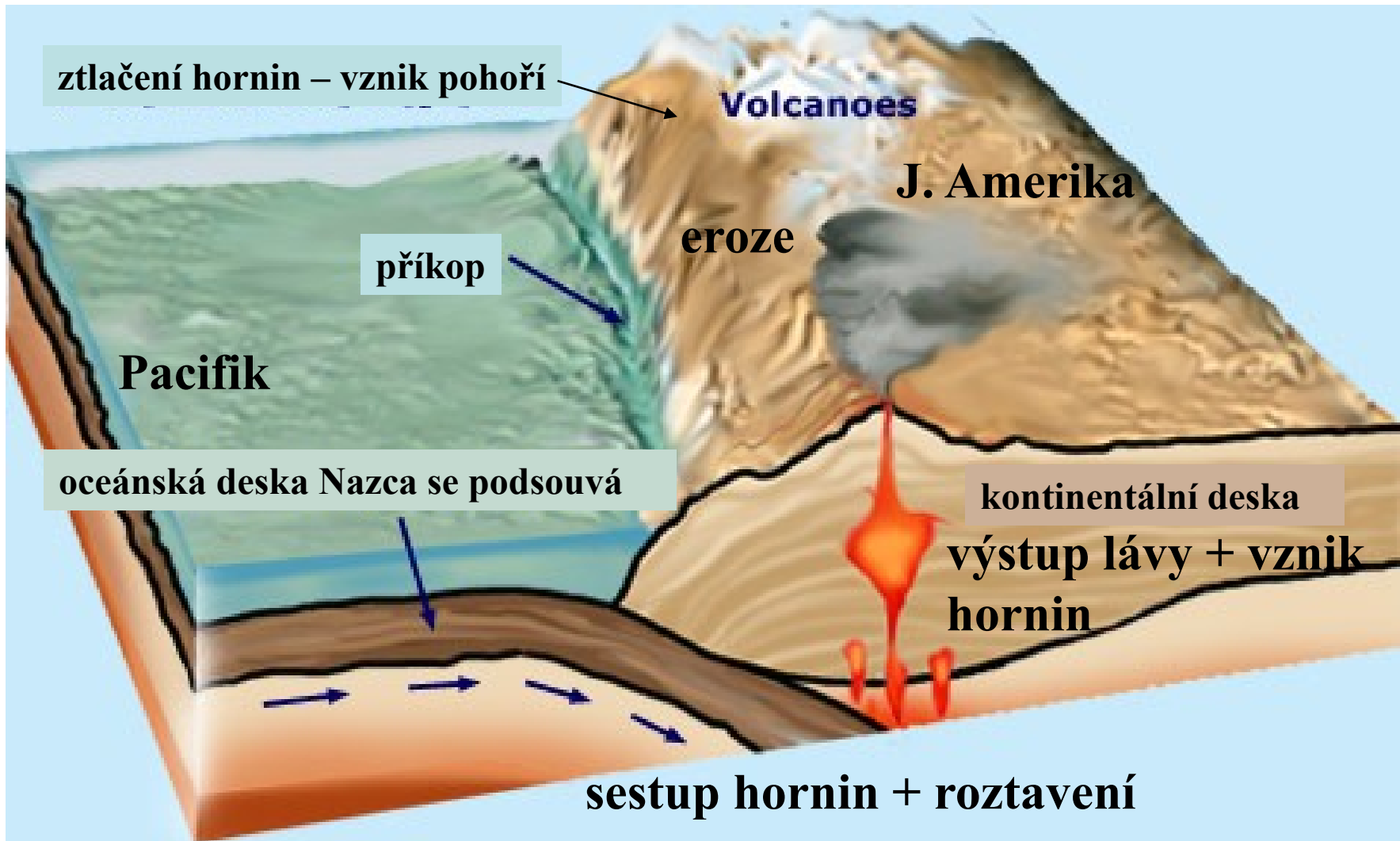


Příklad nárazu kontinentálních desek a vznik pohoří



(d)

Podsouvání (subdukce) oceánské desky pod kontinentální desku (např. Nazca pod Jihoamerickou) v současnosti



Trapy – DEKKAN
byly na místě dnešního
Reunionu před 65 miliony let

„horká skvrna“
REUNION
(dnes)

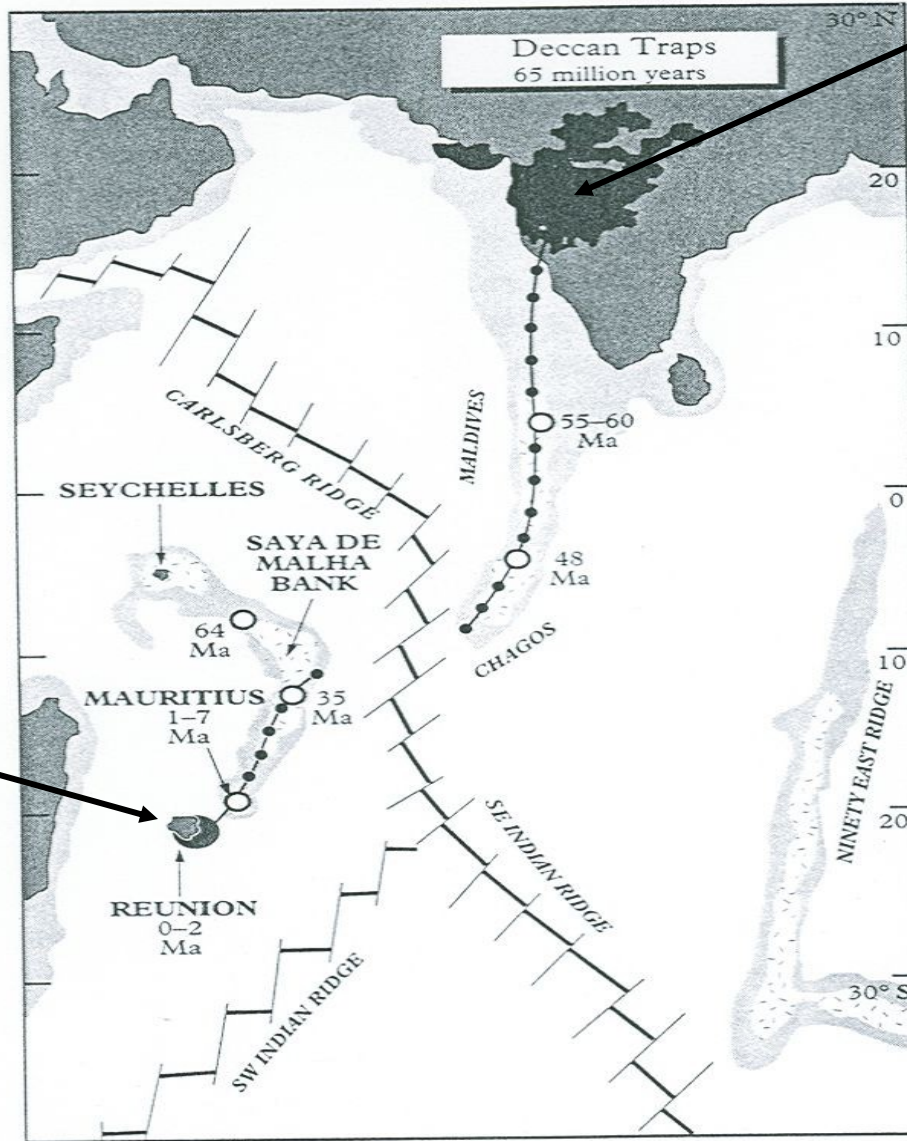
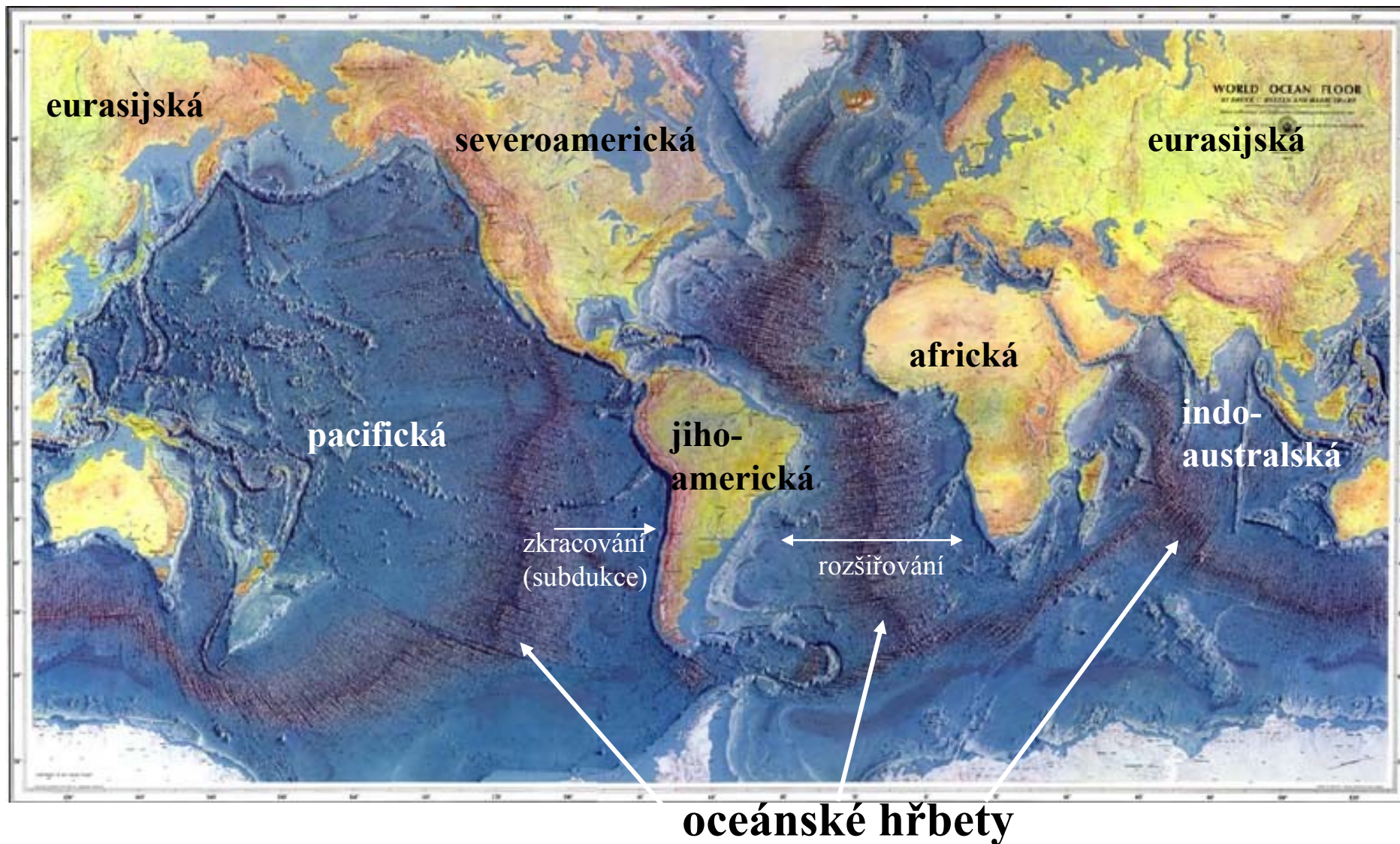


Figure 5.1
Part of the Indian
Ocean, showing
chains of seamounts
leading from the
active Réunion
hotspot, to the
Deccan Traps. Age
progression (in Ma)
is shown where actual
measurements were
carried out on
dredged samples.

Svědectví rozevírání Indiku, pohybu desek a rozsáhlé povrchové výlevy láv (čediče) na konci křídy (65 Ma)

Oceánské dno – svět, dnešní pohled, rozložení nejdůležitějších desek



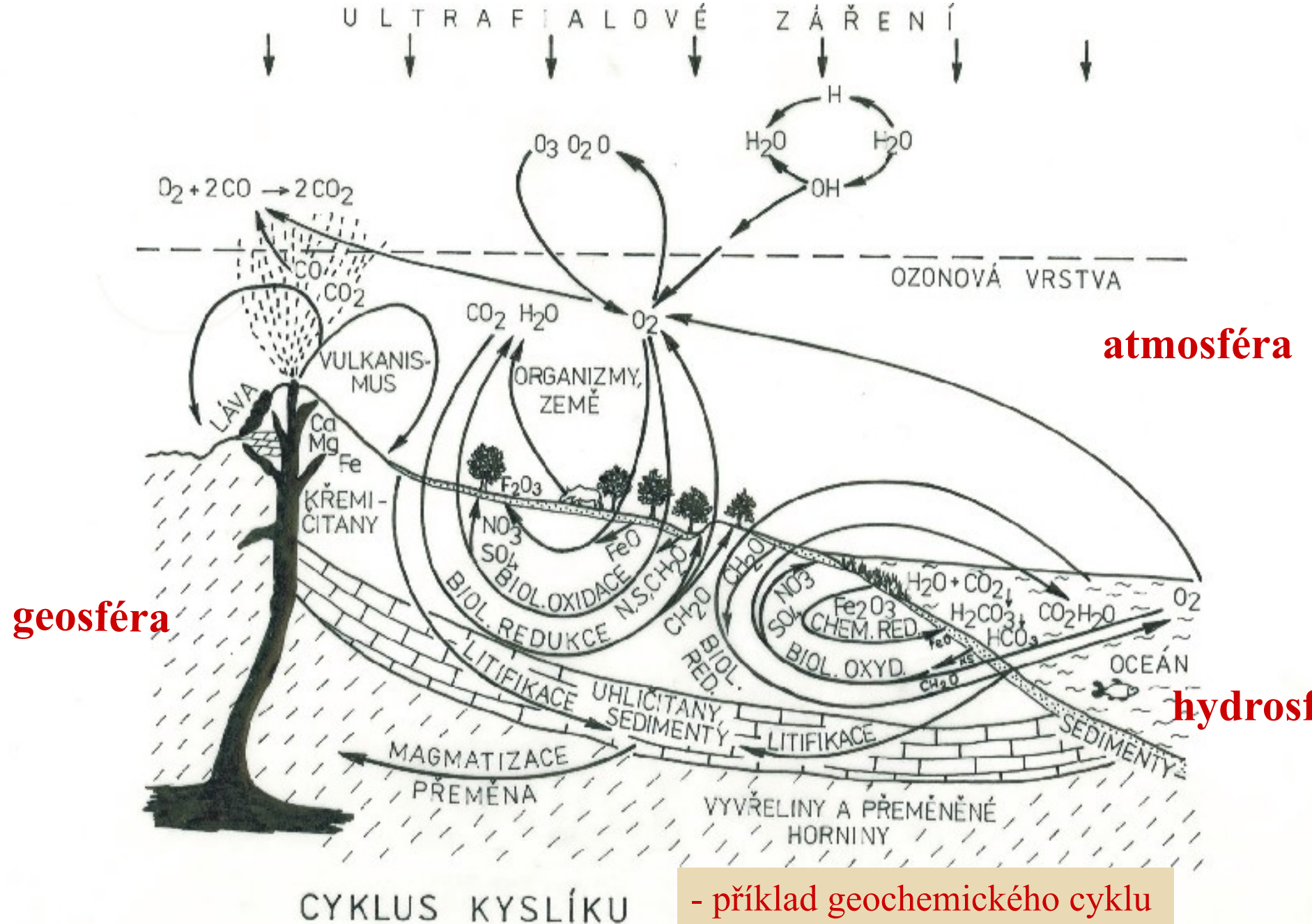
Dnešní rozložení desek na planetě

Mosaic of Earth's Plates





Zlom San Andreas, Kalifornie



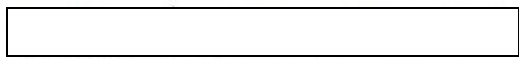
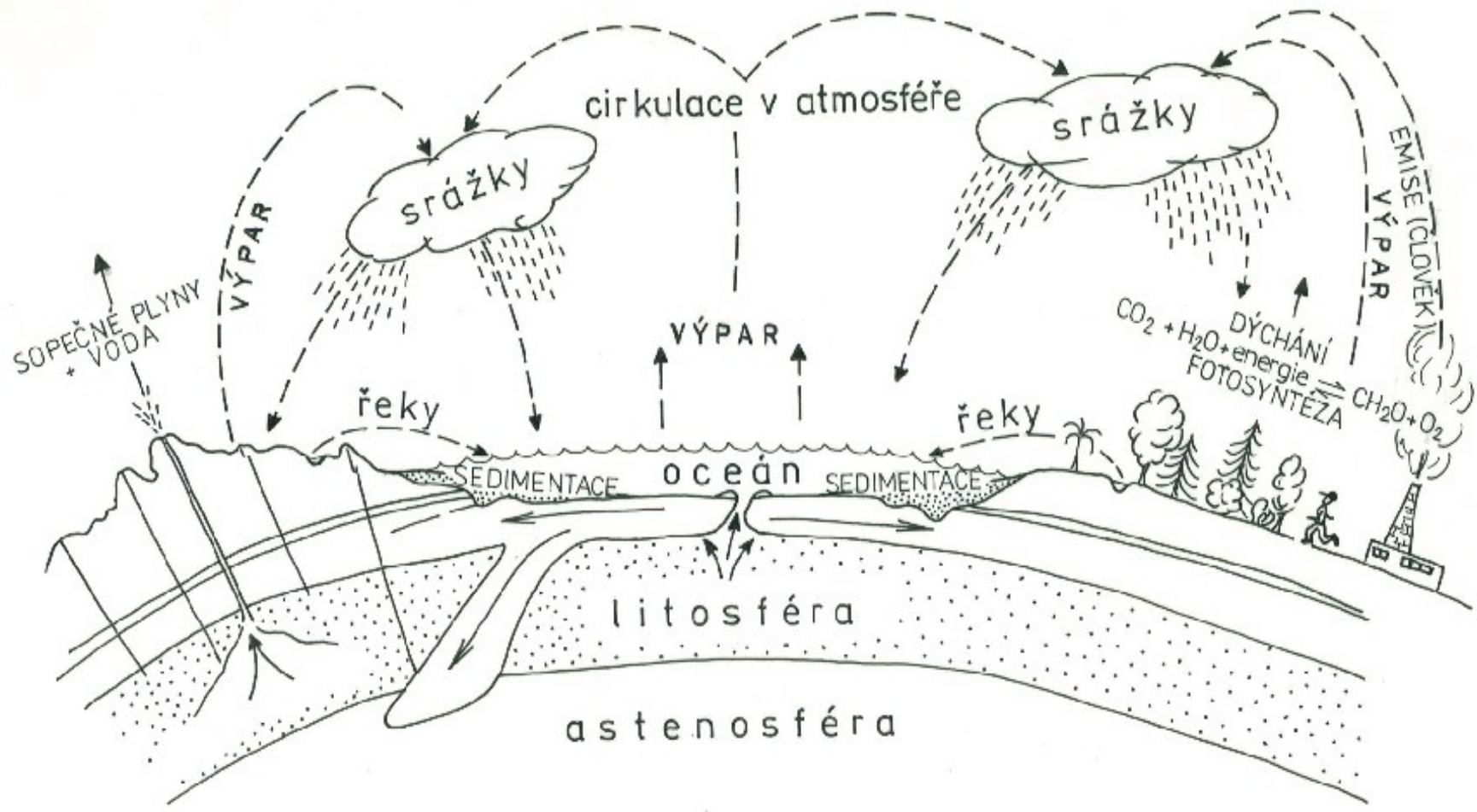
atmosféra

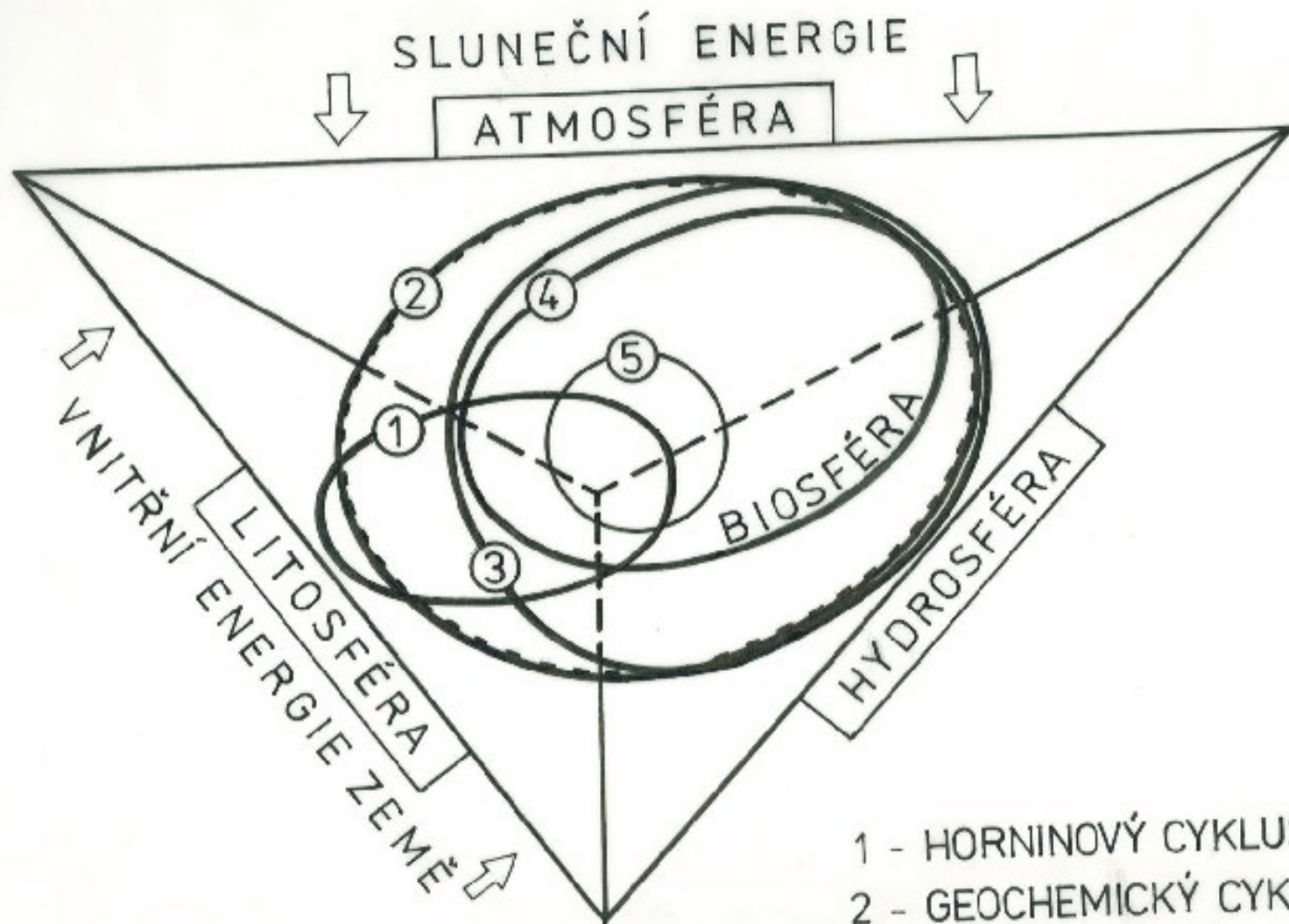
geosféra

hydrosféra

- příklad geochemického cyklu

Zemský metabolismus





- 1 - HORNINOVÝ CYKLUS
- 2 - GEOCHEMICKÝ CYKLUS
- 3 - HYDROLOGICKÝ CYKLUS
- 4 - BIOLOGICKÝ CYKLUS
- 5 - LIDSKÁ SPOLEČNOST

**Znázornění prolínání jednotlivých sfér
– Země jako celistvá entita**

Prekambrium

Vysvětlivky:

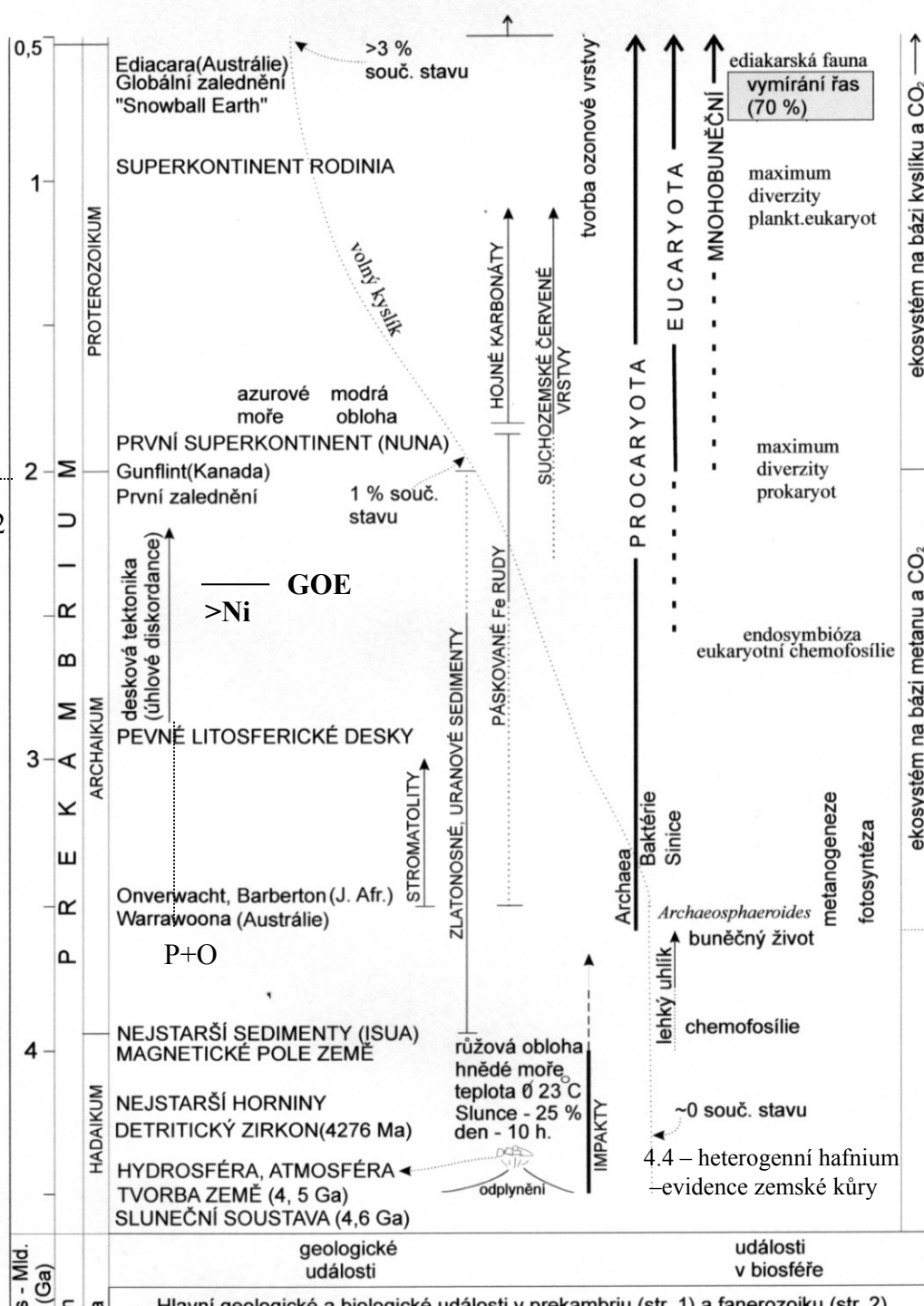
>Ni – ochlazení pláště, snížení vulkanizmu = snížení obsahu Ni v oceánech = omezení metanogenů, kolaps metanu, rozvoj producentů O₂

GOE = Great Oxidation Event (globální oxidace povrch. vod, viz izotopy síry)

P+O = pilow lávy + ofiolity, prokazují start deskové tektoniky (Isua, 3.8 Ma)

geol. jev

pokračuje končí

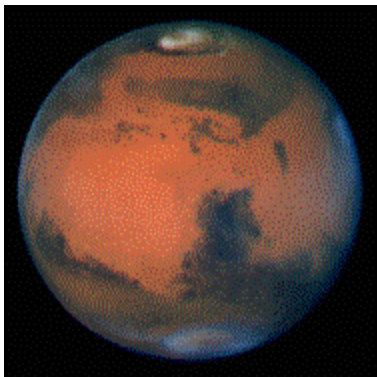


Globální ekosystém na bázi kyslíku a CO₂

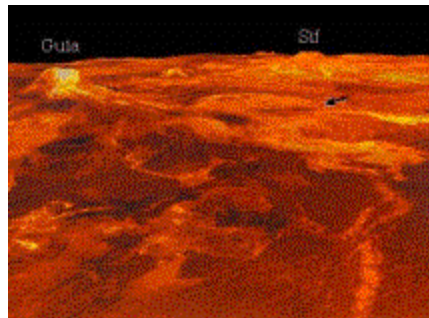
Globální ekosystém na bázi metanu a CO₂

Časná atmosféra

- Prvotní atmosféra Země (H, He) byla odváta slunečním větrem. V úsvitu planety ještě nebylo magnetické pole – vytváří se kolem 4 Ga (po spuštění dynama tekutého jádra).
- Časná stabilní atmosféra udržovaná gravitací = < inertní N + CO₂
Aby byl CO₂ odstraňován z atmosféry je třeba voda v kapalném stavu.
 - Mars je příliš studený.
 - Venuše je příliš horká.
 - Obě planety mají CO₂ atmosféru.
- Jen na Zemi je hydrosféra a proto většina CO₂ vázána ve vápencích, dolomitech a v živé hmotě!



Mars



Venuše



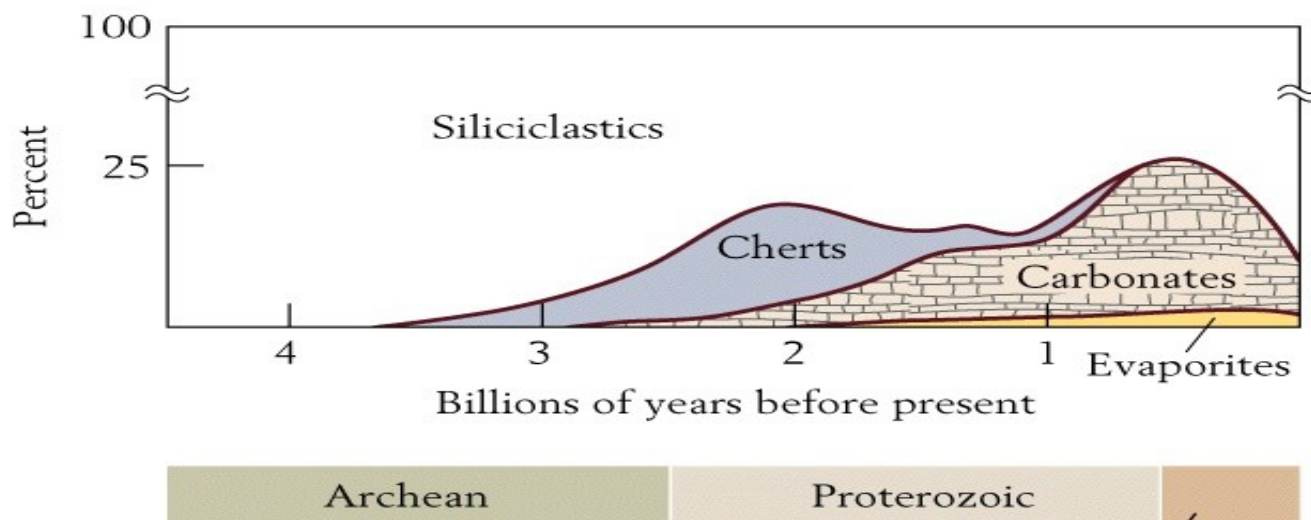
Země

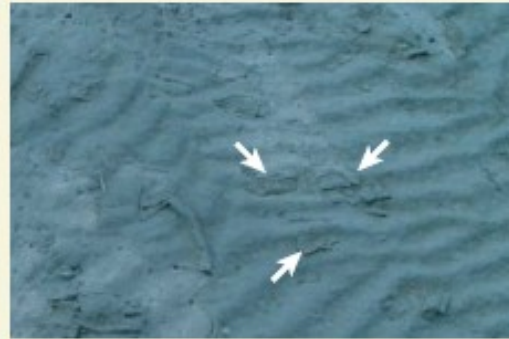
Archaické až proterozoické sedimenty (litosféra):

Archaikum:

- Většinou hlubokovodní klastické uloženiny (břidlice, pískovce) s vysokou koncentrací erodovaného vulkanického materiálu.
- **Převažují rohovce.**
- Absence mělkovodních šelfových vápenců (karbonátů) a evaporitů.
- Časté páskované Fe rudy (vulkanismus = volné Fe + nastupující volný kyslík vlivem životní činnosti prokaryot). Páskovaný = hydroxidy Fe + polohy rohovců
 - Stromatolity (laminované sedimenty vzniklé životní činností cyanobaktérií a řas)
 - V **proterozoiku** nastupuje již silná tvorba karbonátů a ustupují rohovce.

Archean rocks

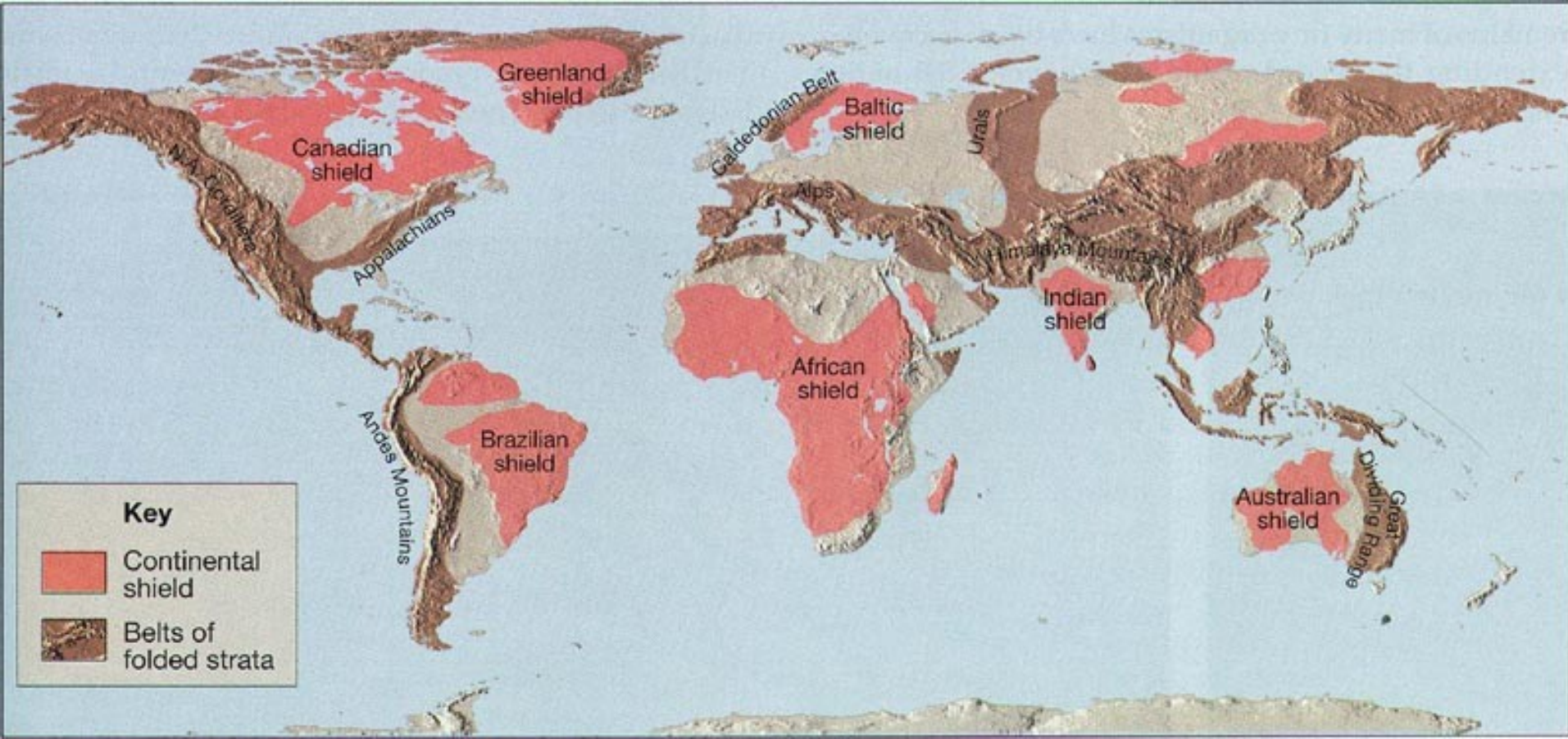




Horniny 2.9 Ga staré (Pongola Supergroup, J. Afrika) obsahují struktury shodné se strukturami, které vytvářejí **mikrobiální filmy („mats“)** v příbřežních zónách recentních moří (vlevo fosílie z Pongoly, vpravo recentní srovnání)

- a) uvolněný a přemístěný lupínek,
- b) b) zvrásněná hornina

Nejstarší horniny zemské historie jsou zachovány v tzv. štítech kontinentů (červeně). K těmto štítům (kratonům) se přiřkládaly jednotlivými orogenezemi mladší části zemské kůry (viz desková tektonika).

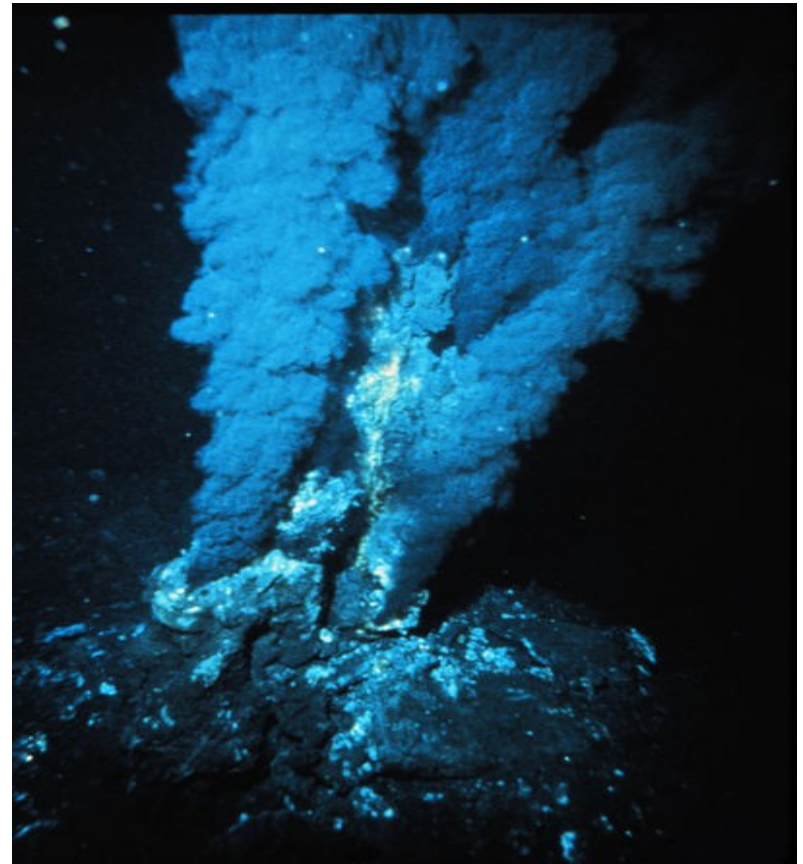


Vznik života – viz samostatné téma

Život na Zemi z geologického pohledu:

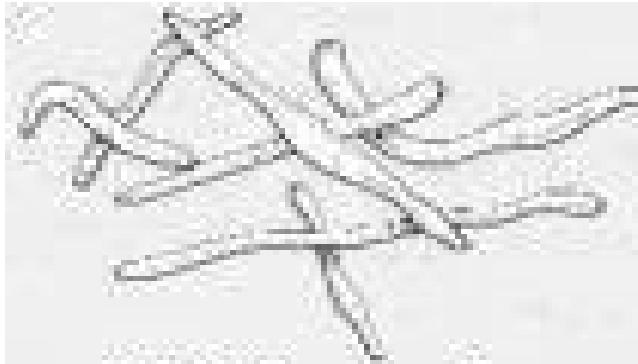
- Vznikl nejspíše na Zemi abiogenezí, před ~3.8-3.5 Ga, v blízkosti hydrotermálního či vulkanického prostředí v možné kombinaci s prostředím chladným nebo ve velkých hloubkách zemské kůry (Země = matka, Gaia)
- Je kontinuální, procházel však velkými krizemi
- Lze ho rozdělit systematicky do tří domén:
Archaea Bacteria Eucaryota
(nesymbiogenetické buňky, Procaryota) (symbiogenetické buňky)

Kuřavky – výstup hydrotermálních pramenů, dna oceánů, blízkost středooceánských hřbetů (stálý přísun stavebních částí a energie; mikrokaverny-sklatba molekul; prudký teplotní gradient: horká voda = sklatba monomerů, chladná (popř. i v ledových prostředích) = řetězení, vznik RNA; syntéza lipidů a stavba membrán (mohla proběhnout i mimo toto prostředí). Opuštěním prostředí mikrokavern začíná „LUCA“ svůj vlastní nezávislý život.



Archaea – ukázka recentních zástupců

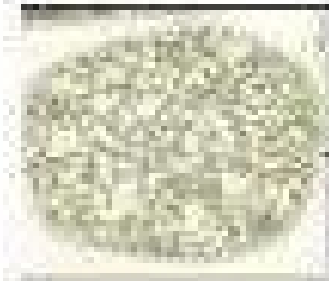
(pozn.: nebyl zjištěn žádný patogen)



Halobacterium



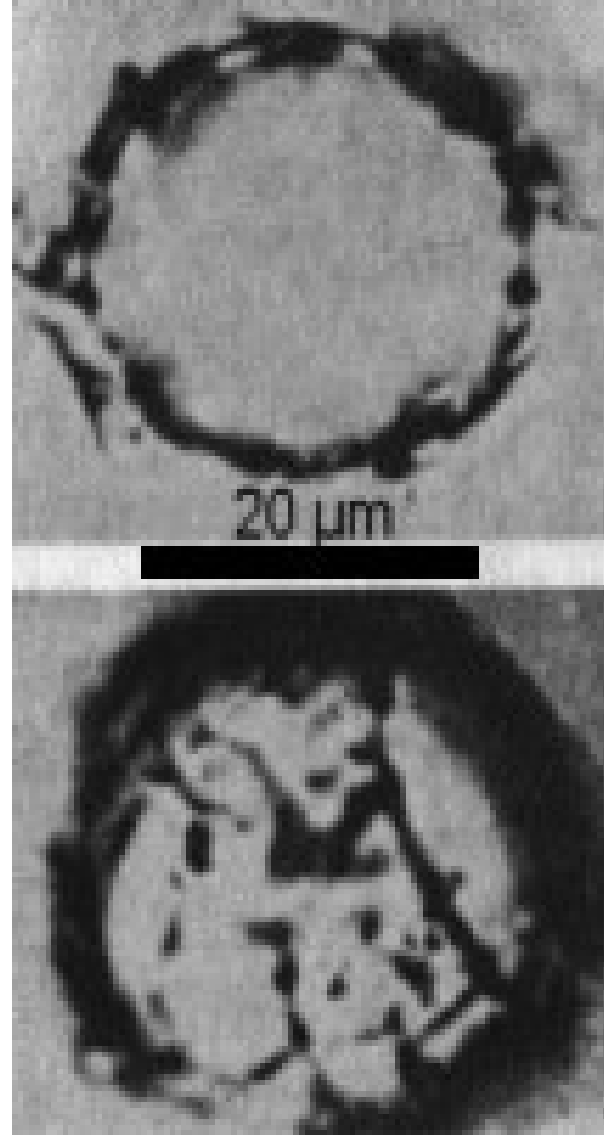
Thermoproteus



Sulfolobus



Methanococcus

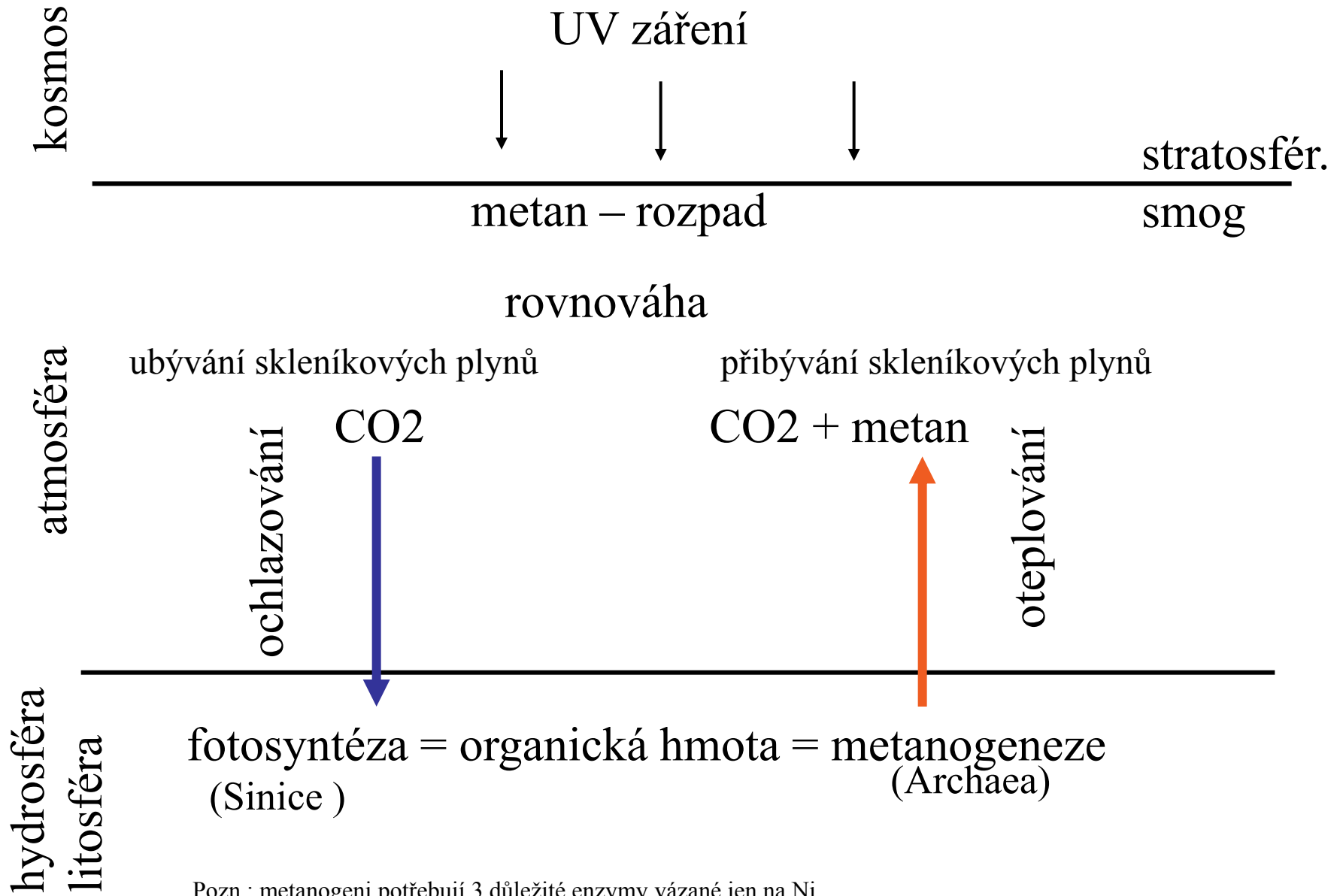


***Archaeosphaeroides barbertonis*, Barberton, J. Afrika, ~ 3.2 Ga**
(Prokaryota)



Cyanobacteria (sk. Nostocales), Bitter Springs souvrství, Střední Austrálie, 850 Ma, vynikající zachování v horninách (fosilní „křemitý gel“)

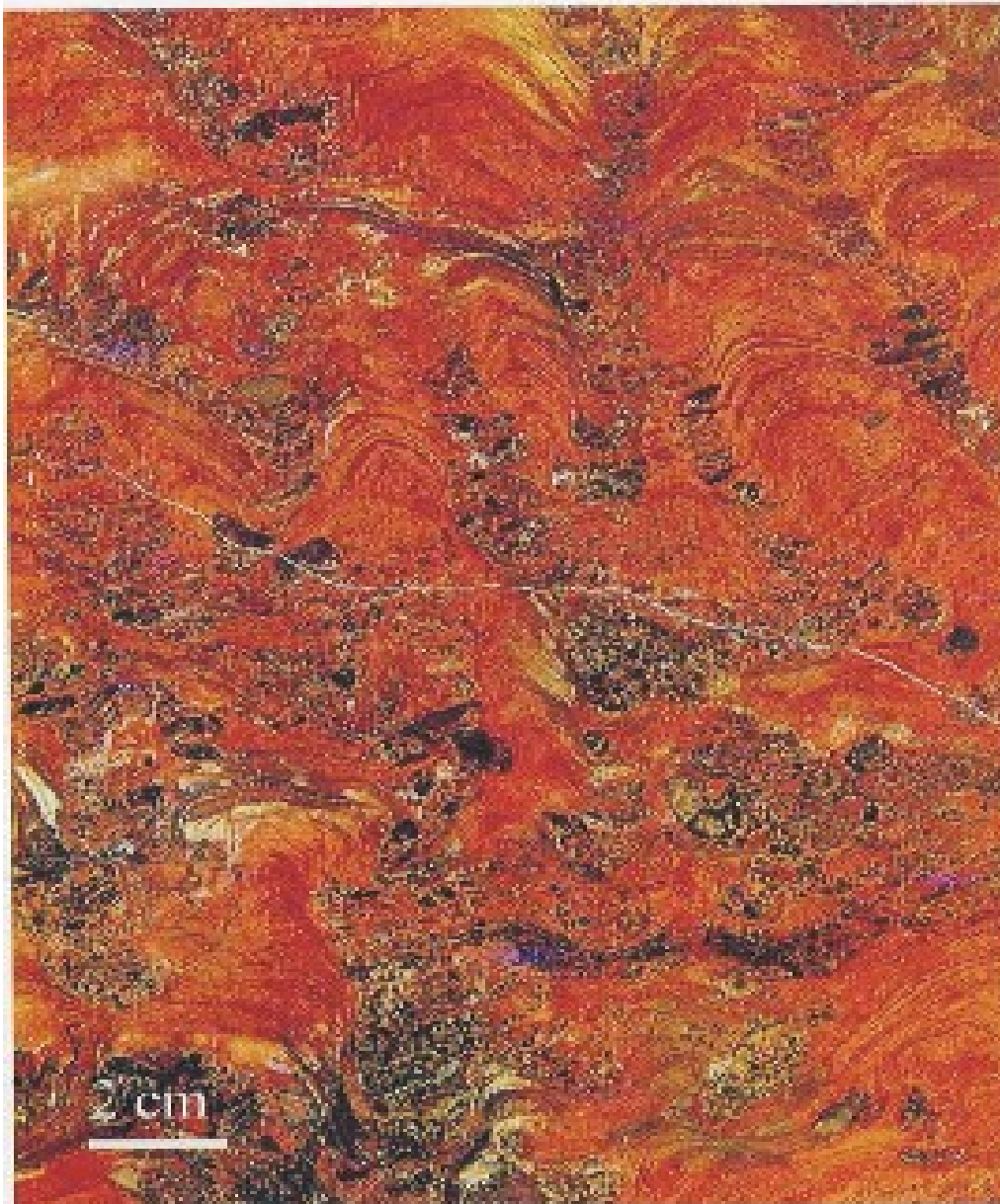
První stabilní ekosystém v archaiku (3, 6- 2, 3 Ga)



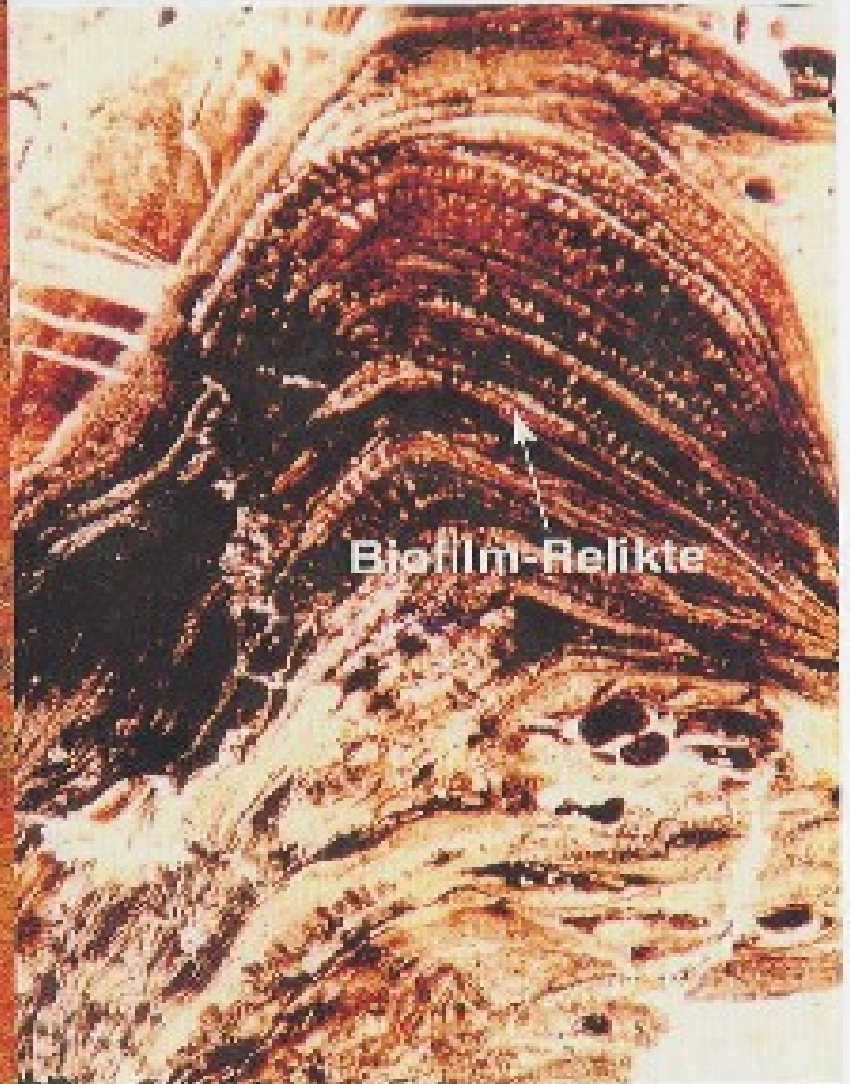
Pozn.: metanogeni potřebují 3 důležité enzymy vázané jen na Ni,
oxigeni jsou flexibilnější

(podle Lovelock 1994)

Páskované Fe rudy, 2.2 Ga, řez



Stromatolithische Banded Ironstone Formation, BIF, 2.2 Mrd.Jahre



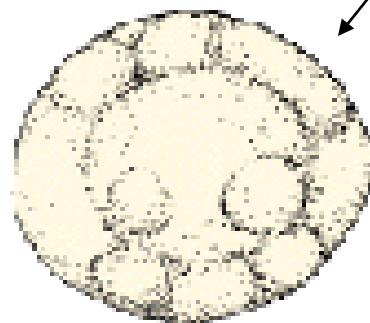
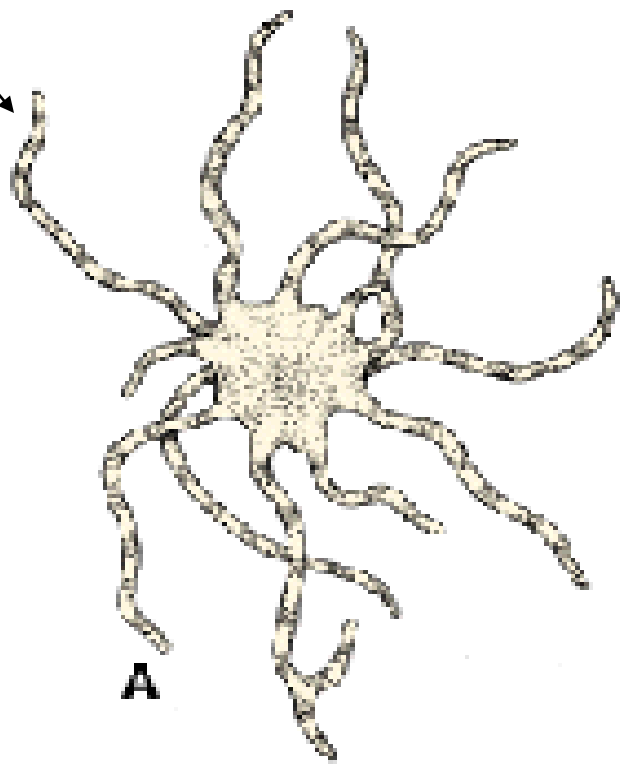
Páskované Fe rudy, makroskopický pohled



Mikrofosílie (Procaryota) z Gunflint (Kanada, ~ 2.0 Ga) - rekonstrukce

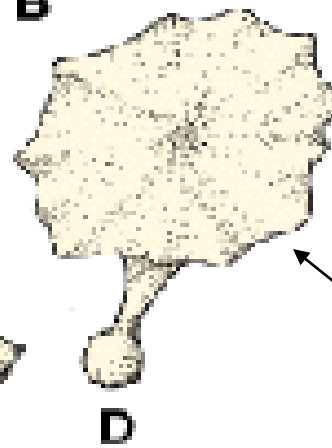
Eoastrion (Fe a S
redukující bakterie)

Eosphaera
(neznámá příbuznost)

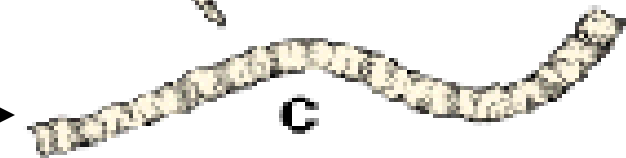


A

B



D



C

Anmimikiea
(pravděpodobně řasa)

Kakabekia (neznámá
příbuznost)

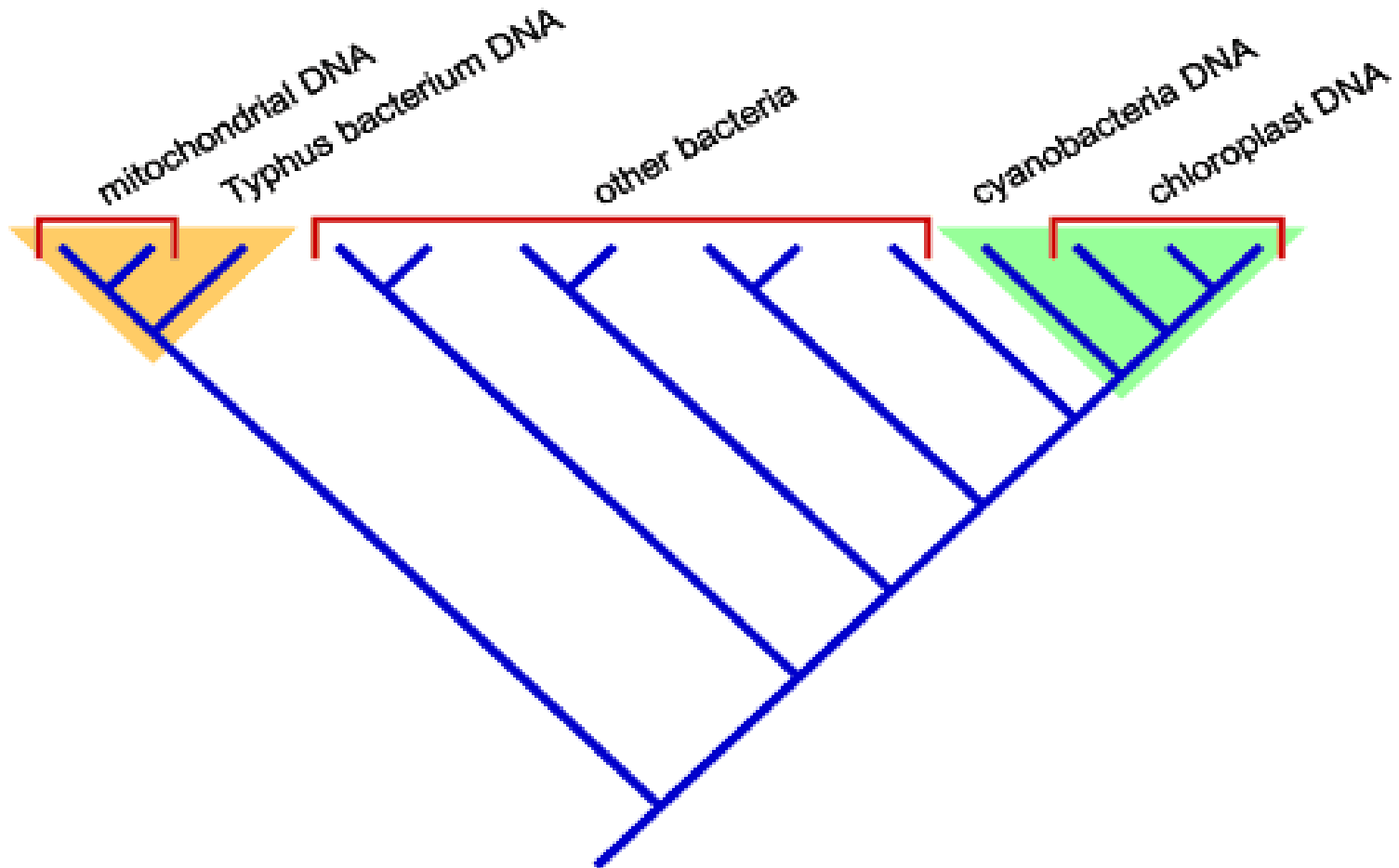
Vznik eukaryotických buněk (~2,5 Ga), teorie sériové symbiózy

- Lynn Margulis (1970)
- Vedle konkurence
rovněž spolupráce



Studie o příbuznosti bakterií podporují symbiotickou teorii vzniku eukaryot

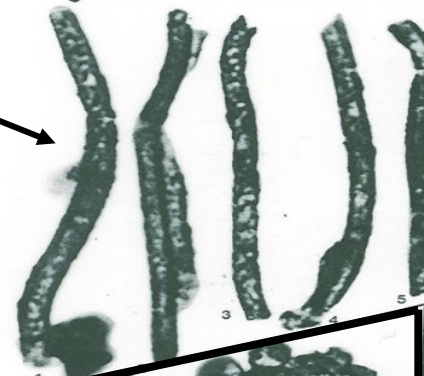
- **Fylogenetický graf ukazuje na velkou příbuznost mitochondrií a bakterií tyfu a příbuznost chloroplastů a cyanobaktérií**



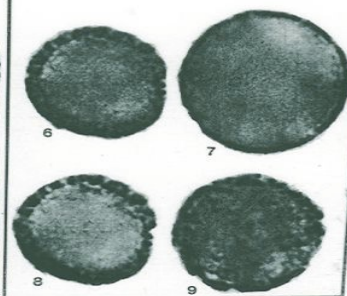
Mikrofosílie (prokaryota a akritarcha) z různých lokalit proterozoika

Kanada (~ 2 Ga)

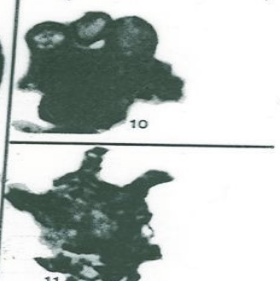
(Cyanobacteria)
Gunflintia minuta B.



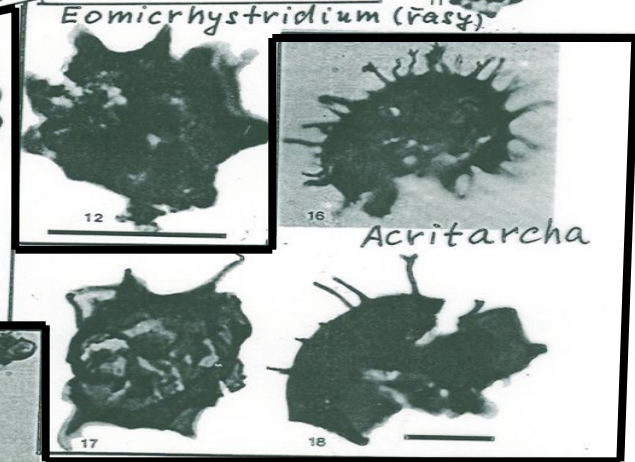
⁹⁷ *Huroniospora microreticulata* B.



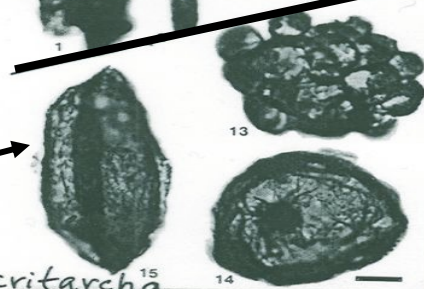
Davlinella sp.
(Cyanobacteria)



Eomichrystridium (řasy)

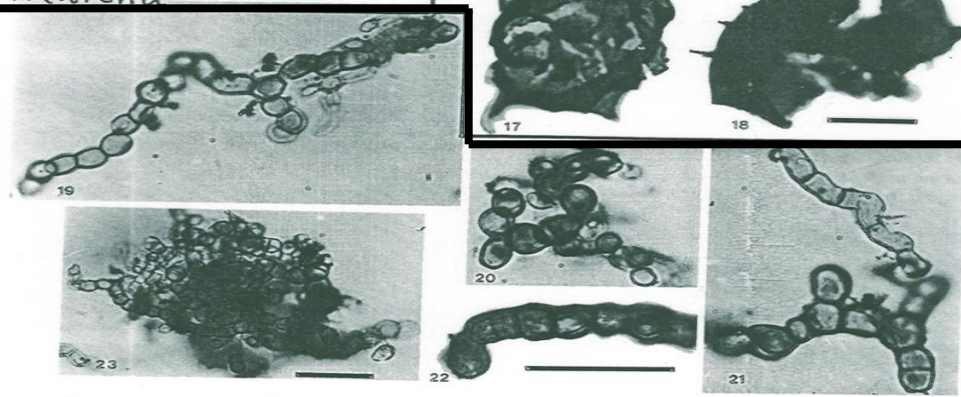


Acritarcha

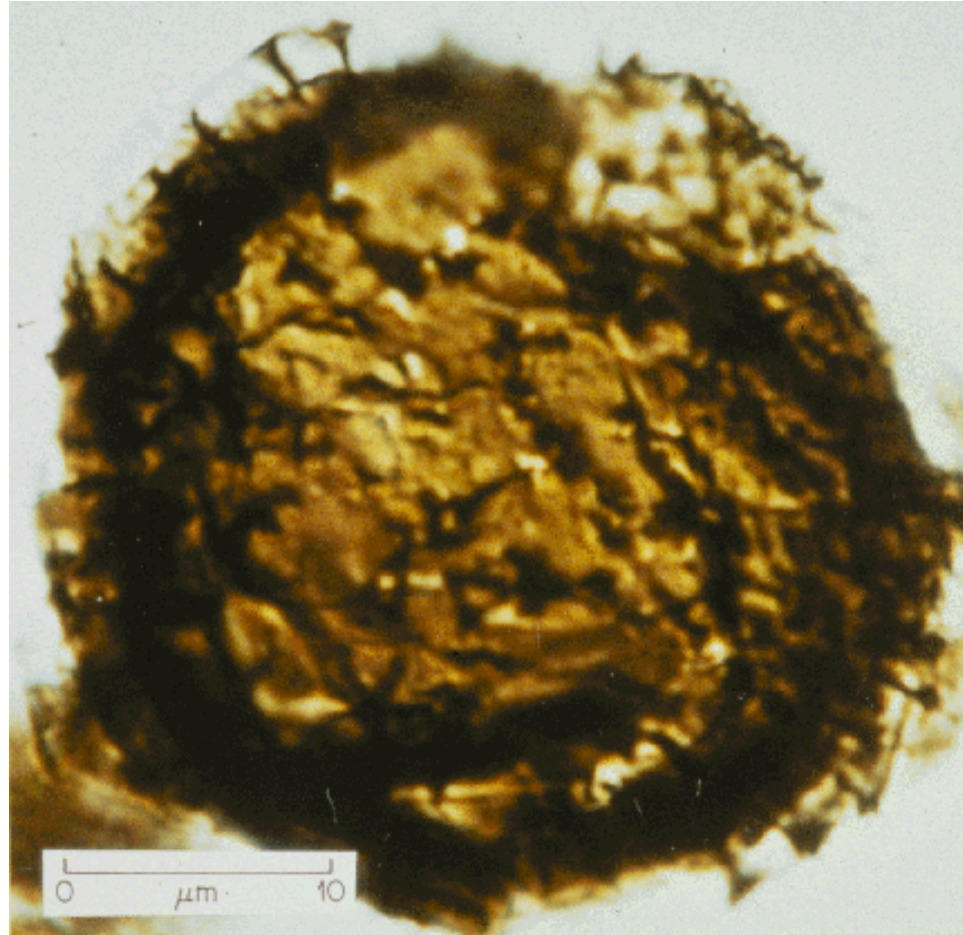


Acritarcha – cysty a jednobuněčné mikrofosílie
mnohdy nejistého systematického zařazení
(většinou řasy) tvoří převládající fosílie
v proterozoiku

Český masív (~ 800 Ma)



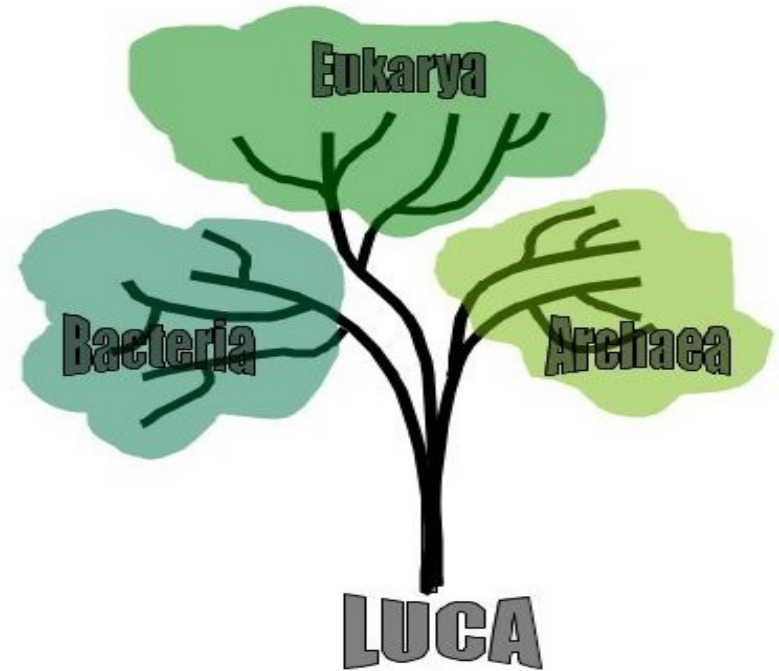
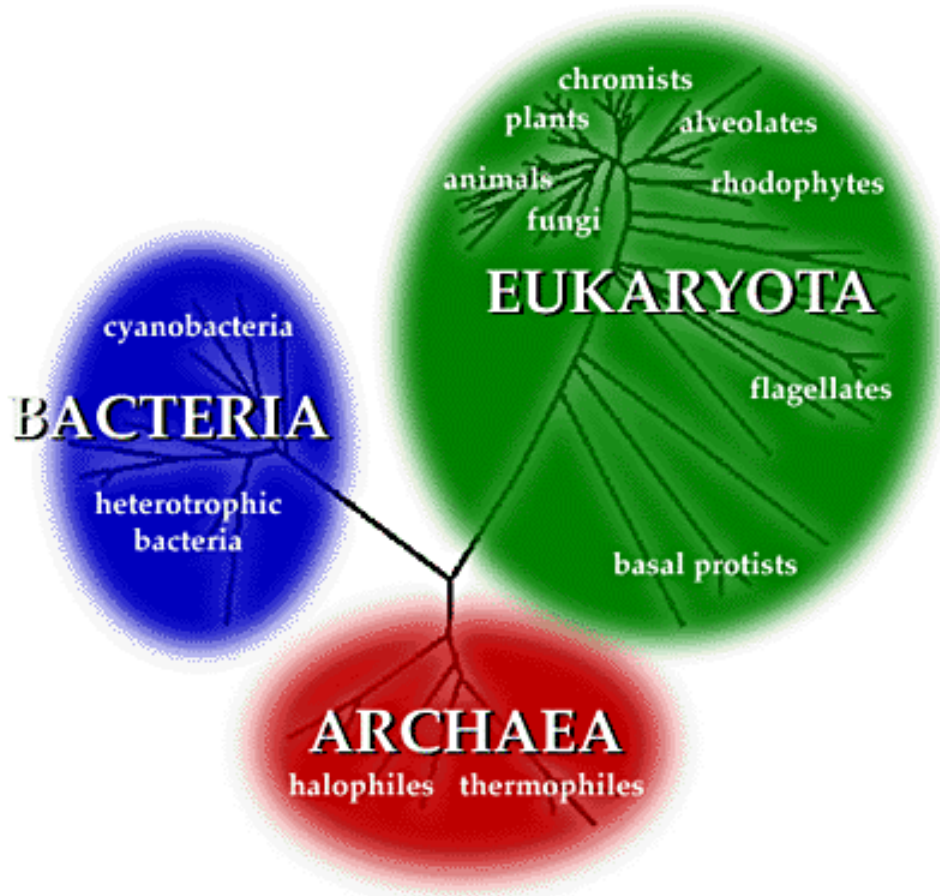
Cyanobacteria (cf. Nostoc)



***Vandalosphaeridium walcotti* - zástupce akritarch, kwaguntské souvrství, Grand Canyon, 850 Ma, Akritarcha se objevují v horninách před 1,6 Ga. Představují eukaryotické buňky planktonních řas, ve srovnání s prokaryoty jsou větší, komplexnější a mají ornamentovanou vnější stěnu.**

Základní 3 domény života

- Živé systémy, jejich velmi složitá stavba a vztahy se dnes již nezobrazují jako strom života nebo postupné schéma, na jehož vrcholu stojí člověk, ale jako keř s širokou základnou, jehož větve náhodně přežívají a divergují, popř. jako prostorové schéma tří základních domén stojících vedle sebe, které se různosměrně větví (vlevo). **Bacteria** a **Archaea** sdružují nesymbiotické buňky, **Eukaryota** pak buňky symbiotické.



(LUCA = Last Universal Common Ancestor)

Prekambrium

Vysvětlivky:

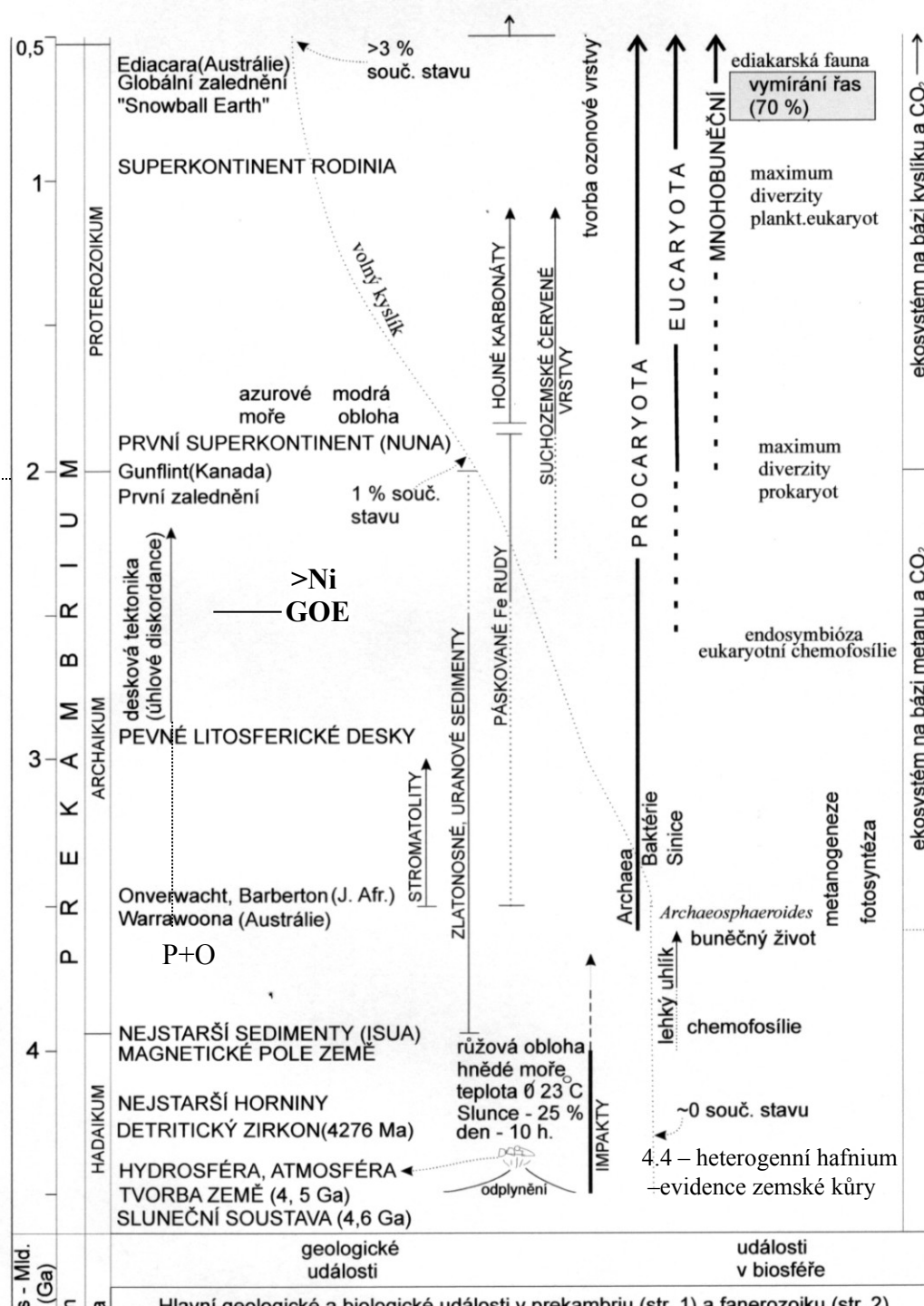
>Ni – ochlazení pláště, snížení vulkanizmu = snížení obsahu Ni v oceánech = omezení metanogenů – rozvoj producentů O₂

GOE = Great Oxidation Event (Globální oxidace povrch. vod, viz izotopy síry)

P+O = pilow lávy + ofiolity, prokazují start deskové tektoniky (Isua, 3.8 Ma)

geol. jev

pokračuje končí



Globální ekosystém na bázi metanu a CO₂

Globální ekosystém na bázi kyslíku a CO₂



kresba

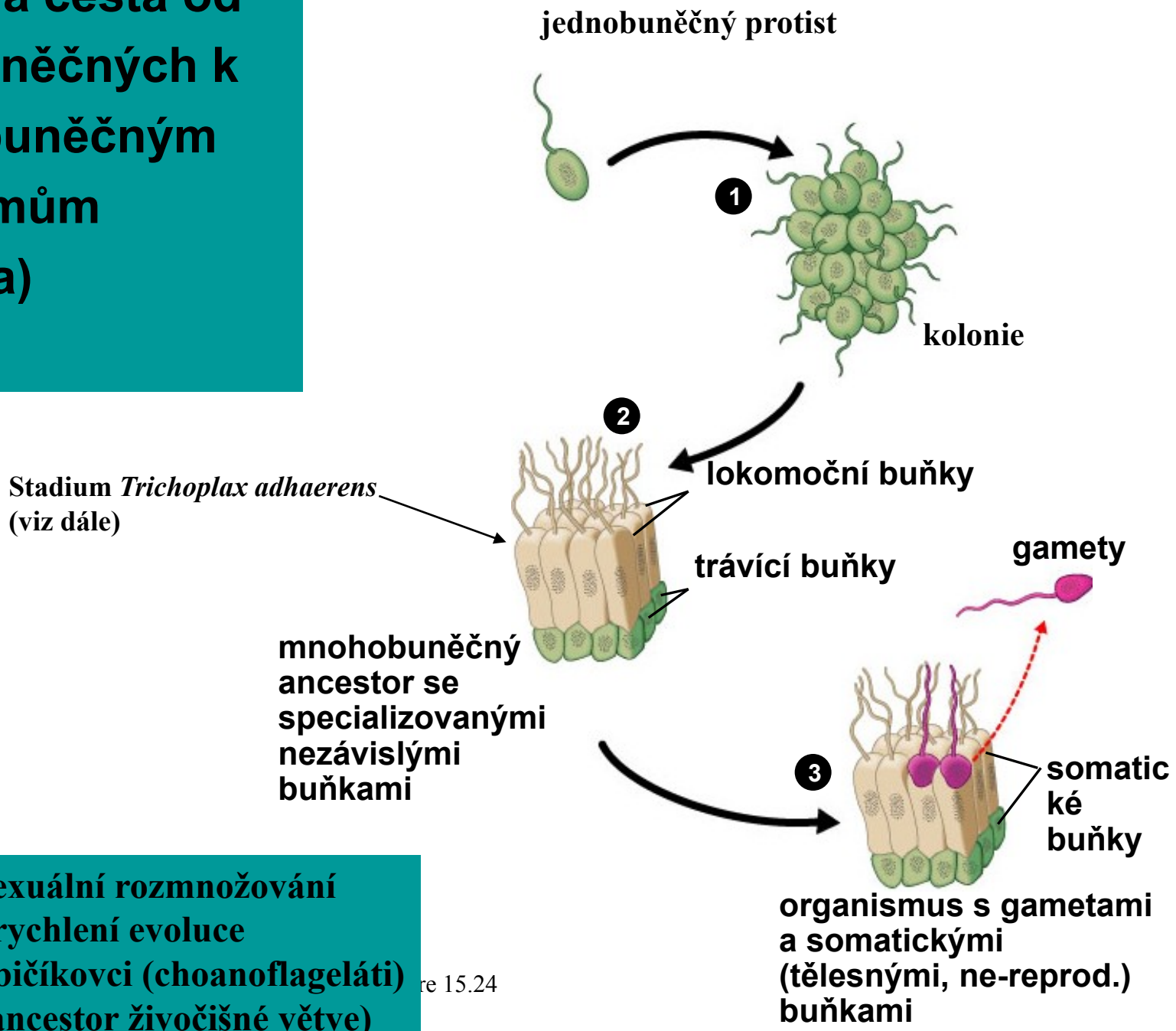


foto - v pohybu

***Trichoplax adhaerens*, recent**

Placozoa – kmen s jediným druhem *T. adhaerens*, organizmus složený pouze ze 4 typů buněk (cca soubuní) funkčně diferencovaných, studium genomu v r. 2006 prokázalo, že geny obsahují introny (nepřesaditelné oblasti uvnitř genů) a další genetické struktury typické i pro jednobuněčné organizmy => *Trichoplax* je blízký přechodu od jedno- k mnohobuněčným (nikoliv regrese)

Přijímaná cesta od jednobuněčných k mnohobuněčným organizmům (2-1.5 Ga)



~ 1.2 Ga – sexuální rozmnožování
zrychlení evoluce
~ 900 Ma – bičíkovci (choanoflageláti)
(ancestor živočišné větve)

***Gryphania*, nejstarší mnohobuněčné fosílie (řasy), Iron Mine (Michigan, USA, ~ 2.1 Ga)**

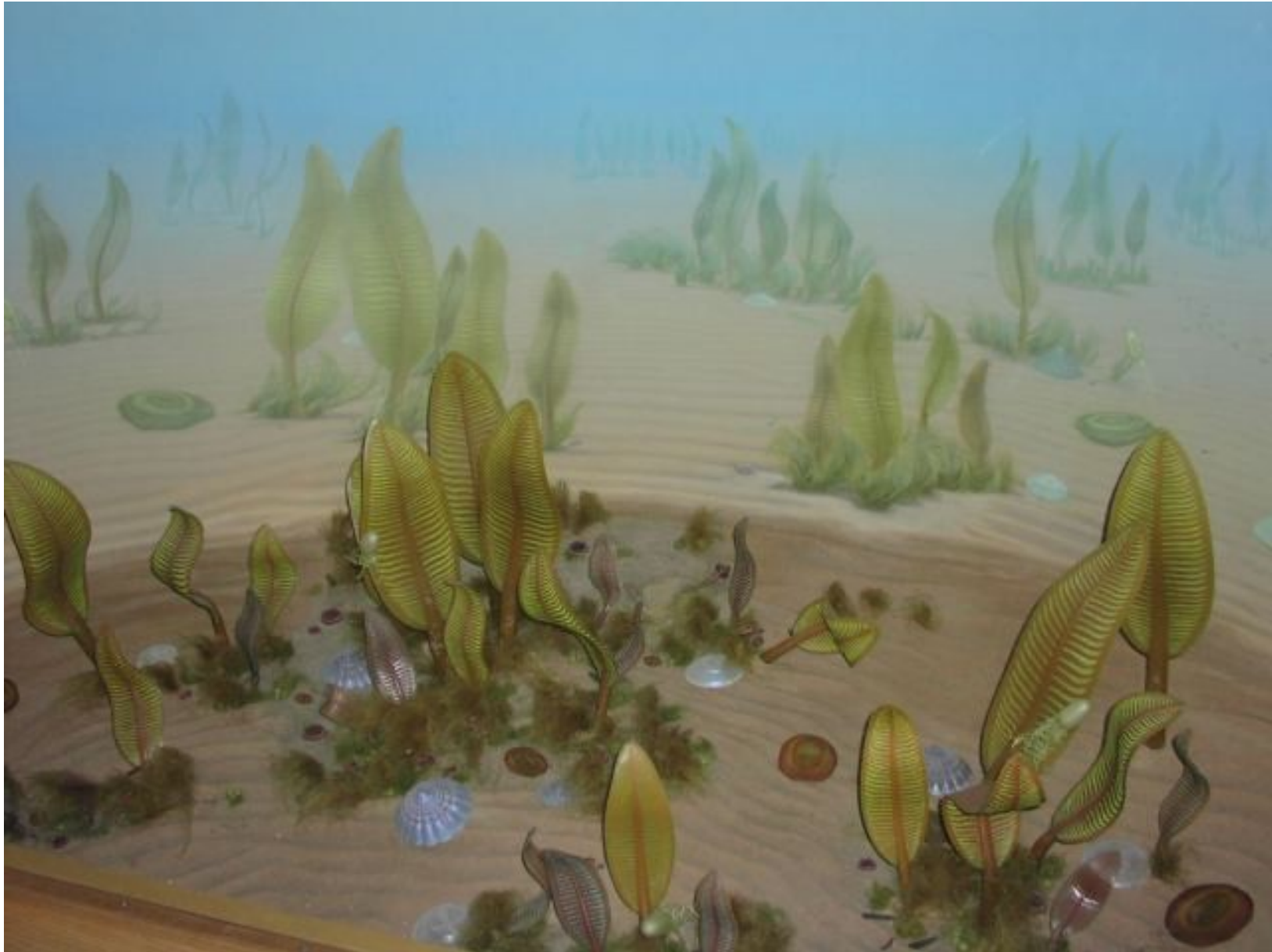


Gryphania spiralis

***Bangiomorpha pubescens*, fosilní
mnohobuněčná červená řasa– 1,2 Ga**



Představa možného pohledu na mořské dno v nejvyšším proterozoiku („ediakarská fauna“, ~ 600Ma)



Jiná rekonstrukce ediakarské fauny

Dickinsonia

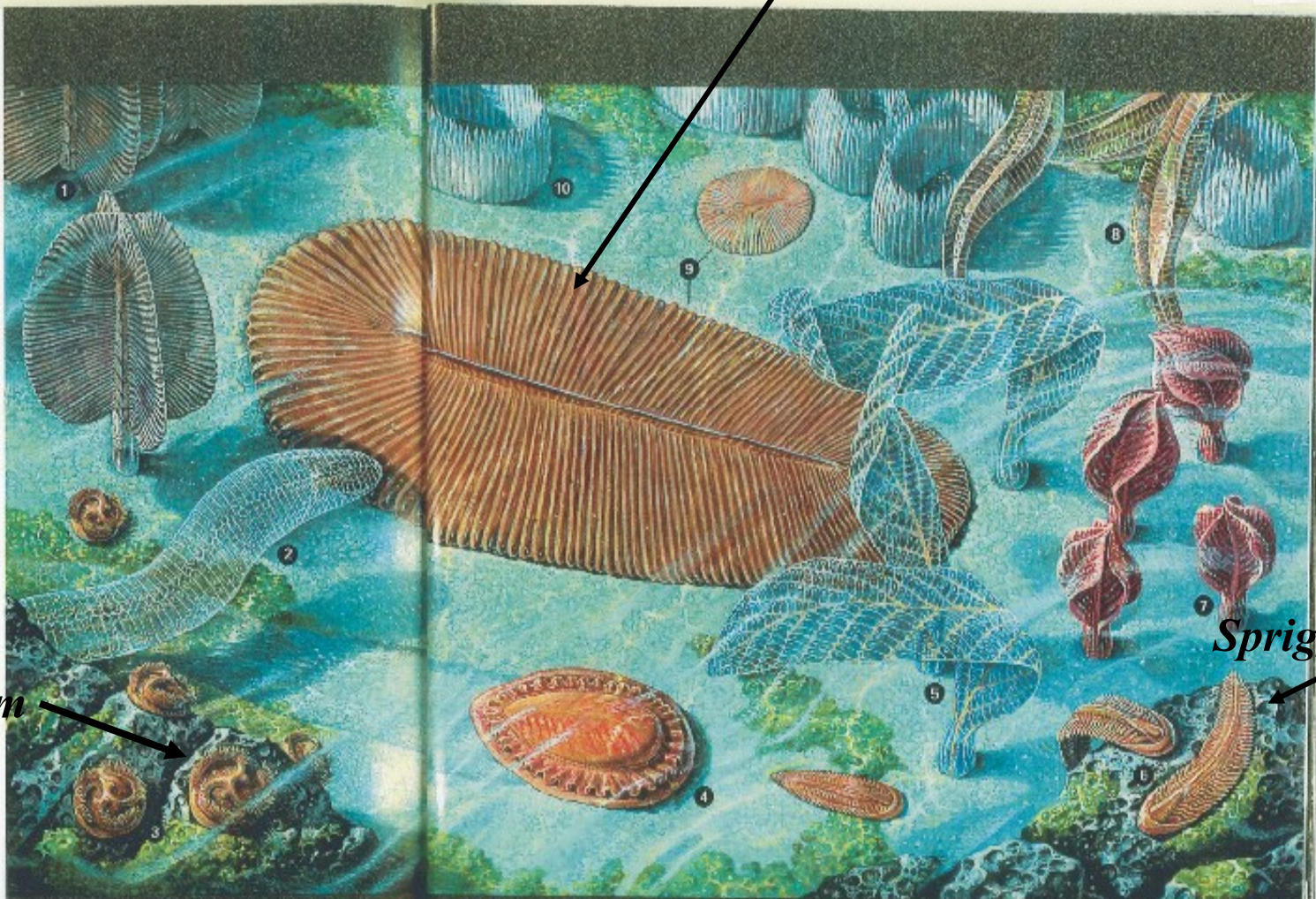
12

ed to modern ani-
e," says Narbonne,
gston, Ontario.
ssils were undoubt-
—the oldest known
kingdom. Others,
arre array of flat-
ed briefly and then
clues that paleon-
classify them. Both
logical innocence,
ruising the oceans,
efensive shells and
world had sorted
ed.

the key to under-
nal life. "This is one
leontology today,"
tion of the impor-
tures, a committee
out a space for this
rnational geologic
his is more impor-
e to the union. The
geologic period was

ter these fossils that
me up the wall at
ive just as the sun
rock. Only during
ly morning and late
fossils come out of
fact, balding Cana-
first, huffing from
alongside him and
er for me to see. But
stare hard, my brain
owly, faint imprints
ck.

is an oval about the
dges radiating from
sonia, it resembles a



Tribrachidium

Spriggina

1. *Swarthpuntia*
2. *Phyllozoon*
3. *Tribrachidium*
4. *Kimberella*

A peaceable kingdom

Between 600 million and 540 million years ago, no predators hunted with claws and teeth; softer life-

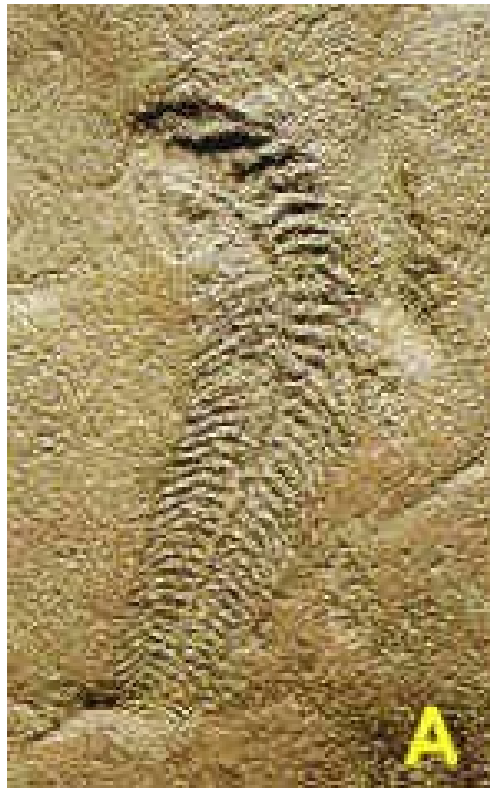
may have served as green-houses for colonies of photosynthetic bacteria that functioned as internal food

Ernieella, 10, for example, occurs in clusters, other species are found more widely dispersed. Did

Fosílie z Ediacary (Austrálie, ~600 Ma, mnohobuněčná Vendobionta)



Dickinsonia



Spriggina

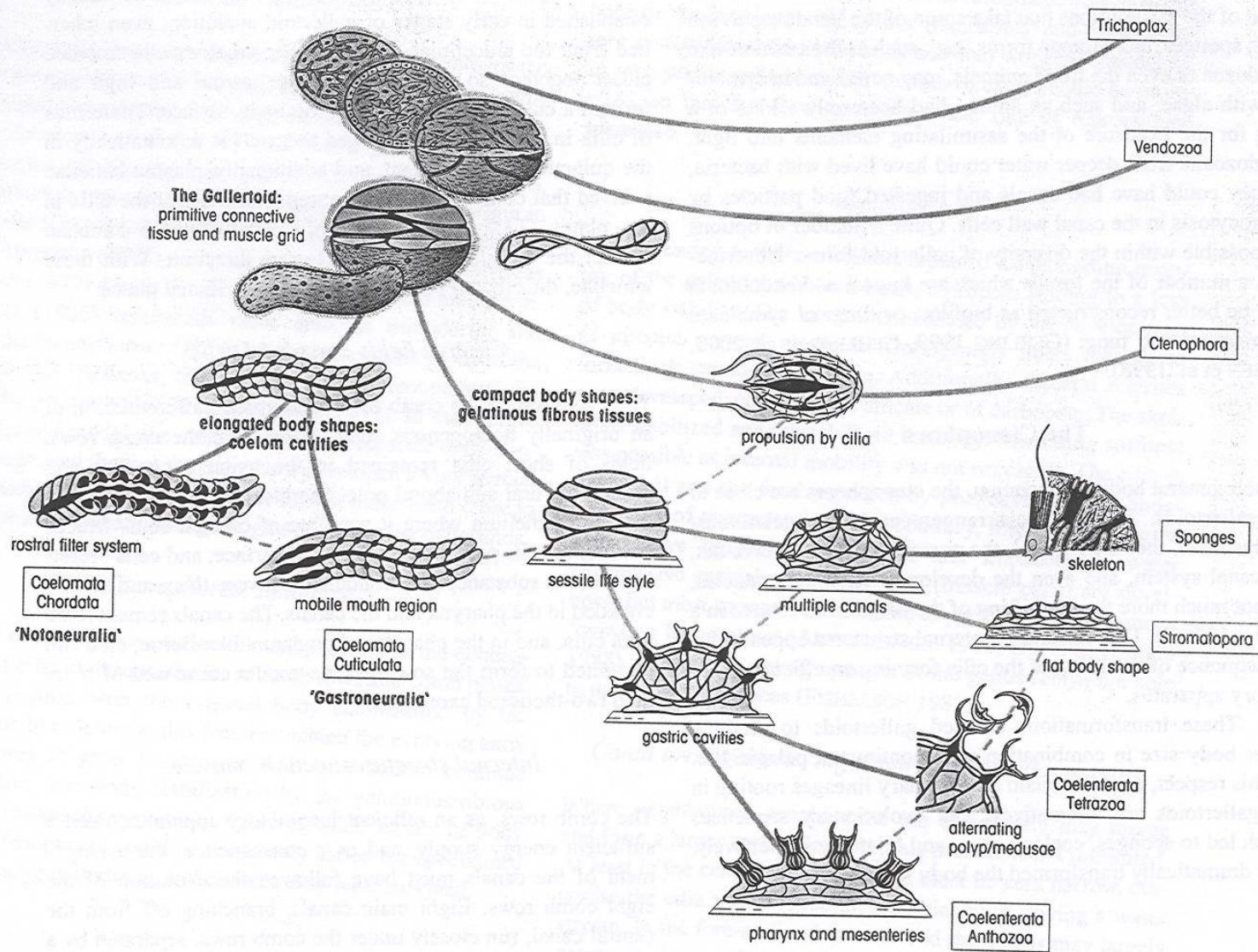


Mawsonites



Tribrachidium

Zachovány jako otisky v jemnozrnných poundských křemencích (Ediakarian, Austrálie) a desítek dalších lokalit na světě. Organizmy: mnohobuněčné, měkká těla bez tvrdých částí, několik cm velké.



Text-fig. 2. The diversity of forms that evolved on the basis of the Gallertoid hypothesis.

Gallertoidní hypotéza (vznik mnohobuněčných živočichů)

Grasshof et Gudo (2002)

Embryologie v horninách

Rýhování vajíček
Souvrství Doushantuo (Čína)
(~ 600 Ma)

(průběh rýhování je podobný jako
u členovců)

Pochyby: podobné dělení má i bakterie *Thiomargarita*
(recent, v každé buňce vakuoly a membrány – dtto
i rentgenový snímek parapandoriny – ta se ovšem dál
dělí až na 100 buněk – bakterie ne)

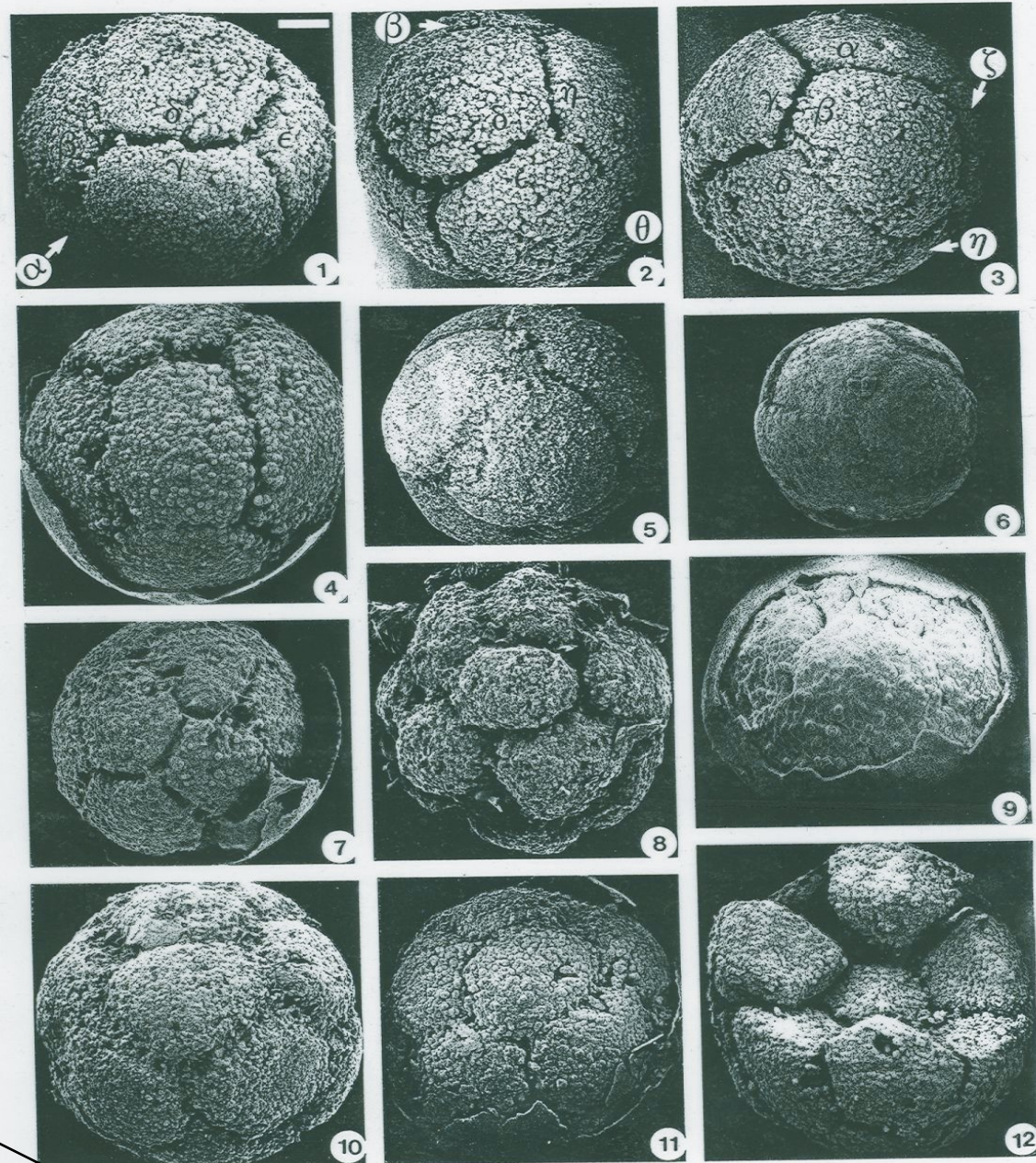


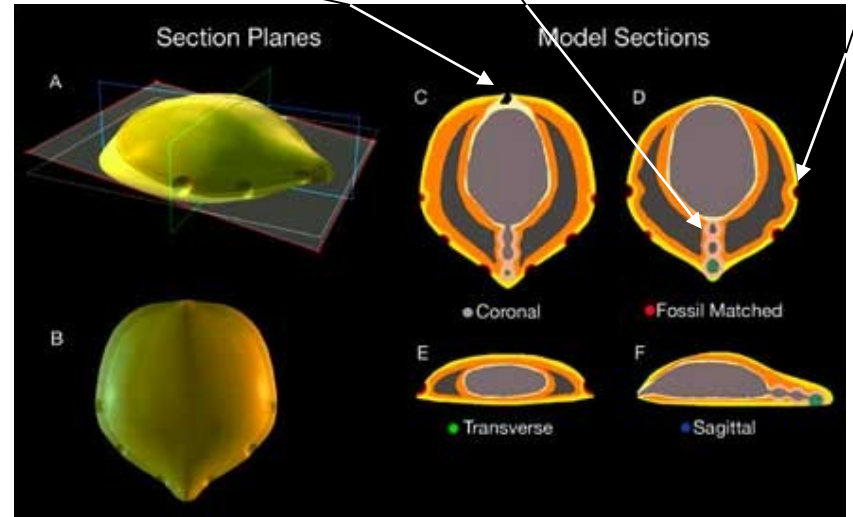
FIGURE 8—*Parapandorina raphospissa*. 1–6, Eight-cell stage; 7–12, later stages. 1–3, Different views of the same specimen, α , β , γ , δ , ϵ , ζ , η , θ identify the eight internal bodies. SRA-1, 410, 411, 412; 4, SRA-1, 258; 5, WJY-19E, 298; 6, SRA-1, 261; 7, SRA-1, 259; 8, K94-21, 262; 9, SRA-1, 82; 10, WJY-19E, 312; 11, WJY-19E, 322; 12, SRA-1, 294. The scale bar in 1 represents 110 μm for 11; 100 μm all other pictures.

NÁSTUP BILATERÁLIÍ – Jižní Čína, Doushantuo (~600Ma)

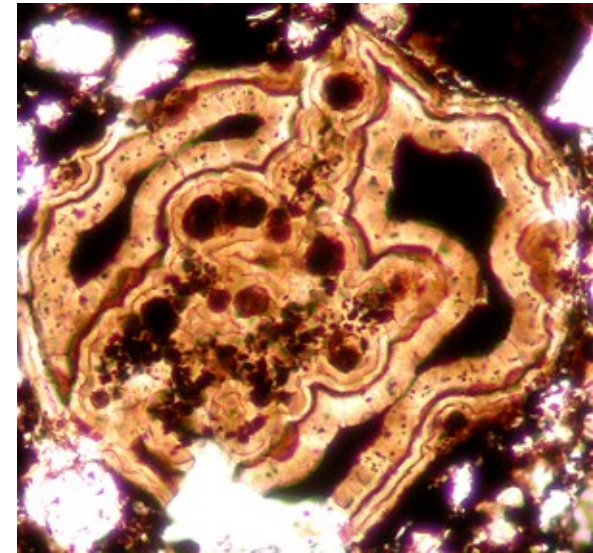
Vernanimalcula guizhouena - (Eucaryota, Eumetazoa, Bilateria), 0,1 –0,2 mm, mnohobuněčný, pohyblivý, bilaterální živočich, požírač mikrobů (3 zár. listy, coelom, ústa, rozlišený žaludek-střevo trakt, ? smyslové orgány ?)



modely

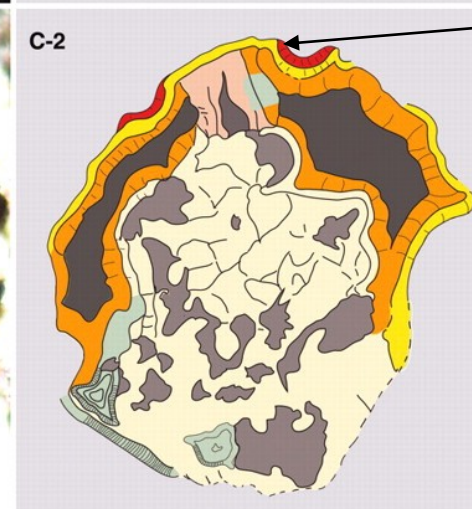
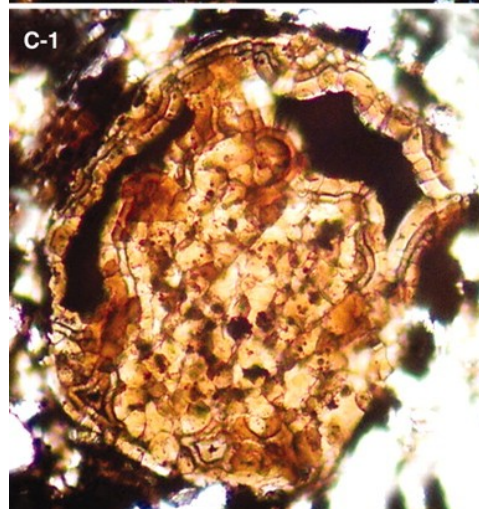
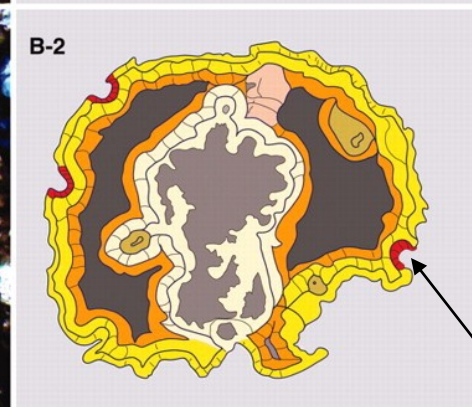
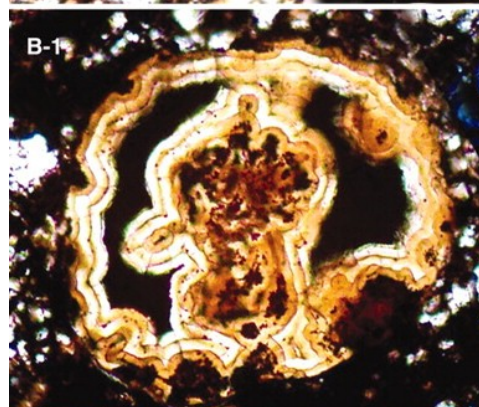
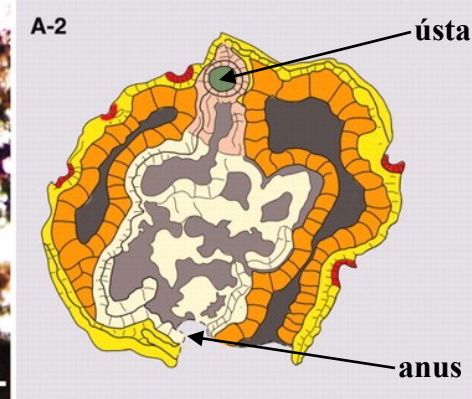


fosílie



řez fosílií

Vernanimalcula gizhoueana

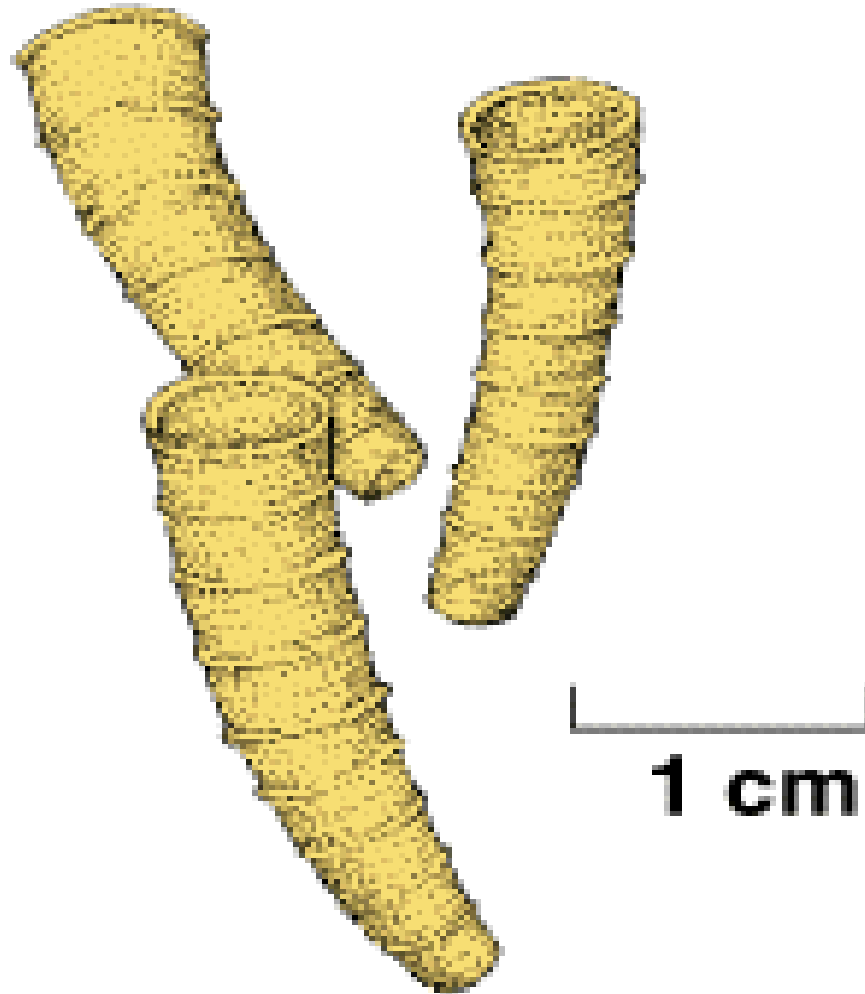


řezy

tkáně a orgány

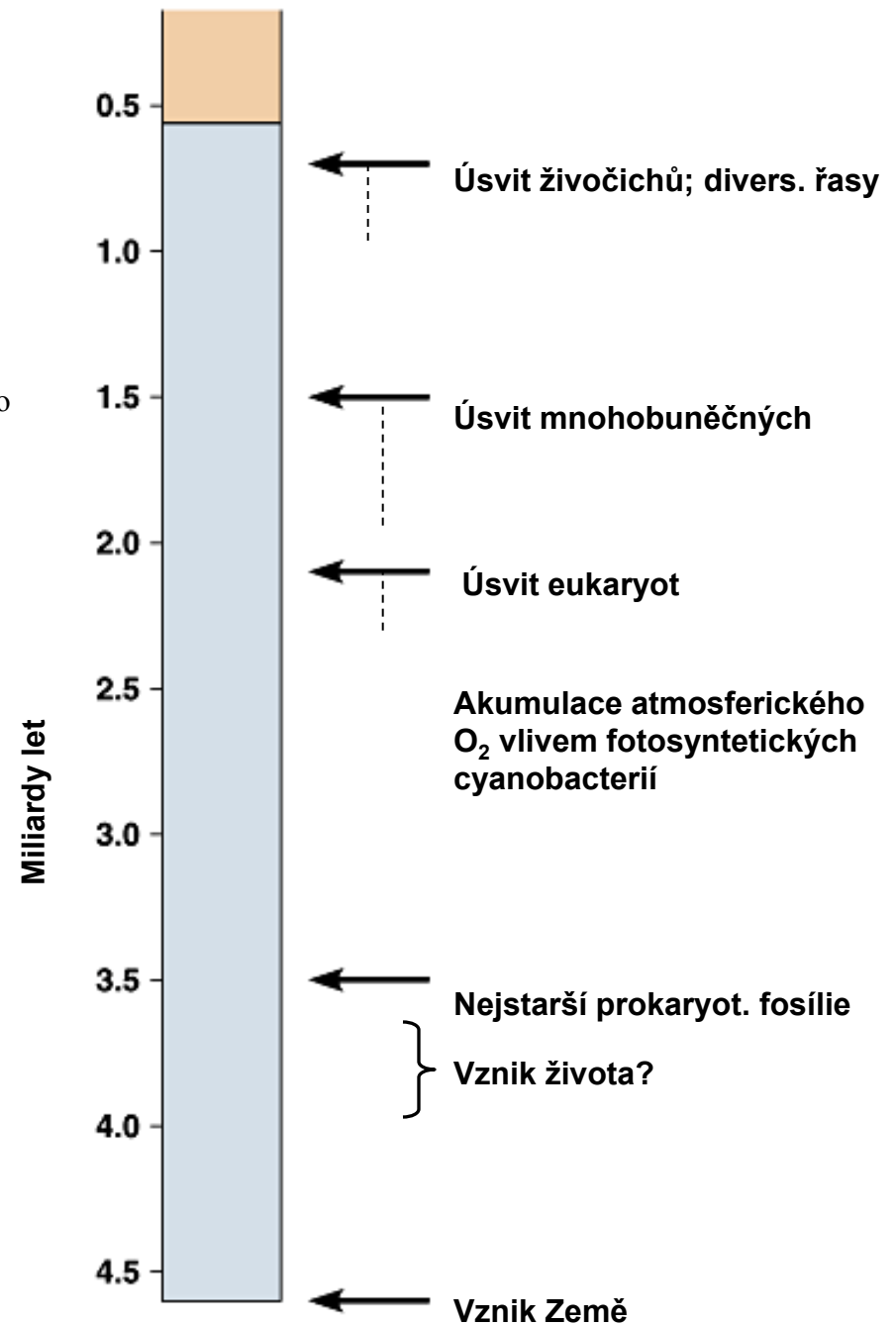
Cloudina - ~ 600 Ma

- *Cloudina*, nejstarší fosílie s pevným materiálem (kostrou) – pohárky z uhličitanu vápenatého (podobné láčkovcům), 3-4 cm velké – nástup biomineralizace



Přehled bioeventů v prekambriu

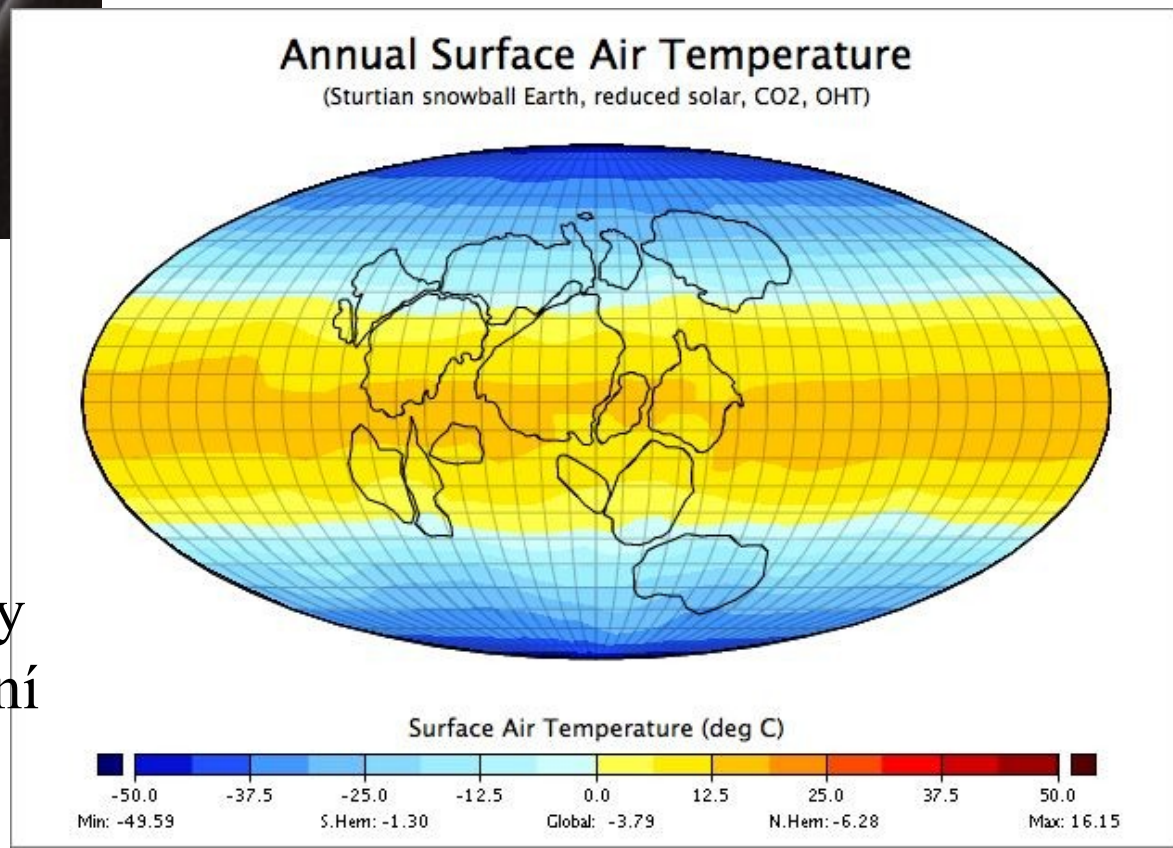
Pozn: Loren Babcock (Ohio State Univ., 2008) ohásil nález stopy (? Arthropoda) v ediakaru (~570 Ma) – drobné důlky jako stopy po kráčení cca stonožkovitého tvora





„Snowball Earth“ –
představa Země během sturtského
zalednění v nejvyšším proterozoiku
(750 Ma)

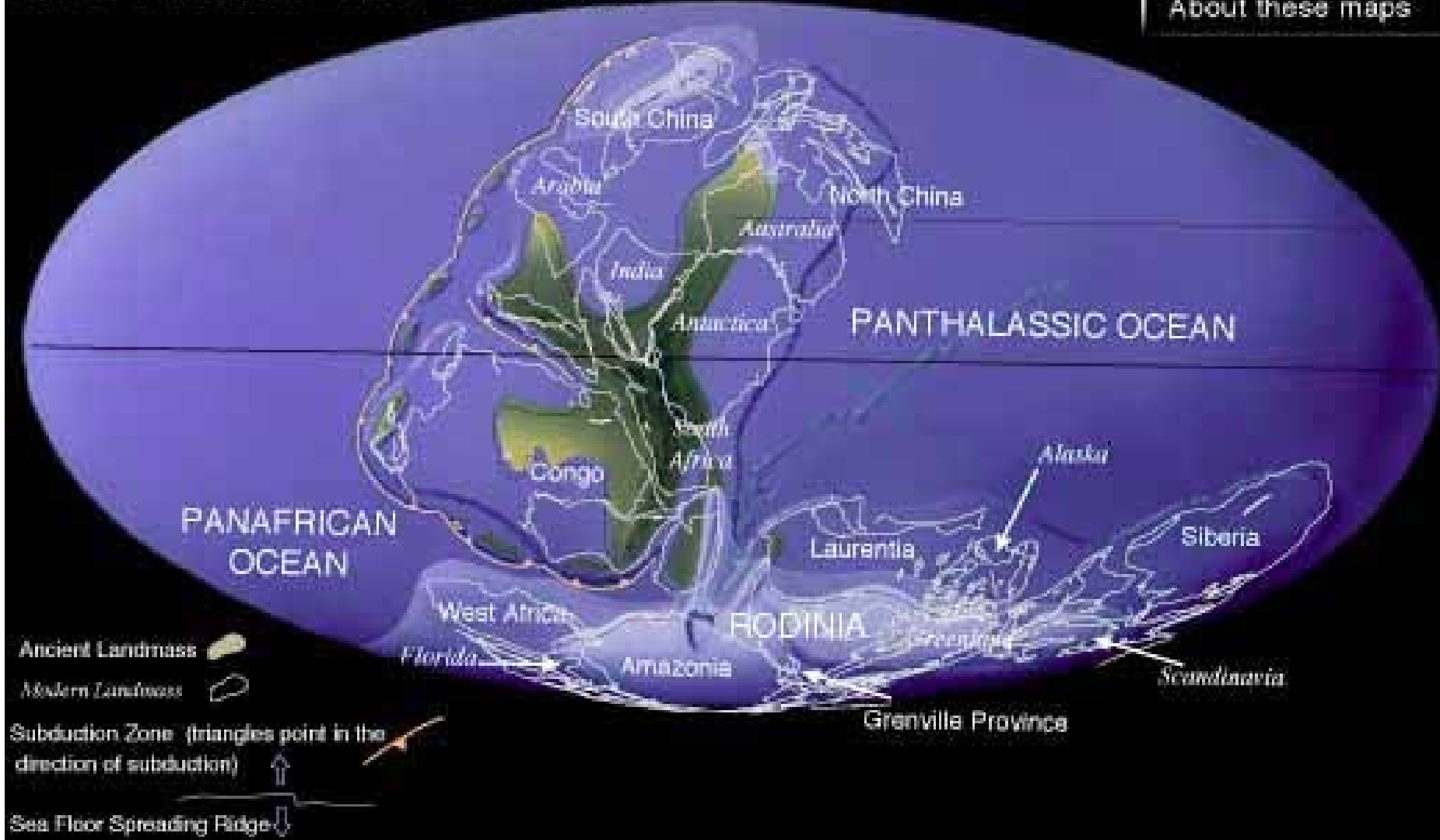
Modelové teplotní hodnoty
během sturtského zalednění
(750 Ma)



Paleogeografie závěru proterozoika (srv. rozsah kont. zemské kůry s dnešním). Šířka kontinentů v archaiku: 100-500 km, v proterozoiku, 1000-2000 km, fanerozoiku: 5000-10000 km). Nové práce = růst byl rychlejší do sv. Prz (2x-3x).

Late Proterozoic 650 Ma

© C. R. Scotese 1997
About these maps



Proterozoikum (2.5-0.543 Ga) se vyznačuje:

1. Počátkem **moderního stylu deskové tektoniky**. Laterální pohyby, podsouvání desek, rozpínání desek oceánského dna. Zemská kůra narůstá.
2. Počátek **moderního stylu sedimentace**. Na kontinentech vznikají široké kontinentální šelfy. Na nich se ukládají klastika a karbonáty.
3. **Zaledněními (začátek a konec proterozoika – cca 2.1 - 2.6, a 1.0 - 0.57 Ga)**.
4. **Zvyšování koncentrace kyslíku v atmosféře** má za následek **vznik ozonové vrstvy, konec sedimentace páskovaných Fe rud**, které se tvoří jen při nízkém a kolísajícím O₂ a **nástup sedimentace červených vrstev** – klastických sedimentů (pískovce a prachovce s červeným železitým tmelem).
5. Po ukončení posledního zalednění (cca 575 Ma) **prudce vzrůstá obsah O₂** v atmosféře i relativně hlubokých vodách (měřeno na Novém Founlandu). Zde poté nastupuje ediakarská fauna (**Ediacarian**). Prudký vzrůst O₂ je zatím nevysvětlen.
Názory (Knoll 2006): nástup hub a lišejníků na souši + zvětrávání + orogeneze

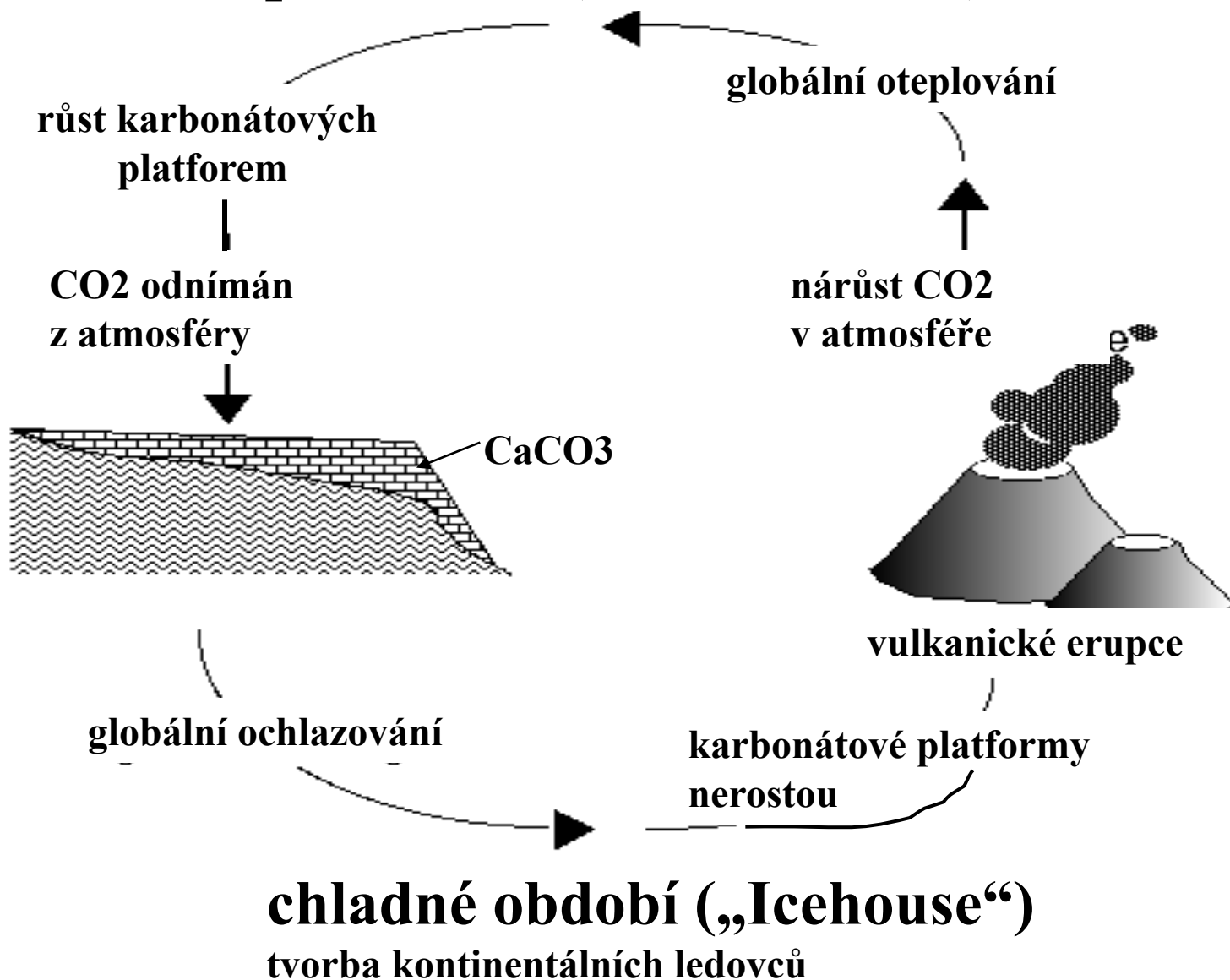
Role CO₂

Počátkem proterozoika vznikaly už značné plochy kontinentálních šelfů. Pokrýval je diverzifikovaný jednoduchý život v podobě řasových filmů, povlaků či koberců. To vedlo k tvorbě rozsáhlých karbonátových plošin (podobné jaké dnes existují v tropických oblastech – např. na Bahamách).

Tvorba karbonátových souvrství, podobně jako fotosyntéza, používá atmosferický CO₂ jako základního zdroje. Zatímco organické látky produkované fotosyntézou jsou poté rychle reoxidovány a uvolňují (vracejí) CO₂ zpátky do atmosféry, karbonáty jsou ukládány jako sedimentární horniny podporující CO₂ na velmi dlouhou dobu a vracejí ho zpět až během dlouhého geologického času (např. desková tektonika-vulkanismus). Růst karbonátových plošin vede tedy ke snížení obsahu CO₂ v atmosféře a ke snížení obsahu skleníkových plynů a tím i k ochlazení. Naopak, zastavení růstu karbonátových plošin vede k opačnému efektu a oteplování planety. Tak v proterozoiku startuje střídání teplých („greenhouse“) a chladných („icehouse“) období.

Viz následující obr.

teplé období („Greenhouse“)



Pro planetu je charakteristické střídání teplých a chladných období

Vymírání na konci proterozoika:

- **750 Ma = zalednění (Země jako sněhová koule) = mizí 70 % všech řas (akritarcha)**
- **550 Ma = na hranici prekambrium/kambrium tříštění Rodinie, v nejspodnějším kambriu změna chemismu oceánů (např. exkurse izotopů Mo – profily Oman, Čína = upwelling euxinických dnových vod, Wille et al. 2007), mizí prakticky zcela měkkotělá „ediakarská fauna“, nástup skeletonizace, současně zaznamenána globální regrese, žádné stopy po impaktu, žádné zvýšení vulkanické činnosti.**

Použité prameny:

- Courtillot, V. , 1999: Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction. – Cambridge University Press, pp.173, Cambridge (UK).
- Gould J.S. (ed.), 1998: Dějiny planety Země. – Knižní klub, Columbus, pp. 256, Praha.
- Hallam, A., Wignall, P.B., 1997: Mass Exctinctions and their Aftermath. – Oxford Univ. Press, pp. 320. Oxford.
- Kalvoda, J., Bábek, O., Brzobohatý, R., 1998: Historická geologie. – UP Olomouc, pp. 199. Olomouc.
- Lovelock, J., 1994: Gaia, živoucí planeta. – MF, MŽP ČR, Kolumbus 129, pp. 221. Praha.
- Margulisová, L., 2004: Symbiotická planeta, nový pohled na evoluci. – Academia, pp. 150. Praha.
- Pálfy, J., 2005: Katastrophen der Erdgeschichte – globales Aussterben ? – Schweizerbart. Ver. (Nägele u. Obermiller), pp. 245, Stuttgart.
- Paturi, F. X., 1995: Kronika Země. - Fortuna Print, pp. 576. Praha.
- Pokorný, V. a kol., 1992: Všeobecná paleontologie. – UK Praha, pp. 296. Praha.
- Raup, D.M.,1995: O zániku druhů. – Nakl. LN, pp.187. Praha.

Internet – různé databáze (především obrazová dokumentace)