

# Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země

## Úvod

Rostislav Brzobohatý

výběrovka 17

# 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 – geofyzikální pole (gravitační, magnetické, teplotní, elektrické)**

- radiace (radioaktivní prvky – rozpad – teplo – výstup etc.)
- energetický systém (příjem sl. energ. – výdej vlastní energie)



**zemský metabolismus = látkové cykly**

**geotektonické (horniny – 100 000 000 mil. t/rok),**

**geochemické (voda, C, N, S, O, P),**

**biologické (+ člověk – 50 000 mil. t/rok pevných materiálů)**

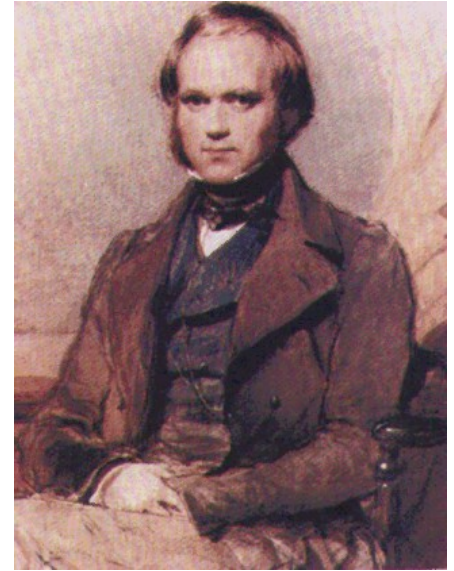
# Látkové cykly (jejich velikost)

- Hydrologický .....500 000 000 mil.t/rok
- Tektonický .....100 000 000 ''
- Člověk ..... 4 000 000 (voda)''  
50 000 jiné mat. ''
- Biologický ..... 200 000 ''
- Sedimentární ..... 10 000 ''

**A.R. Wallace (1823-1913)**

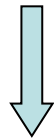


**Ch. Darwin (1809-1882)**



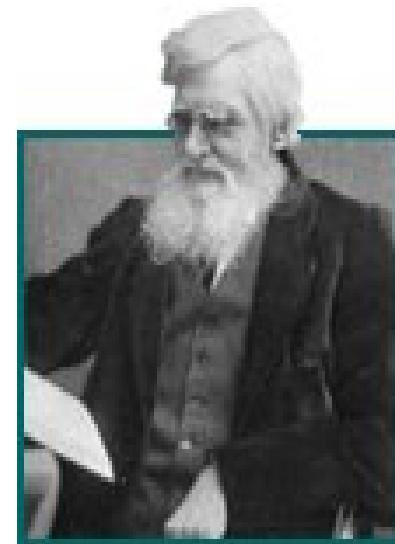
→ **evolucionismus** ←

Každý organismus je nositelem kvalit, které jsou konfrontovány s daným prostředím – výsledkem konfrontace je „fitness“ (**zdatnost, způsobilost**) a ta je různá u různých jedinců – jedinec s lepší způsobilostí zanechá více potomků – hlavním faktorem rozhodujícím o způsobilosti je přírodní výběr – některé rozdíly ve způsobilosti jsou dědičné =>

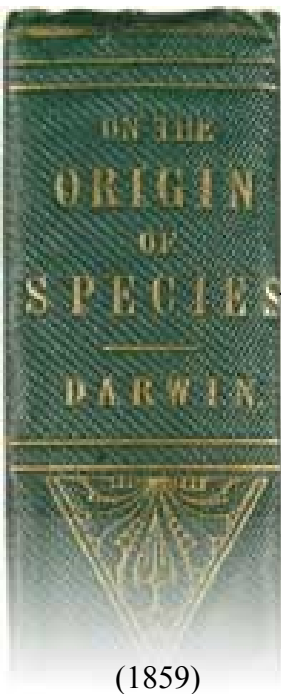


**změna prostředí** → **změna hierarchie způsobilosti („fitness“)** → **posun v rozmístění způsobilosti u potomstva** („struggle for life“- „struggle“ = boj, ale také „úsilí“, přirozený výběr + pohlavní výběr, adaptace)

**A.R. Wallace** — biogeografie, rozšíření druhů živočichů a rostlin podle oblastí, klasifikace oblastí, srovnání druhů podle anatomické příbuznosti a paleontologického záznamu, druh vznikl jednou a na jednom místě a lze zjistit směry jeho šíření do jiných oblastí => **domněnka, že některé pevniny byly dříve spojeny;**



**k pochopení současného rozšíření rostlin a zvířat je nezbytně nutný paleontologický základ**

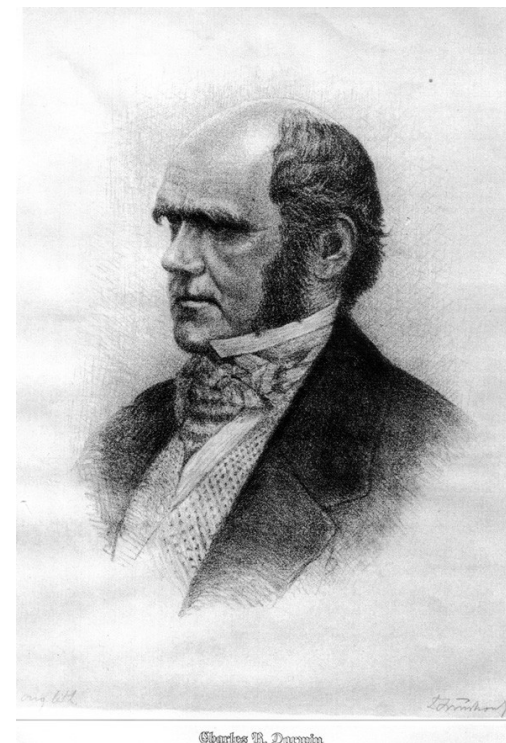


**Ch. Darwin** – formulace „teorie vzniku druhů“ – její zásadní přínos:

**Druhy se mění vlivem přirozeného výběru (selekce) a získávají postupně a pomalu účelné vlastnosti (**gradualismus**)** – akceptace sloganu „Natura non facit saltum“

ale

**„I am convinced that natural selection has been the main but not the exclusive means of modification“**



Charles R. Darwin

## Tehdejší geologie a základní spor

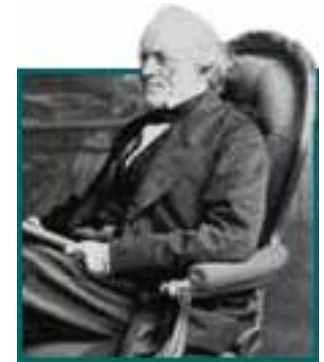
geologický čas v Darwinově době (trvání Země 200-400 Ma; Cm – recent ~ 60 Ma),  
velmi malá znalost prekambria – zcela bezfosilní

**George Cuvier** (1769-1832), **katastrofismus**, ale kreacionista  
(opakované stvoření)



VERSUS

**Charles Lyell** (1797-1875) – *Principles of Geology* (1830-1833):  
„současnost klíčem k minulosti“, **uniformismus** (princip  
aktualismu, ontické chyby), stálost druhů  
**gradualismus**



Darwin se přiklonil k Lyellovi

# **Stručný přehled evolučních názorů zahrnujících geologii**

# Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955)



Pierre Teilhard de Chardin se narodil 1. 5. 1881 v Sarcenatu, Puy-de-Dôme.  
R. 1889 vstoupil do jezuitského řádu. Po filosofických a teologických studiích se specializoval na geologii a paleontologii.  
R. 1922 se stal profesorem geologie na Katolickém institutu v Paříži. Mnoho let strávil v Číně, kde se podílel na objevu a studiu sinantropa.  
R. 1940 založil v Pekingu Geobiologický institut. R. 1950 byl zvolen do francouzské Akademie věd. Jako člen americké Wenner Gren Foundation for Anthropological Research se pak zabýval studiem australopitéka.  
Zemřel v New Yorku 10. 4. 1955. Jeho hlavní myslitelská díla byla vydána až posmrtně. Řada jeho prací zůstává dosud v rukopise.

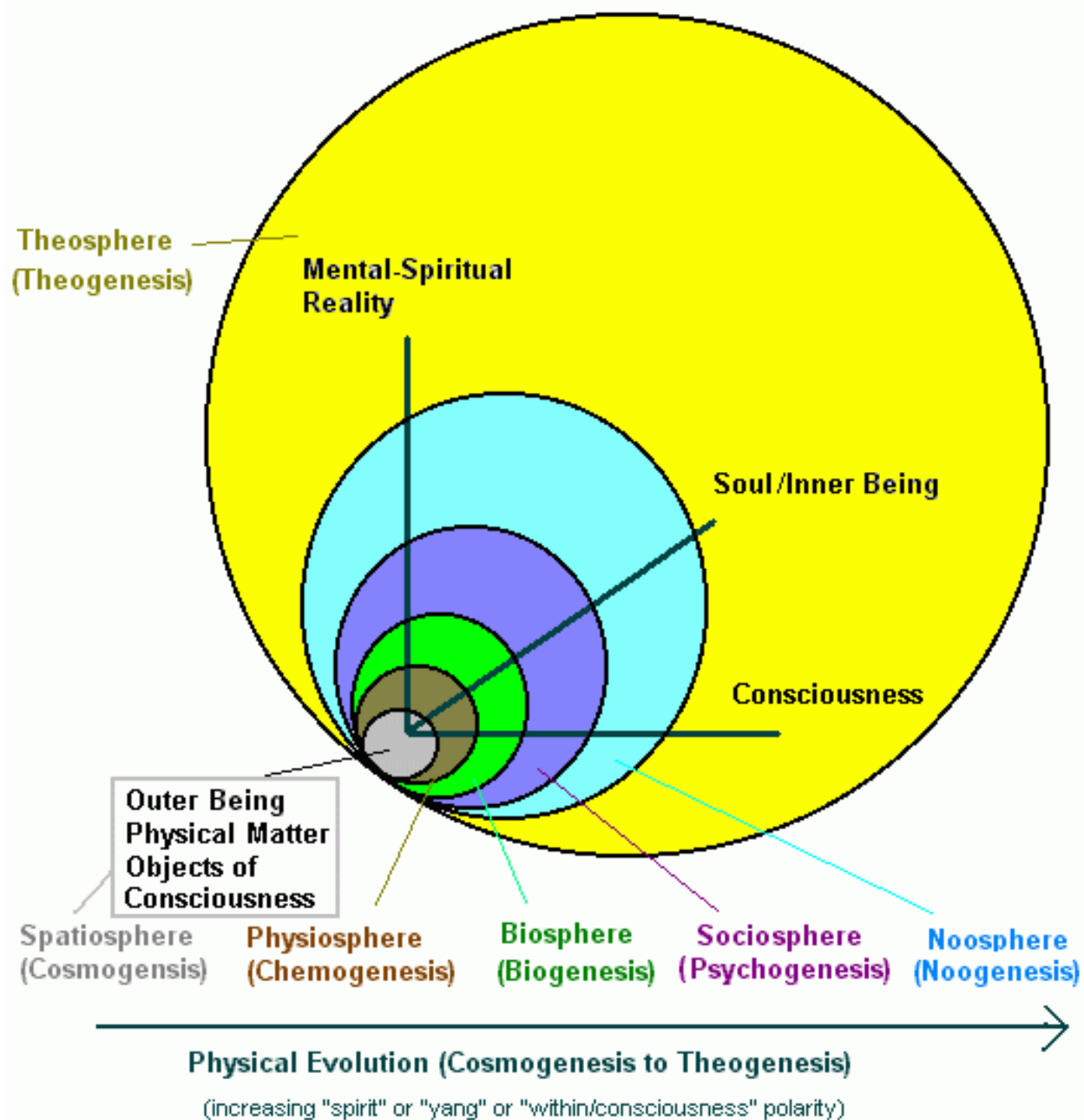
**Ortogeneze + emergentismus:**

**kosmogeneze, chemogeneze, biogeneze, noogeneze, christogeneze**





# Emergentismus – jedna z verzí



## **Saltacionismus – Richard Goldschmidt (1878-1958)**



- **Kritika neodarwinismu a gradualismu (Evoluce probíhá nikoliv graduálně, ale skokovitě; selekce jako E mechanismus je nedostatečná)**
- **Spontánní mutace mohou vést k velkým reorganizacím genomu individuí**
- **Většina takových mutací je letální**
- **Některé náhodně přežívají a mohou být zdrojem preadaptací k novým podmínkám prostředí**
- **Takové mutace mohou být zdrojem nového druhu**

**Saltacionismus – odmítnut neodarwinisty a gradualisty (genetika nezná cestu velkých mutací k dědičné fixaci ?), přijat řadou paleontologů – především Otto Schindewolf:**

**„Typogeneze – typostáze – typolýza (typostrofická hypotéza)“**

**Paleontologický záznam totiž často ukazuje na náhlé objevení druhů, evoluce probíhá v etapách „evolučního vzryvu“ a „evoluční stasis“ (viz dále Flegr – zamrzlá evoluce)**

**(vysvětlení gradualistů = neúplný záznam)**

## **Přerušovaná rovnováha (J. S. Gould & N. Eldredge, 1972):**

**Evoluce = stasis + rychlé speciální kroky,**

**přírodní výběr působí na:**

**geny, organizmy, populace, druhy i vyšší taxony,  
(tj. stabilní soudržné jednotky diferenčně  
přežívající),**

**makroevoluce oddělena od mikroevoluce, je  
výsledkem mezidruhové selekce,**

**katastrofy (speciální případ darwinizmu).**

**3 druhy evolučního času (pořadí):**

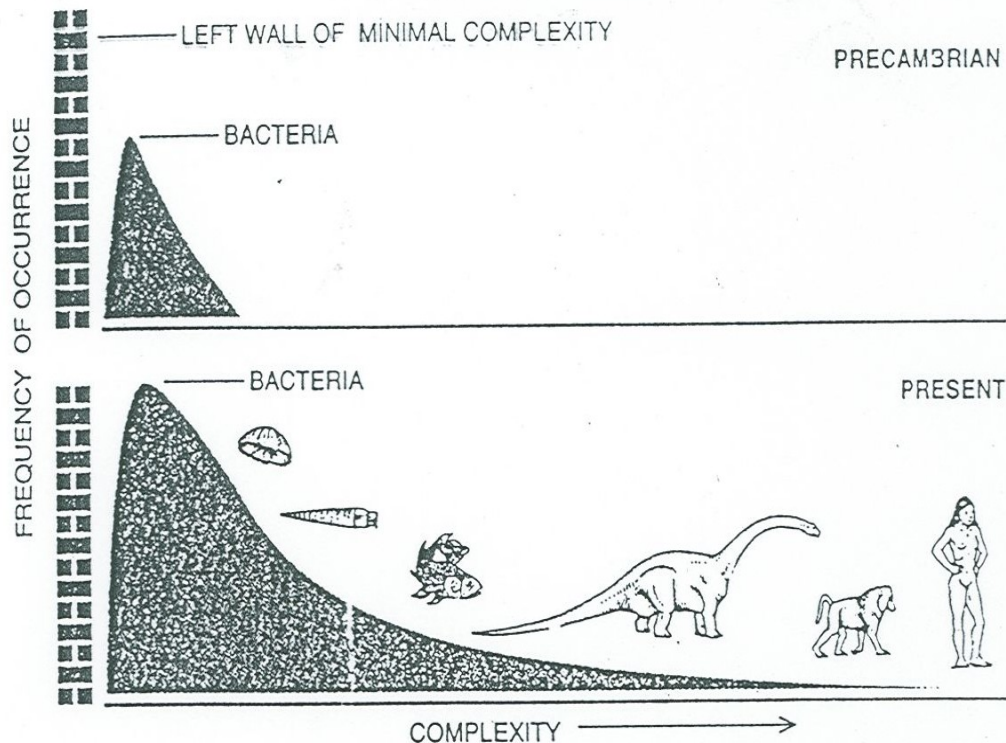
- 1) ekologické momenty (změny v krátkém časovém úseku existence druhu =  
zdokonalení druhu přírodním výběrem (darwinowsky))**
- 2) děje a stavy mezi dvěma epizodami masového vymírání (dlouhé milióny let)**
- 3) periodické katastrofy a decimace ekosystémů a biosféry (Př. P/T – *Ophiceras* –  
300 rodů v T – konec sv. T + další rozvoj J+Cr)**



**Niles Eldredge**

# Modální komplexita (J. S. Gould, 1994): evoluce zahrnuje chaos, nahodilost, architektura modální komplexity, evoluční „keř“ s širokou bází, šťastné náhodné přežívání

Gould (1994)



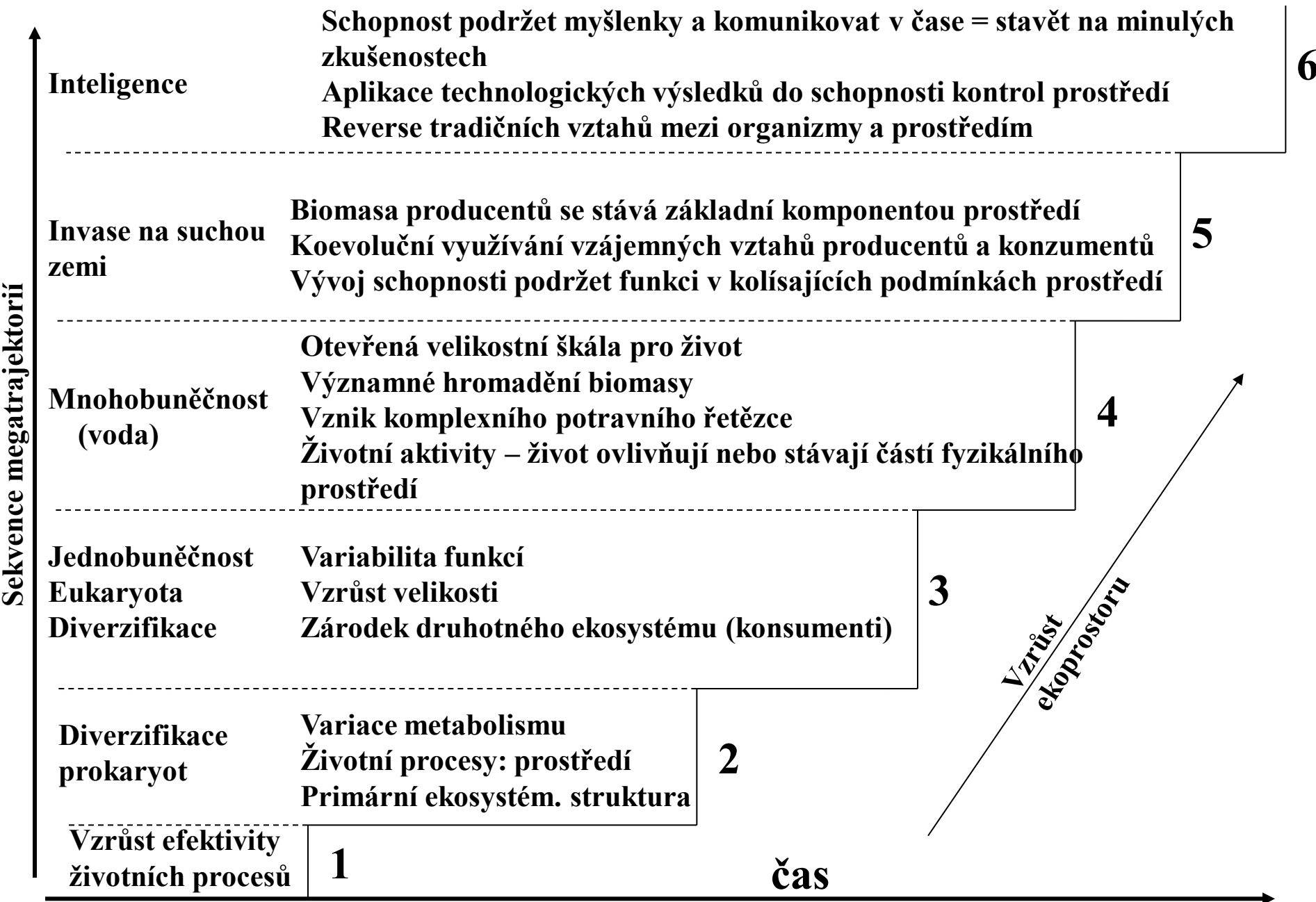
PROGRESS DOES NOT RULE (and is not even a primary thrust of) the evolutionary process. For reasons of chemistry and physics, life arises next to the “left wall” of its simplest conceivable and preservable complexity. This style of life (bacterial) has remained most common and most successful. A few creatures occasionally move to the right, thus extending the right tail in the distribution of complexity. Many always move to the left, but they are absorbed within space already occupied. Note that the bacterial mode has never changed in position, but just grown higher.

**Usměrněnost velkých trajektorií** (A. Knoll & R.K. Bambach, 2000): 6 evolučních megatrajektorií, jejich následnost a usměrněnost od počátku historie Země v čase



A. Knoll

**Knoll et Bambach, 2000:**



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

## Hadaikum, archaikum, proterozoikum

Rostislav Brzobohatý

výběrovka 17

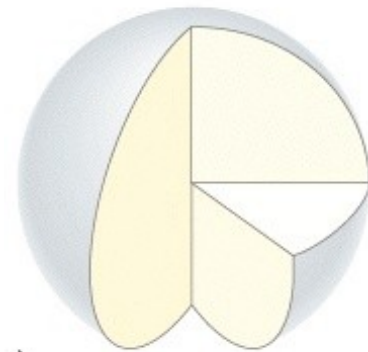
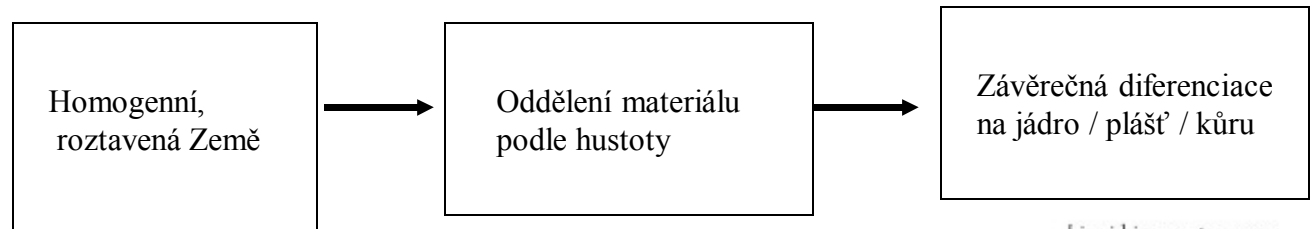


Velký třesk – 15 Ga – elementární částice, lehké prvky (H, He)-  
hvězdy a galaxie první generace – bílí trpaslíci.

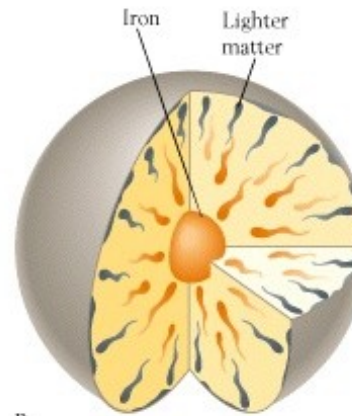
Neutronové hvězdy, černé díry, další lehké prvky – supernovy –  
těžké prvky, hvězdy druhé generace s planetami – chemická evoluce



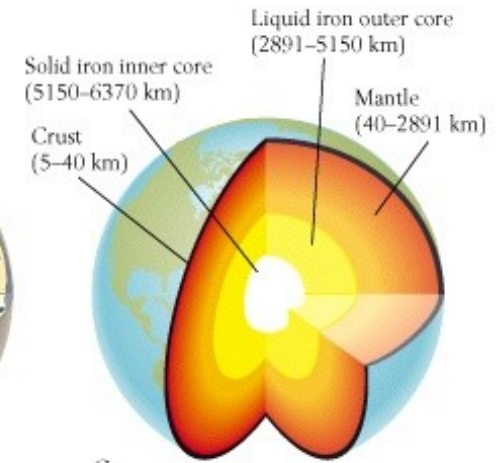
# Tvorba Země jako planety zahrnuje



A



B



C

EarthHistory, 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.

# Origin of Continental Crust

- 3.9 to 4.2 Ga  
Acasta Gneiss  
– 3.96 Ga +/- 3 Ma

(ZrSiO<sub>4</sub>) (+Hf)

4,404 Ga – Jack Hills (Austrálie) – nejstarší zirkony

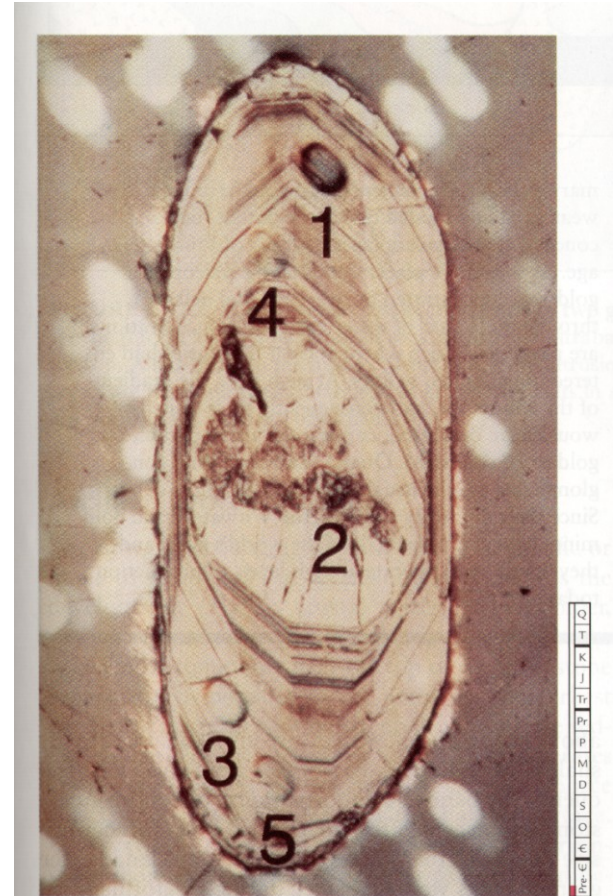
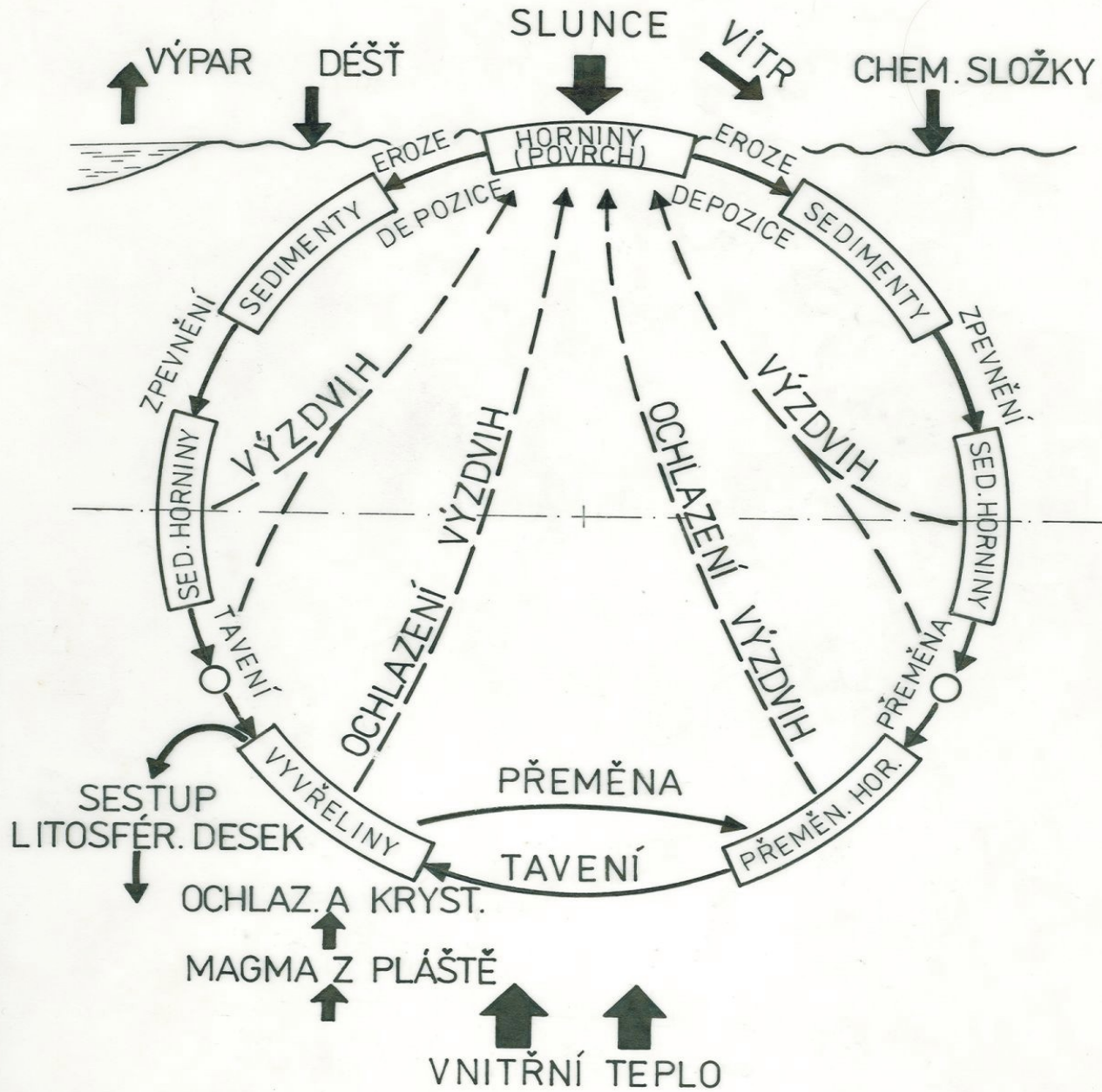


FIGURE 6-18 Photomicrograph of one of the 3.96-billion-year-old zircon grains extracted from the Acasta Gneiss, Slave province, Northwest Territories of Canada. The grain is 0.5 mm long. Its polished surface has been etched with acid to highlight crystal growth zones. Numbers refer to points selected for analysis. (Courtesy of S. A. Bowring.) 🗨️ Why are zircon crystals particularly valuable in determining isotopic ages?

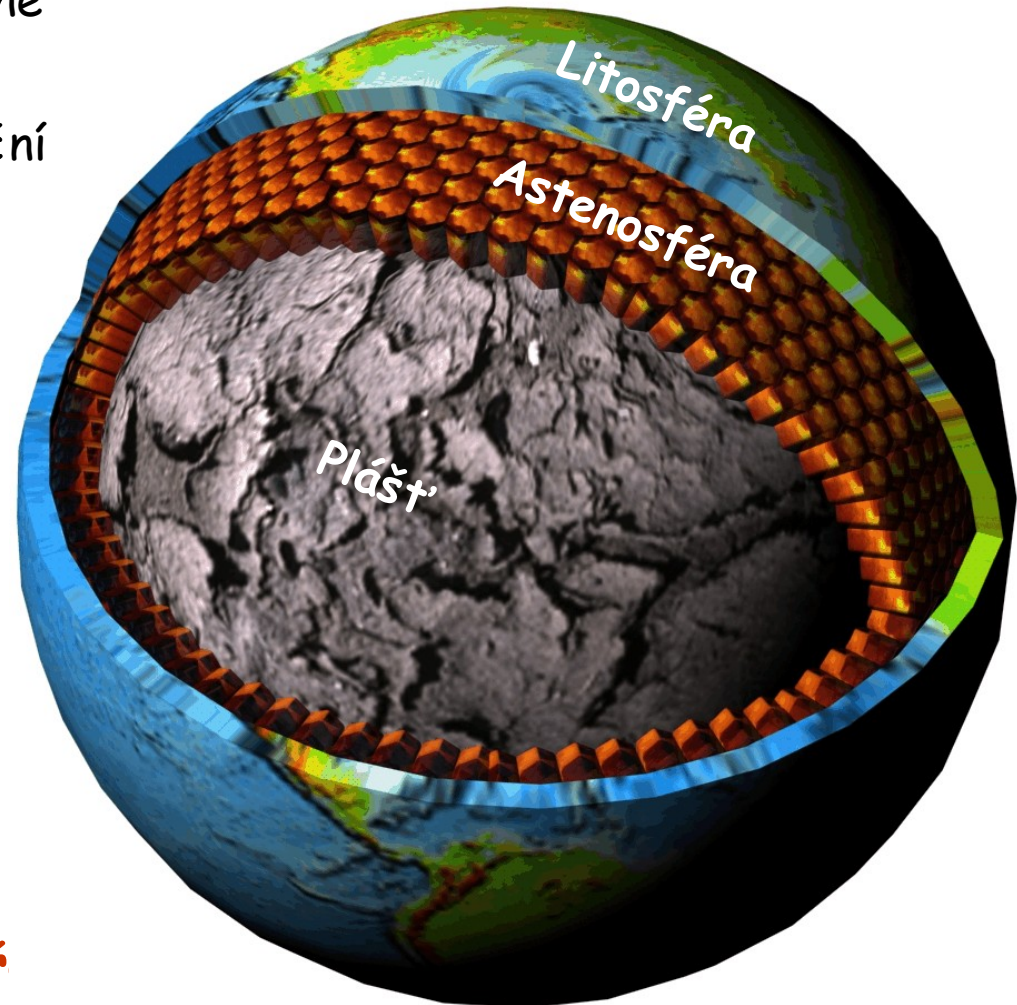
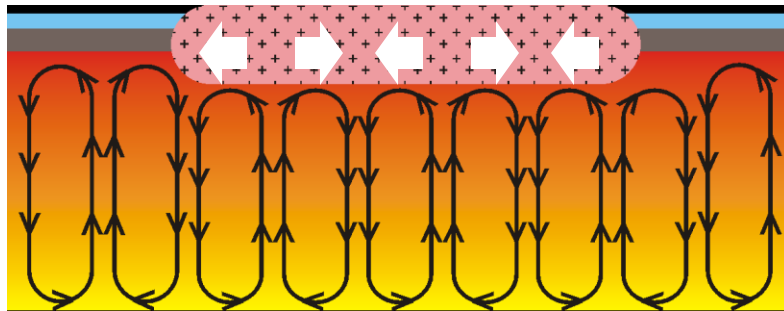
# Horninový cyklus



# Jak je to tedy s konvekčními proudy

Novější hypotéza

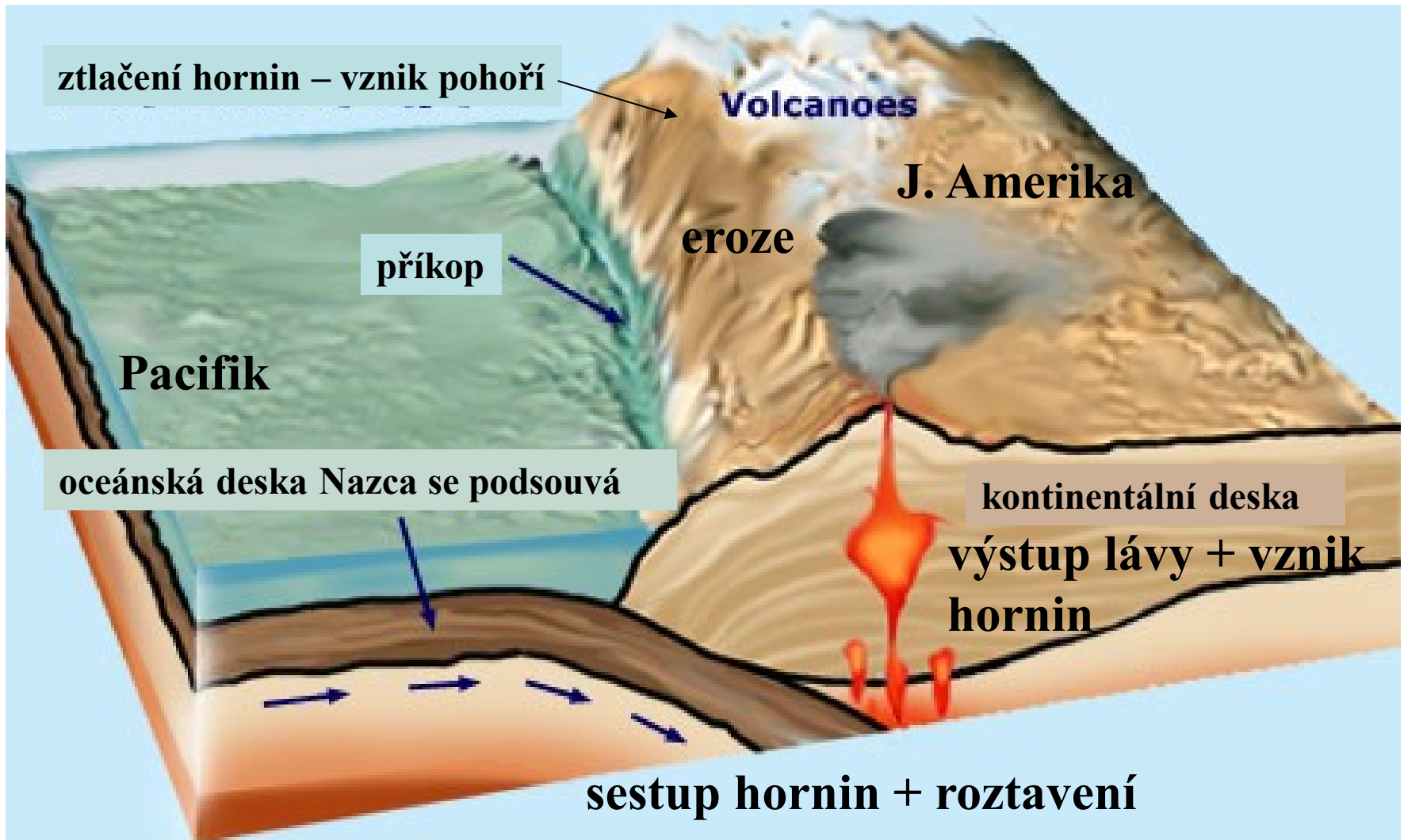
- Astenosféra je velmi plastická a horká = musí v ní probíhat konvekce
- konvekční buňky jsou avšak relativně malé a pravidelné
- experimenty prokázaly, že konvekční buňky mají zhruba tvar šestibokého hranolu, o délce hrany ~500 km
- vzhledem ke své velikosti nemohou konvekční proudy hýbat deskami, jejich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

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



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

Komory  
„druhá hot spot“

„hot spot“  
REUNION  
(dnes)

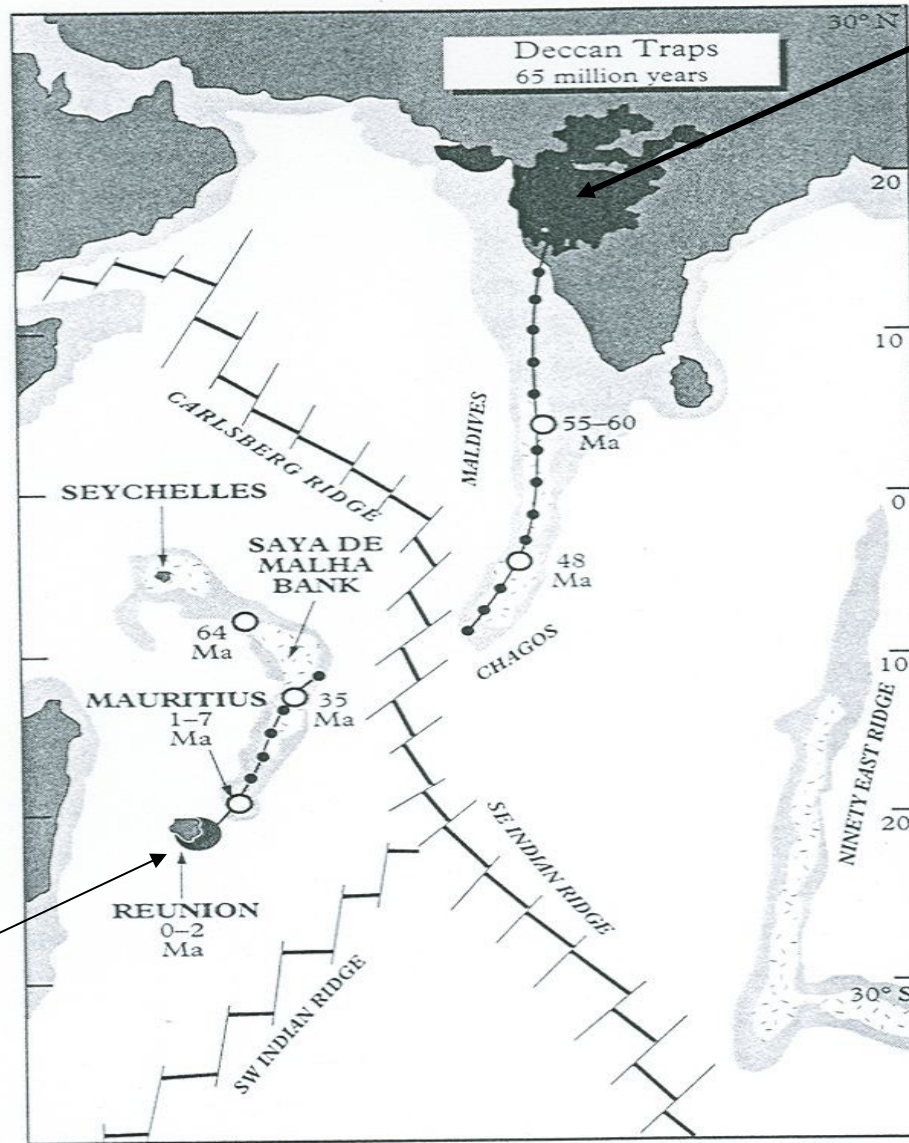
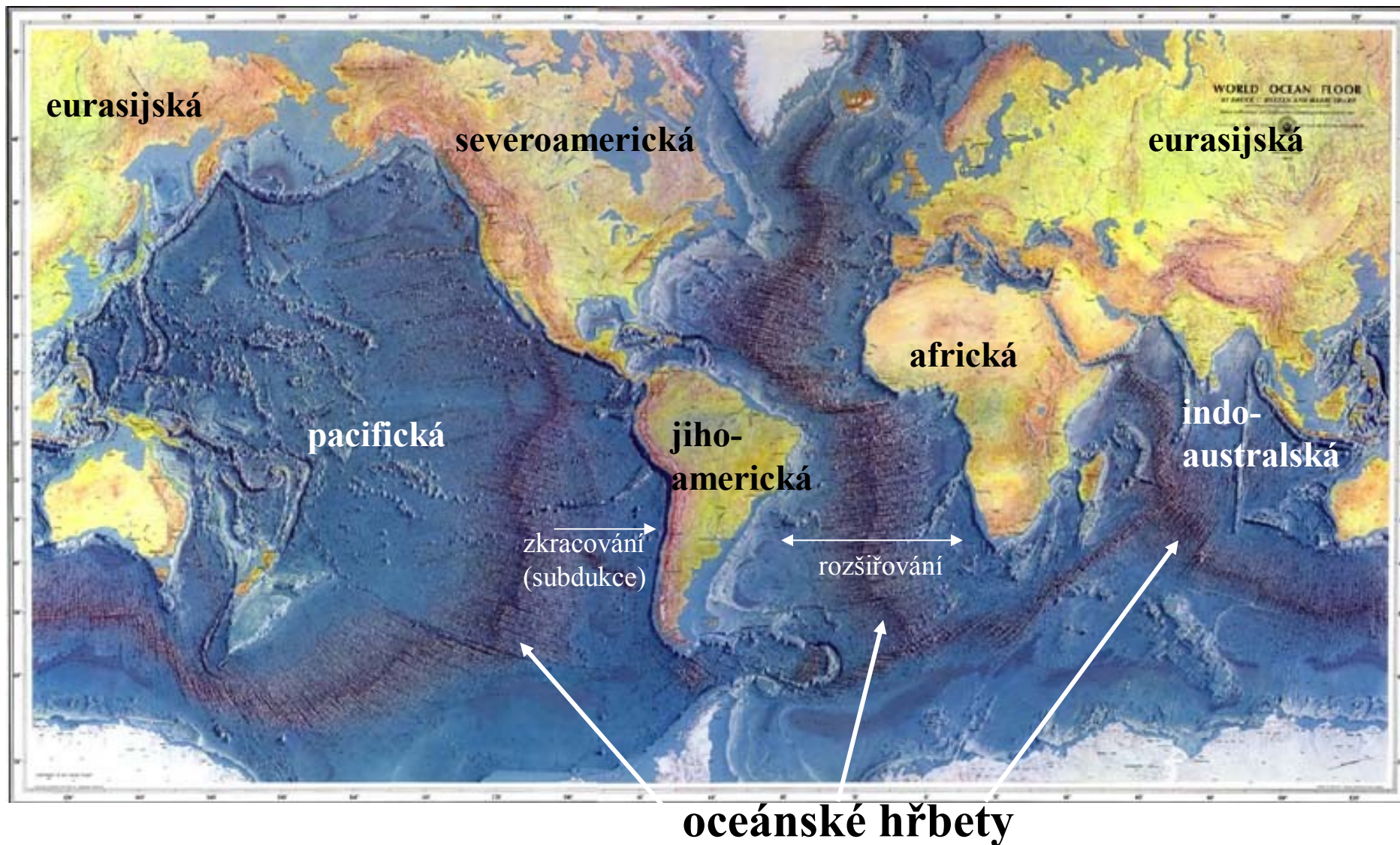
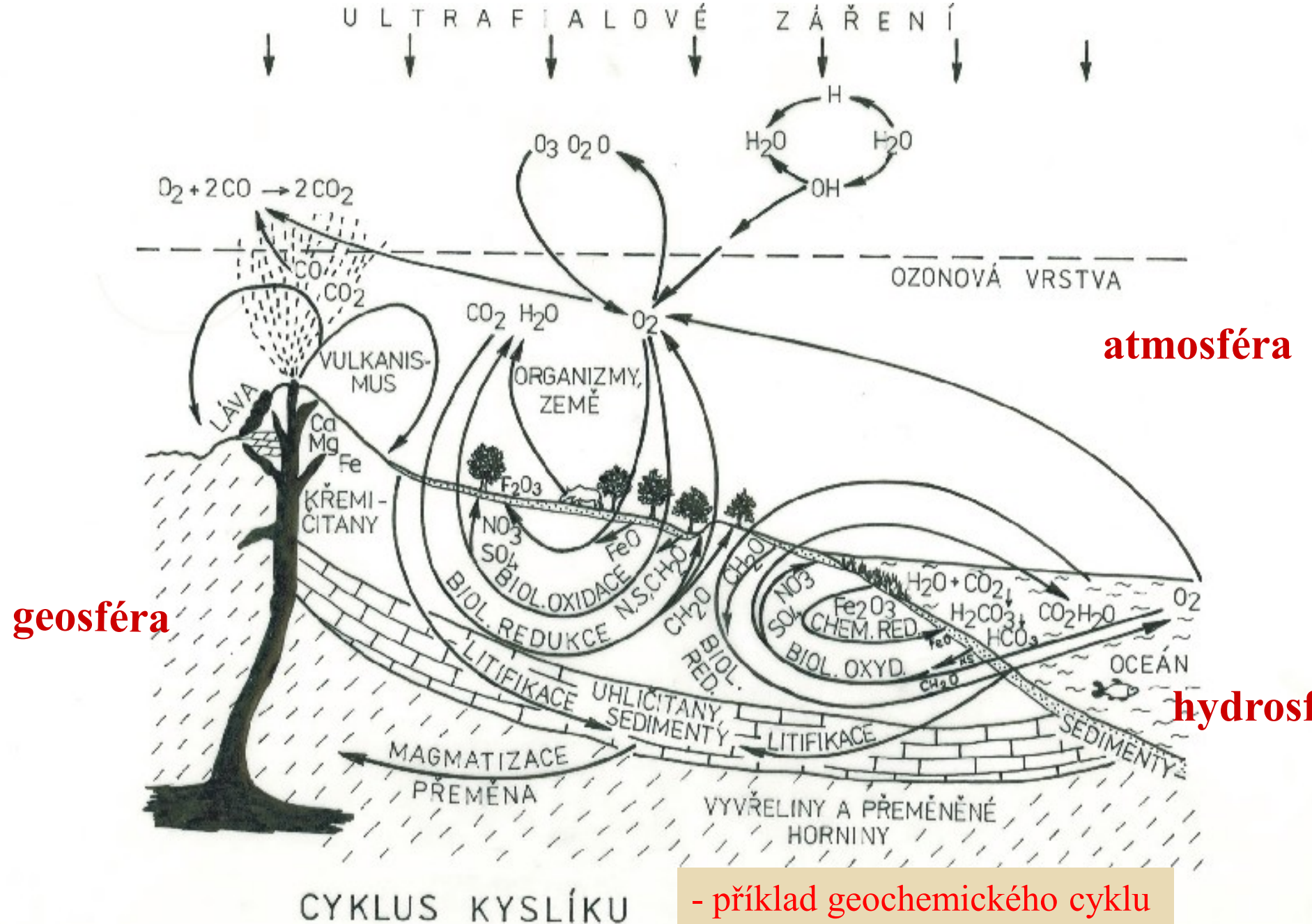


Figure 5.1  
Part of the Indian  
Ocean, showing  
chains of seamounts  
leading from the  
active Réunion  
hotspot, to the  
Deccan Traps. Age  
progression (in Ma)  
is shown where actual  
measurements were  
carried out on  
dredged samples.

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

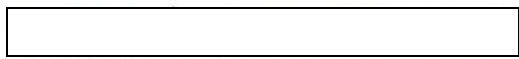
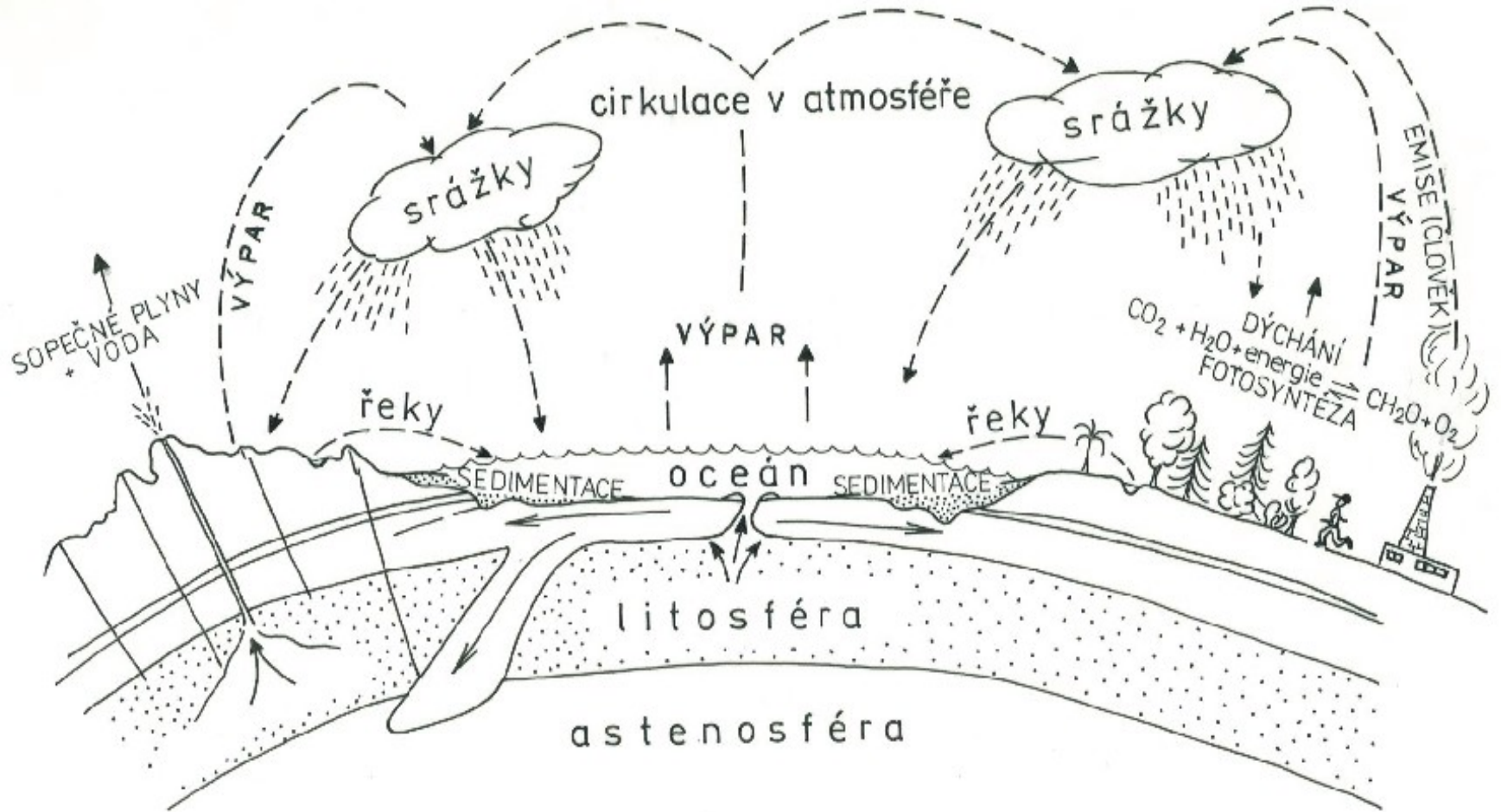
# Oceánské dno – svět, dnešní pohled, rozložení nejdůležitějších desek



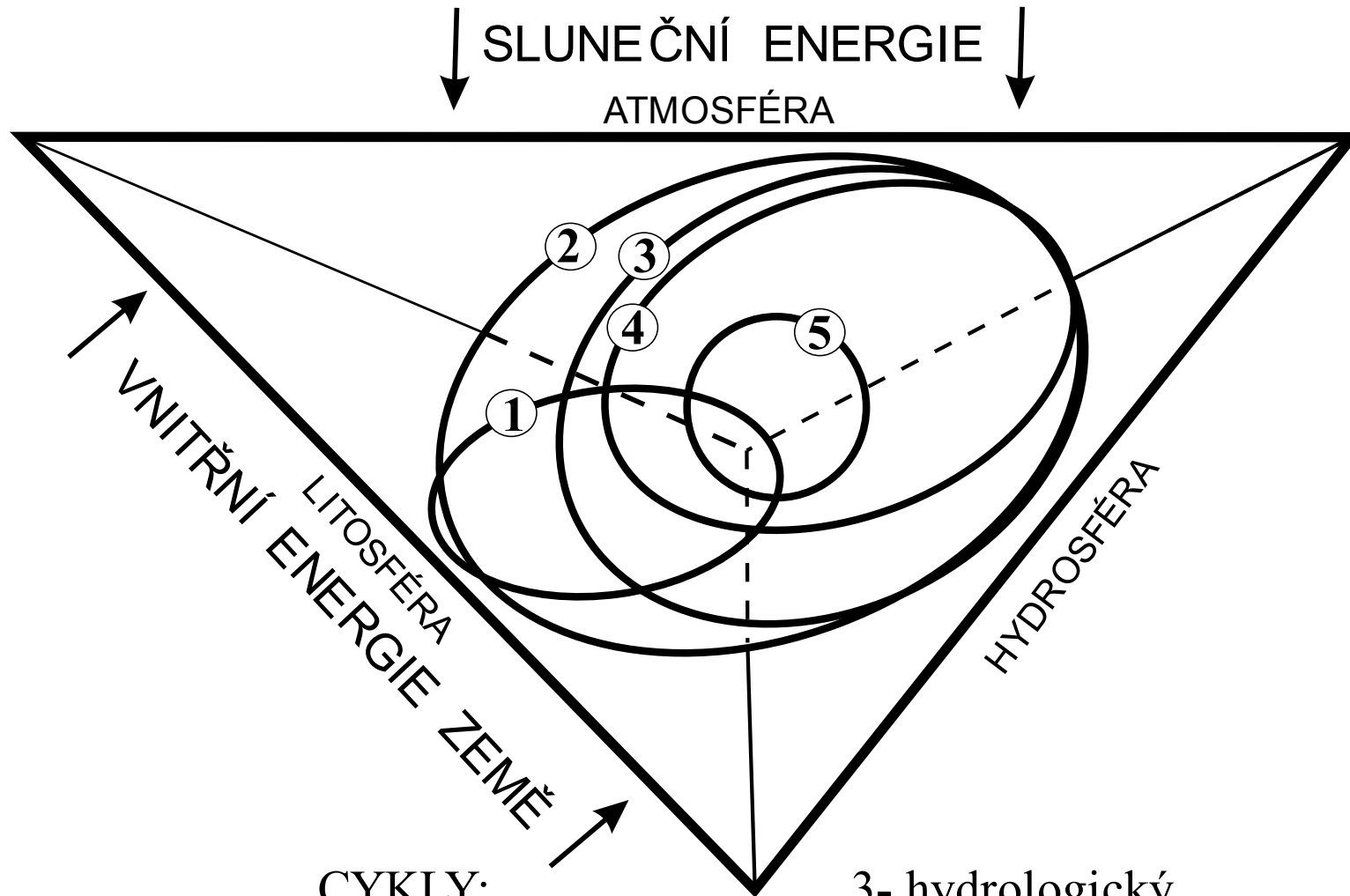




# Zemský metabolismus



# Propojení všech hlavních součástí systému Země



CYKLY:

- 1 - horninový
- 2 - geochemický

- 3 - hydrologický
- 4 - biologický
- 5 - lidská společnost



**~ 4.5 Ga: srážka Země s planetou cca velikosti Marsu, následky: hmota Měsíce vyrvána,  
? likvidace původního plynného obalu Země**

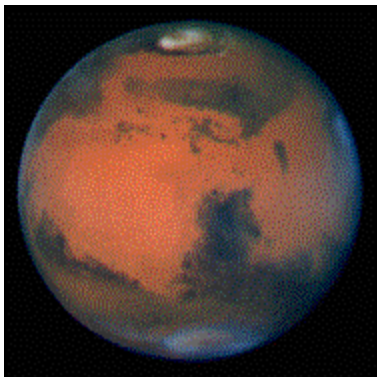


**Hadaikum**

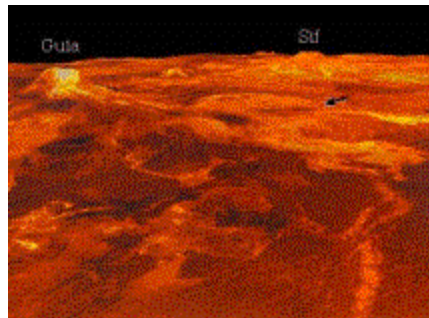
(G. Richter 2014)

# 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 + CO<sub>2</sub>  
Aby byl CO<sub>2</sub> odstraňován z atmosféry je třeba voda v kapalném stavu.
  - Mars je příliš studený.
  - Venuše je příliš horká.
  - Obě planety mají CO<sub>2</sub> atmosféru.
- Jen na Zemi je hydrosféra a proto většina CO<sub>2</sub> vázána ve vápencích, dolomitech a v živé hmotě!



Mars

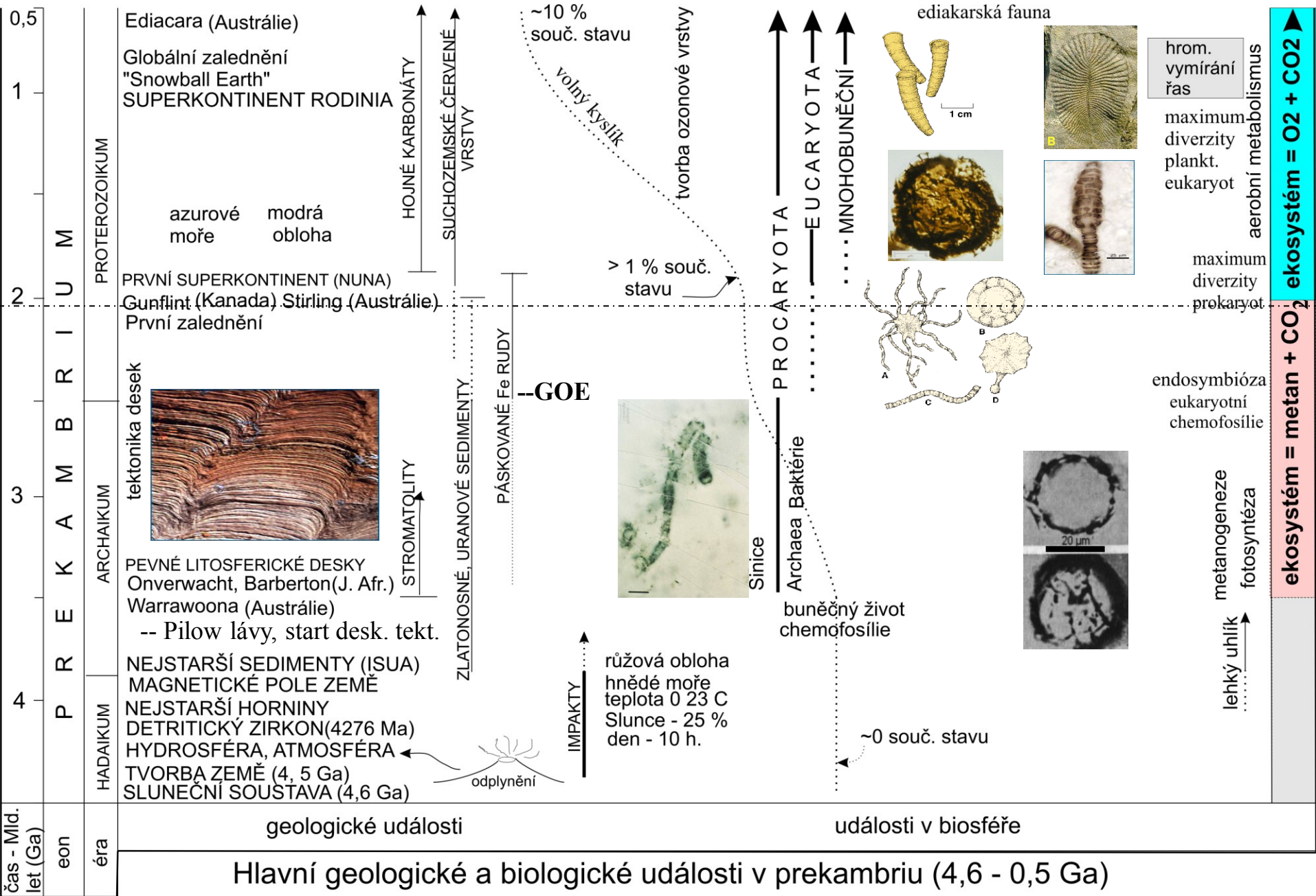


Venuše



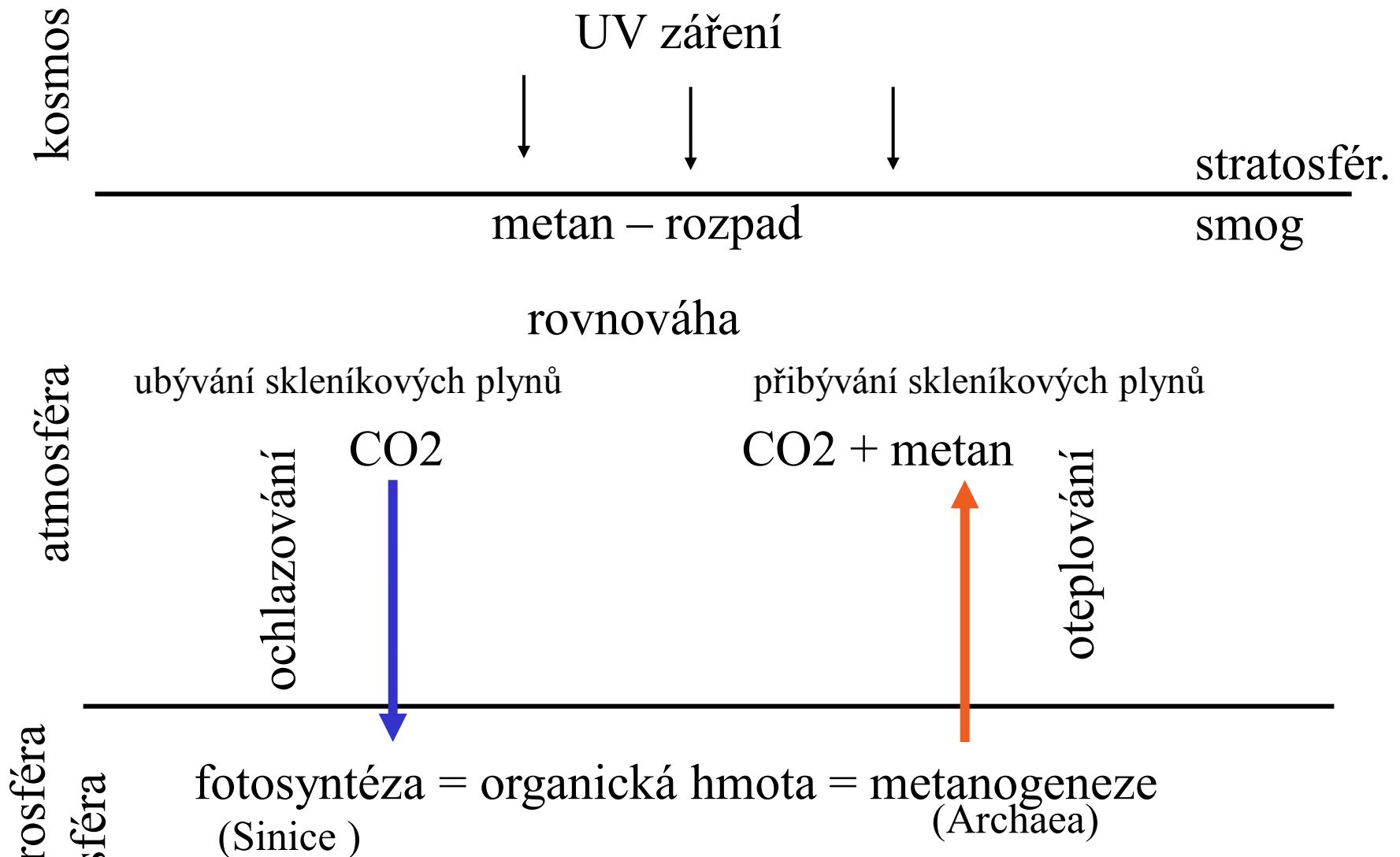
Země

**Vznik života – viz minulý semestr**



Zachycují prolínající se působení živé a neživé složky, jejich rozrůzňování a tvorbu neustále proměňujícího se obrazu planety.


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



V archaiku převládala CO<sub>2</sub> + metanová atmosféra (sopečná činnost + životní činnost archaeí – metanogenů), prakticky chyběl volný kyslík (pokud byl produkován sinicemi, byl vázán na oxidační reakce Fe<sup>2+</sup> a tvorbu páskovaných železných rud). Teprve koncem archaika a začátkem proterozoika se obsah volného kyslíku výrazně zvyšuje a nastupuje ekosystém na bázi CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>.

(podle Lovelock 1994)





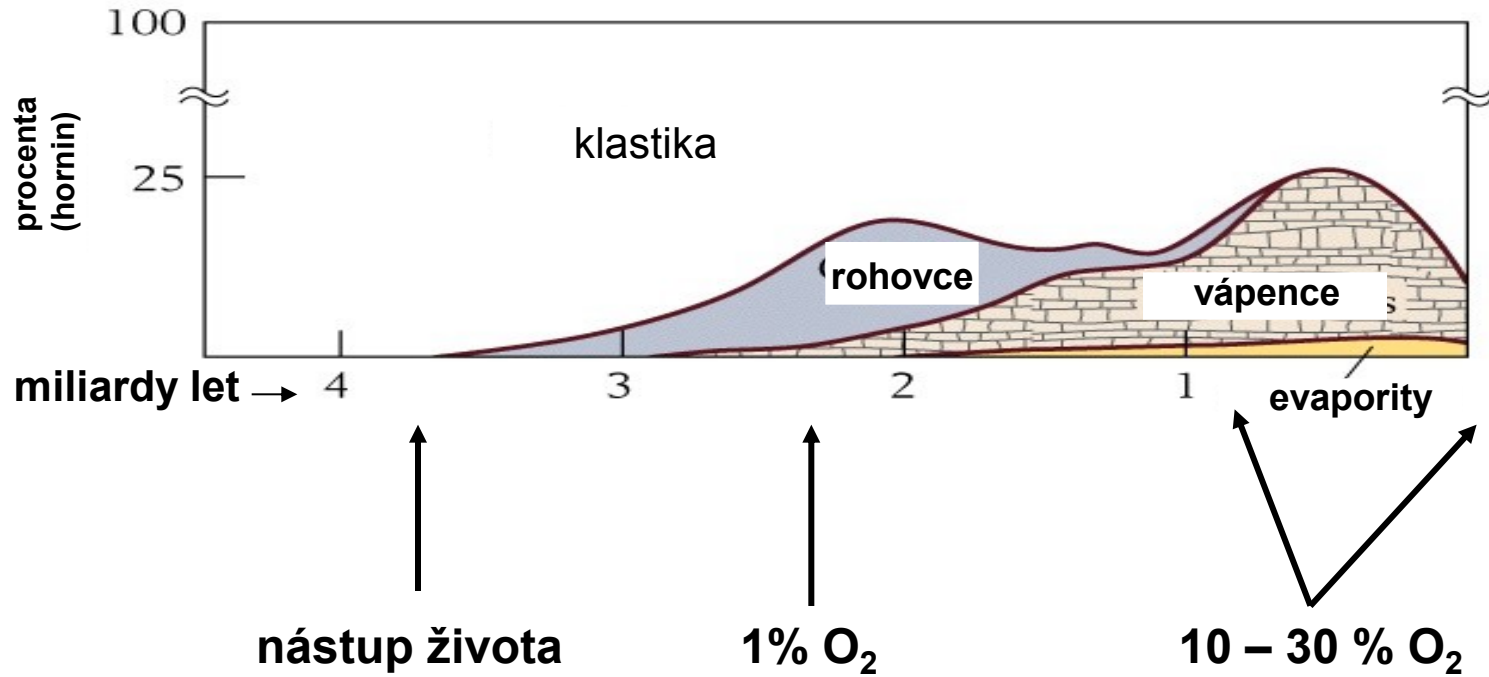
**The magnetic field protects Earth's surface from deadly cosmic radiation and provides clues about the planet's interior. Tarduno *et al.* found that some of the oldest minerals on Earth, Jack Hills zircons, preserved a record of a magnetic field over 4 billion years ago (see the Perspective by Aubert). Earth's magnetic field appears to have been fully operational a mere few hundred million years after the planet formed. This suggests an early start for plate tectonics and an ancient cosmic radiation shield that was important for habitability *Science* 2015, this issue p. [521](#); see also p. [ARTICLE](#)**

# 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.

# Zastoupení hlavních sedimentárních hornin v historii Země

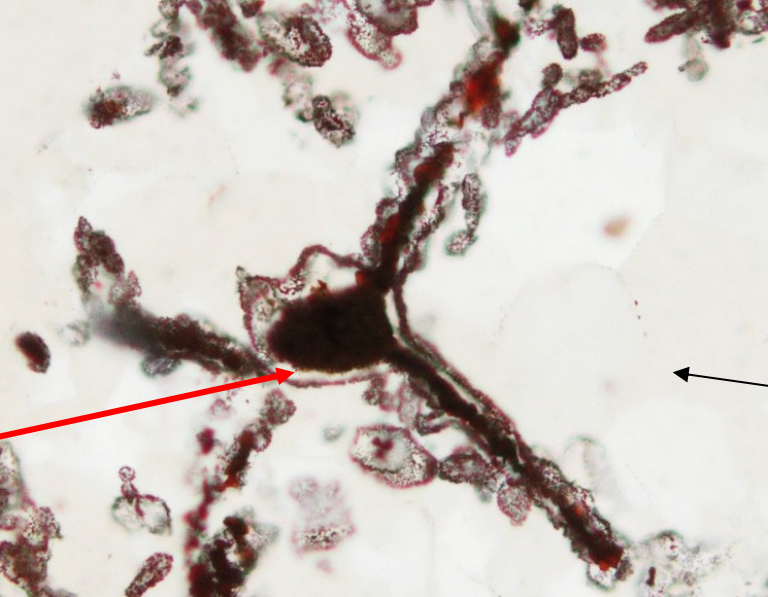


## **Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates**

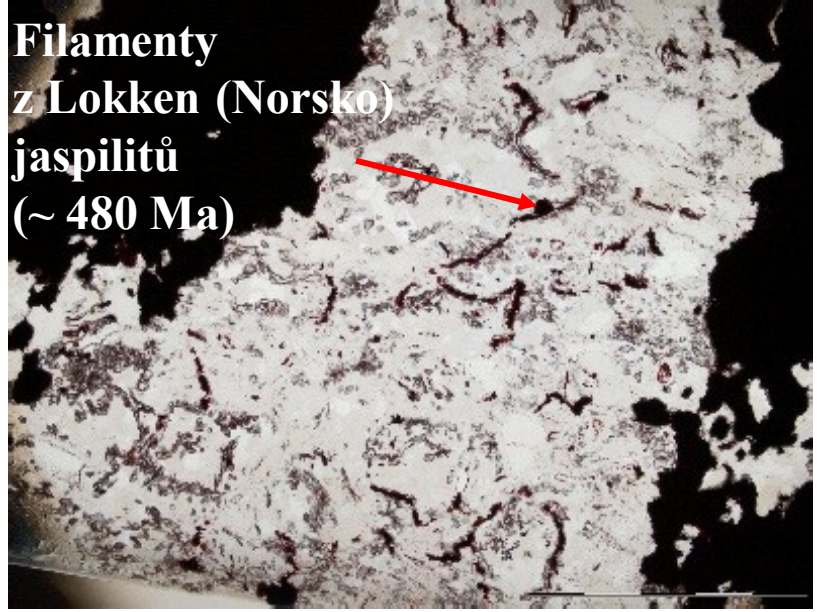
Matthew S. Dodd<sup>1,2</sup>, Dominic Papineau<sup>1,2</sup>,  
Tor Grenne<sup>3</sup>, John F. Slack<sup>4</sup>, Martin Rittner<sup>2</sup>,  
Franco Pirajno<sup>5</sup>,  
Jonathan O'Neil<sup>6</sup> & Crispin T. S. Little<sup>7</sup>

**Although it is not known when or where life on Earth began, some of the earliest habitable environments may have been submarine-hydrothermal vents. Here we describe putative fossilized microorganisms that are at least 3,770 million and possibly 4,280 million years old in ferruginous sedimentary rocks, interpreted as seafloor-hydrothermal vent-related precipitates, from the Nuvvuagittuq belt in Quebec, Canada. These structures occur as micrometre-scale haematite tubes and filaments with morphologies and mineral assemblages similar to those of filamentous microorganisms from modern hydrothermal vent precipitates and analogous microfossils in younger rocks. The Nuvvuagittuq rocks contain isotopically light carbon in carbonate and carbonaceous material, which occurs as associated with carbonate in direct contact with the putative microfossils. Collectively, these observations are consistent with an oxidized biomass and provide evidence for biological activity in submarine-hydrothermal environments more than 3,770 million years ago.**

**doi:10.1038/nature21377,  
2017**

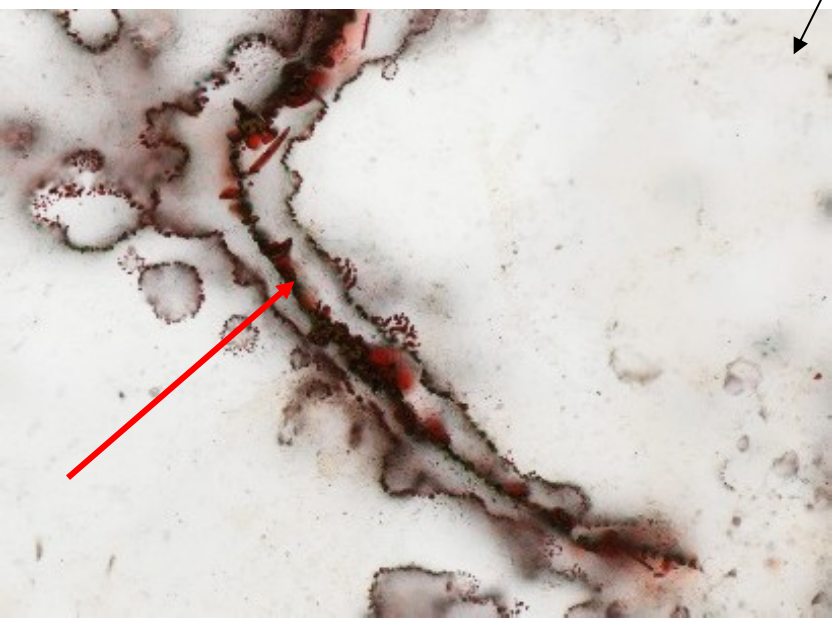


**Filament s terminálním uzlem (NSB)**

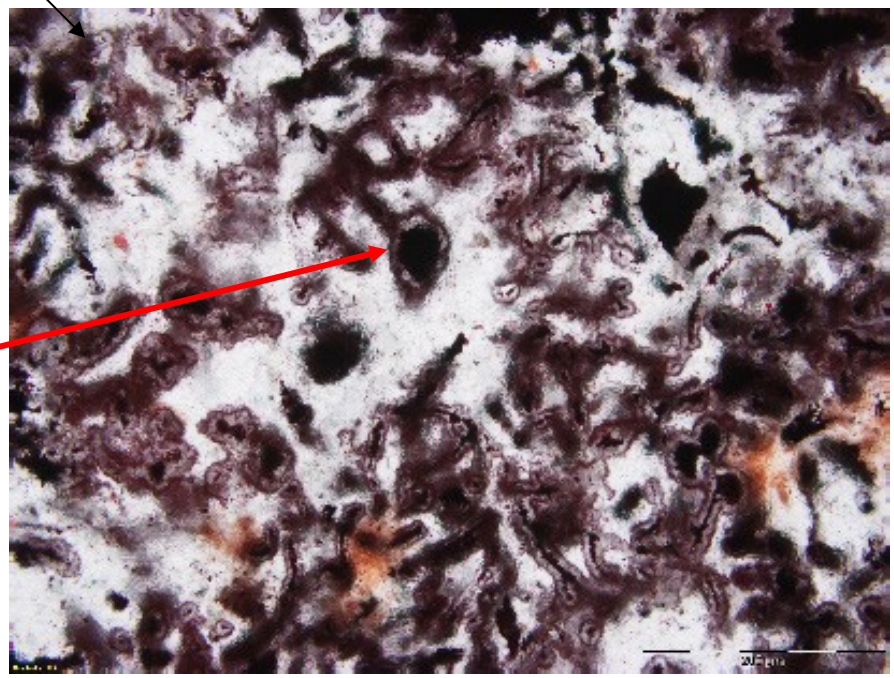


**Filamenty  
z Lokken (Norsko)  
jaspilitů  
(~ 480 Ma)**

**Nuvvuagittuq  
Supracrustal  
Belt (NSB)**



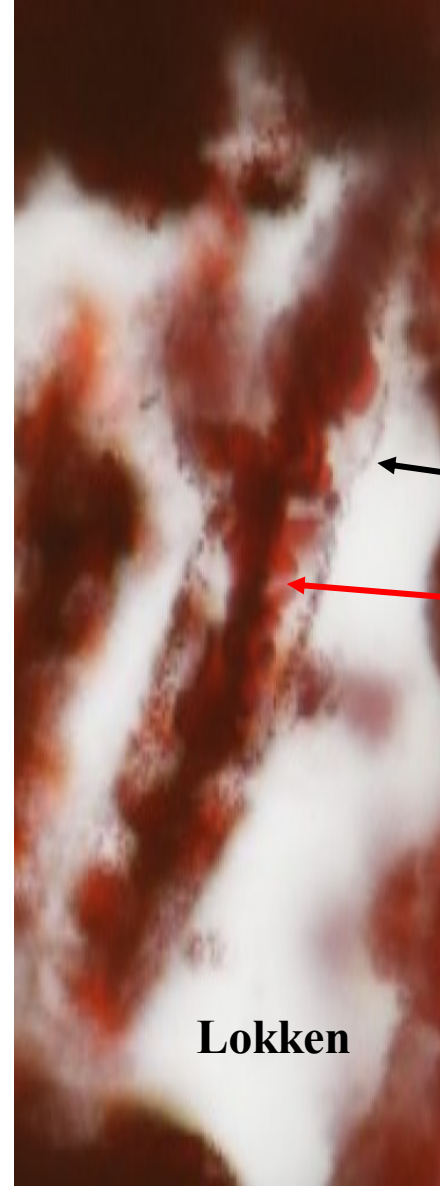
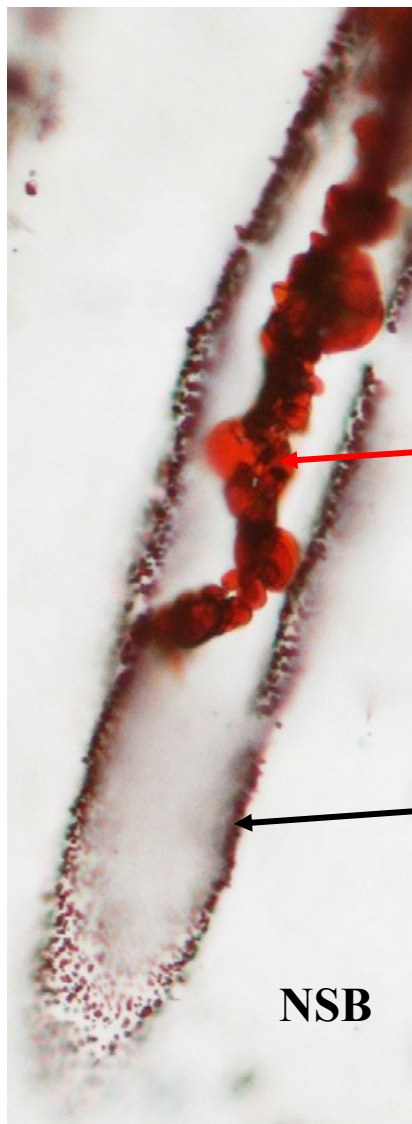
**Filament v kvarcitu (NSB)**



**Filament v haematitu (NSB)**

**Figure 2 | Transmitted light images of haematite tubes in the NSB and Løkken jaspers**

Tube showing a twisted filament (red arrow) and walls (black arrow).

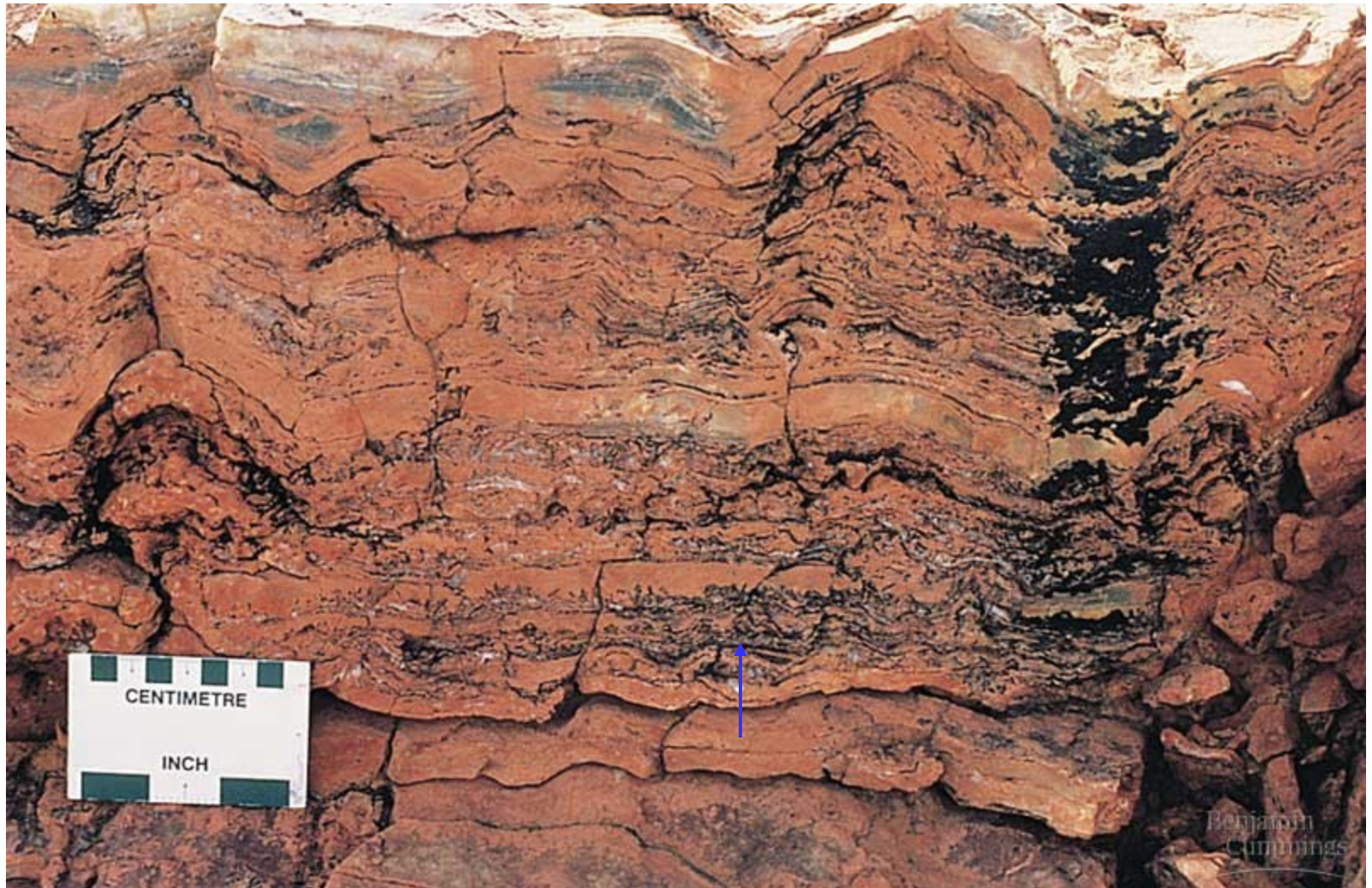


Tube showing filament (red arrow) and walls (black arrow).



The Acasta gneiss in Canada's NWT was formed 4.0 Ga ago. Along with similar metamorphic rocks in southern Greenland, these are the most ancient pieces of crust remaining on Earth.

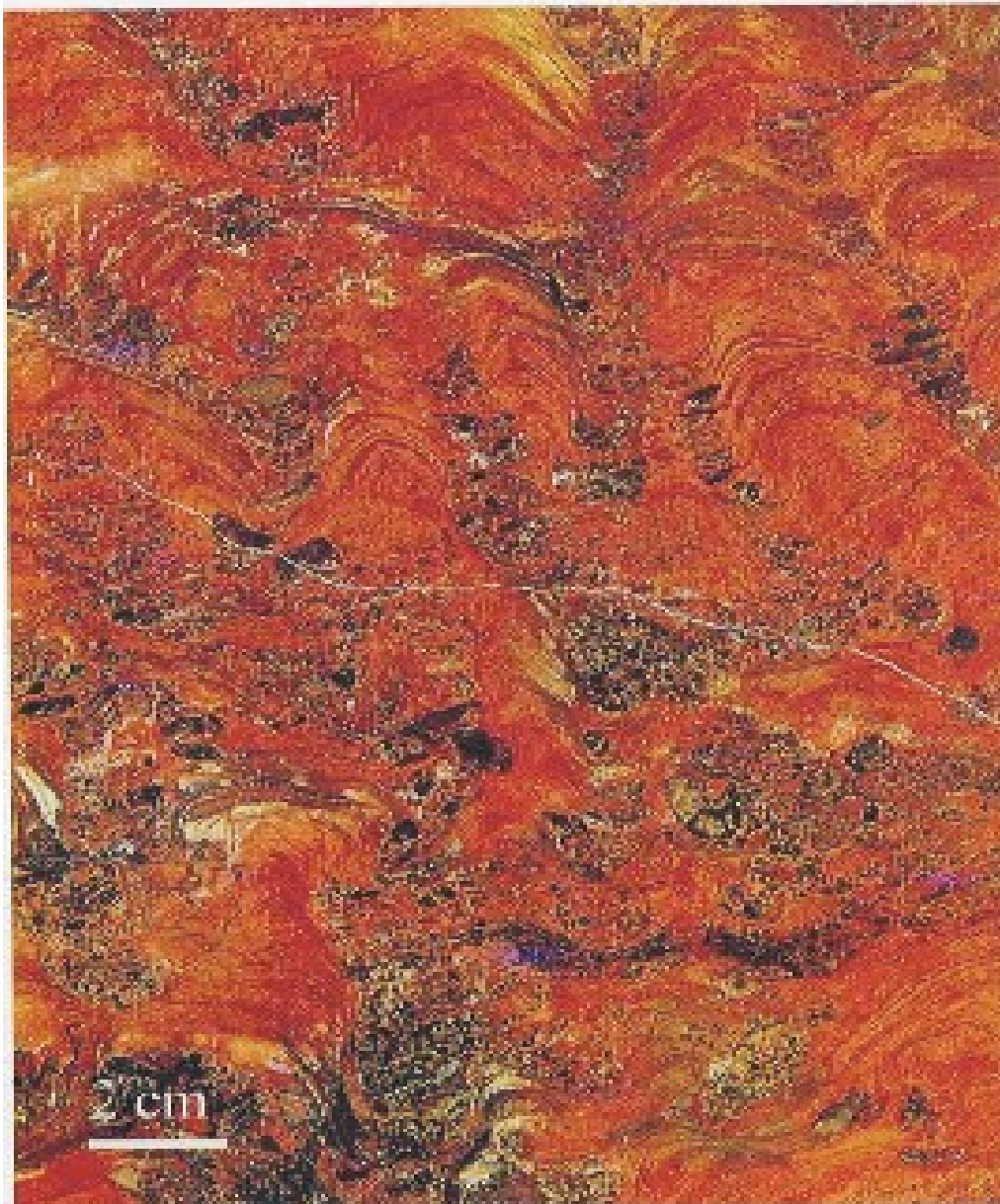
# Stromatolity (petrifikovaná bakteriální bahna)



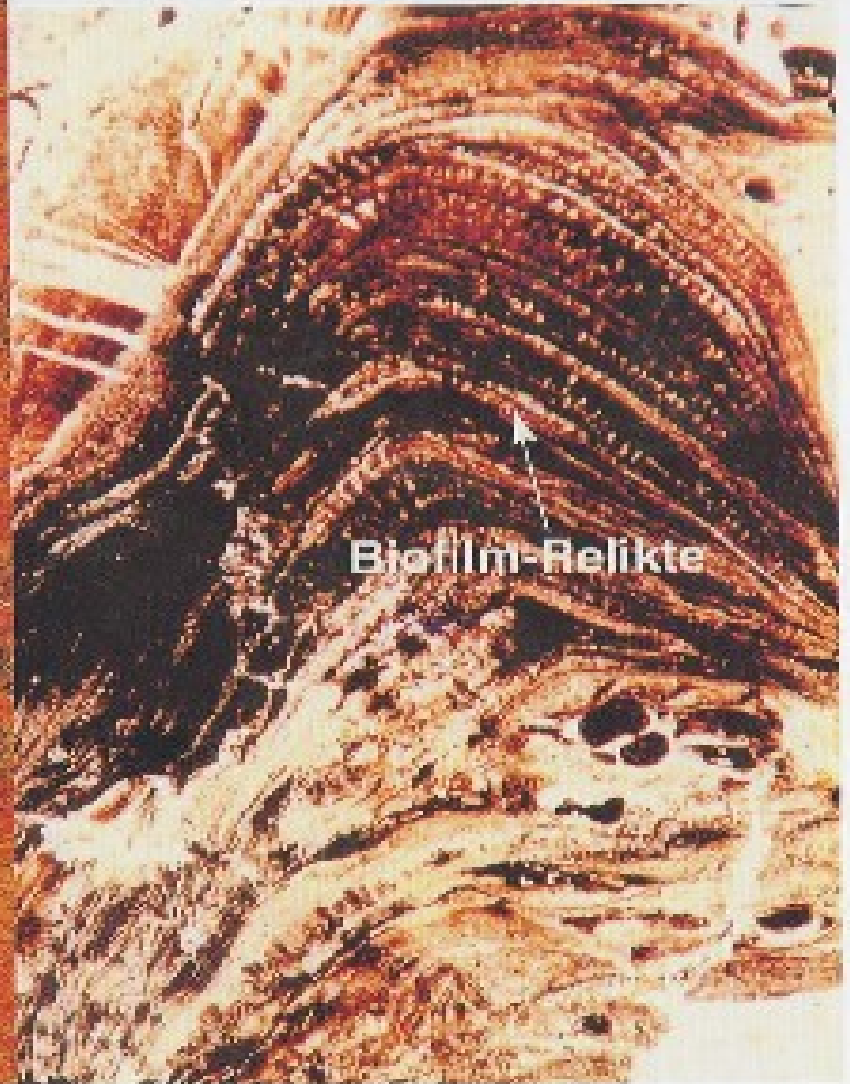
BIF – magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), haematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ~ 3,7 Ga, maximum kolem GOE (2, 4 Ga), až 30 % Fe



# Páskované Fe rudy, 2.2 Ga, řez



Stromatolithische Banded Ironstone Formation, BIF, 2.2 Mrd.Jahre

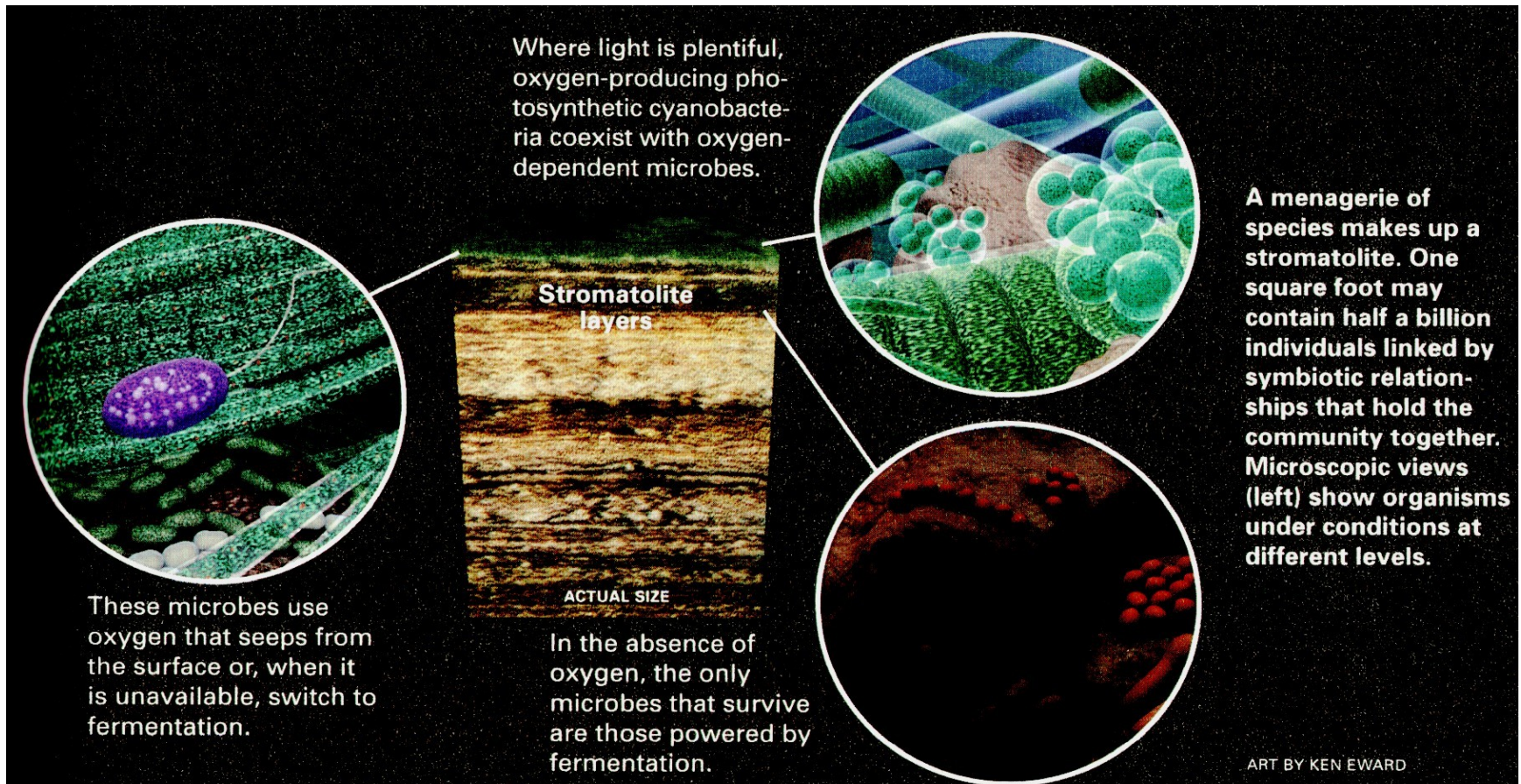


# Páskované Fe rudy, makroskopický pohled



# Vznik stromatolitů

- Za dostatku světla produkovaly cyanobakterie kyslík (fotosyntéza), ten používali jiní mikrobi k získávání energie (světlejší vrstva) - pokud kyslík chyběl, přecházeli k fermentaci, za absence kyslíku přežívali jen fermentanti (tmavší vrstva). Bahnité sedimenty byly zpevněny uhličitánem vápenatým z vody a vytvářely pevné páskované horniny.

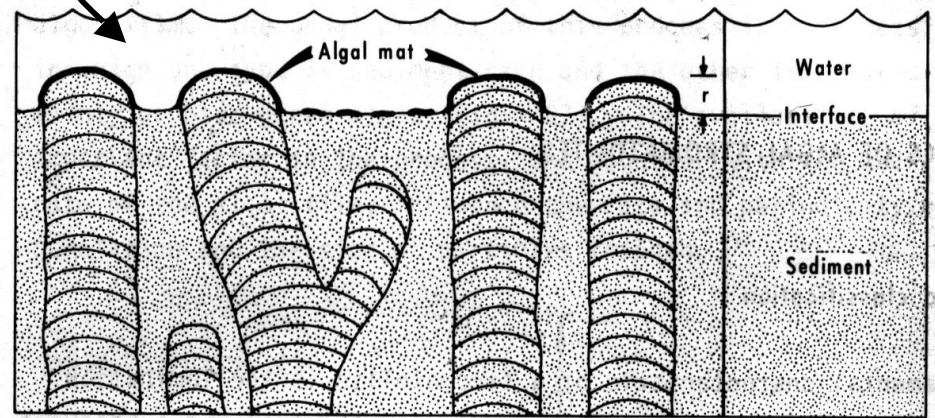


# The Archean fossil record (cont.)



← 3.2 billion year old stromatolite from South Africa

Growth of cyanobacterial mats



## **Stromatolity, 1,8 Ga, Great Slave Lake (Kanada)**



## Recentní stromatolity, Shark Bay, Austrálie (vzácně se tvoří ještě dnes v hypersalinních podmínkách, které zabraňují vstup případným požíračům)



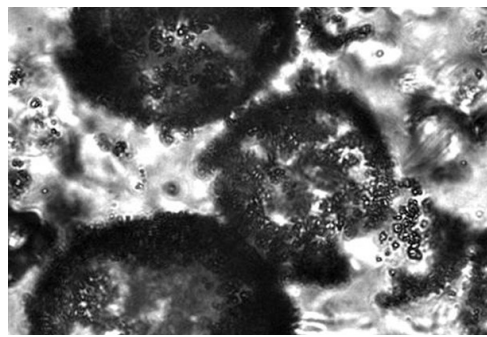
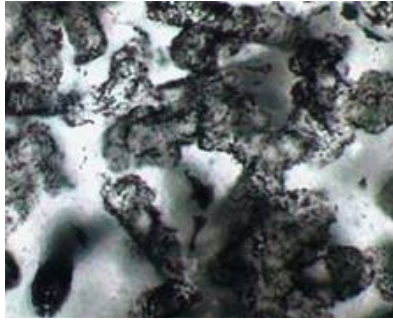
© 2005 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

At right is a layered **stromatolite**, produced by the activity of ancient cyanobacteria. The layers were produced as **calcium carbonate** precipitated over the growing mat of bacterial filaments; photosynthesis in the bacteria depleted carbon dioxide in the surrounding water, initiating the precipitation. The minerals, along with grains of sediment precipitating from the water, were then trapped within the sticky layer of mucilage that surrounds the bacterial colonies, which then continued to grow upwards through the sediment to form a new layer. As this process occurred over and over again, the layers of sediment were created. This process still occurs today; [Shark Bay](#) in western Australia is well known for the stromatolite "turfs" rising along its beaches.



(Rashid 2009)

**Shark Bay**



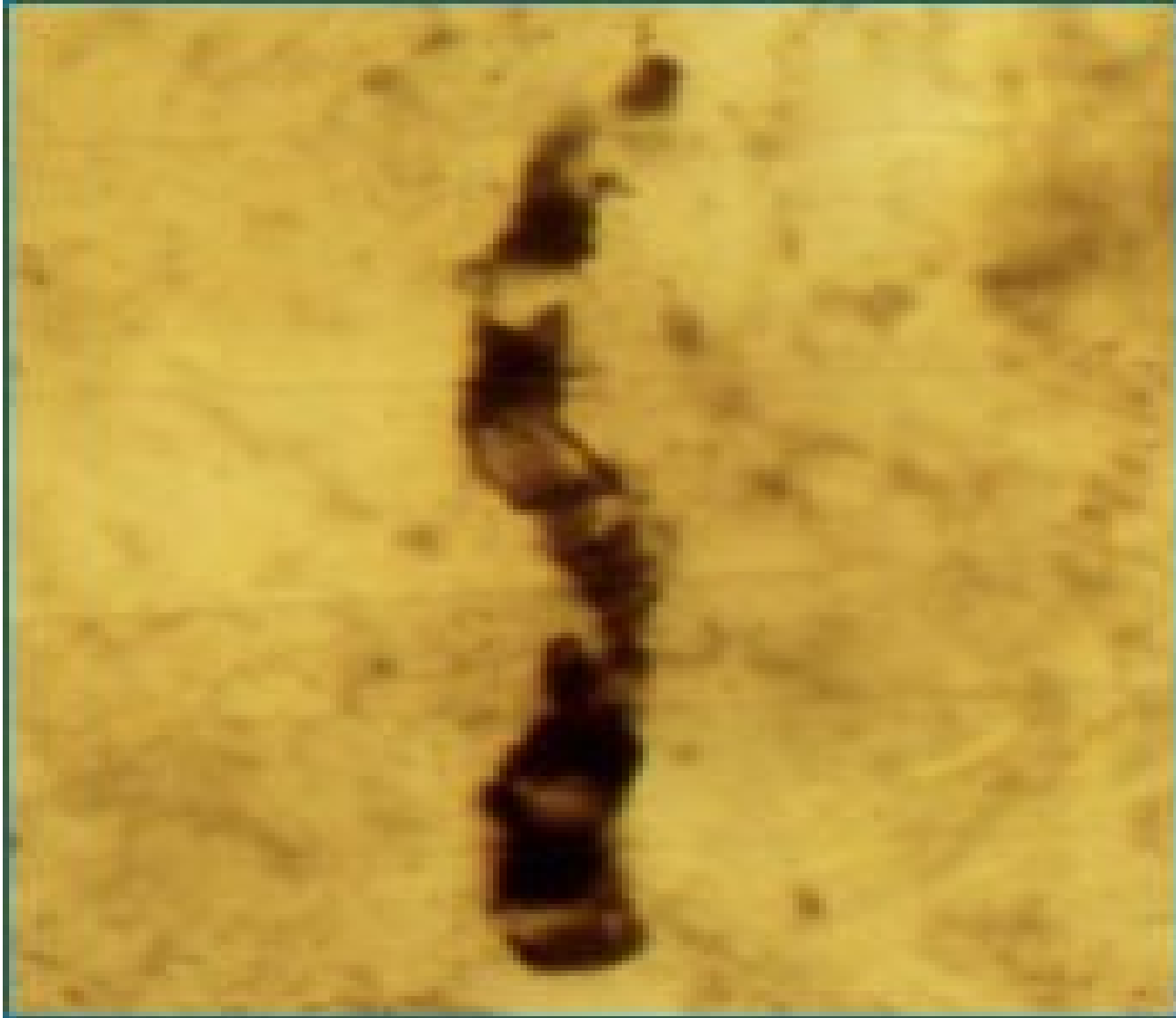
Mikrofosilie - buňky s uzavřeninami  
S minerálů vznikajících při životní činnosti  
S bakterií (dtto rec.)

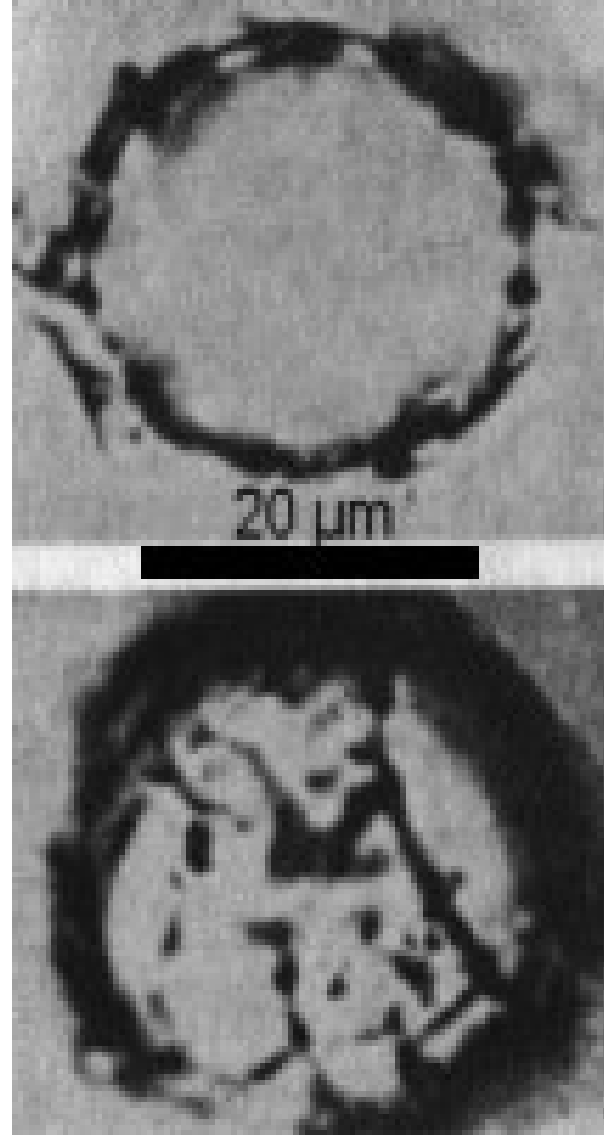


Strelley Pool, Pilbara Fm. (Australie),  
siliciv. 3.4 Ma



## Buněčný filament – 3465 Ma



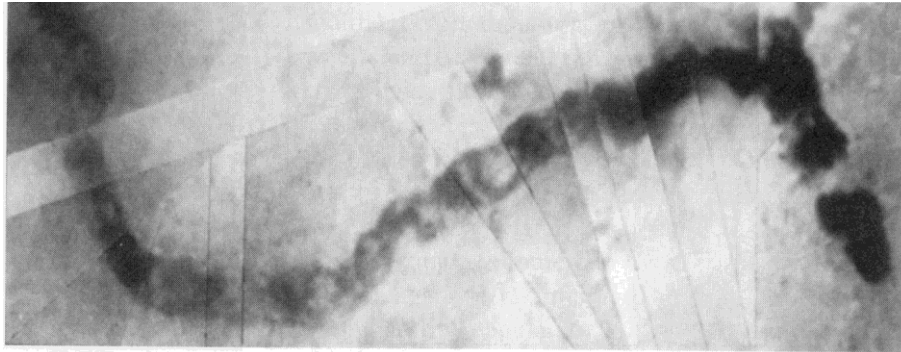


***Archaeosphaeroides barbertonis*, Barberton, J. Afrika, ~ 3.2 Ga**  
(Procaryota)

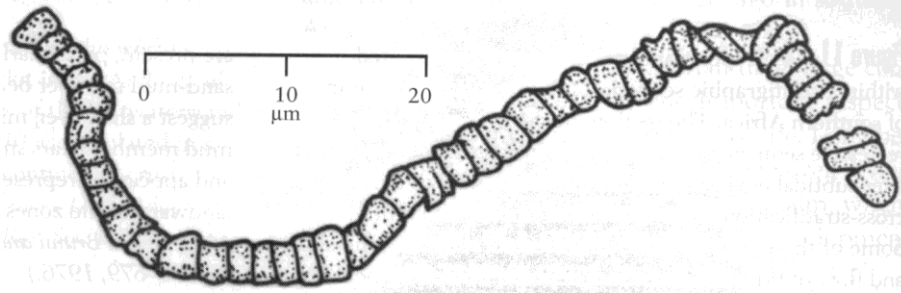
# Cyanophyta ~ cca 3.4 Ga, Z. Australie



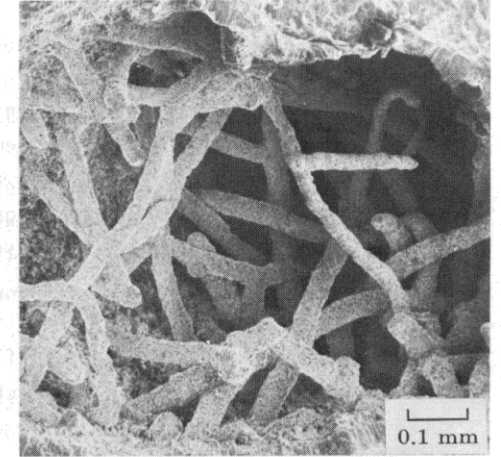
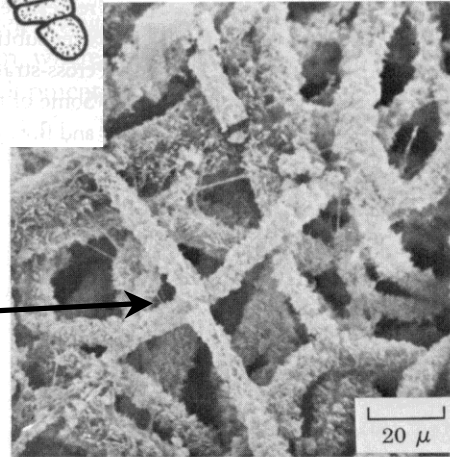
# The Archean fossil record (cont.)

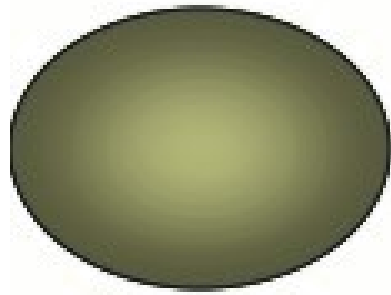


← 3.5 billion year old bacteria preserved in chert from Western Australia

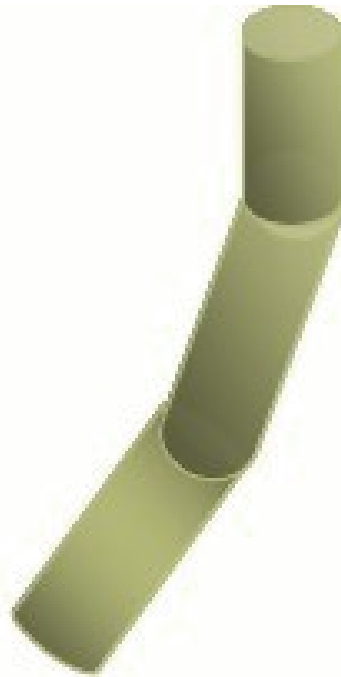


Modern cyanobacterial filaments

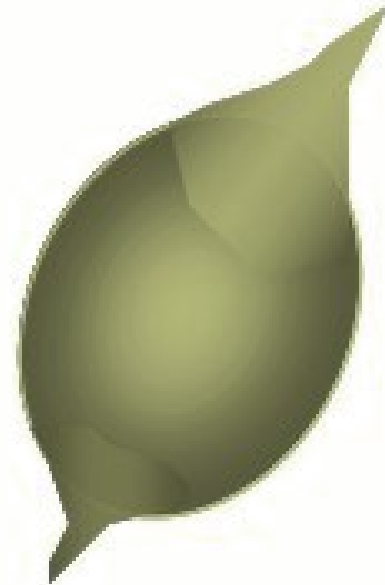




**Spheroid**

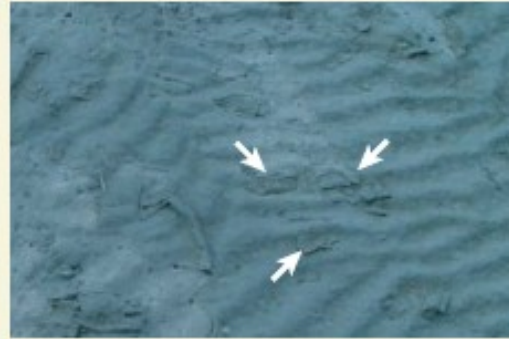


**Filamentous**



**Spindle-like**

**Souhrnná morfologie archaicko-proterozoických mikrofosílií**



**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)

- uvolněný a přemístěný lupínek,
- b) zvrásněná hornina

# The Proterozoic Timescale

Eon	Era	<u>Period</u>	when My ago	began My duration
Proterozoic	Neoproterozoic 1000 mya	<u>Ediacaran</u>	630	88
		<u>Cryogenian</u>	850	250
		<b>Tonian</b>	1000	150
	Mesoproterozoic 1600 Mya	<u>Stenian</u>	1200	200
		<u>Ectasian</u>	1400	200
		<b>Calymmian</b>	1600	200
	Paleoproterozoic 2500 Mya	<b>Statherian</b>	1800	200
		<b>Orosirian</b>	2050	250
		<b>Rhyacian</b>	2300	250
		<b>Siderian</b>	2500	200

## Paleoproterozoikum (2.5-1.6 Ga)

### **Siderian (2.5-2.3 Ga):**

- první volný kyslík v hydro- a atmosféře,
- zformovány stabilní kontinenty,
- 2.4 Ga – GOE (někdy též OC), vrcholí srážení Fe – páskované Fe rudy, anaerobní organizmy likvidovány kyslíkem, startuje huronské zalednění
- chybí ještě Acritarcha,



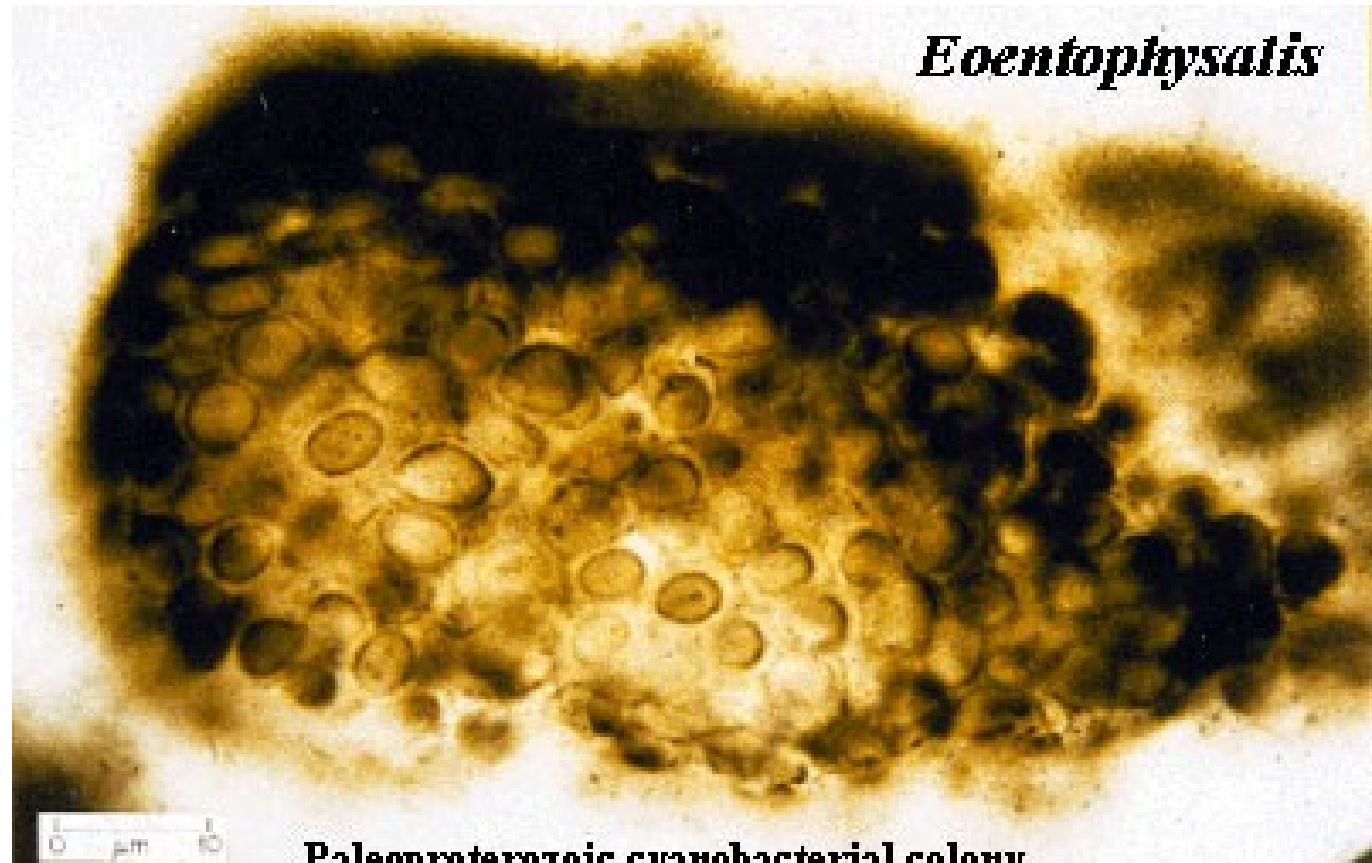
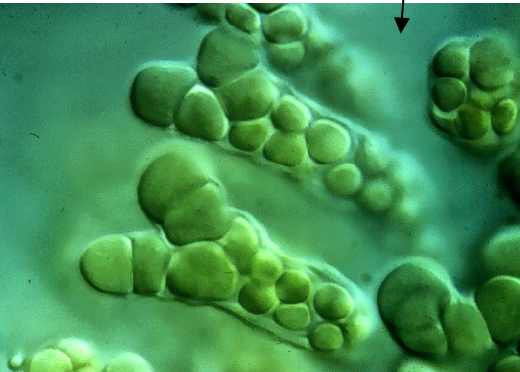




***Ostreococcus* – nejmenší žijící eukaryot (0,8 μm)**

**?(Život na této úrovni ~ 2,4 Ga)**

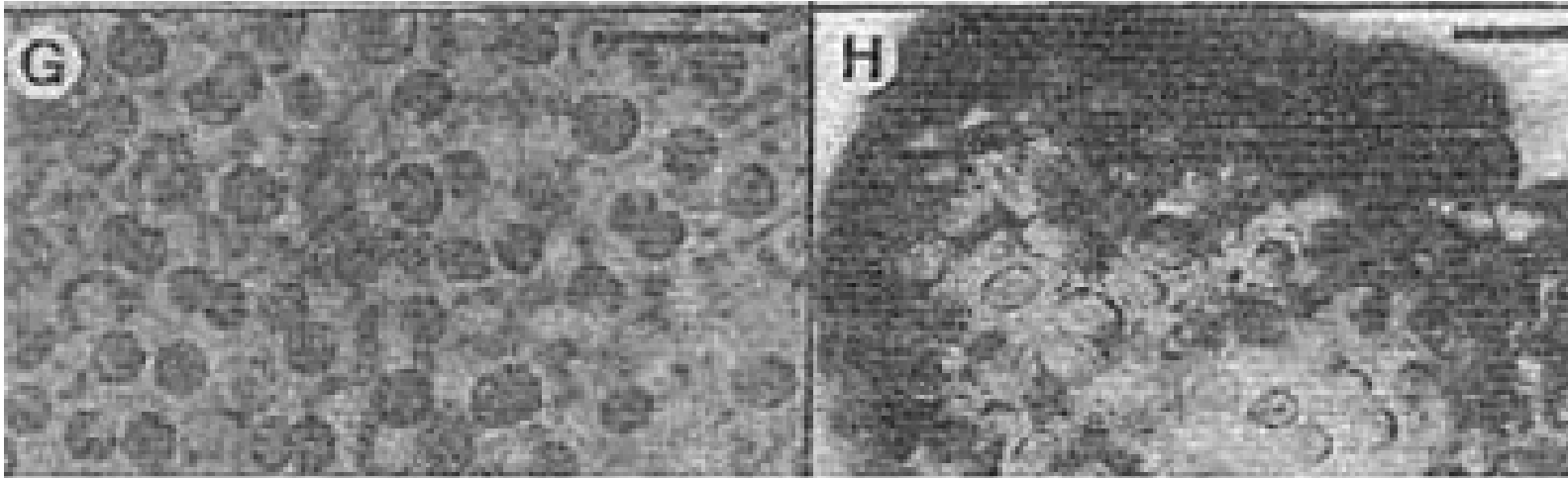
- biomarkery ukazují na existenci fytoplanktonu (vesměs sinice, *Eoentophysalis*),
- recentní *Eoentophysalis* žijí v hypersalinních vodách



**Paleoproterozoic cyanobacterial colony.**

**recent**

**fossil**



**(G)** *Entophysalis*, compared with **(H)** *Eoentophysalis*

**G, living stromatolite-building  
cyanobacteria from northern Mexico**

**H, fossil, 2100 Ma,  
Belcher Supergroup of Canada,  
Hudson Bay.**

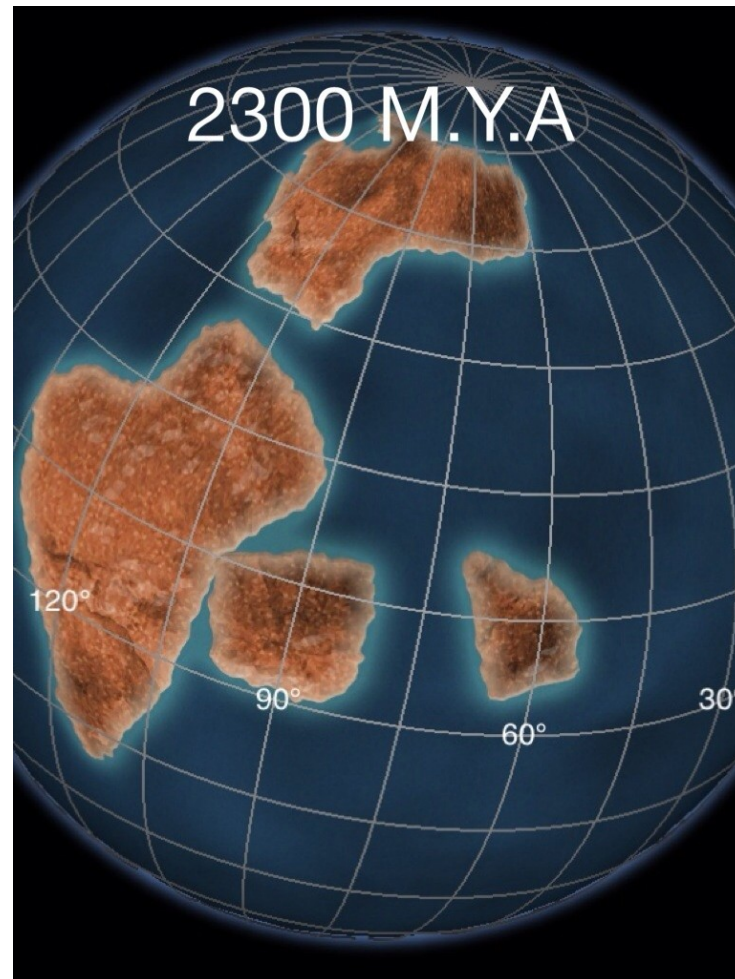
*Bars for scale represent 10 $\mu$ m*

*J. W. Schopf (1999)*

## **Rhyacian (2.3-2.05 Ga):**

**2.2 Ga – nástup organizmů s mitochondriemi – aerobní dýchání**

**2.1 Ga – konec huronské orogeneze**



# *Grypania*, nejstarší mnohobuněčné fosílie (?řasy, ?kolonie bakterií), Iron Mine (Michigan, USA, ~ 2.1 Ga)



Dtto, Negaunee Iron Fm.



# Gabonské fosílie



**JV Gabon (Z. Afrika),  
Franceville Group,  
černé břidlice,  
mořská delta,  
2.1 Ga**

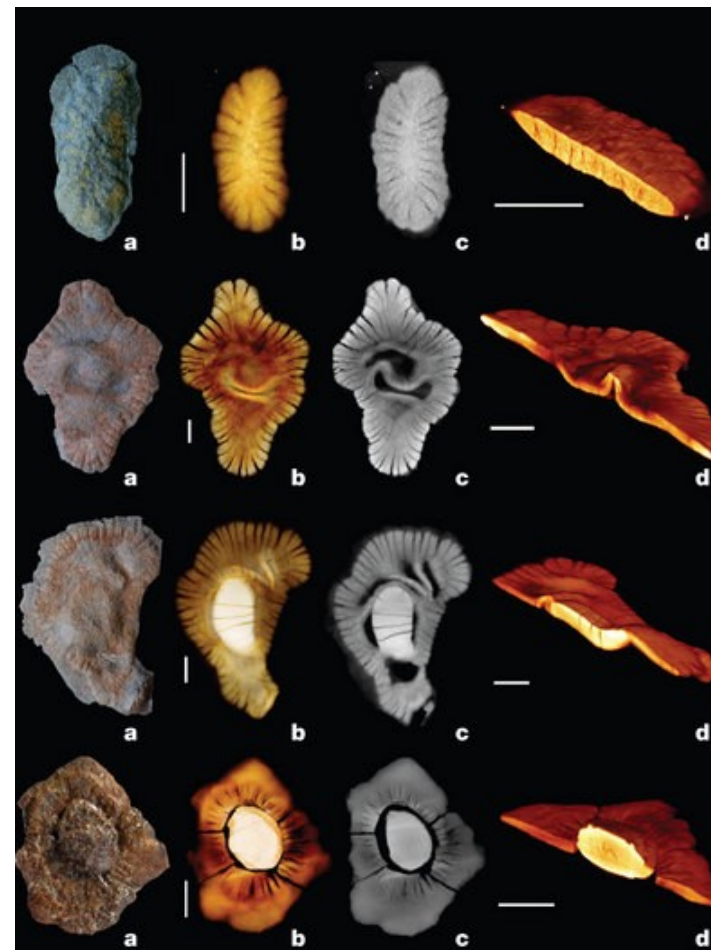


**Trojrozměrná stavba  
+ některé struktury  
=> mnohobuněčnost**



**Bengtson:  
„ první pokus multicelularity“  
(?)**

## Rekonstrukce gabonských fosílií (News Staff, 2010)



Pozn.: „Gabon“ je o 200 Ma starší než tzv. Stirling Biota (Z. Austrálie)



**Další ukázka gaboniontů**



## **Orosirian (2.05-1.8 Ga):**

### **Intenzivní orogeneze**

- 2023 Ma – velký impakt, Vredefort, J. Afrika, 300 km prm. kráter, těleso průměr > 10 km**
- 2000 Ma – sluneční záření = 85 % dnešní intenzity**
  - začátek akumulace kyslíku v atmosféře**
- 1850 Ma – impakt, Sudbury, Ontario, Canada, 250 km průměr, těleso průměr > 10 km**

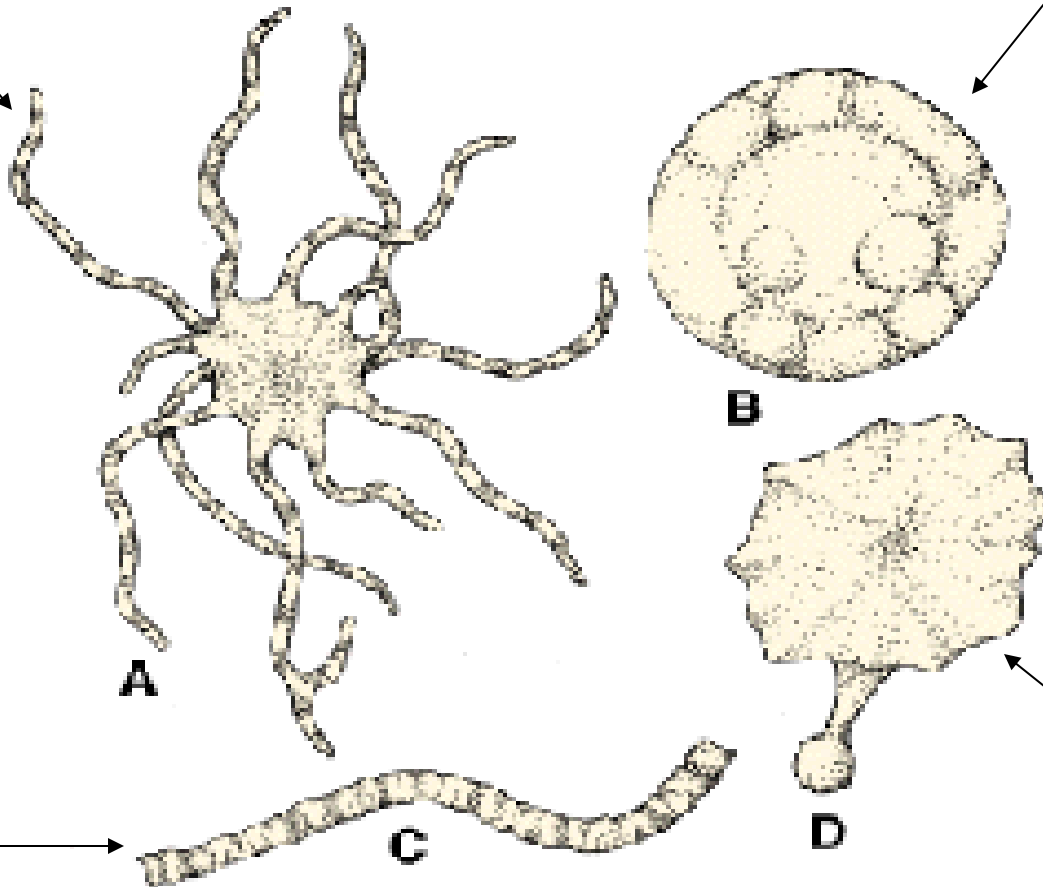
Vredefort crater is the largest verified impact crater on Earth. It is located in the Free State Province of South Africa and named after the town of Vredefort, which is situated near its centre. The site is also known as the Vredefort dome or Vredefort impact structure. In 2005, the Vredefort Dome was added to the list of UNESCO World Heritage [...]



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

*Eoastrion* (Fe a S  
redukující bakterie)

*Eosphaera*  
(neznámá příbuznost)



**A**

**B**

**C**

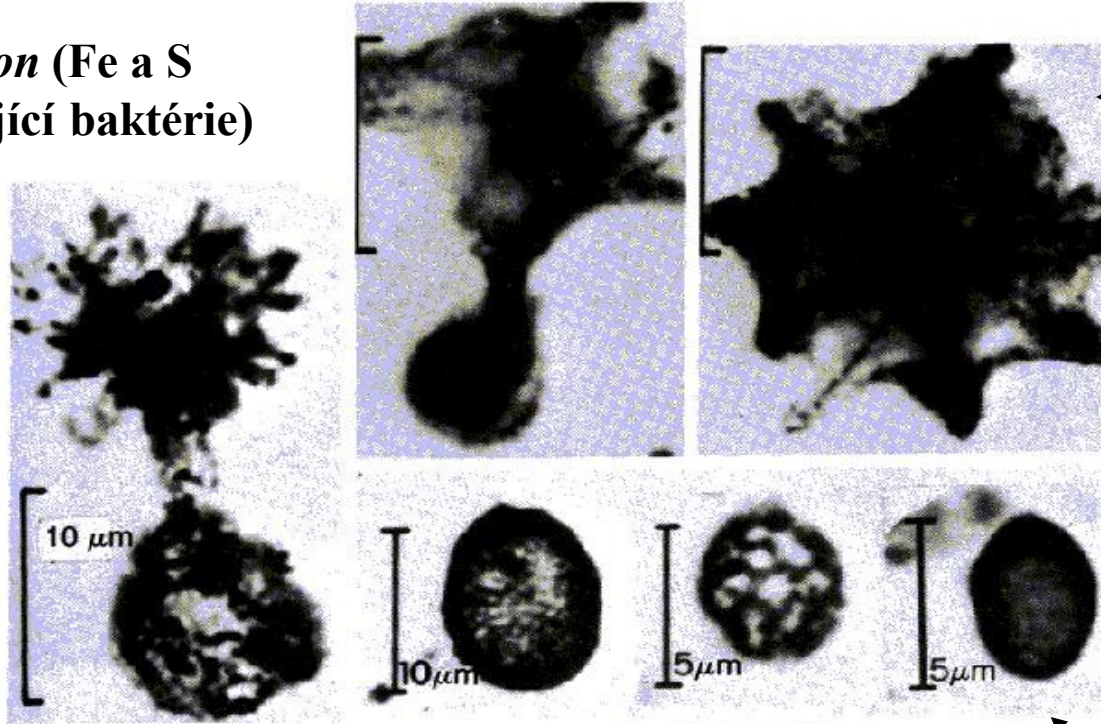
**D**

*Animikiea*  
(pravděpodobně řasa)

*Kakabekia* (neznámá  
příbuznost)

# Mikrofosílie (Procaryota) z Gunflint (Kanada, ~ 2.0 Ga) – snímek el. mikroskop

*Eoastrion* (Fe a S redukující bakterie)



*Kakabekia*  
(neznámá příbuznost)

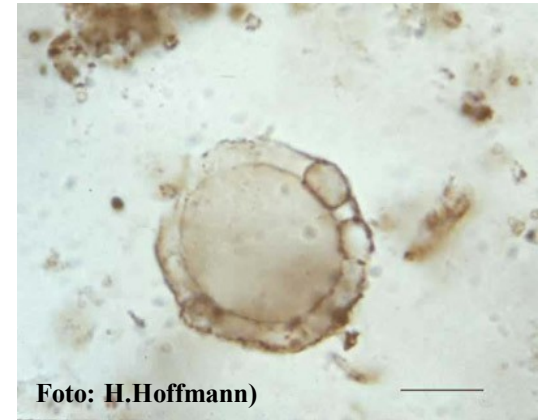
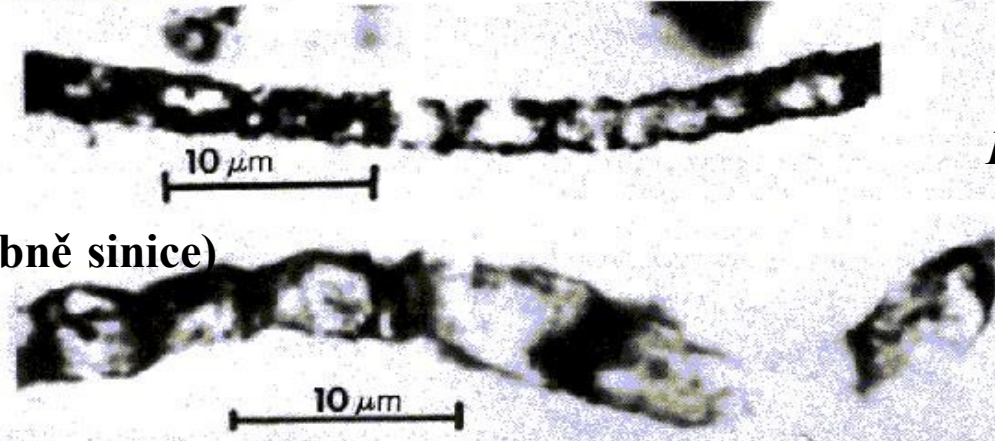


Foto: H.Hoffmann)

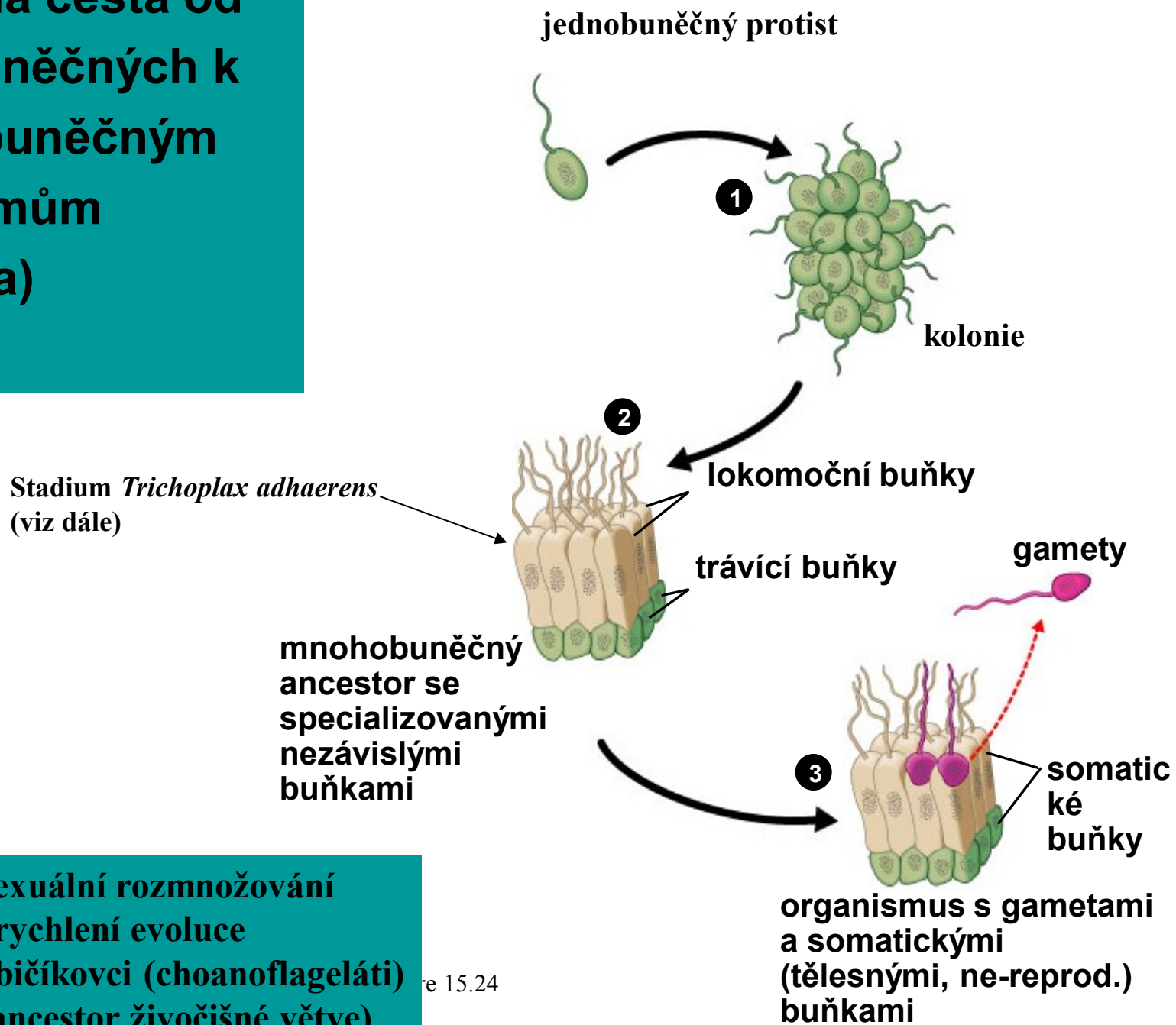
*Eosphaera*  
(neznámá příbuznost)

*Animikiea*  
(pravděpodobně sinice)



*Huroniospora*

# 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)



kresba



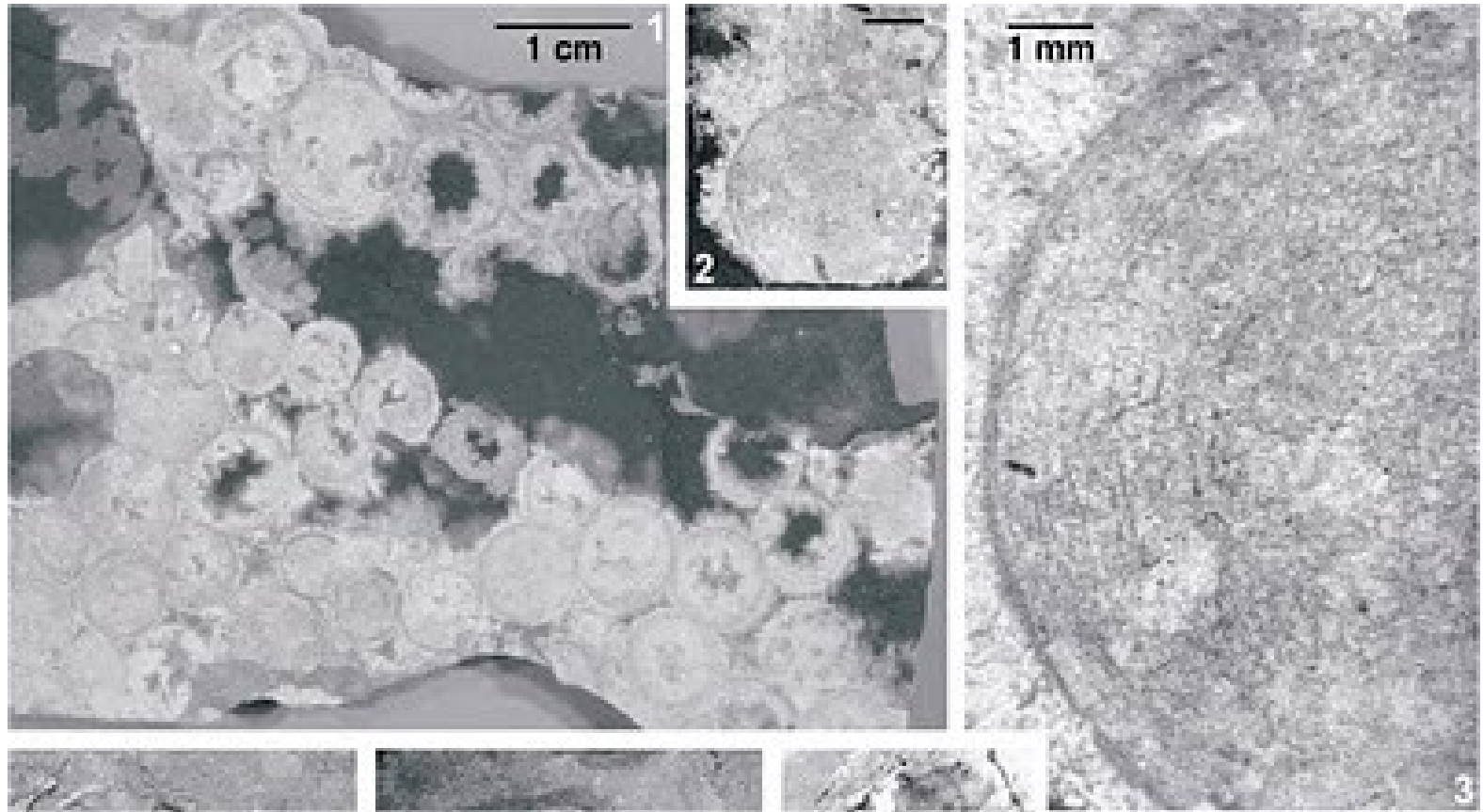
foto - v pohybu

### ***Trichoplax adhaerens*, recent**

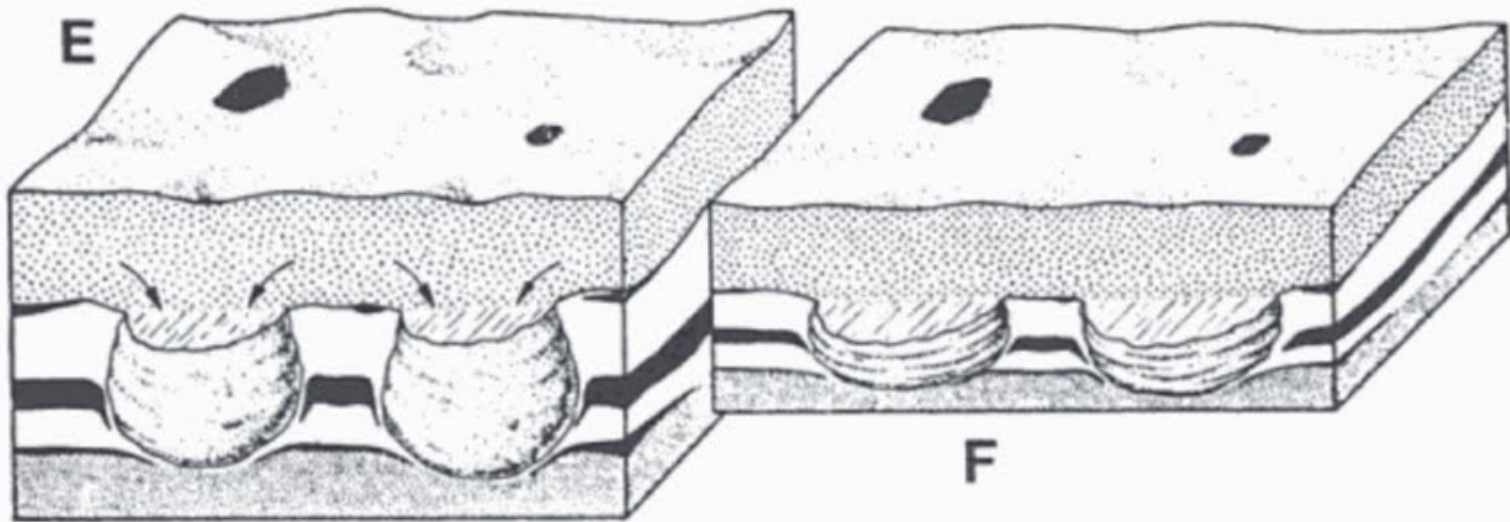
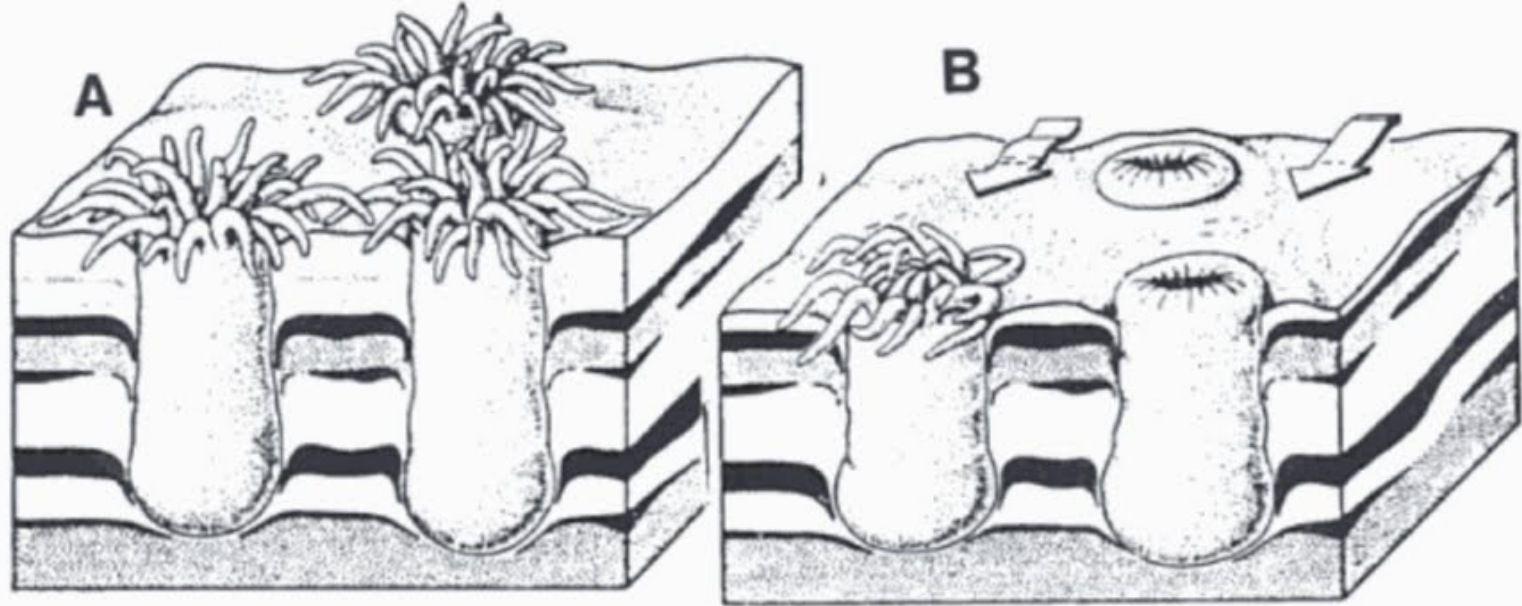
Placozoa – kmen s jediným druhem *T. adhaerens*, organizmus složený pouze ze 4 typů buněk (cca soubuní) funkčně diferencovaných, studium genomu v r. 2006 prokázalo, že geny obsahují introny (nepřesaditelné oblasti uvnitř genů) a další genetické struktury typické i pro jednobuněčné organizmy => *Trichoplax*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



*Beltanelliformis brunsae* – Gabon, Franceville Group, prz. ~ 2Ga

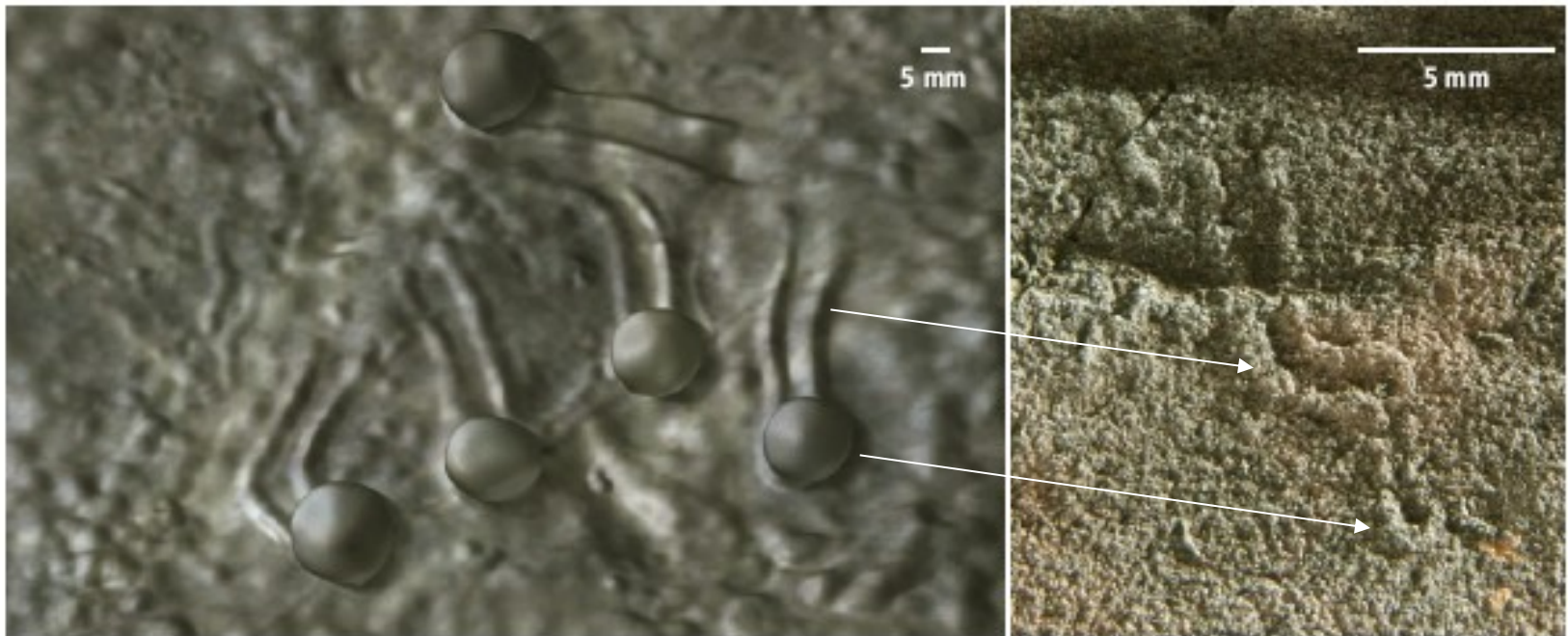


***Beltanelliformes* – Gabon, Franceville Group, pr. ~ 2Ga, řezy**



Možná (?) rekonstrukce *Beltanelliformes*



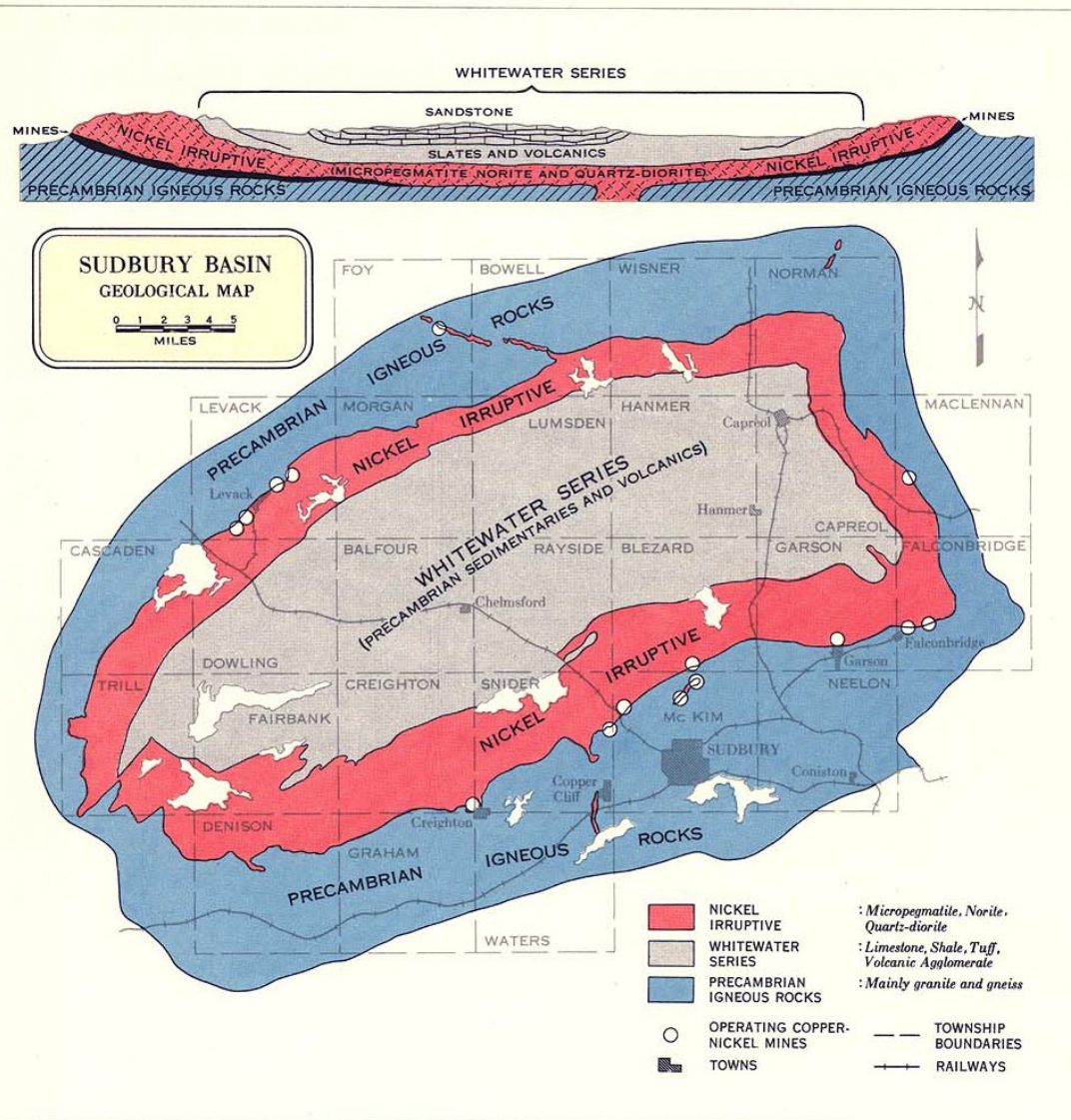
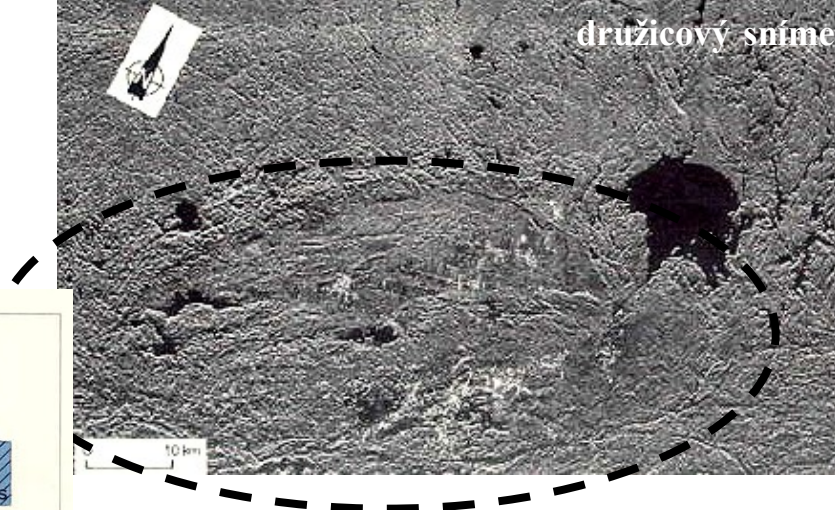


Making traces. (Left) Reconstruction of *Gromia* making traces on the sea floor. (Right) Trace fossils of *Myxomitodes* dated at 1.8 to 2 billion years (9).

vlevo: *Gromia*, recent, stopy po pohybu obřích měnavek

vpravo: *Myxomitodes* v horninách starých 1.8-2 miliardy let (Stirling Range Formation, jz. Austrálie), jsou považovány za stopy vytvořené pohybem mnohobuněčných nebo syncytiálních organismů => problém (???, měňavky potvrzeny až cca 850 Ma)

1850 Ma – impakt, Sudbury, Ontario, Canada, 250 km průměr



Sudbury

## Statherian (1800-1600 Ma)

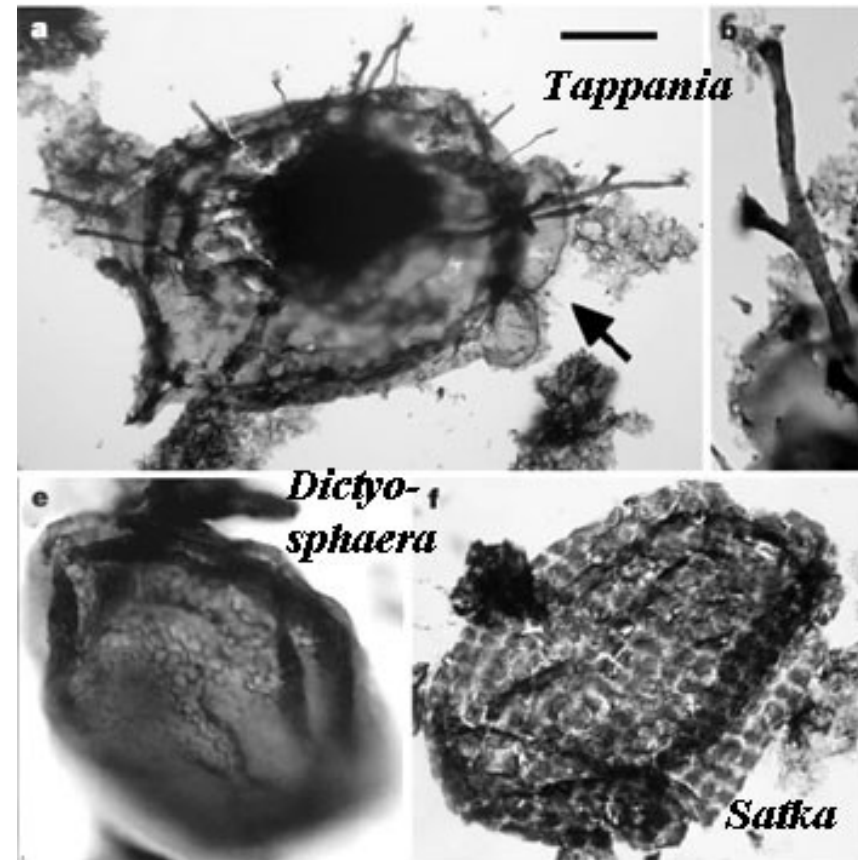
- rozvoj komplexního jednobuněčného života
- hojné bakterie a archaea

+ akritarcha, vzácná, sférická (jednoduchá - *Tappania*, *Dictyosphaera*, *Satka*) = ? prasinophyta (zelené řasy) nebo glaukophyta či bazální skupina ke všem eukaryotům, vesměs akinetes = spící stadia sinic.

Představují vesměs eukaryotické buňky planktonních řas, nastupují cca 1,6 Ga,

ve srovnání s prokaryoty:

- jsou větší, komplexnější
- geologicky mladší mají ornamentovanou vnější stěnu.



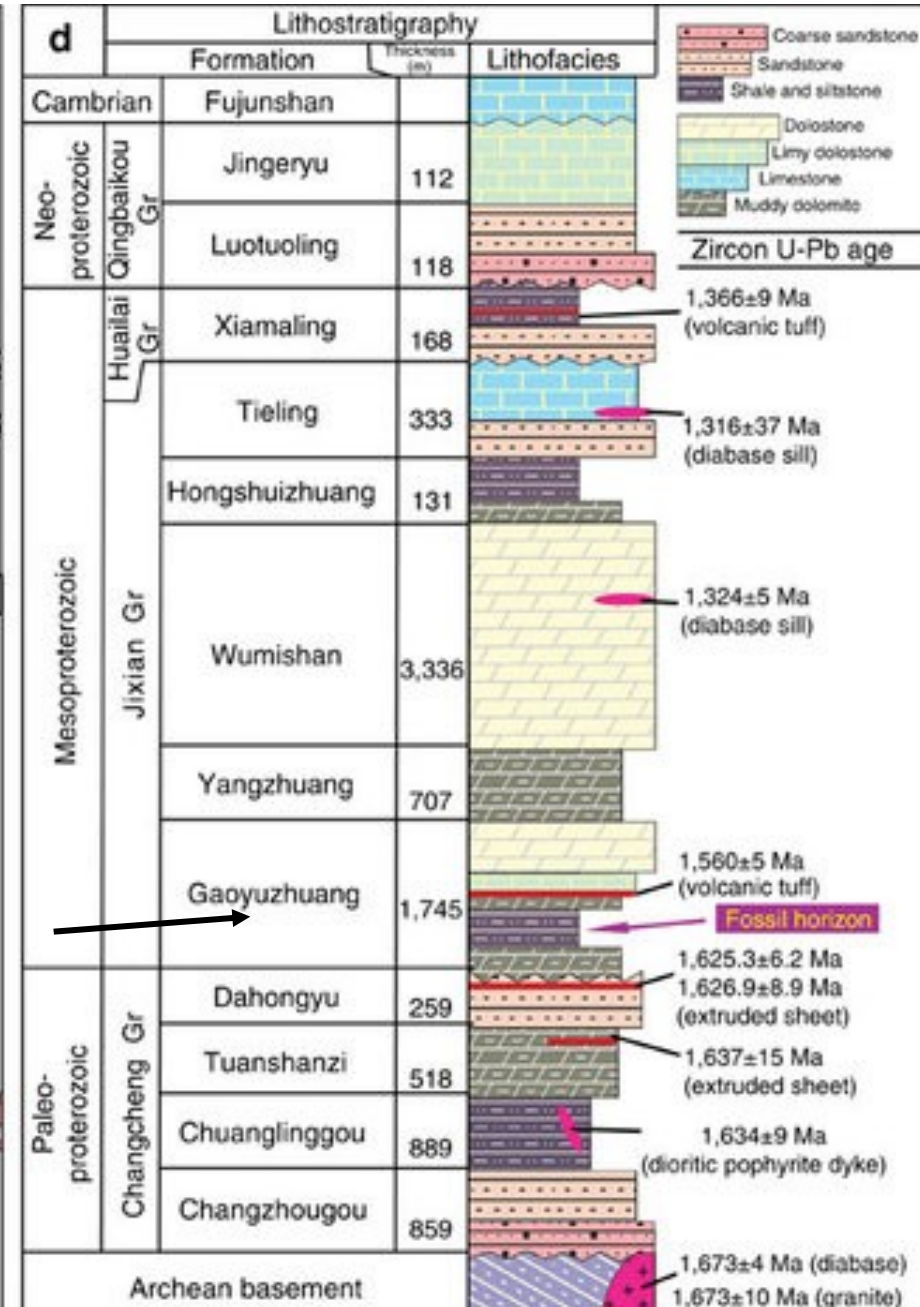
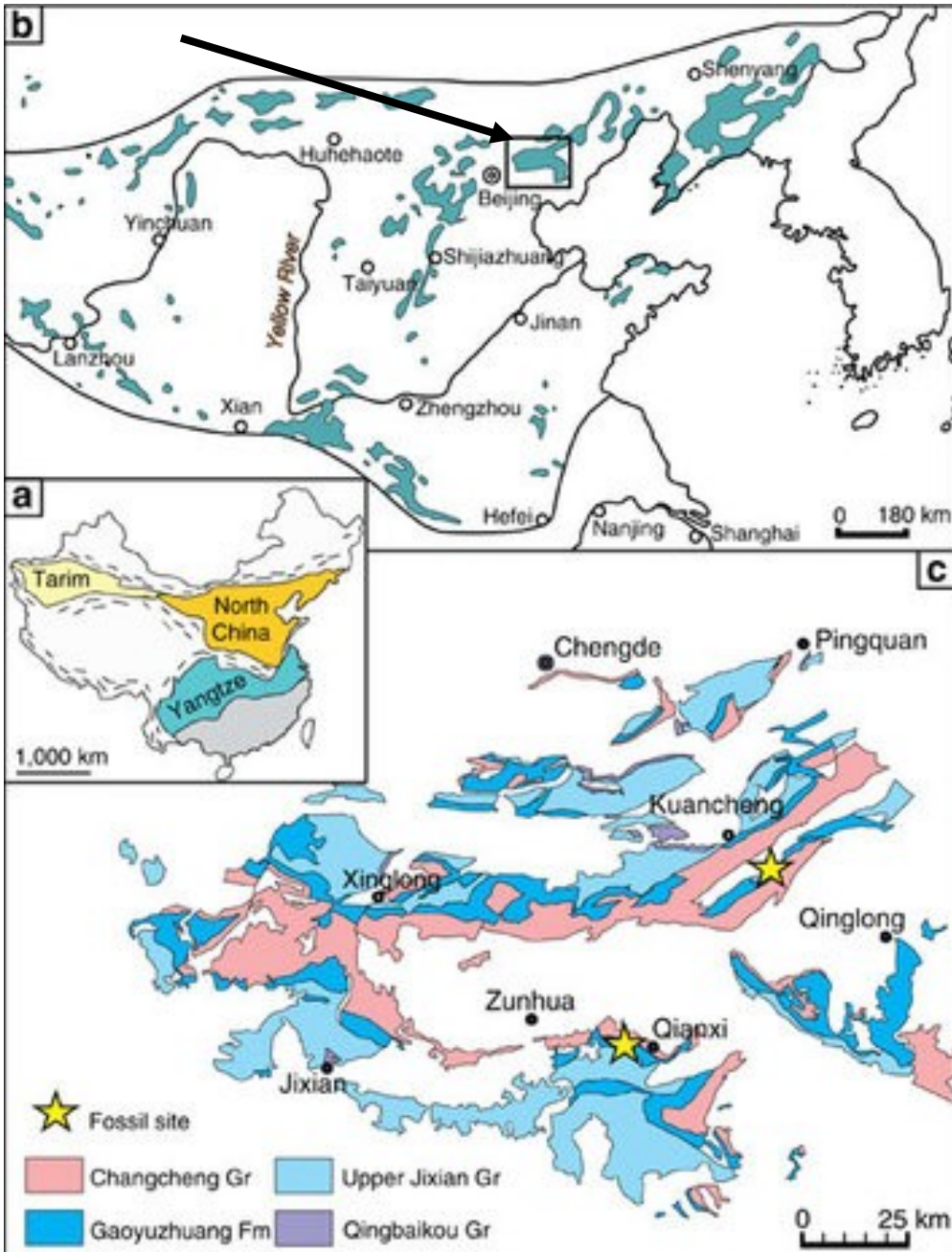
Acritarchs from the Mesoproterozoic Roper Group. Javaux et al. (2001). Bar = 35, 10, 15 & 40  $\mu$ .

- při hranici Paleoprz/Mesoprz už častá *Grypania* = zčásti (okolo 1 mm v průměru) mohou být kolonie bakterií, větší jsou interpretovány k červům = časná eukaryota ?

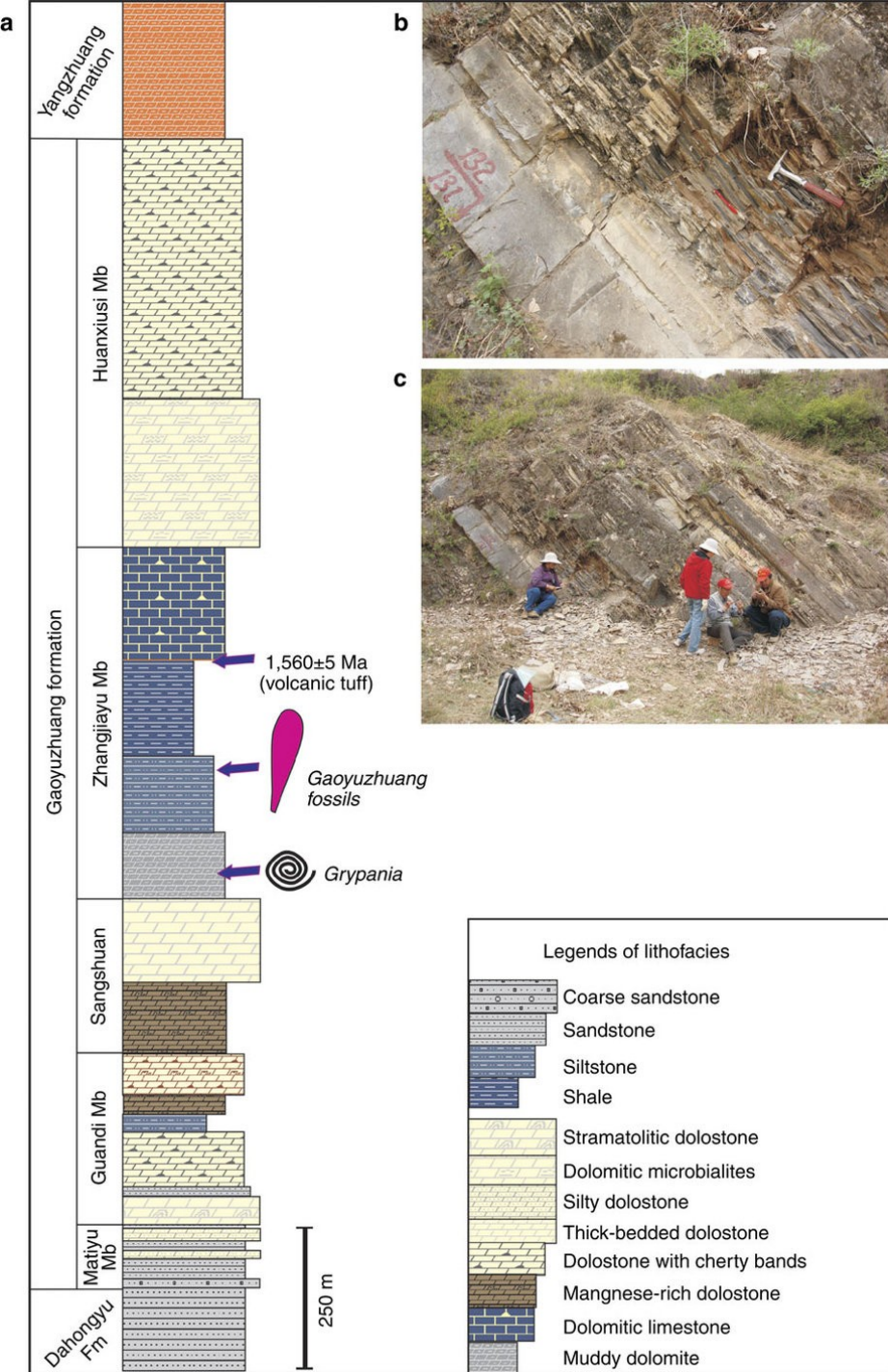


## **Mezoproterozoikum (1600-1000 My):**

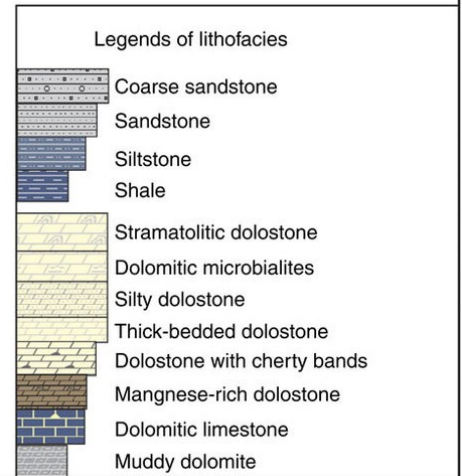
- rozvoj fotosyntetizujících organismů a eukaryot,**
- vzrůst O<sub>2</sub> v atmosféře až na 10 %,**
- nástup tvorby ozonové vrstvy blokující sluneční UV záření**



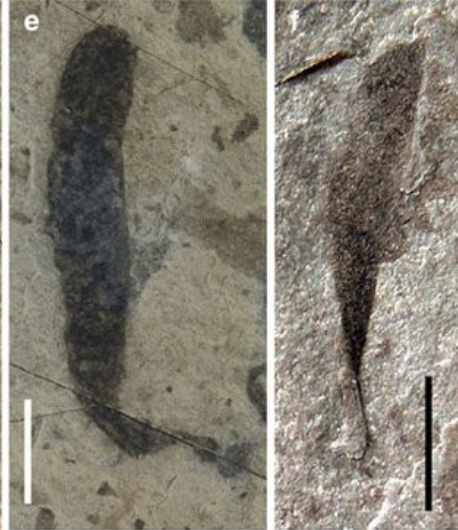
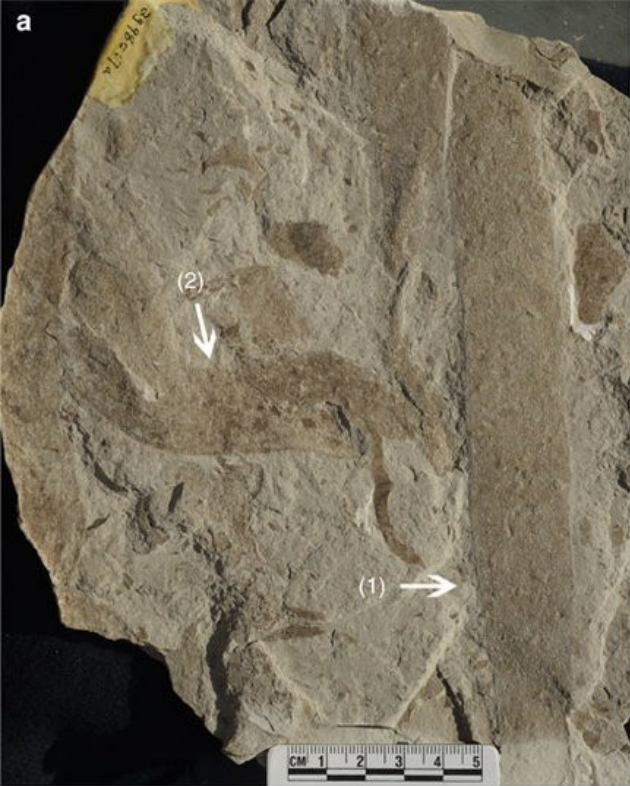
Pozice a stratigrafie Gaoyozhuang Fm. v sev. Číně



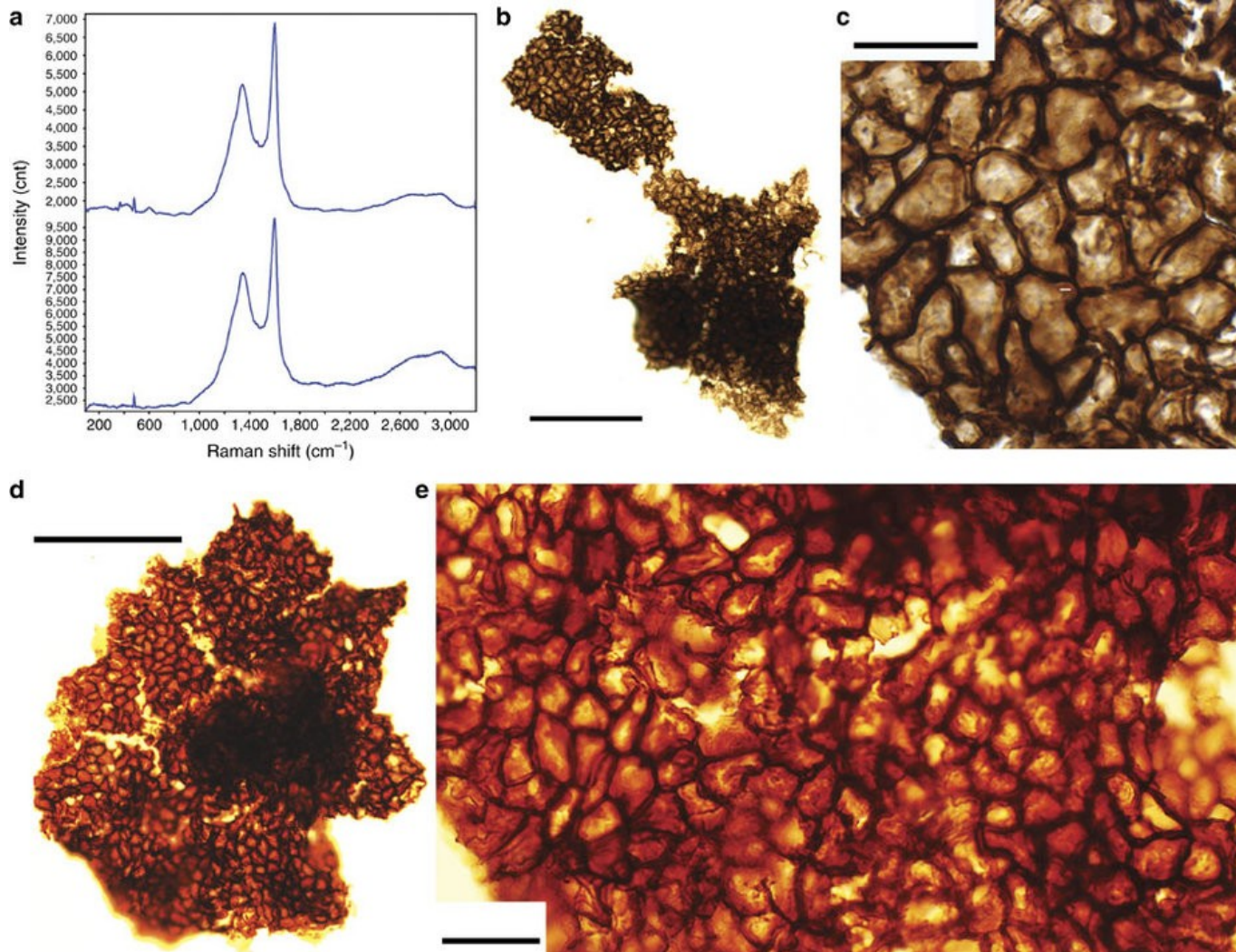
## Gaoyuzhuang Fm. v oblasti Yanshou



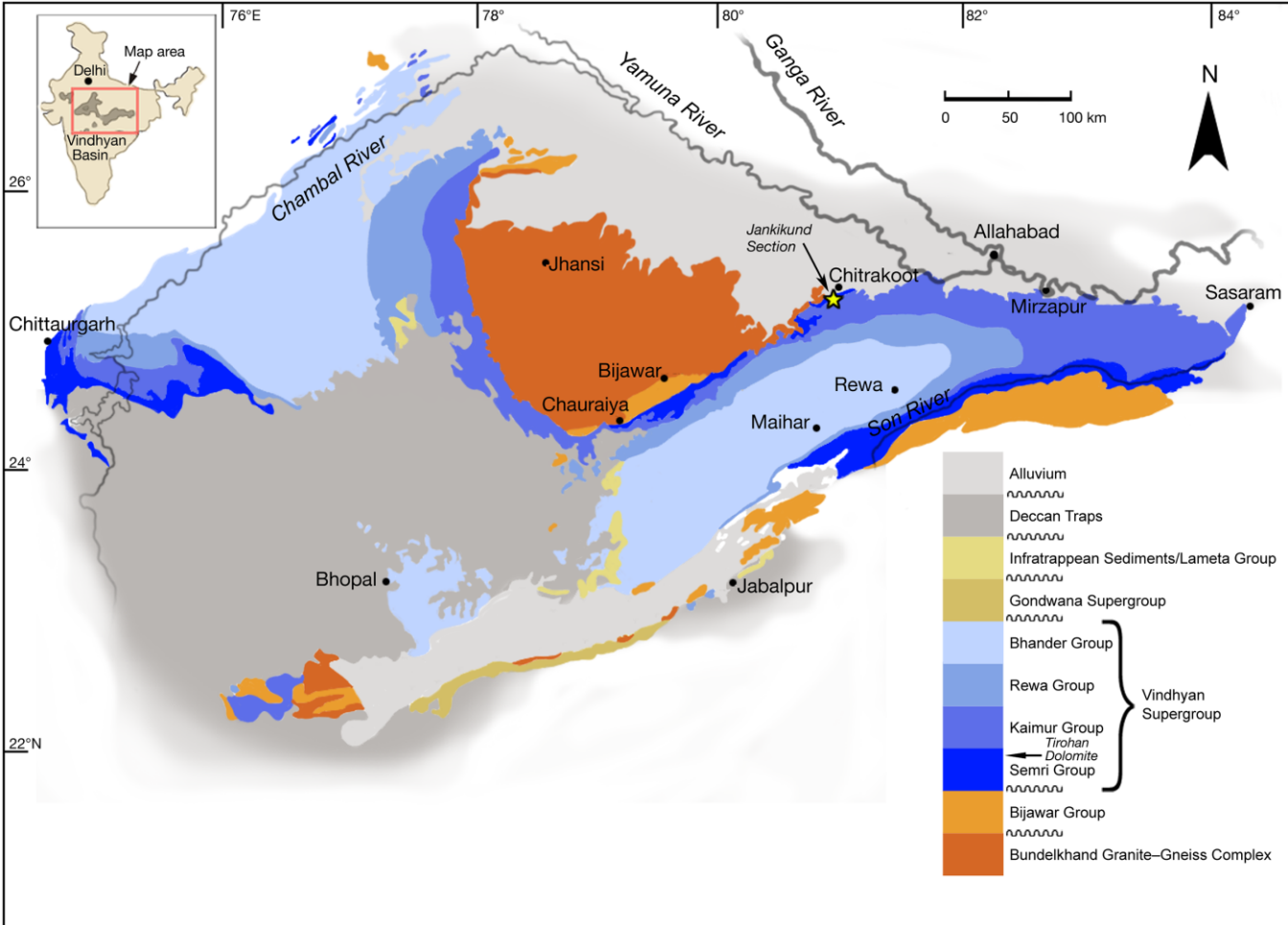
# Makroskopické fosílie souvrství Gaoyuzhuang







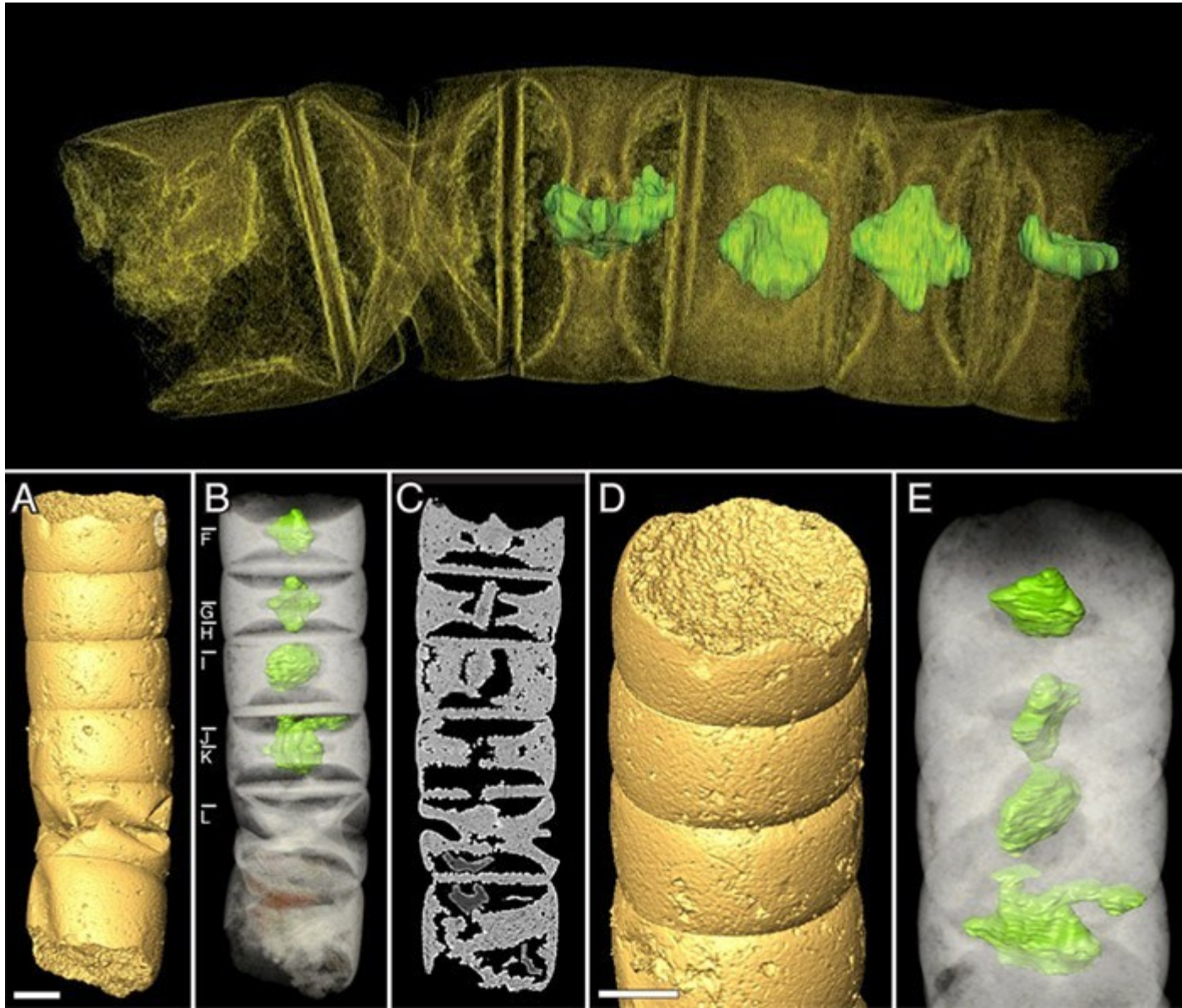
**Buněčné tkáně získané z hornin Gaoyushuang Fm.**



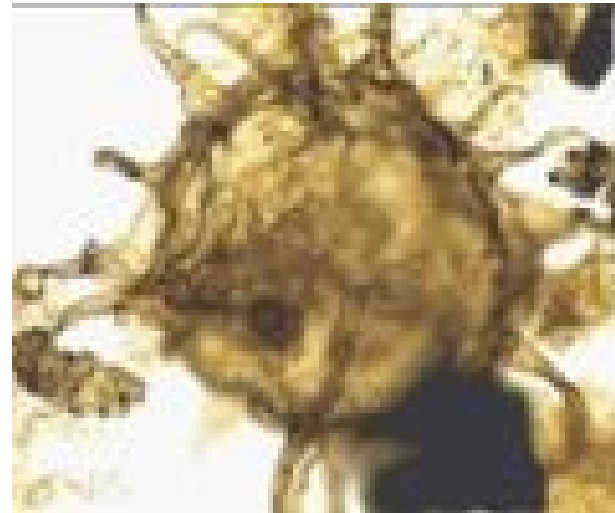
*Rafatazmia chitrakootensis*  
— 1.6 Ga, Rhodophyta

The 2017 studies were based on visits to sites in central India and fresh collections were made by Swedish researchers led by Stefan Bengtson. The 2017 studies visualized the filamentous structures using Synchrotron-Radiation X-ray Tomographic Microscopy (SRXTM) renderings and attempted to place the affinities of the life-forms as shown by the evidence. Based on their studies *Rafatazmia* may be the oldest known confirmably eukaryotic fossil organism. [\[6\]](#)

*Rafatazmia chitrakootensis* – 1.6 Ga  
Rhodophyta



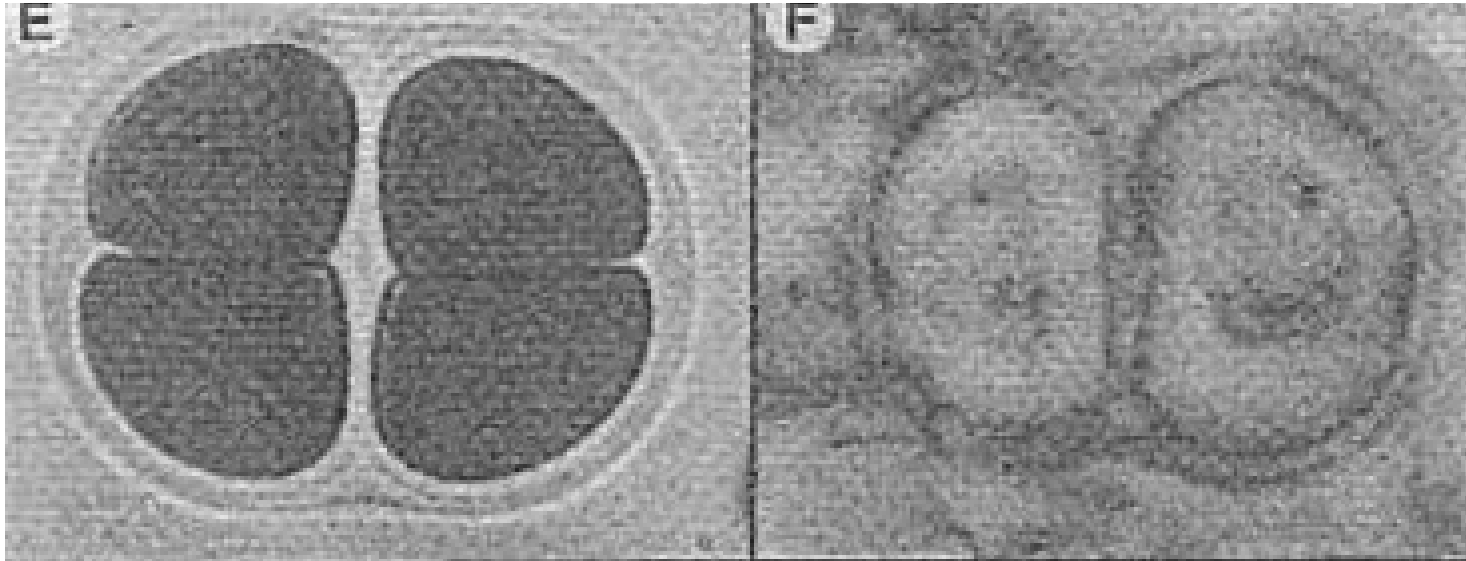
**Calymmian** (1600 - 1400 Ma) - eukaryontní organizace je definitivní. Spočívá: (1) struktura stěny a povrchová ornamentace, (2) processes that extend from vesicle walls (3) otvory pro komunikaci buněčného obsahu s okolím, (4) ultrastruktura stěn a (5) stěnová chemie . Velké buňky zřejmě již mají eukaryotický cytoskeleton. To souhlasí s "molekulárními hodinami", jejichž výpočty dávají prvotní radiaci rostlin (Plantae) do calymmianu. V profilech Roper (Australie) jsou už i zřetelné ekologické trendy (zonace) - rozrůznění na příbřežní, šelfová a distálně šelfová společenstva. Vedle rostlin nástup ancestrálních živočichů a hub.



*Tanarium conoideum*, calymmian,.....

**recent**

**fossil**



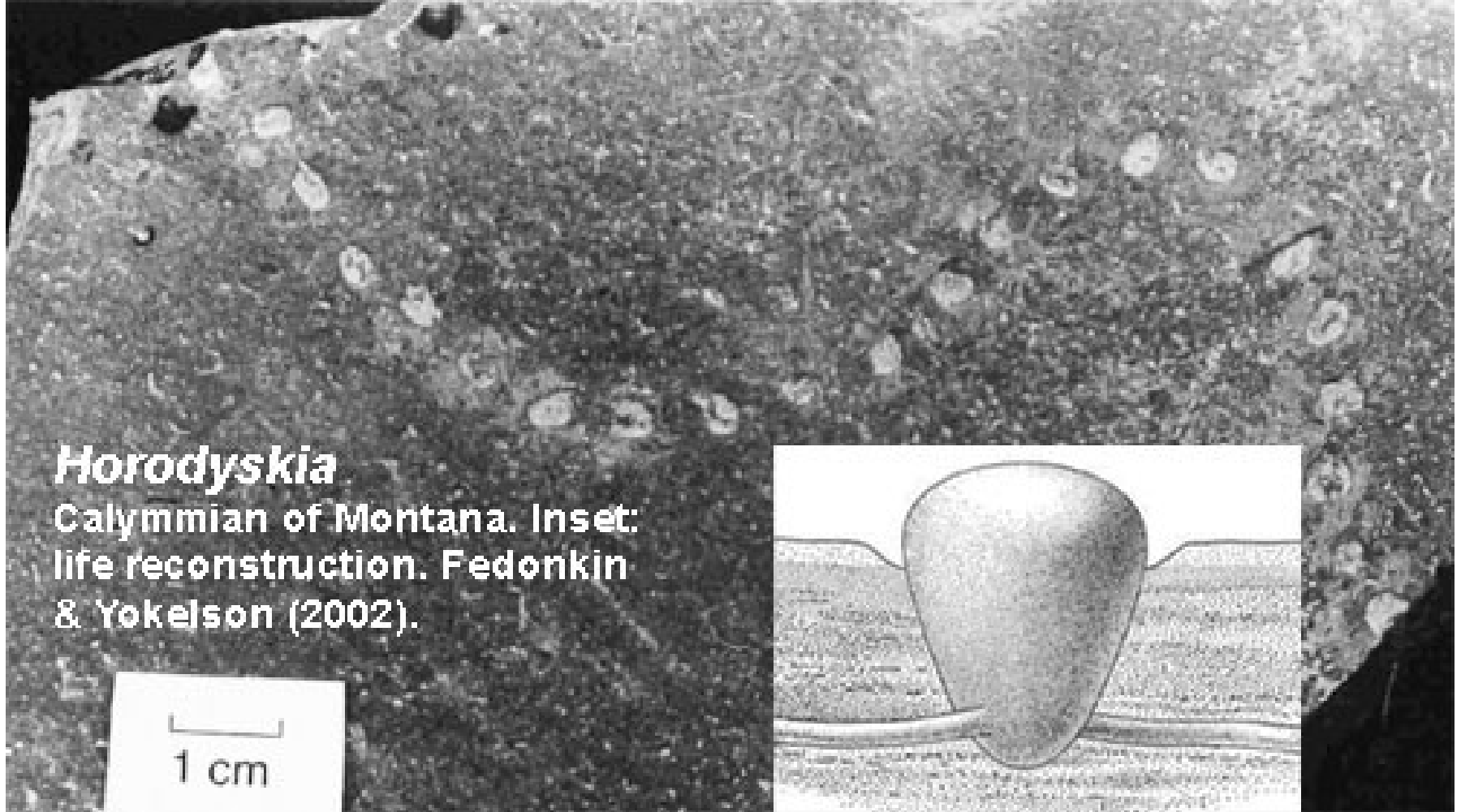
**(E) *Gloeocapsa*, compared with (F) *Gloeodiniopsis*.**

**E, living stromatolite-building  
cyanobacteria from northern Mexico**

**F, fossil, 1550 Ma,  
Satka Formation of Bashkiria;**

*Bars for scale represent 10 $\mu$ m*

*J. W. Schopf (1999)*



## *Horodyskia*

Calymmian of Montana. Inset:  
life reconstruction. Fedonkin  
& Yokelson (2002).

1 cm

? korálovitá *Horodyskia*, calymmian - 1500 Ma, S. Amerika, Australie,  
nejasnosti v syst. zařazení

## **Ectasian (1400-1200 Ma)**

**Mzprtrz akritarcha obsahují druhy s novými znaky: eliptický tvar, vesikulární póry a mnohobuněčný nebo koloniální vzhled. V **ectasianu** jsou prtz akritarcha kosmopolitně rozšířené. Podle jejich izotopických analýz byla úroveň CO<sub>2</sub> v Mzprz cca 10 až 1000 krát vyšší než dnes.**

**Všechna tato akritarcha jsou považována za fotosyntetizující organizmy.**

**Hojné jsou již zelené (Chlorobionta) a červené (Rhodophyta) řasy.**

## Stenian (1200-1000 Ma):

1200 Ma – tvorba spór a gamet indikuje nástup sexuálního rozmnožování

1100 Ma – vznik Rodinie

## Rodinia – 1.100 – 750 Ma

850 Million Years Ago

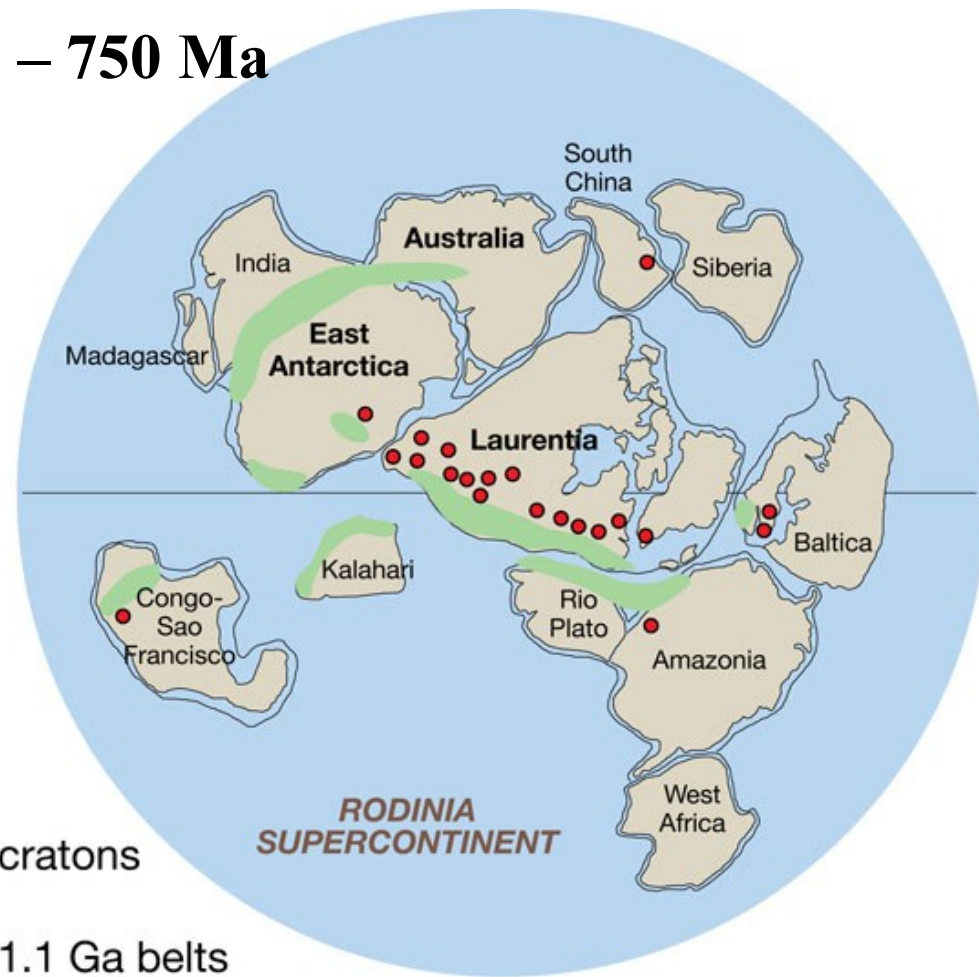


Legend:

○ Location of future Cape Breton

■ cratons

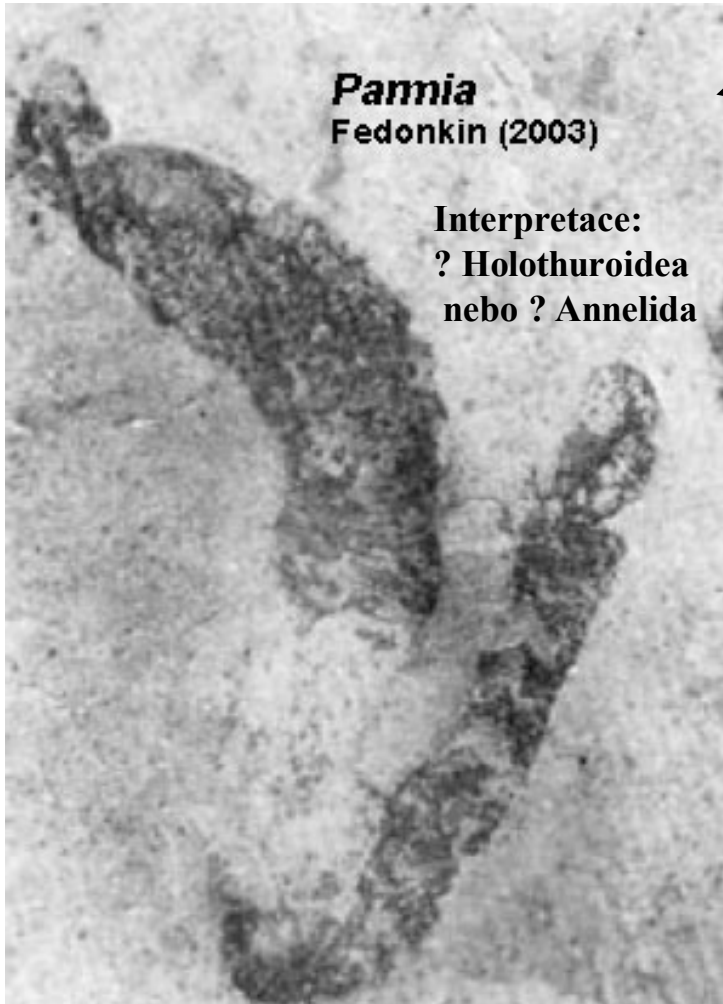
■ 1.1 Ga belts





# Neoproterozoikum

V **tonianu** (1000 - 850 Ma), rozvoj mnohobuněčných , objevují se houby a moderní řády (až do rec.) zelených řas, ale také *Parnia*



1000 My – jasné projevy multicelularity,

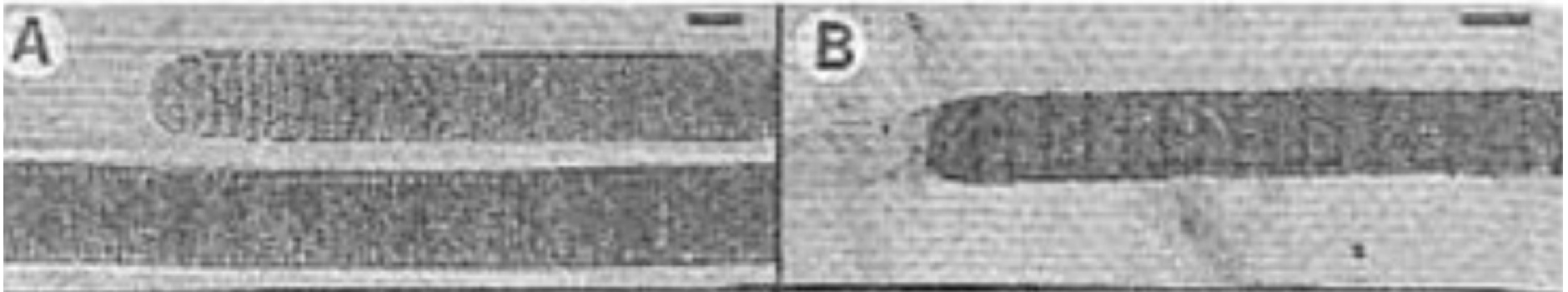
950 My – start Stuartského zalednění

900 My – zemský den má 18 hodin

Měsíc je 350.000 km od Země

recent

fossil



**(A) *Lyngbya*, compared with (B) *Palaeolyngbya*.**

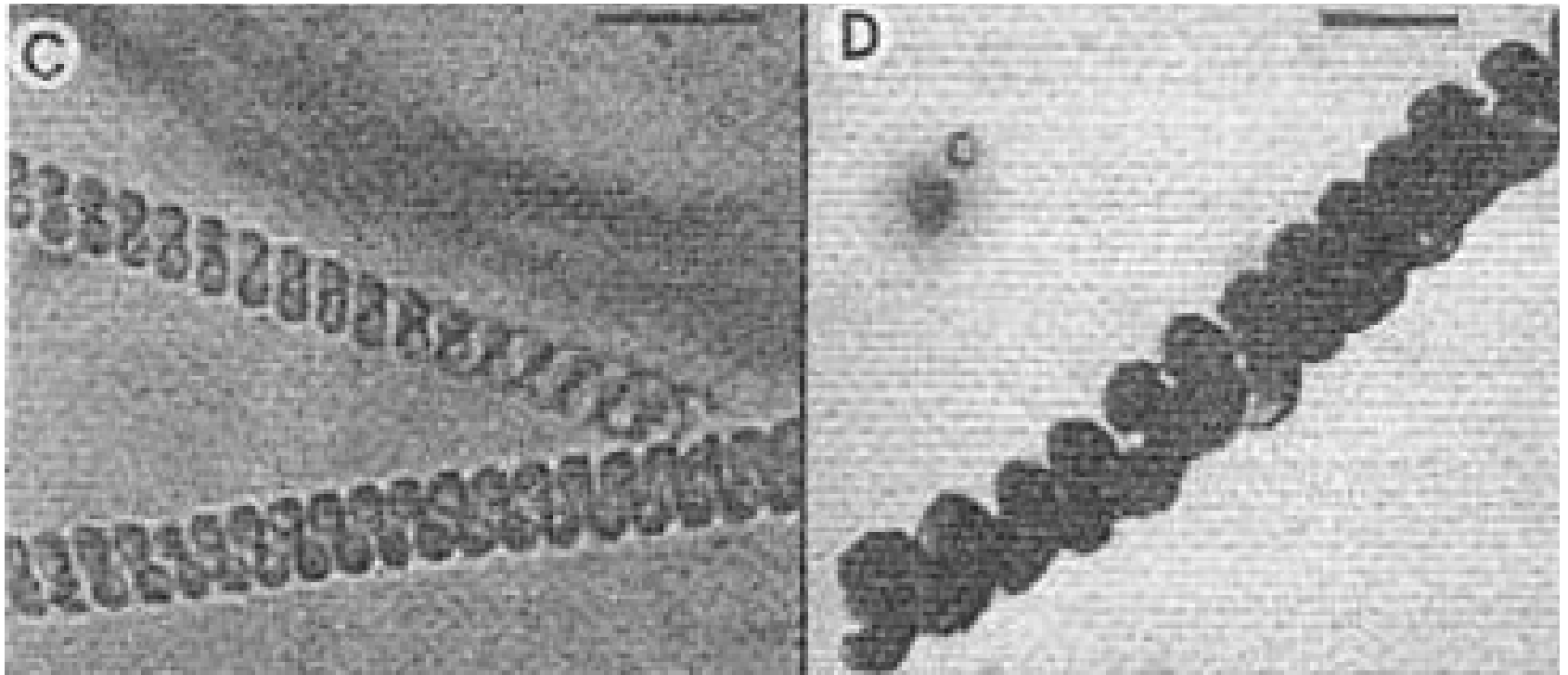
**A, living stromatolite-building  
cyanobacteria from northern Mexico**

**B, fossil, 950 Ma,  
Lakhanda Formation, Siberia**

*Bars for scale represent 10 $\mu$ m*

recent

fossil



**(C) *Spirulina*, compared with (D) *Heliconema*.**

**C, living stromatolite-building cyanobacteria from northern Mexico**

**D, fossil, 850Ma, Miroedikha Formation, Siberia**

*Bars for scale represent 10 $\mu$ m*

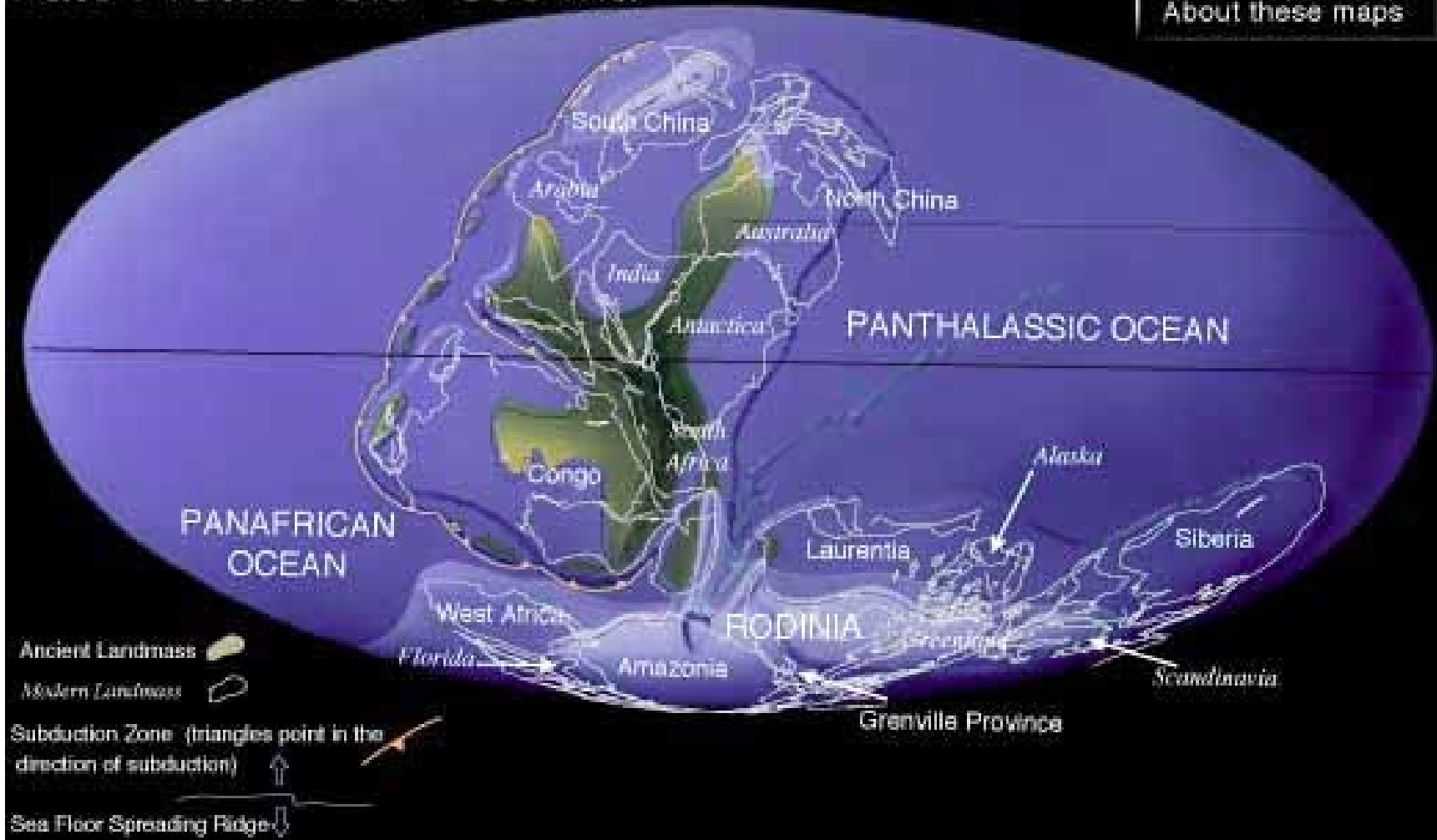
*J. W. Schopf (1999)*

# Cryogenian (850-630 Ma)

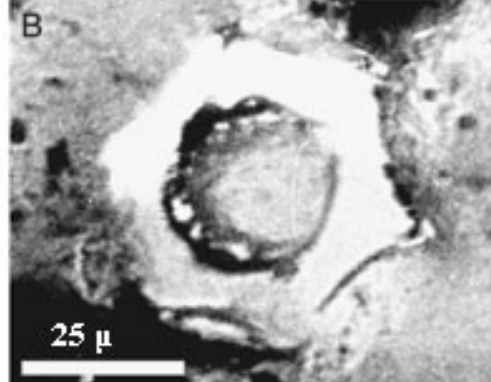
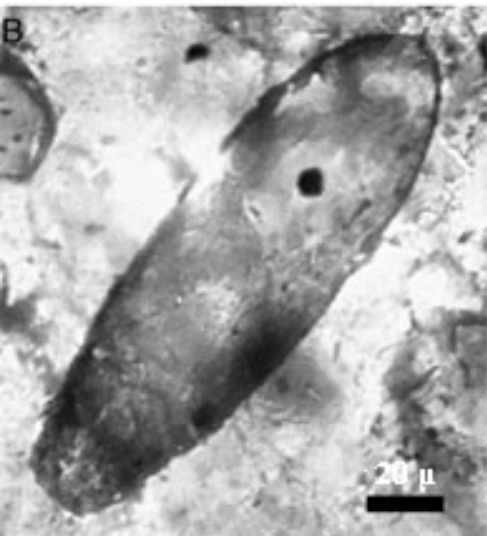
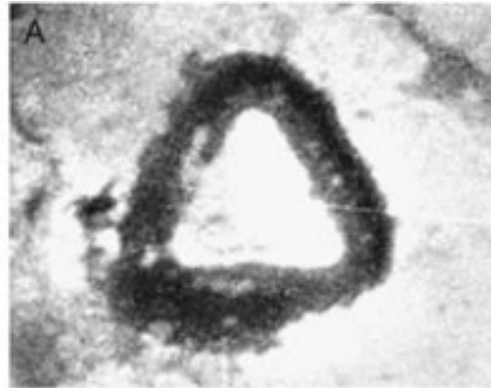
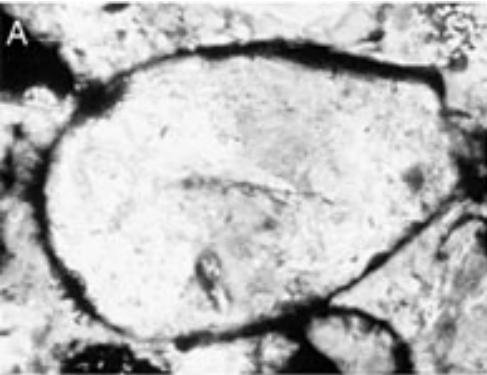
**Paleogeografie závěru proterozoika** (srv. rozsah kont. zemské kůry s dnešním). Šířka kontinentů v archaiku: 100-500km, v proterozoiku, 1000-2000 km, fanerozoiku: 5000-10000 km). Nové práce = růst byl rychlejší do sv. Prz (2x-3x).

Late Proterozoic 650 Ma

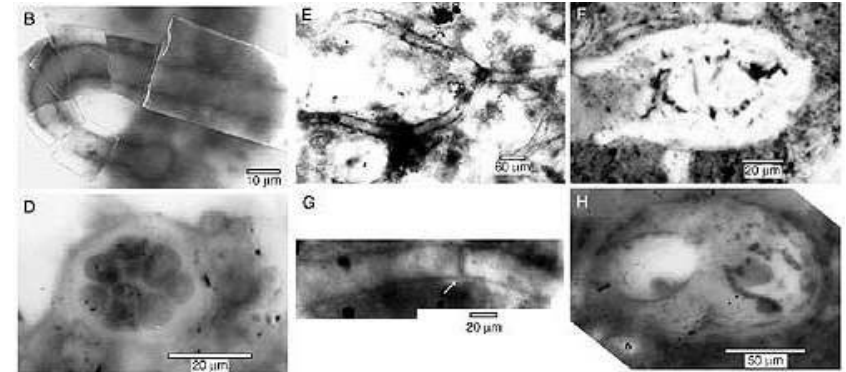
© C. R. Scotese 1997  
About these maps



**850 Ma- první záznam měňavek jako heterotrofních eukaryot,  
750 Ma – tříštění Rodinie a tvorba superkontinentu Pannotia a konec silné  
magnetické reverze**



Variation in test and aperture shape of Neoproterozoic testate amoebae. Porter & Knoll (2000).



Fossils reported by Corsetti *et al.* (2003) from Cryogenian glacial carbonate.

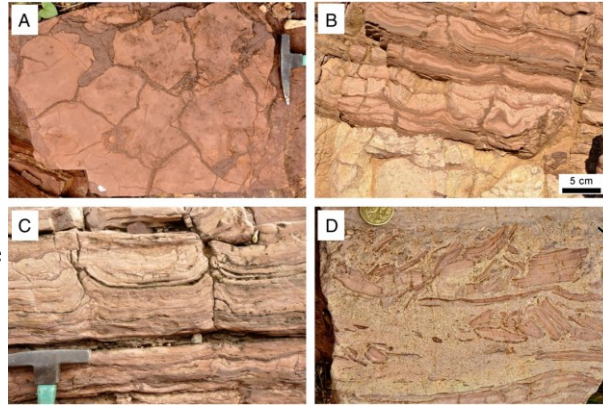
~ „Snowball Earth“ ,  
hromadné vymírání řas - 70 %

Měsíc je 357. 000 km  
vzdálen od Země

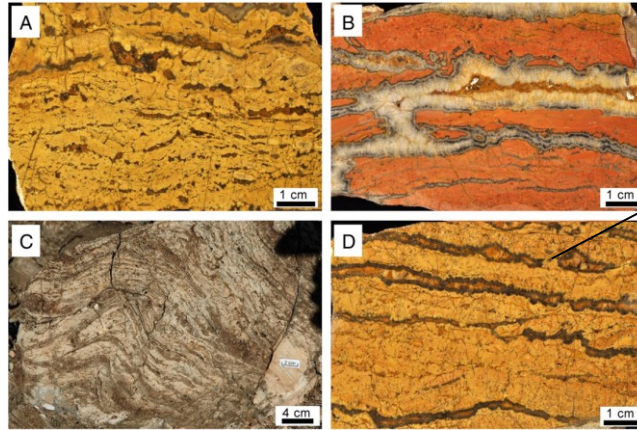
(dnes prům. 384 400 km)

## *Cryogenian reefs, J. Australia,*

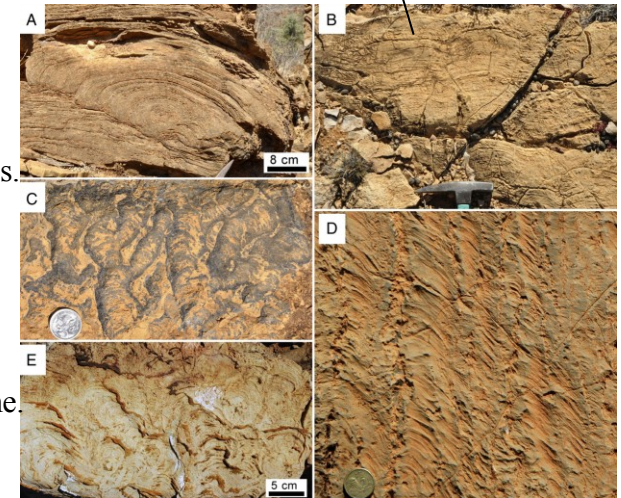
Outcrop photographs of the peritidal Angepena Formation from the Arkaroola Platform. A. Mudcracks on bedding surface in clayey dolomite. Hammer for scale. B. Clayey dolomite beds with well developed small-scale tepees and erosion surfaces. C. Small-scale tepee structures in dolomite. Hammer for scale. D. Clayey dolomite intraclasts within fine ooid grainstone. Coin is 2.5 cm in diameter.



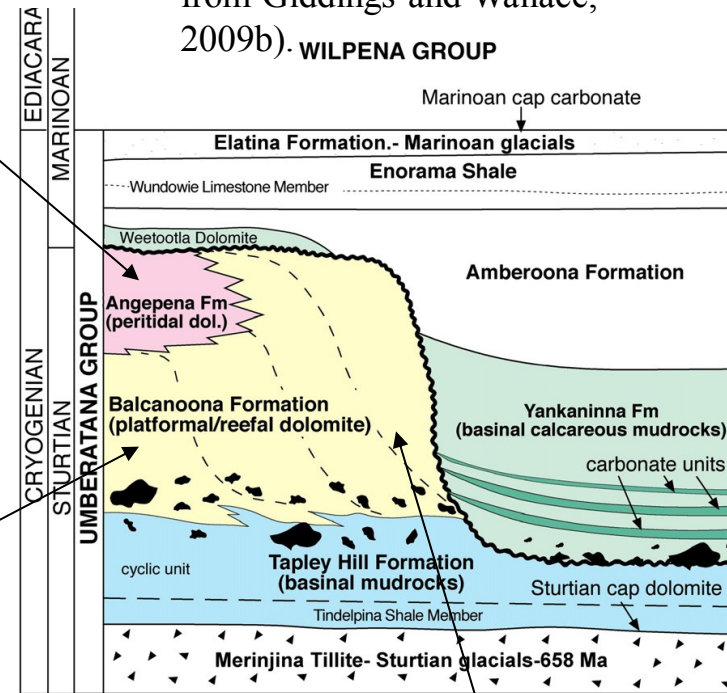
Backreef facies of the Balcanoona reefs. A. Fenestrae developed in ooid-peloid-intraclast grainstones. Polished slab, Arkaroola Platform. B. Large marine-cemented sheet cavities. Polished slab, Arkaroola Platform. C. Sheet cavities with tepee structure. Outcrop, Oodnaminta Platform. D. Small sheet cavities and fenestrae. Polished slab, Arkaroola Platform.



Outcrop photographs of stromatolite types within the stromatolitic boundstone, reef margin facies. A. Domal stromatolite, Arkaroola Platform. B. Laminar stromatolites from the lower stromatolitic boundstone. Growth orientations for these stromatolites are near-vertical and facing north. Oodnaminta Platform. Hammer for scale. C. Columnar branching stromatolites within allochthonous block. Coin is 2 cm in diameter. Mt Lyndhurst Platform. D. Scalloped stromatolites within allochthonous block. Coin is 2 cm in diameter. Oodnaminta Platform. E. Divergent branching columnar stromatolites from the upper stromatolitic boundstone. Oodnaminta Platform.

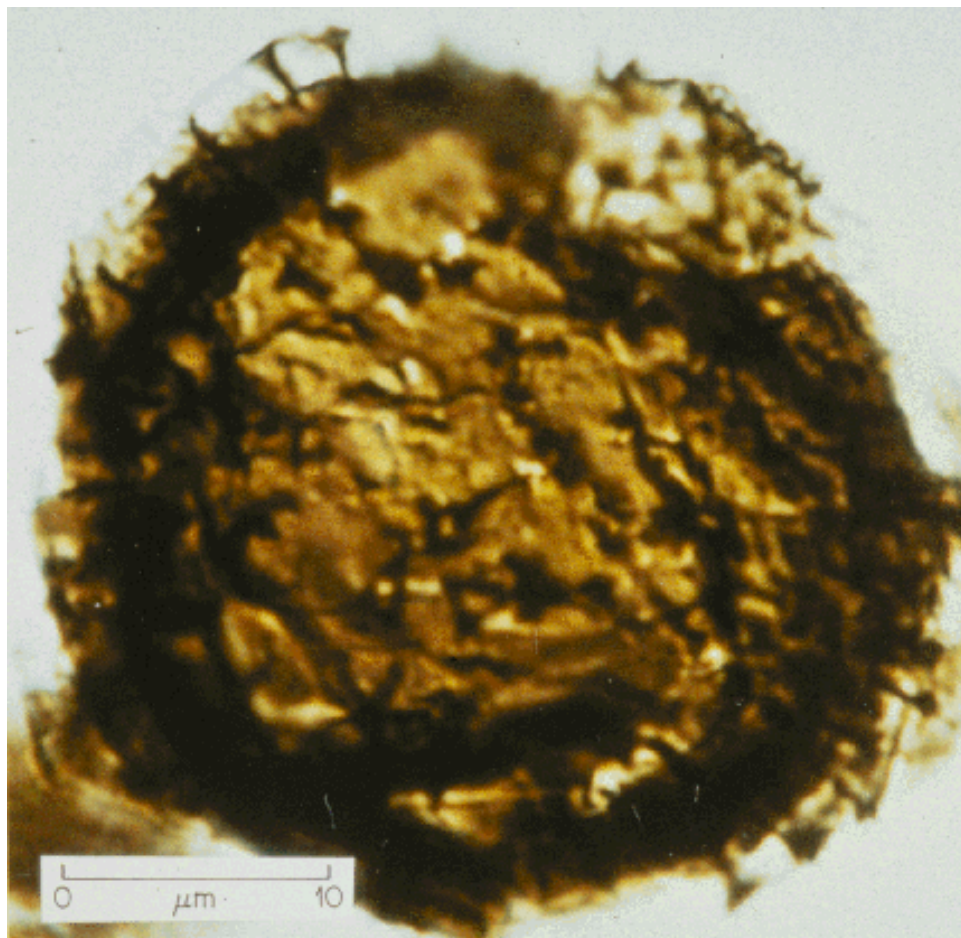


Stratigraphic diagram for the Cryogenian sediments of the northern Flinders Ranges (modified from Giddings and Wallace, 2009b). **WILPENNA GROUP**





**? cysta řas, ? eukaryontní prvok, měňavka - kryogenian**

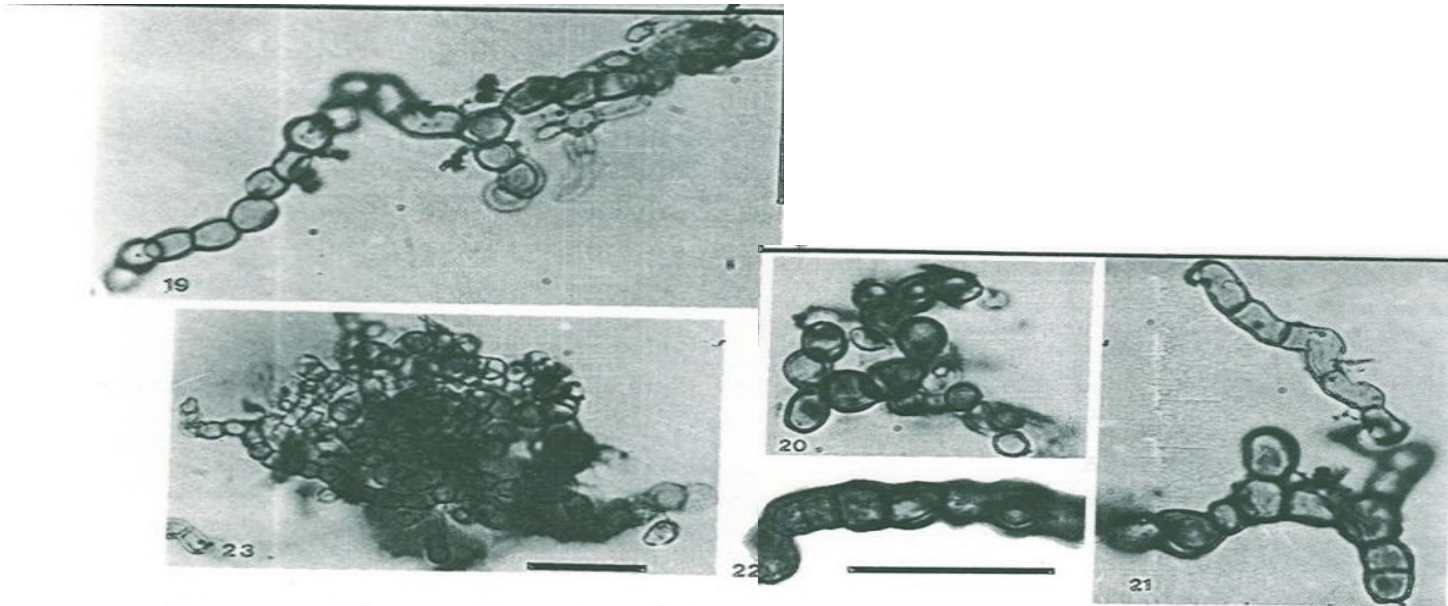


***Vandalosphaeridium walcotti*** - zástupce akritarch, kwaguntské souvrství,  
Grand Canyon, 850 Ma





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



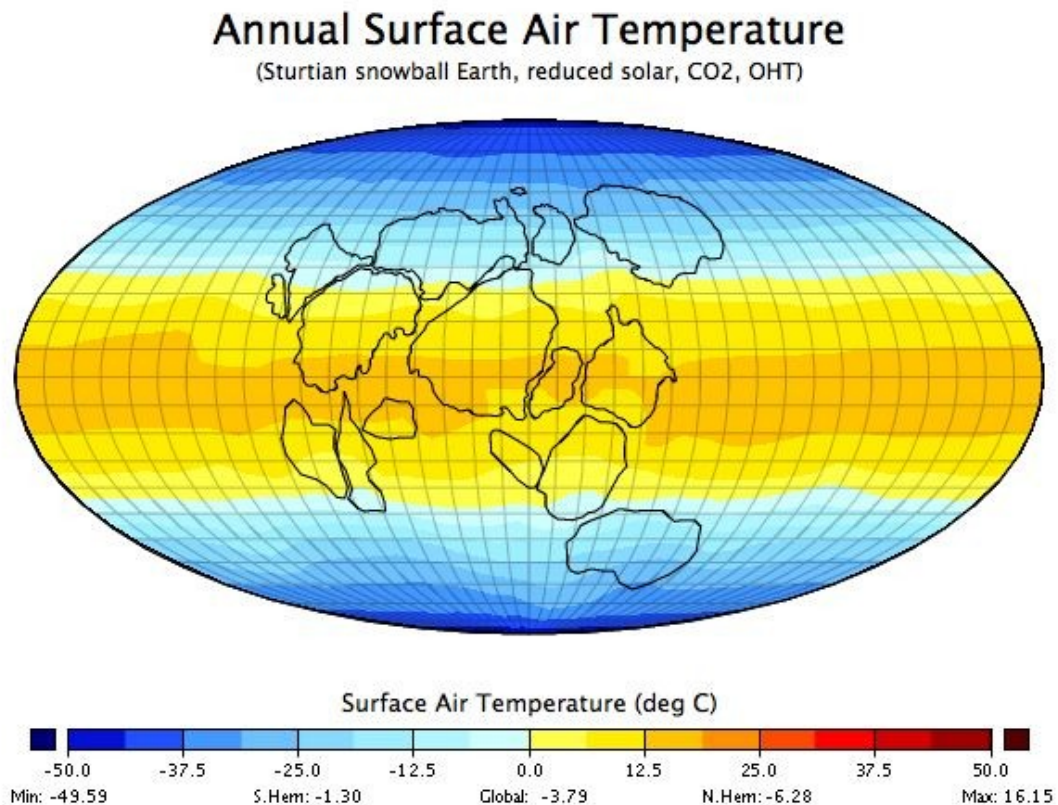
*Cyanobacteria (cf. Nostoc)*

Český masív (~ 800 Ma)



„Snowball Earth“ –  
představa Země během sturtského  
zalednění v nejvyšším proterozoiku  
(~750 Ma) – tání => obrovské množství  
živin do oceánů = rozkvět nanoflóry =  
prudké zvýšení O<sub>2</sub> => dostatek energie  
pro rozvoj velkých organismů (G. Narbonne, 2006)

Modelové teplotní hodnoty  
během sturtského zalednění  
(~750 Ma)





## **Kuesty Jižní Austrálie, neoproterozoikum, kryogenian**

**....research team member [Adam Maloof](#) co-wrote a March 2010 Science paper demonstrating that glaciers reached the equator some 716.5 million years ago, providing further evidence to support the existence of a Cryogenian "snowball Earth."**

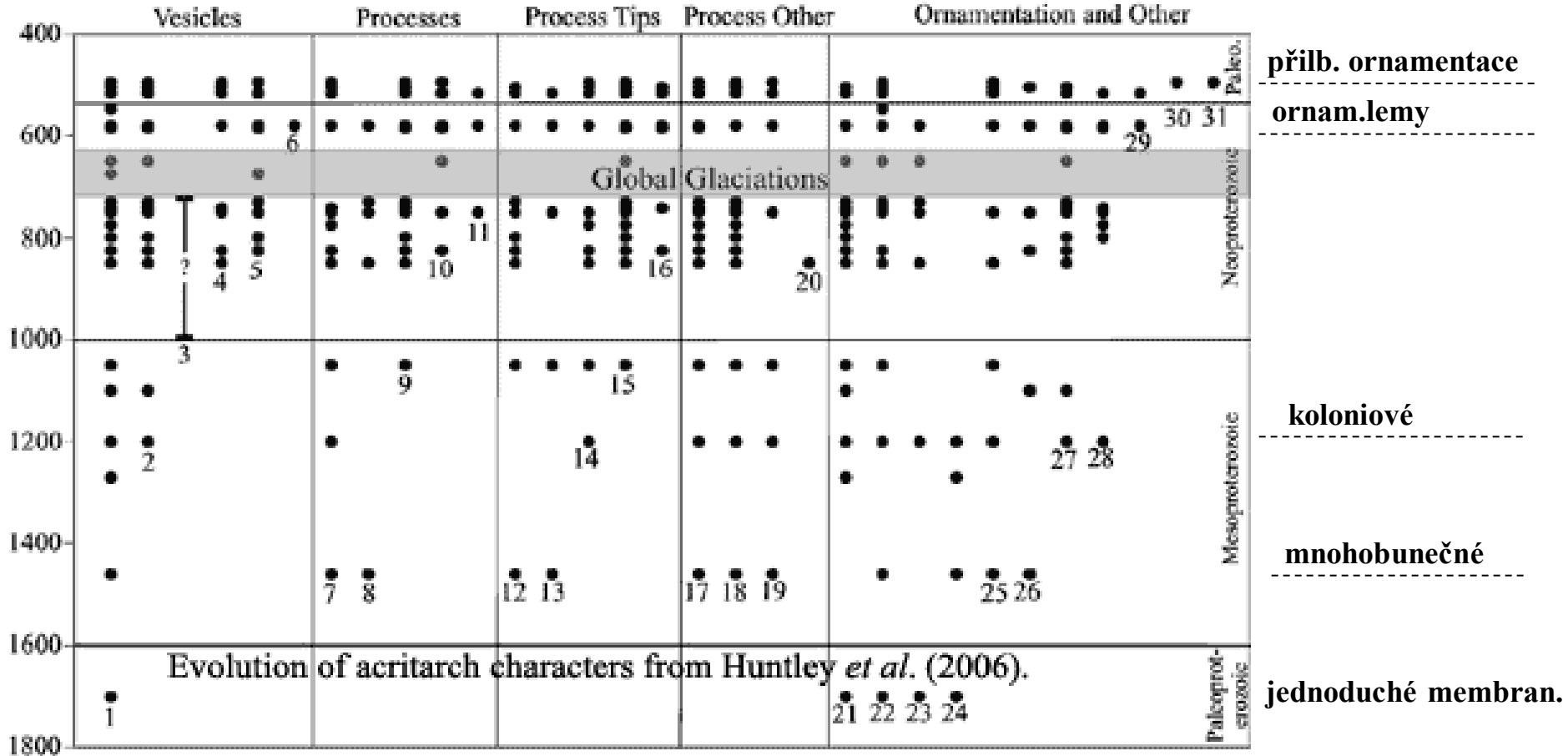
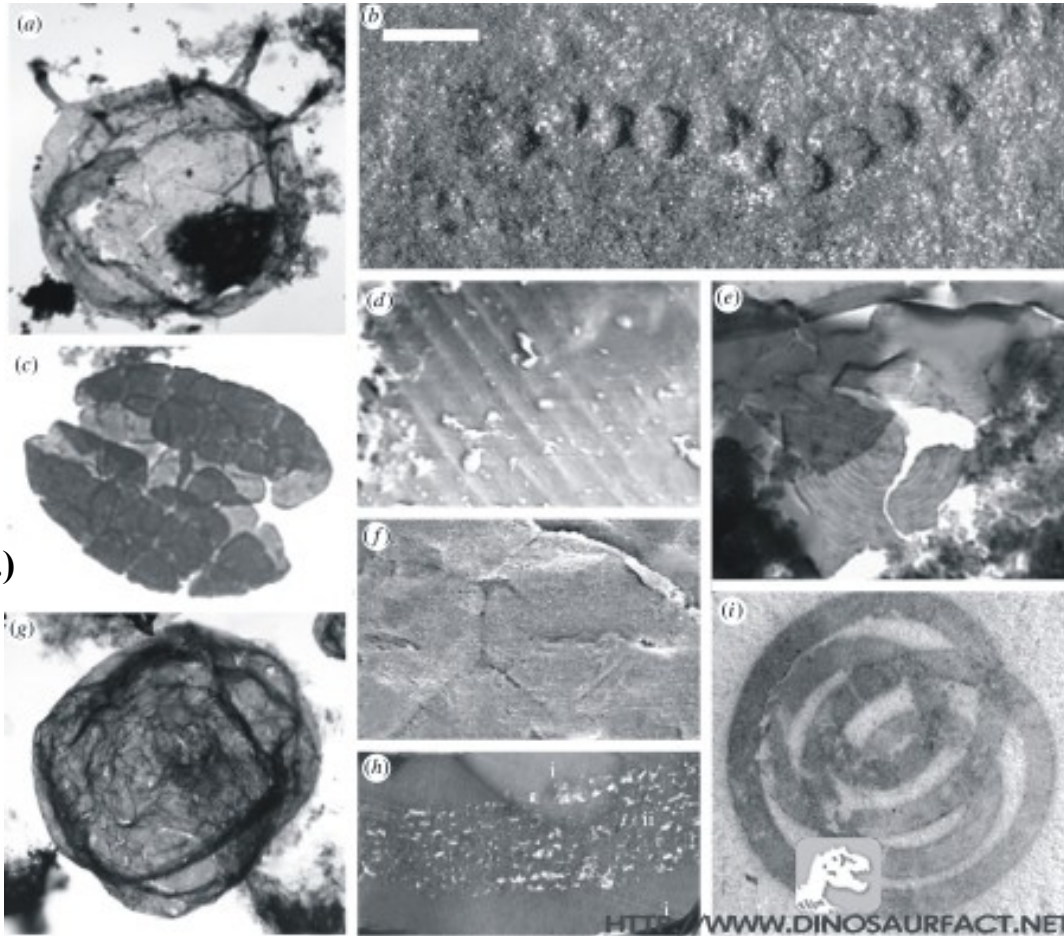


Fig. 5. Stratigraphic occurrences of morphological characters utilized in this study: (1) spherical vesicle; (2) ellipsoidal vesicle; (3) barrel-shaped vesicle; (4) bulb-shaped vesicle; (5) polyhedral vesicle; (6) medusoid vesicle; (7) cylindrical process; (8) dome-shaped process; (9) tapered process; (10) hair-like process; (11) triangular process; (12) rounded-tip process; (13) capitate-tip process; (14) blunt-tip process; (15) pointed-tip process; (16) funnel-tip process; (17) hollow process; (18) interior of process communicates with interior of vesicle; (19) branching process; (20) processes fuse at tip; (21) enveloping membrane; (22) excystment-like structure; (23) internal bodies in vesicle; (24) concentric ornamentation on vesicle surface; (25) plates on vesicle; (26) multi-celled appearance (vesicles contained in a larger envelope); (27) colonial appearance (aggregation of vesicles); (28) pores in vesicle wall; (29) flange ornamentation; (30) crest ornamentation; (31) costae meshwork surrounding vesicle.

Evolve akritarch podle Huntley et al. (2006) - upraveno



*Horodyskia*

**Akritarcha (neornament.)**

*Grypania*

**Souhrnný pohled na některé předediakarské fosílie**

## **Ediacaran (630-542 Ma)**

**Ediakar začíná po Marinoanském zalednění (SE), 630 Ma, vzrůst atmosferického O<sub>2</sub>, následuje řada eventů. Oceánské dno = kryté bakteriálním filmem, jinak pevný substrát, málo mobilních herbivorů, většina pevného substrátu tvořena korály a calcifikujícími baktériemi. Četné diskuse o způsobu života tehdejších tvorů. Zajímavost - většina dobře známých ediakarských živočišných fosílií se zdá pocházet z hlubokých vod (pod dosahem slunečního záření).**

### **Přehled dat:**

**600 Ma - zemský den má 20.7 hodin**

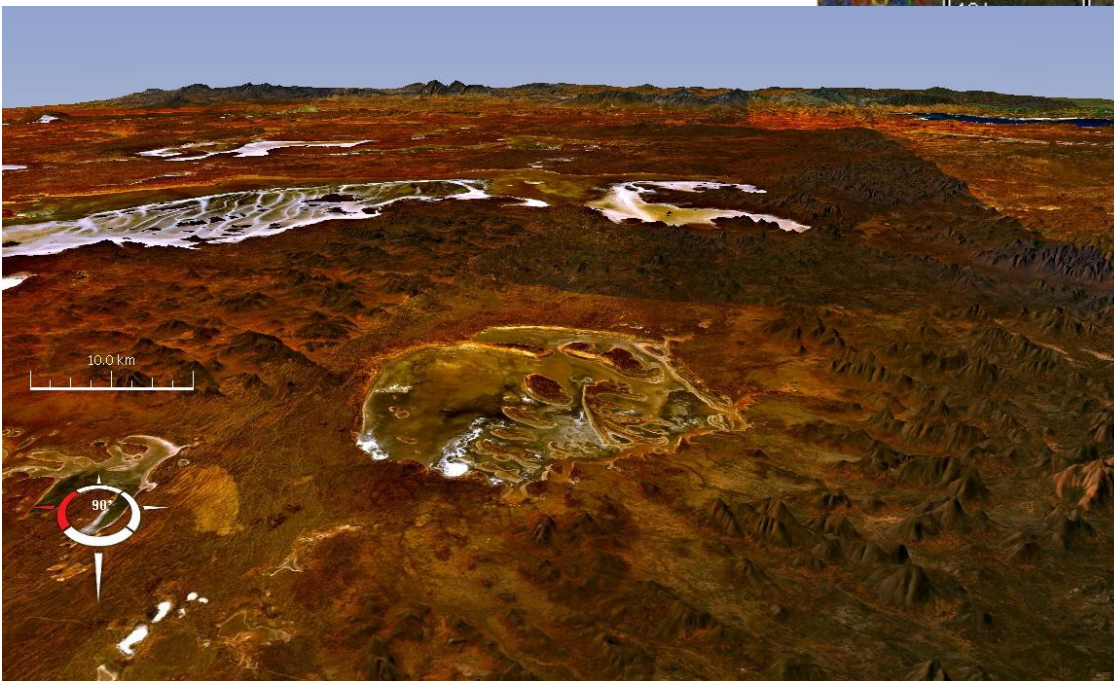
**590 Ma - J. Austrálie, Acraman, impakt meteoritu (90 km průměr kráteru)**

**580 Ma – objevují se měkkotělé organizmy, *Dickinsonia* etc.**

**570 Ma – konec Sturtského zalednění, nástup schránečných struktur u bezobratlých**

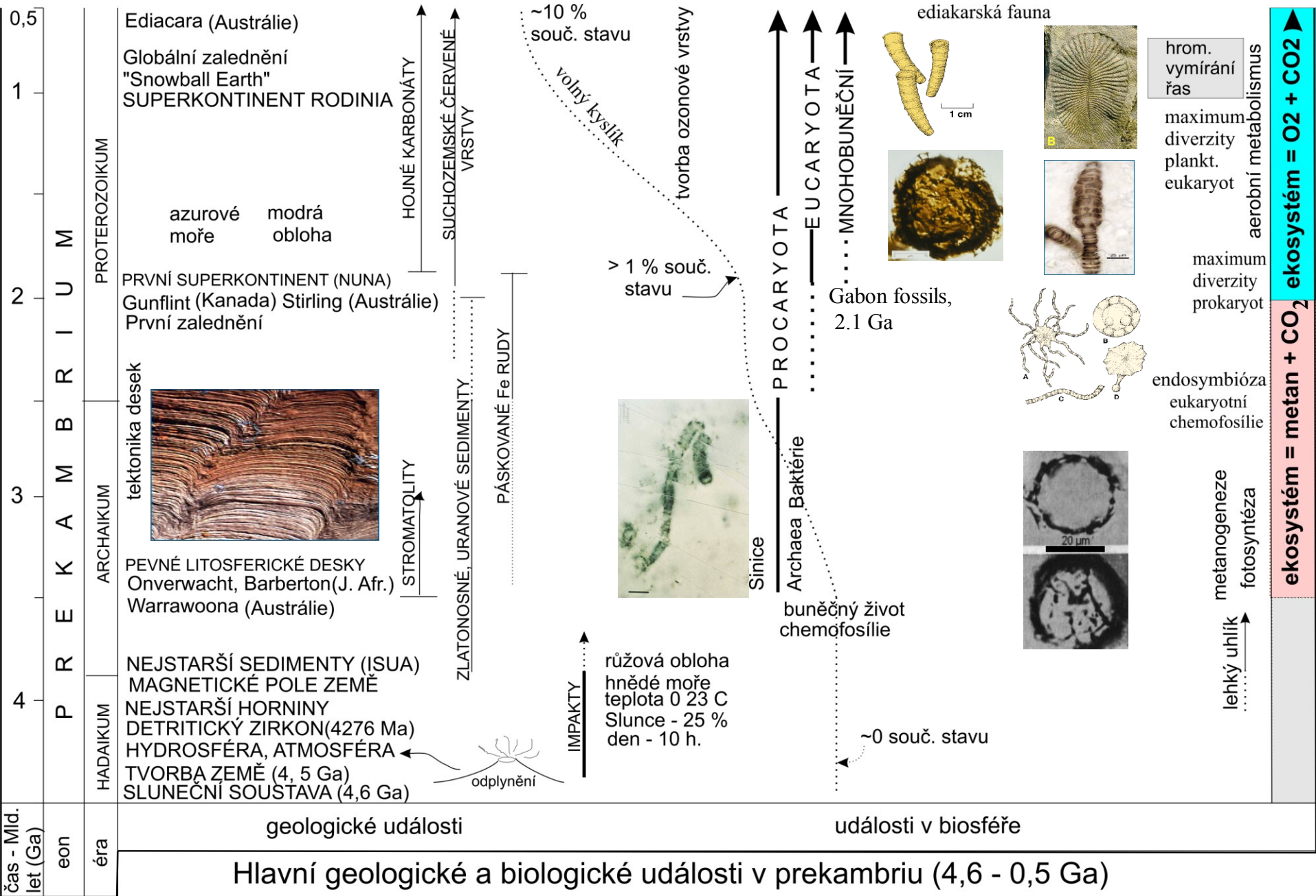
**550 Ma – Pannotia se tříští na Laurasii a Gondwanu**

**Acraman Crater South Australia**  
**580 million years ago**  
**-Taking us back over half a billion**  
**years back, the Acraman meteor**  
**created what is today known as Lake**  
**Acraman,**  
**featuring an impressive 56-mile**  
**(90 km) diameter.**

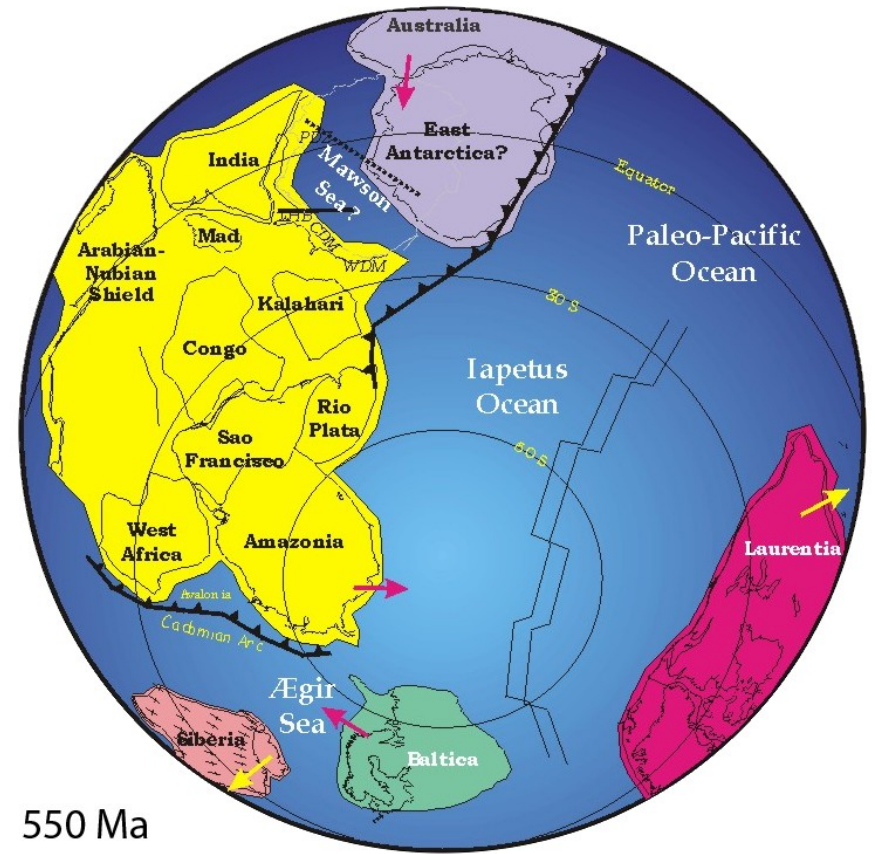


**act Craters - Click a Red Icon to Learn More**





# Pannotia

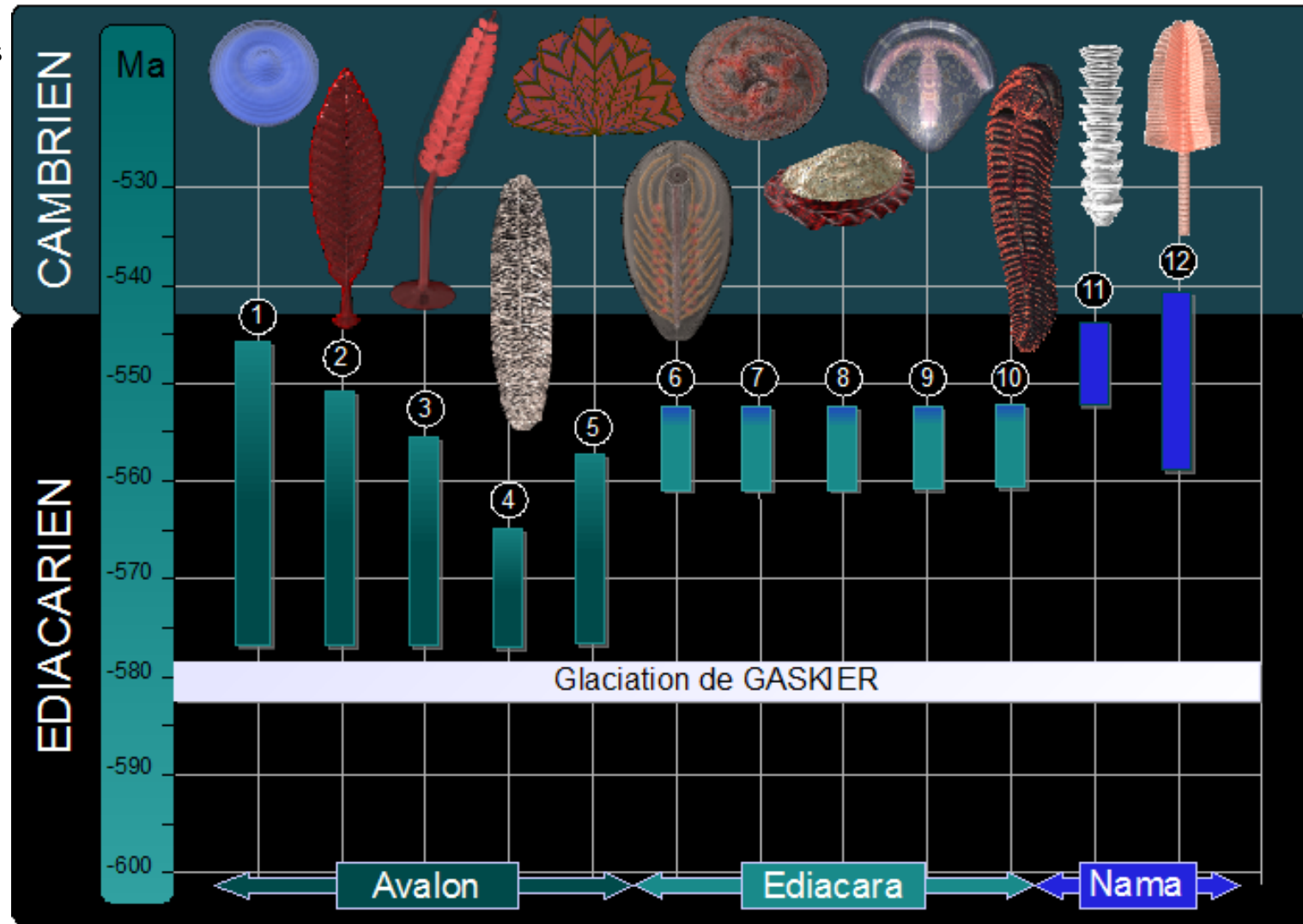




# Evolution

Evolution des Métazoaires  
l'Ediacarien.

1. Aspidella
2. Dickinsonia
3. Dickinsonia
4. "Broche"
5. Dickinsonia
6. Dickinsonia
7. Dickinsonia
8. Dickinsonia
9. Dickinsonia
10. Dickinsonia
11. Dickinsonia
12. Dickinsonia



# Avalon

**Mistaken Point, Newfoundland, Canada.**

**The biota of the Ediacaran period (635 – 541 ma).**

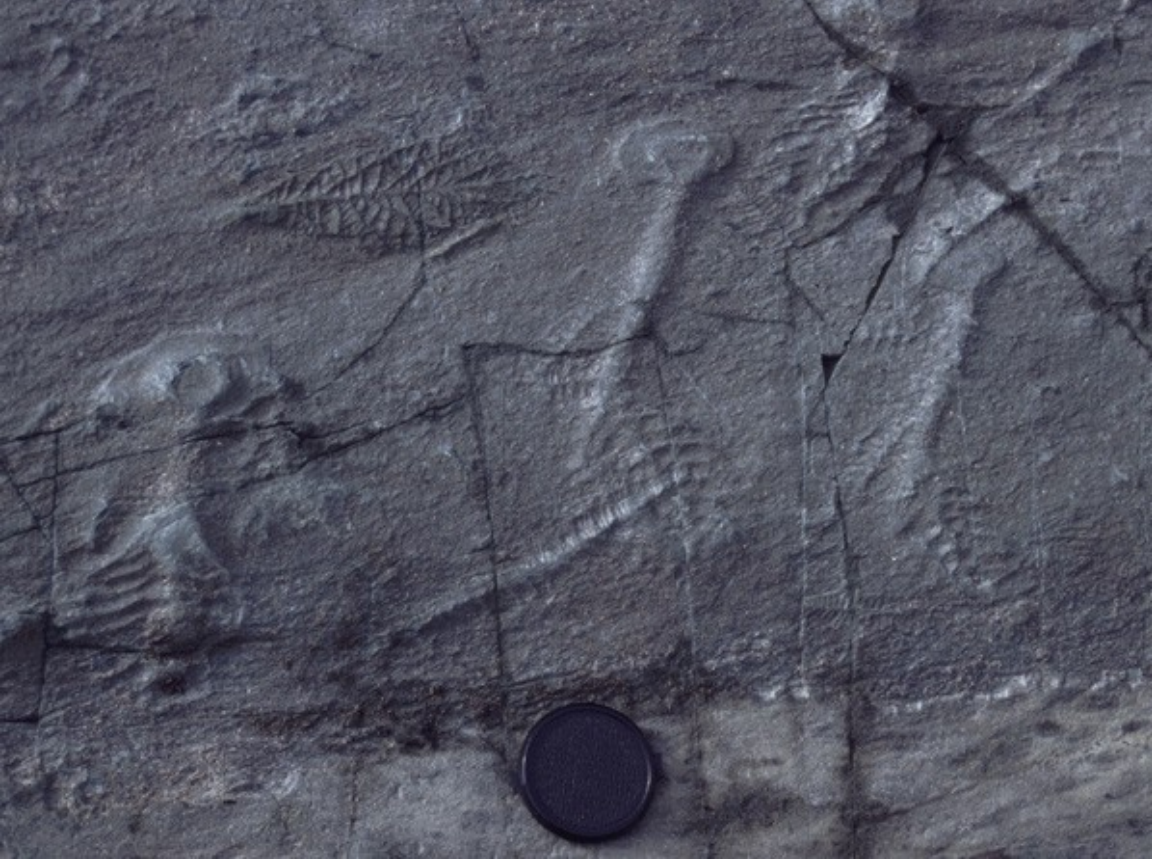
**Localities of this age are justly famous for the exceptional quality of preservation of soft-bodied organisms.**



## Mistaken Point, New Foundland



The large, expansive bedding planes seen in this image each lie beneath a volcanic tuff, which has been weathered away to reveal this record of ancient seafloors. The angle of the rocks and the fact that the tuff is easier to weather than the overlying siltstones results in large areas being exposed for study.



**Mistaken Point, vrstevní plocha  
s fosíliemi**

A simple horizontal surface locomotion trace from late Ediacaran rocks at Mistaken Point, formed roughly 565 million years ago. Contrast this simple and rare structure with the abundant evidence for locomotion by animals in rocks of Cambrian age, ~20 million years later (next image).





*Fractofusus misrai* na vrstevní ploše,  
Mistaken Point



**Mistaken Point – další ukázky**



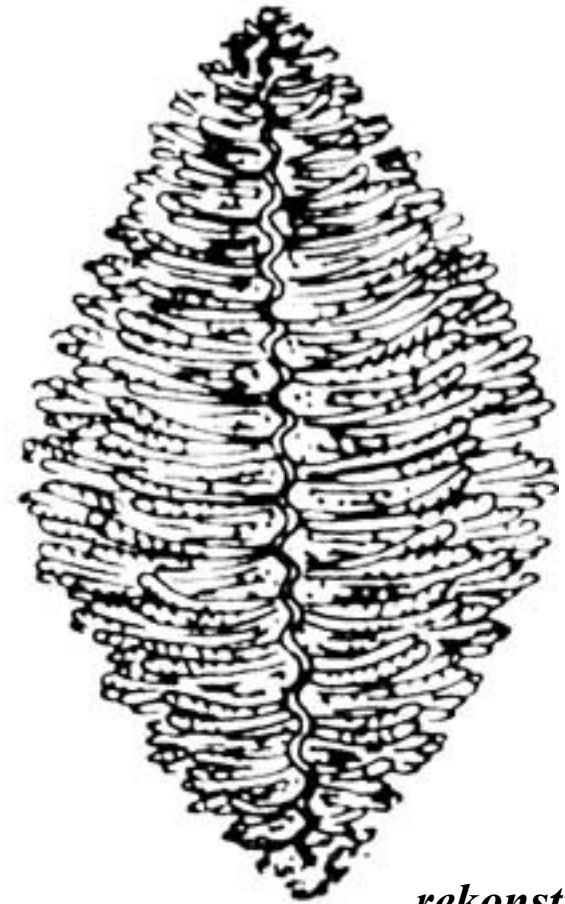
**Vřetenovitý organizmus**



***Fractofusus misrai***



*fosílie*



*rekonstrukce*

***Fractofusus misrai*, Mistaken Point, Ediacarian**



*Rangea*

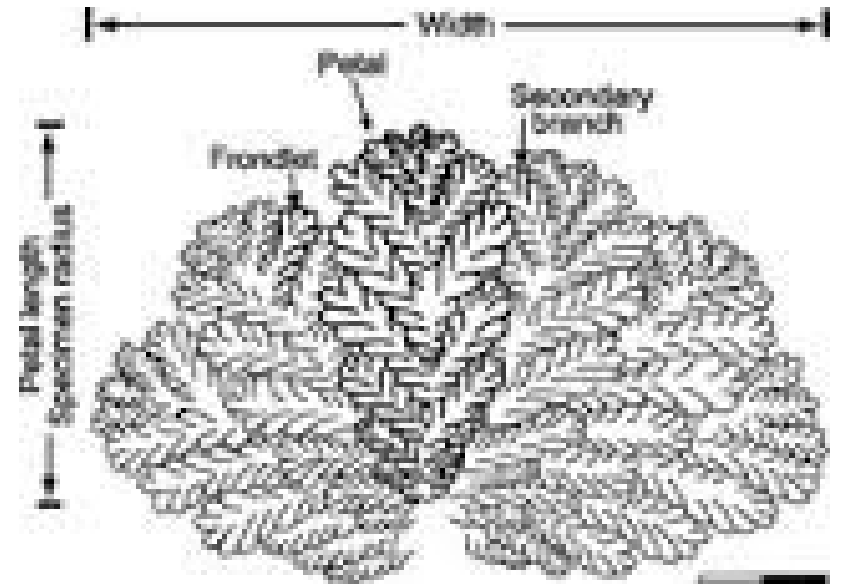


*Charniodiscus*

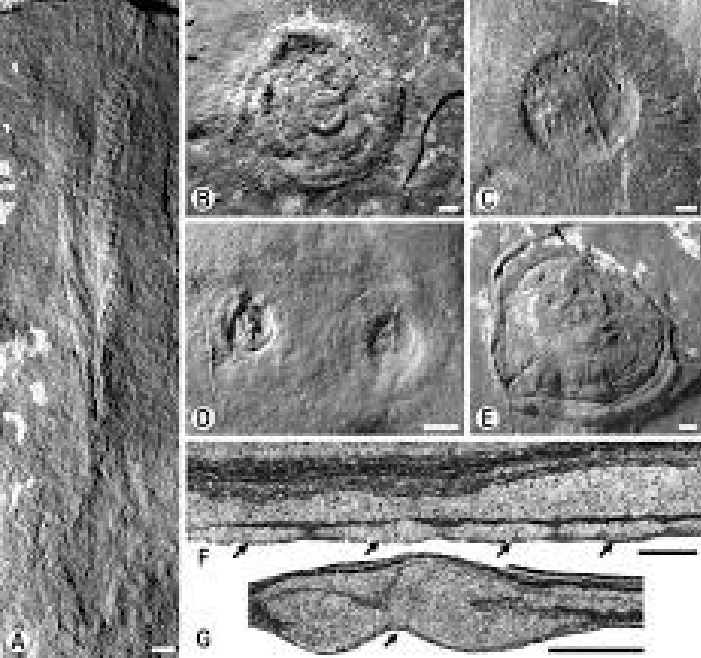
**Ediacar, New Foundland, Avalon, inc. sed.**



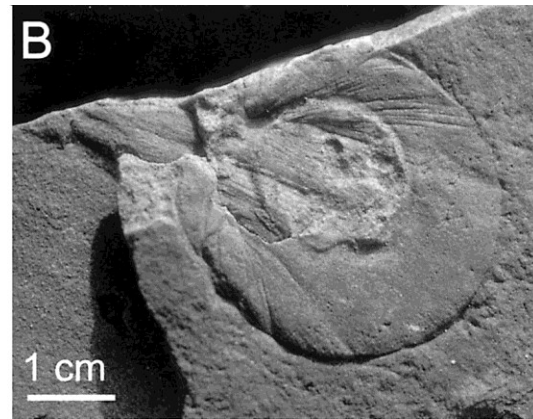
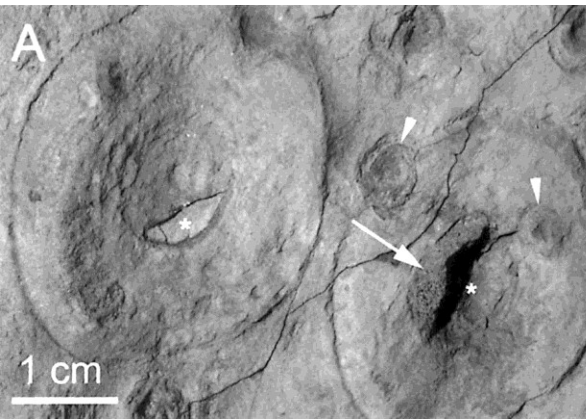
*Bradgatia*, *Rangemomorpha* ?, Mistaken Point



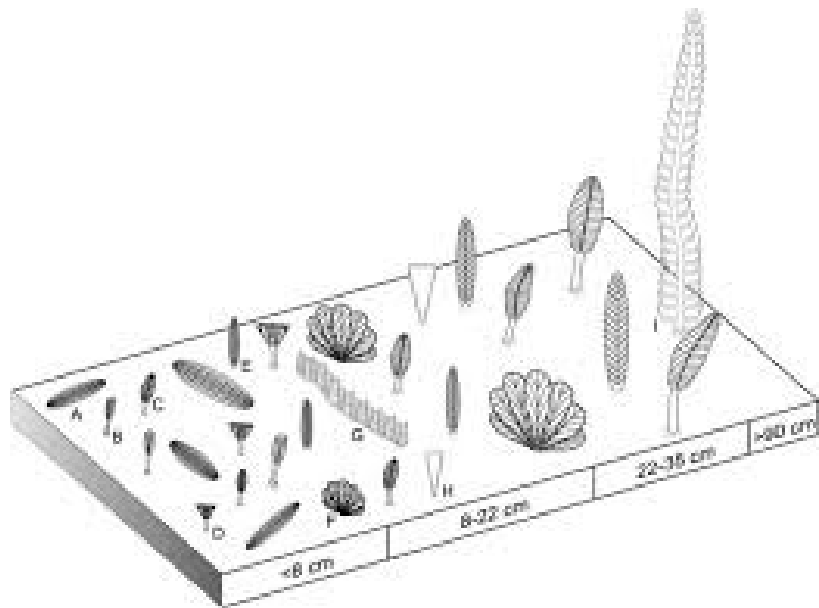
*Bradgatia linfordensis*, fosilní a možné interpretace



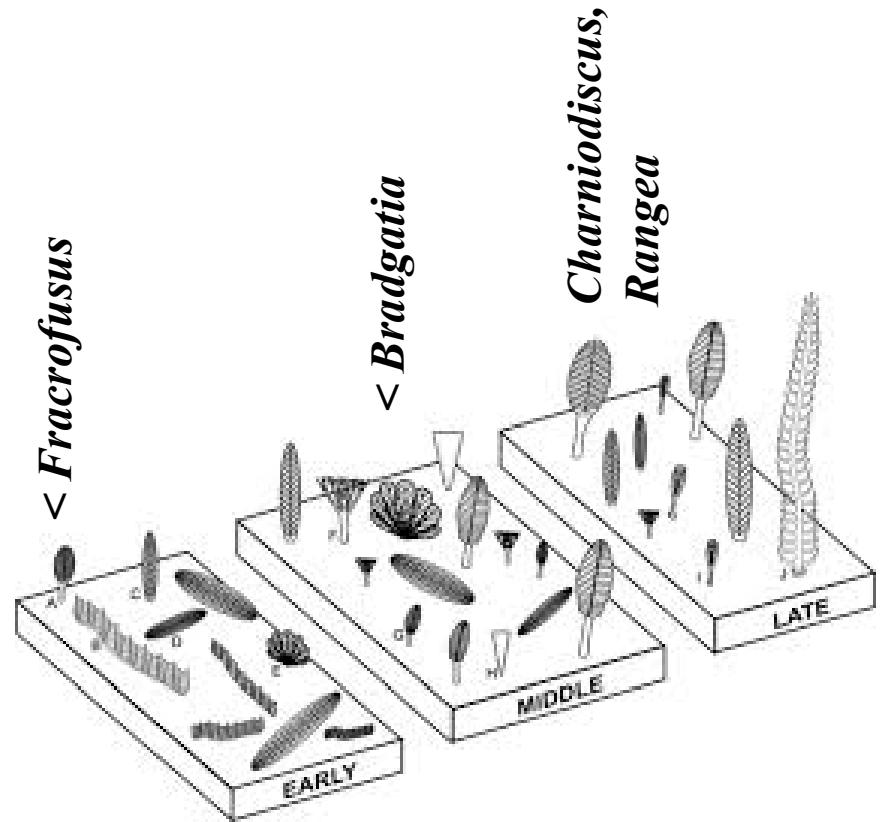
**B,C,G - *Aspidella***



***Aspidella* - ? Porifera, Ediacar, Avalon**



**velikost**



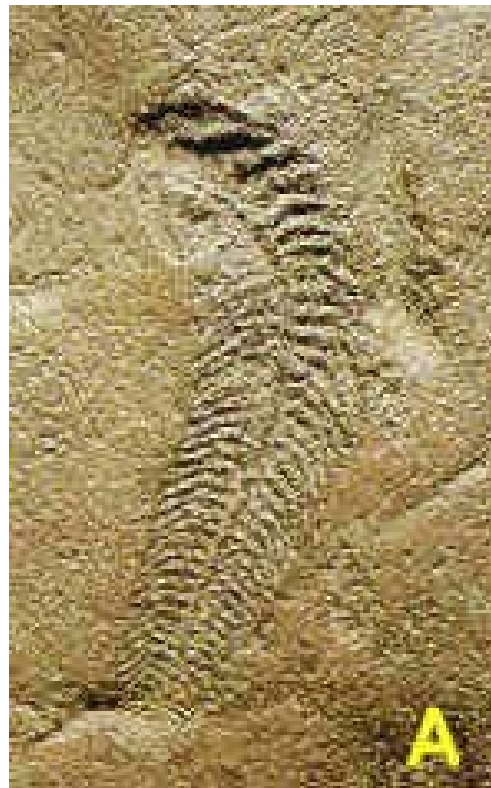
**čas**

**Avalonské fosílie, nárůst velikosti v čase + změna formy**

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



*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. Studium hornin souvrství Doushantuo ukázalo, že oceán byl v té době dobře stratifikován na okysličené a neokysličené vody s vysokým obsahem sulfátů a železa => problematické podmínky pro život => mezerovité a nepravidelné zachování fosílií.





## ***Dickinsonia* - interpretace**

Dickinsonia, an iconic member of the Ediacara biota, is abundant in the Ediacaran deposits found at the Nilpena field site, South Australia. Despite exquisite fossil preservation at this site, many specimens of Dickinsonia appear to be incomplete, with an apparently “missing piece” on the periphery. Orientation measurements from specimens on three fossil beds suggest that these so-called “missing pieces” are aligned irrespective of the axial orientation of Dickinsonia. The nonrandom orientation of incomplete specimens matches that of other aligned structures found on two of these beds. The preferred directionality of this feature suggests the molding of incomplete specimens under the influence of current activity prior to or during burial. We propose that this feature originates where part of a Dickinsonia was lifted off of the substrate during a storm event and that sand was deposited beneath this lifted portion. **This model suggests that Dickinsonia was easily separated from the sea floor and was not attached to the substrate on which it lived. This is consistent with the data from Dickinsonia footprints suggesting that Dickinsonia was mobile.**

(Evans et al. 2015)

Dickinsonia, an iconic member of the Ediacara biota, is abundant in the Ediacaran deposits found at the Nilpena field site, South Australia. Despite exquisite fossil preservation at this site, many specimens of Dickinsonia appear to be incomplete, with an apparently “missing piece” on the periphery. Orientation measurements from specimens on three fossil beds suggest that these so-called “missing pieces” are aligned irrespective of the axial orientation of Dickinsonia. The nonrandom orientation of incomplete specimens matches that of other aligned structures found on two of these beds. The preferred directionality of this feature suggests the molding of incomplete specimens under the influence of current activity prior to or during burial. We propose that this feature originates where part of a Dickinsonia was lifted off of the substrate during a storm event and that sand was deposited beneath this lifted portion. **This model suggests that Dickinsonia was easily separated from the sea floor and was not attached to the substrate on which it lived. This is consistent with the data from Dickinsonia footprints suggesting that Dickinsonia was mobile.**

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



# Jiná rekonstrukce ediakarské fauny

*Dickinsonia*

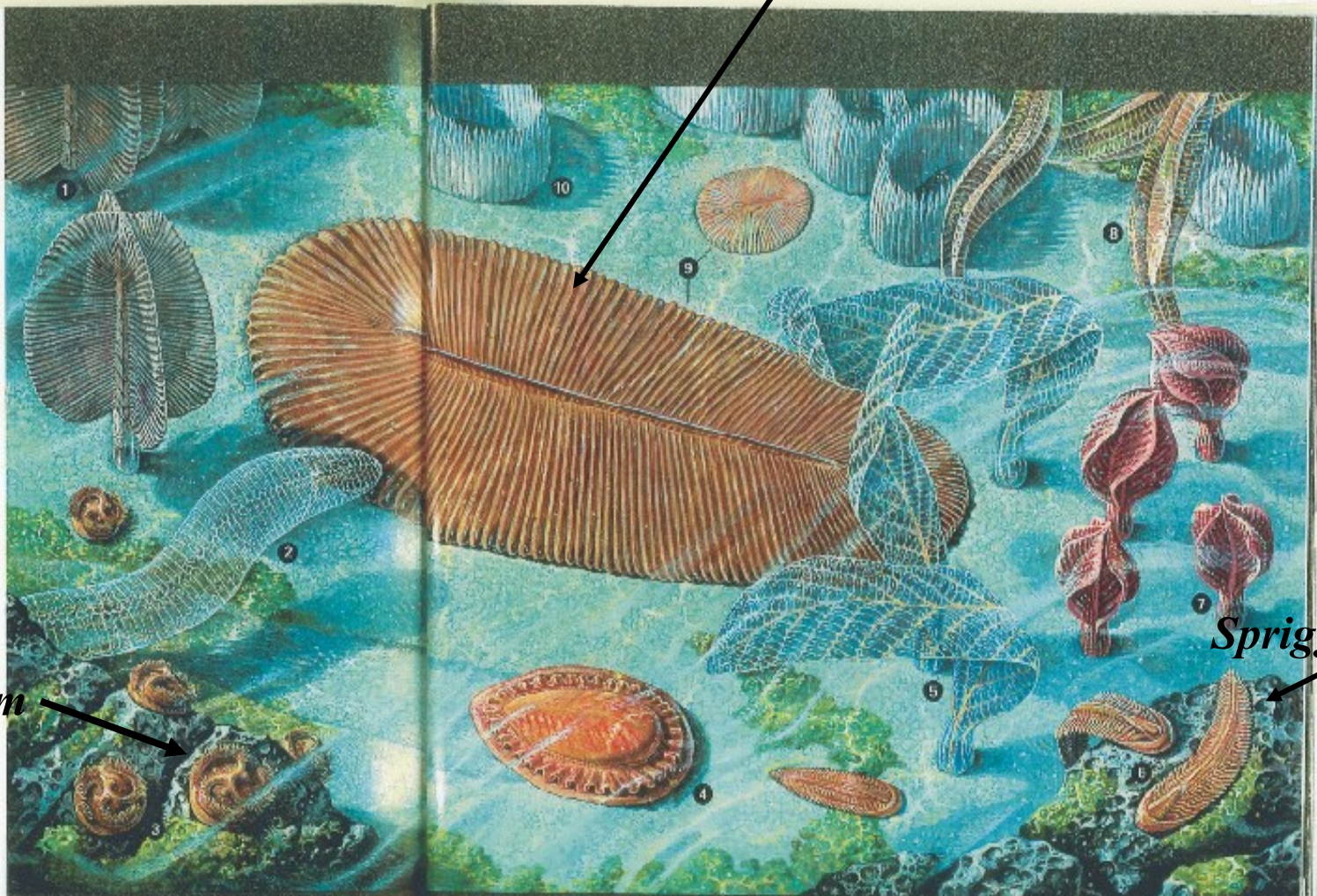
12

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*

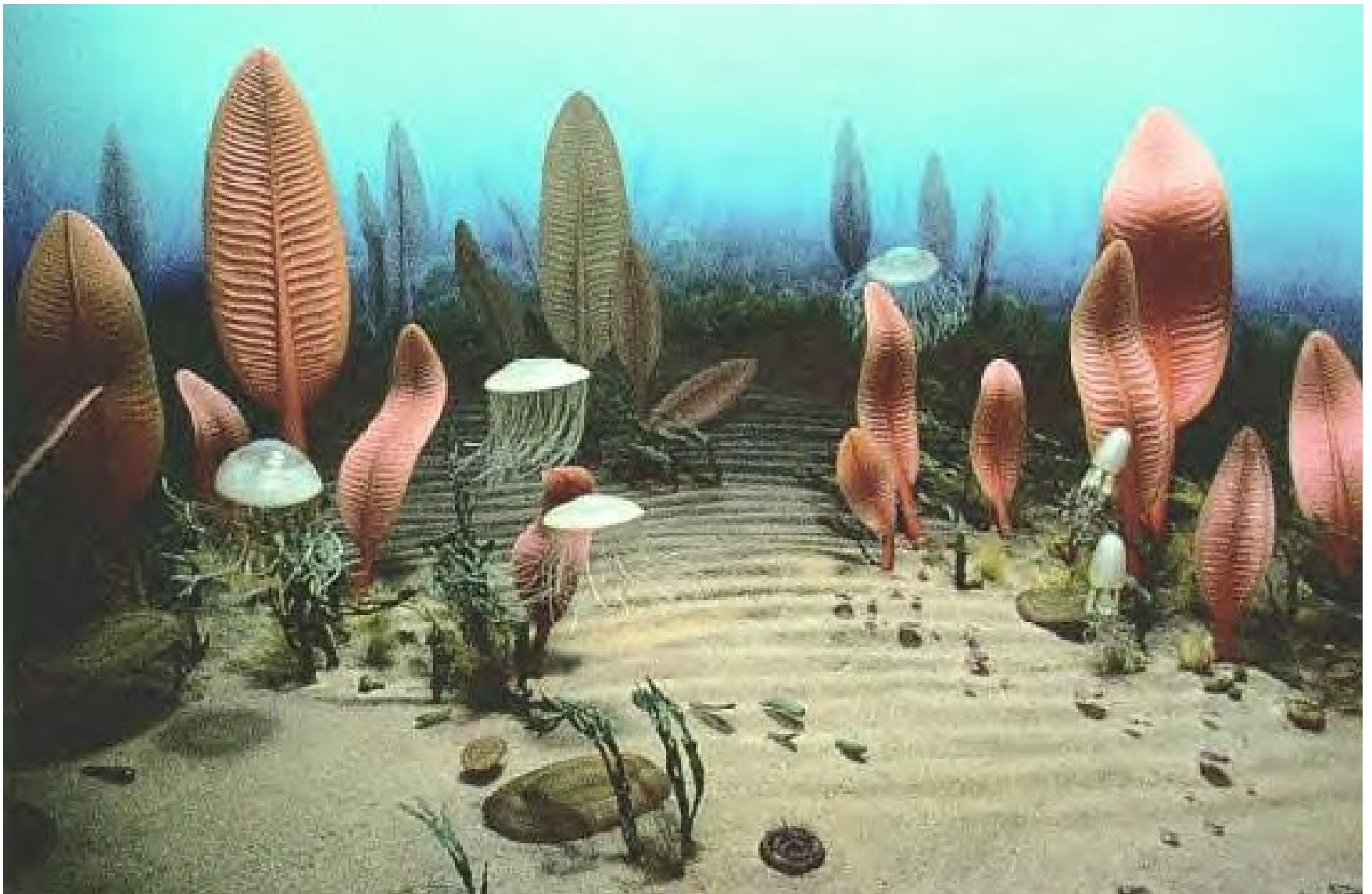
## A peaceable kingdom

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

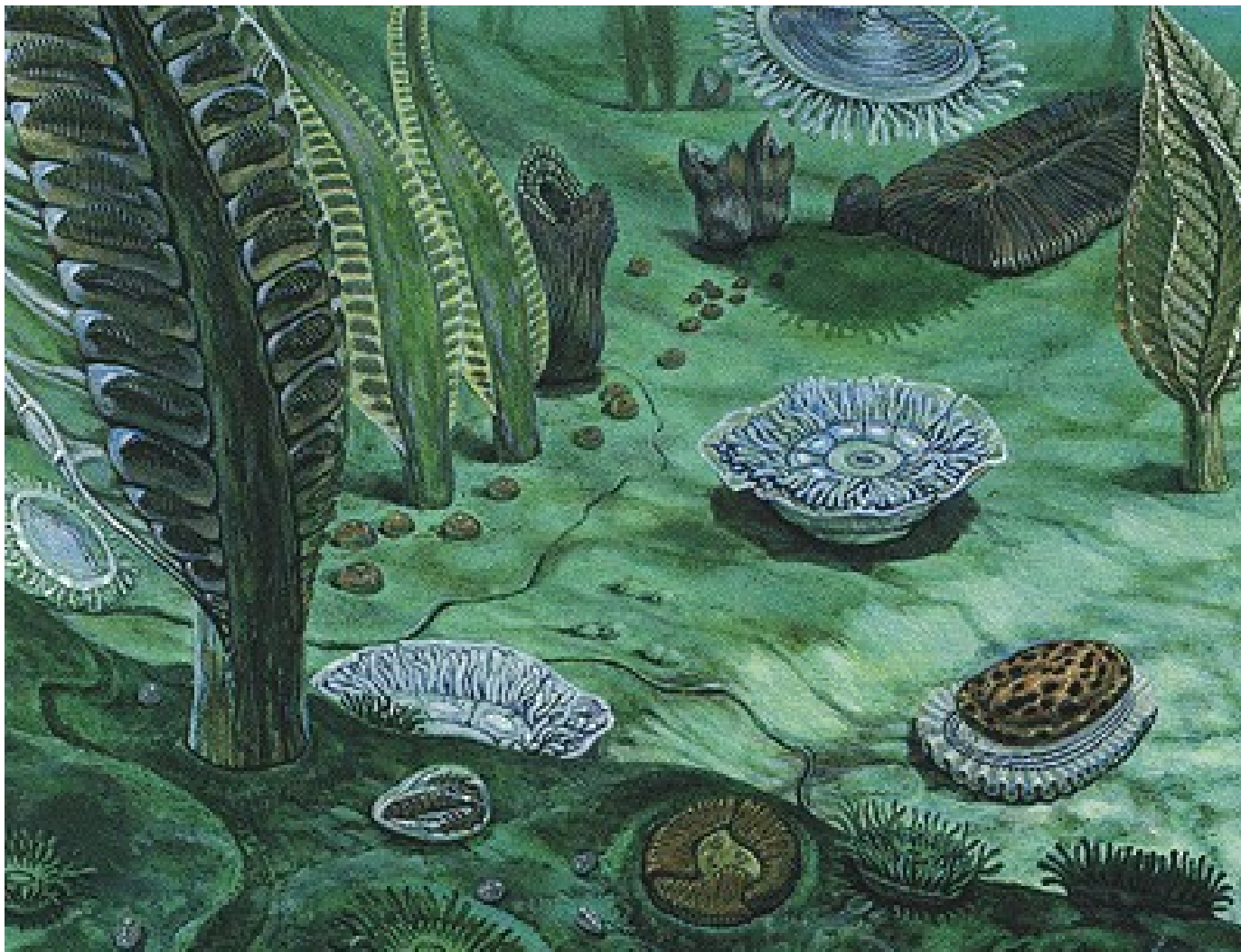
may have served as green-houses for colonies of photosynthetic bacteria that functioned as internal food

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

1. Swartpuntia
2. Phyllozoon
3. Tribrachidium
4. Dickinsonia



„sdsu.edu.seminar“ (2008)



**Jiná interpretace ediacarského života**

# Grafické rekonstrukce některých forem ediakarských vendobiont

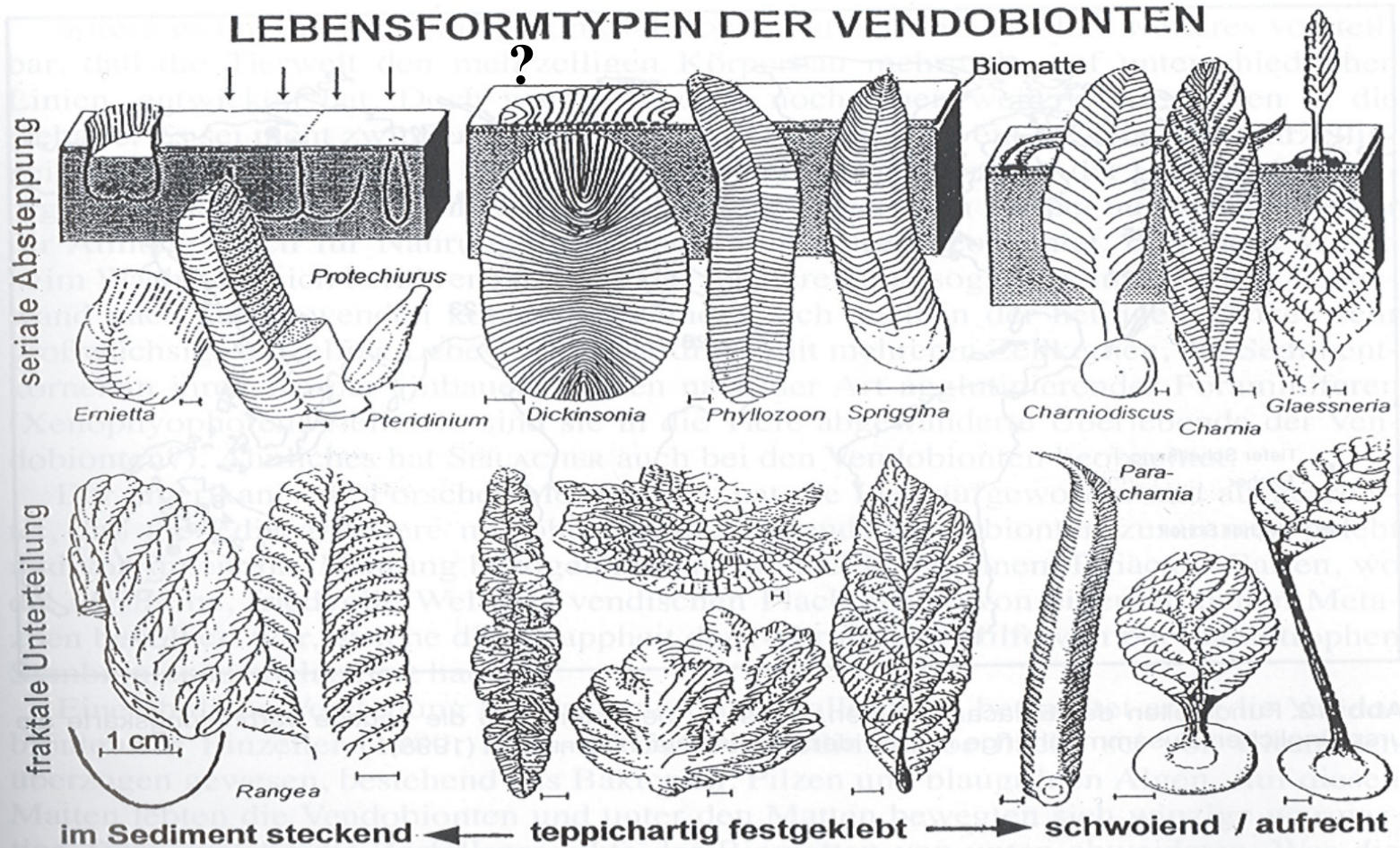
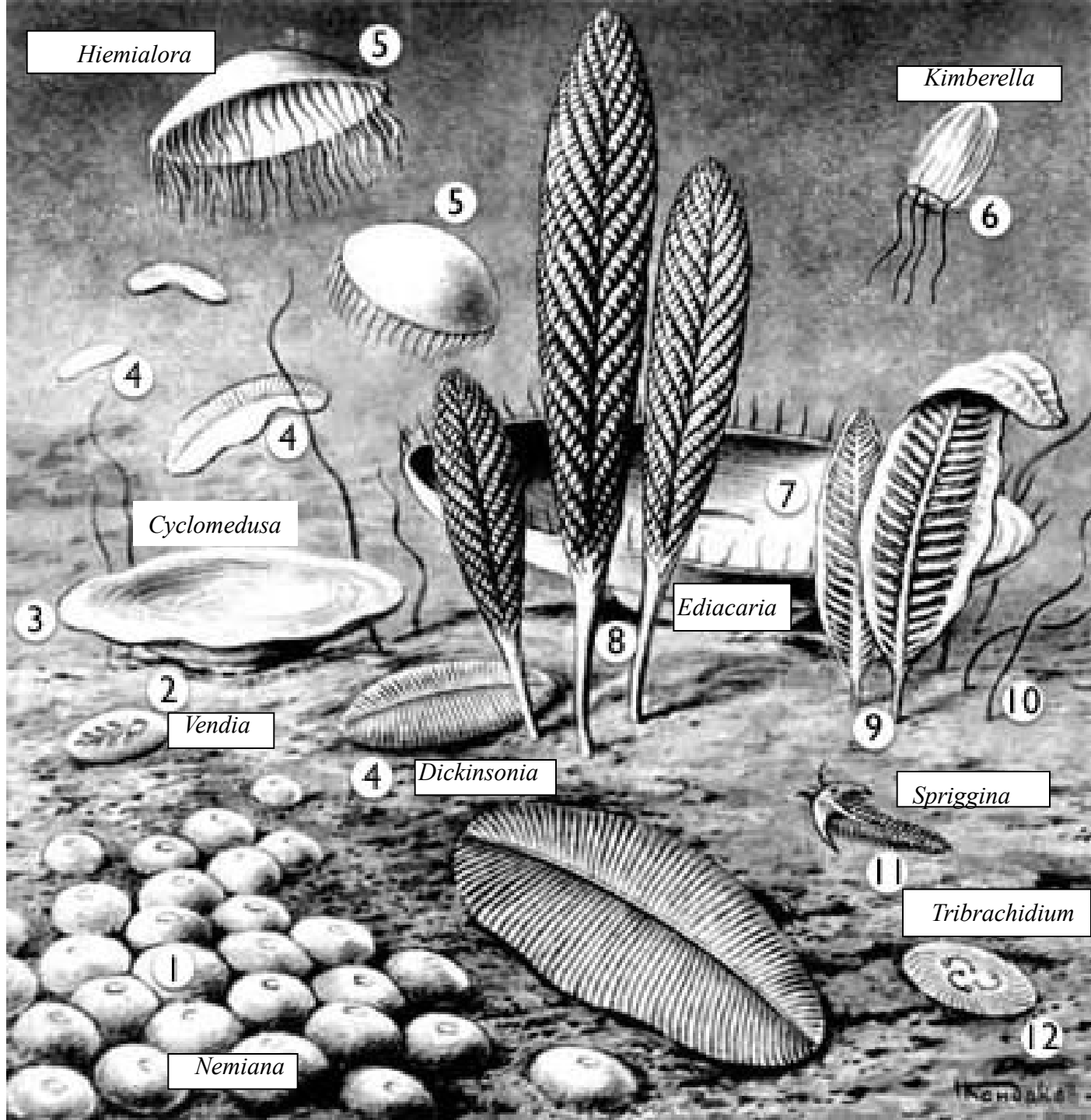


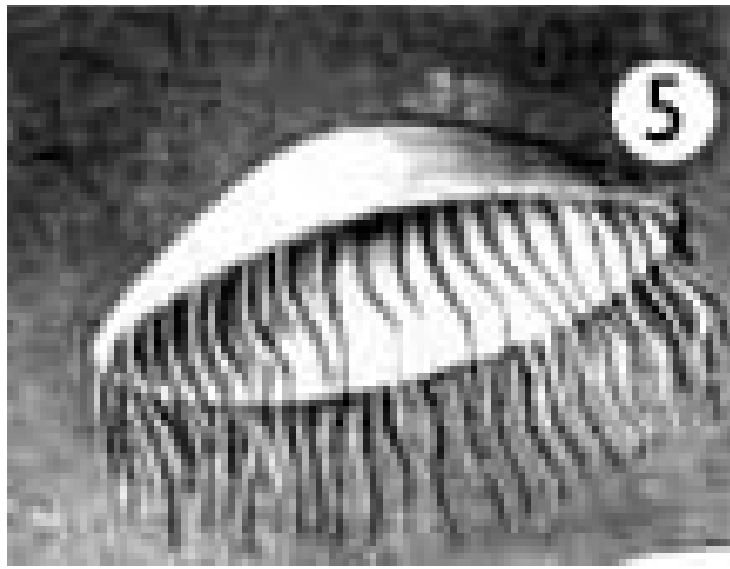
Abb. 11. Charakteristische Formen der Ediacara-Fauna. Nach SEILACHER (2003).

# Další možná interpretace ediakarské (vendské) bioty

- 1 sedící polypi
- 2 bilaterální inc. sed.
- 3, 7 bent. medúzy
- 4 ? láčkovci-červi
- 5 nekt. Medúzy
- 6 scifomedúzy
- 8, 9 Chamia, Chamiodiscus (inc. sed.)
- 10 řasa (Vendotaenia)
- 11 ? předek trilobitů
- 12 vymřelí bezobratlí



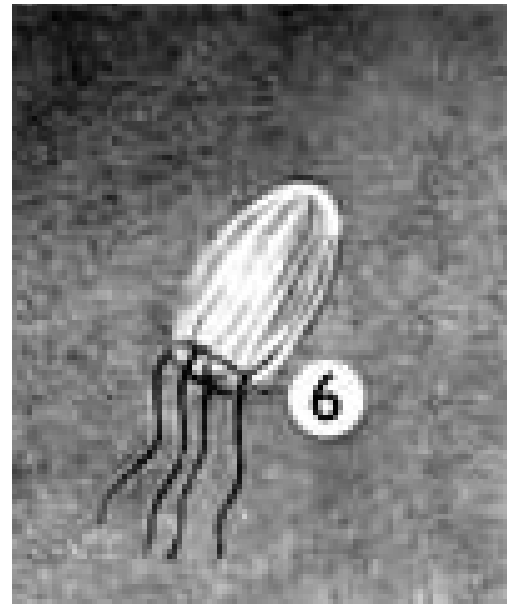




*Hemialora*



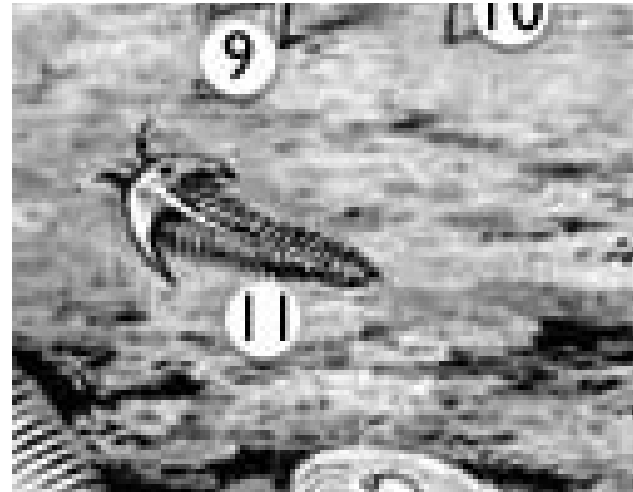
*Kimberella*



?

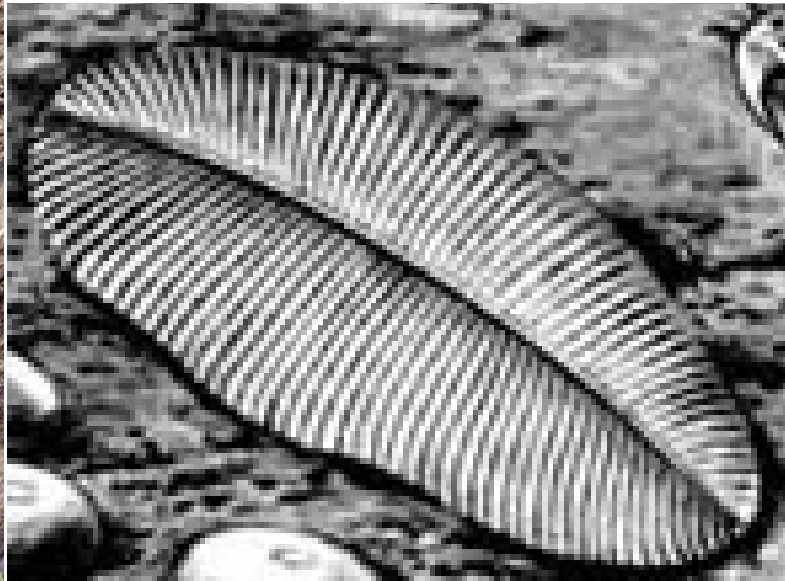
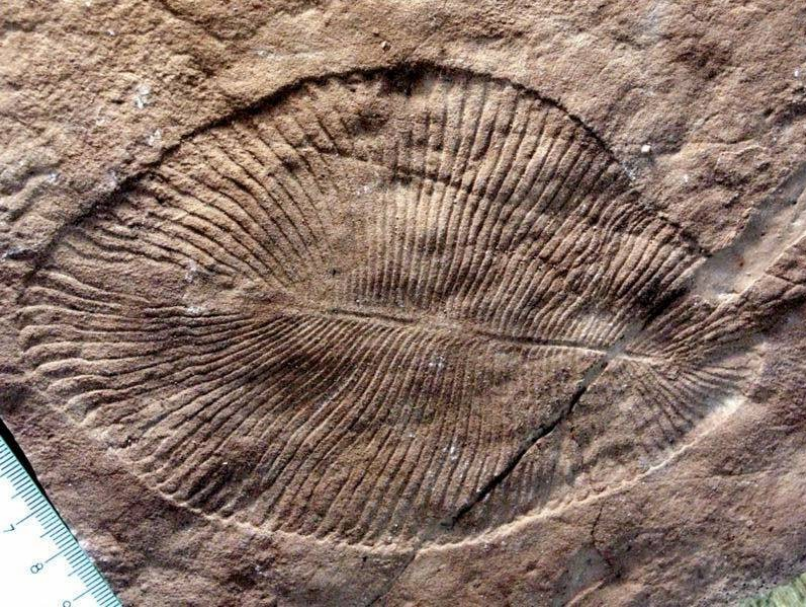


*Spriggina*

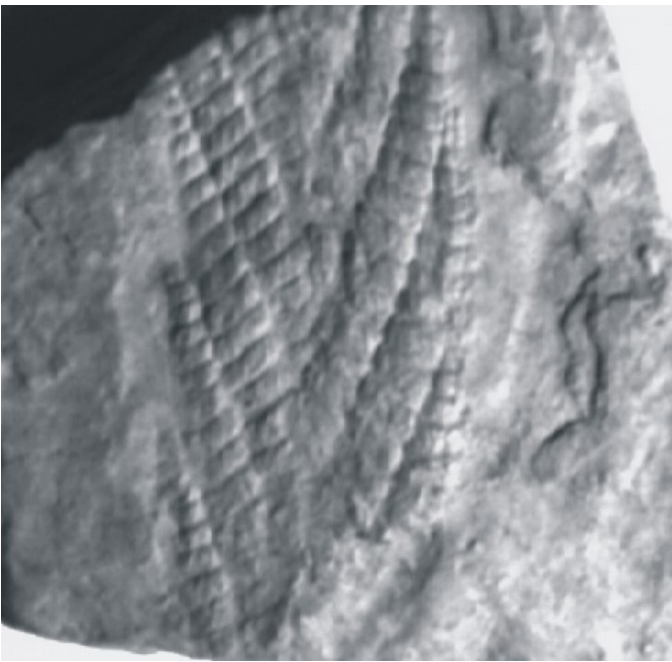


*Cyclomedusa*

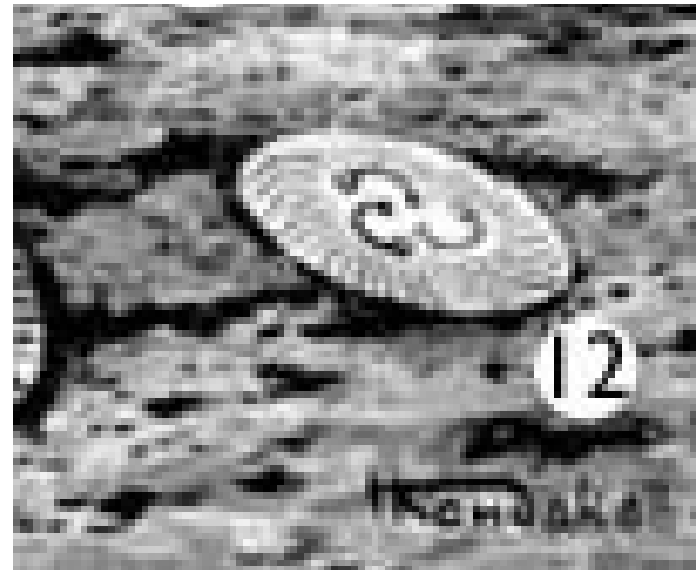




*Dickinsonia*



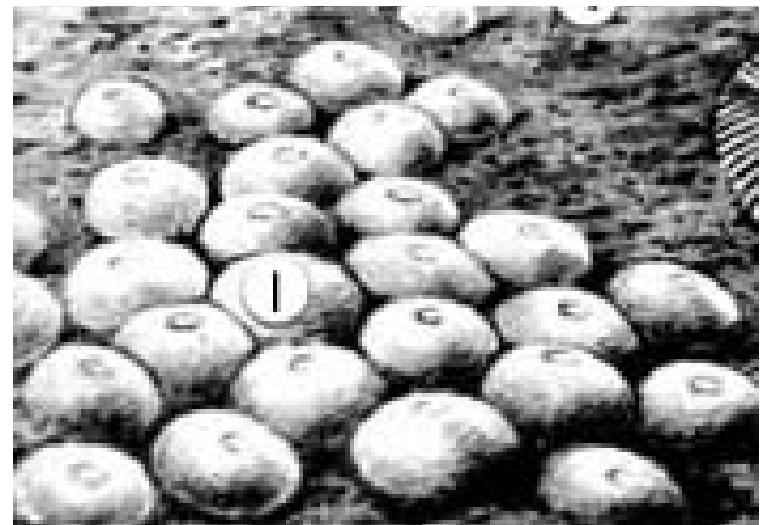
*Charnia*



*Tribrachidium*



*Nemiana*

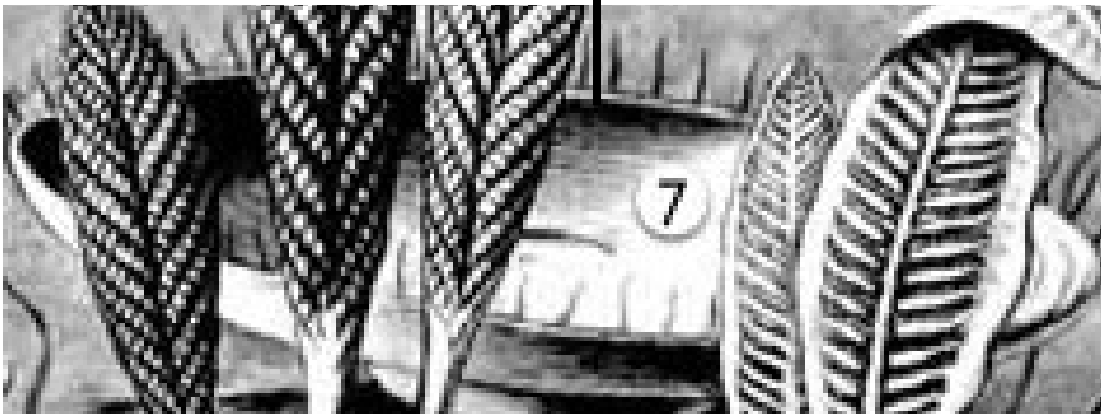




*Ediacaria*

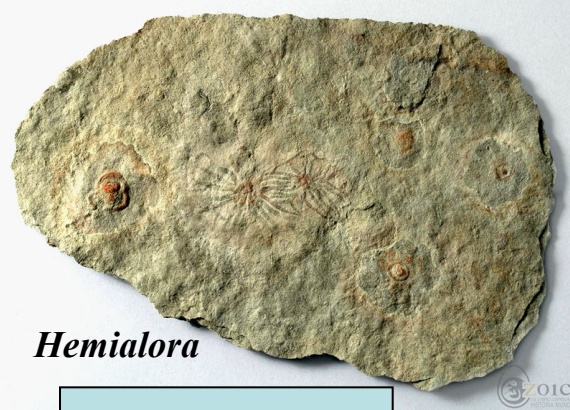


*Vendia*





*Cyclomedusa*



*Hemialora*



*Ediacaria*



*Spriggina*

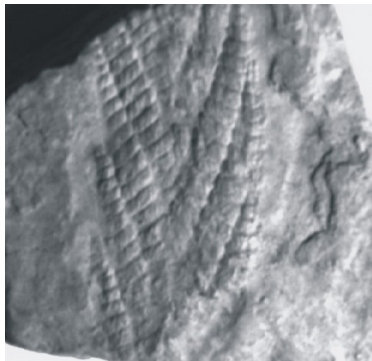
Fosílie dtto  
slajd s  
rekonstrukcemi



*Vendia*



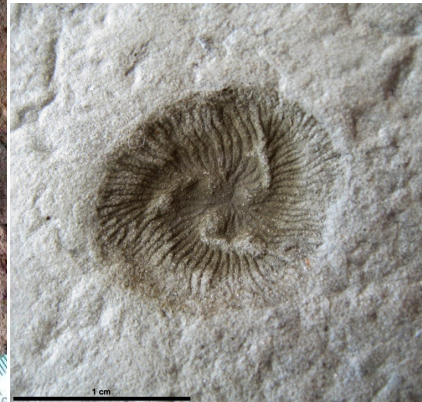
*Kimberella*



*Charnia*



*Dickinsonia*

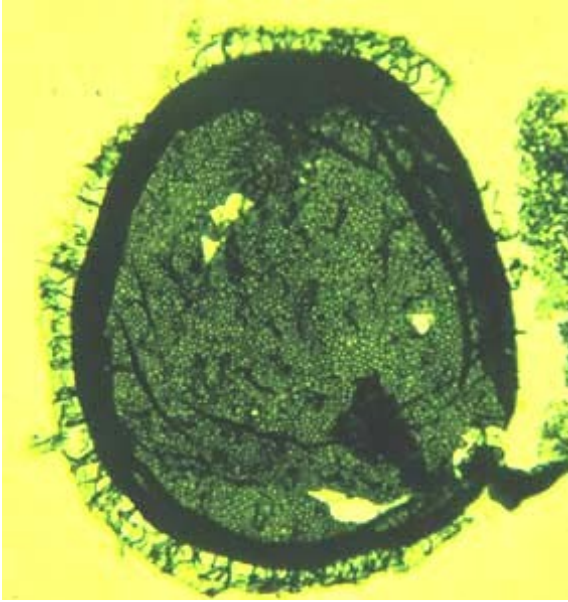


*Tribrachidium*

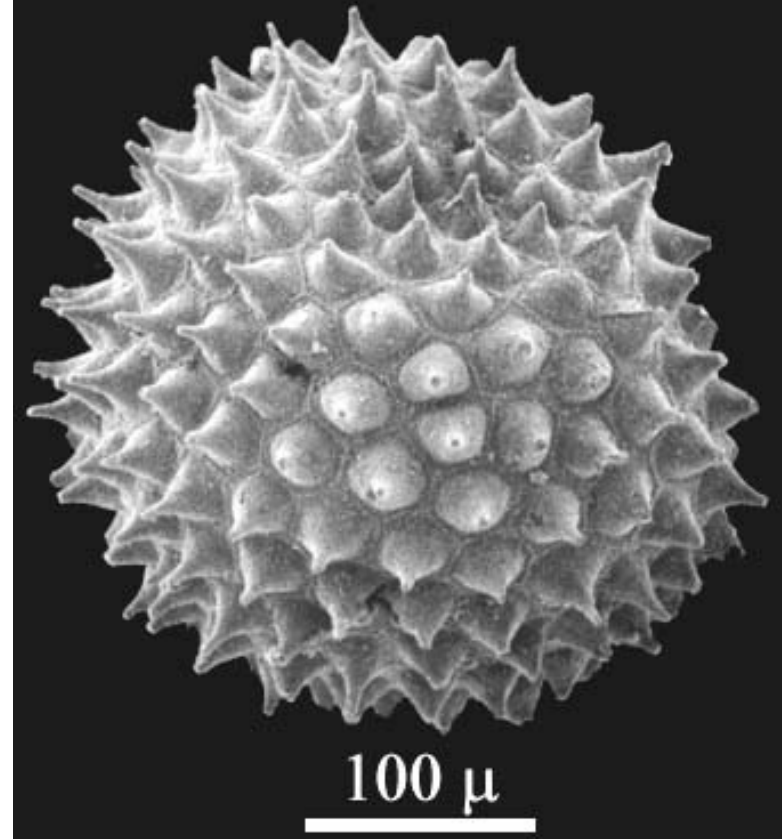


*Nemiana*

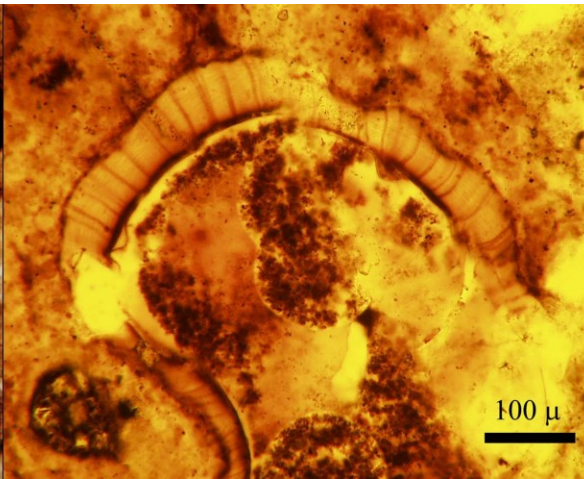
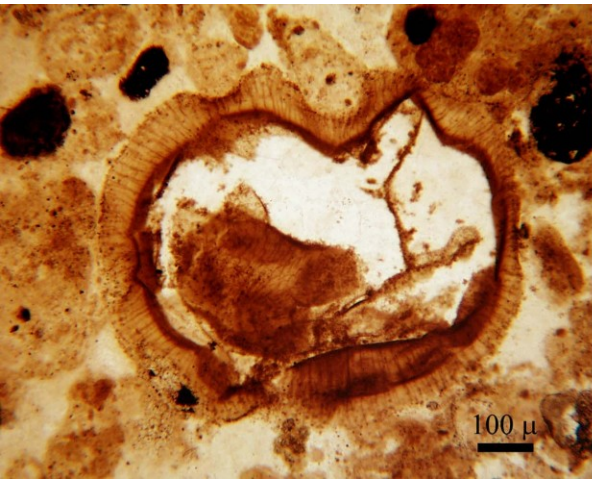
## Doushantuo Fm.



*Shuyosphaeridium* – Acritarcha  
(Doushantuo, Čína, neoprz.)



*Meghystrichosphaeridium* – Acritarcha, Doushantuo  
Čína, neoprz.



*Tianzhushania* – Akritarcha-řezy  
(Doushantuo, Čína, neoprz.)

**Výrazná ornamentace**

# 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)

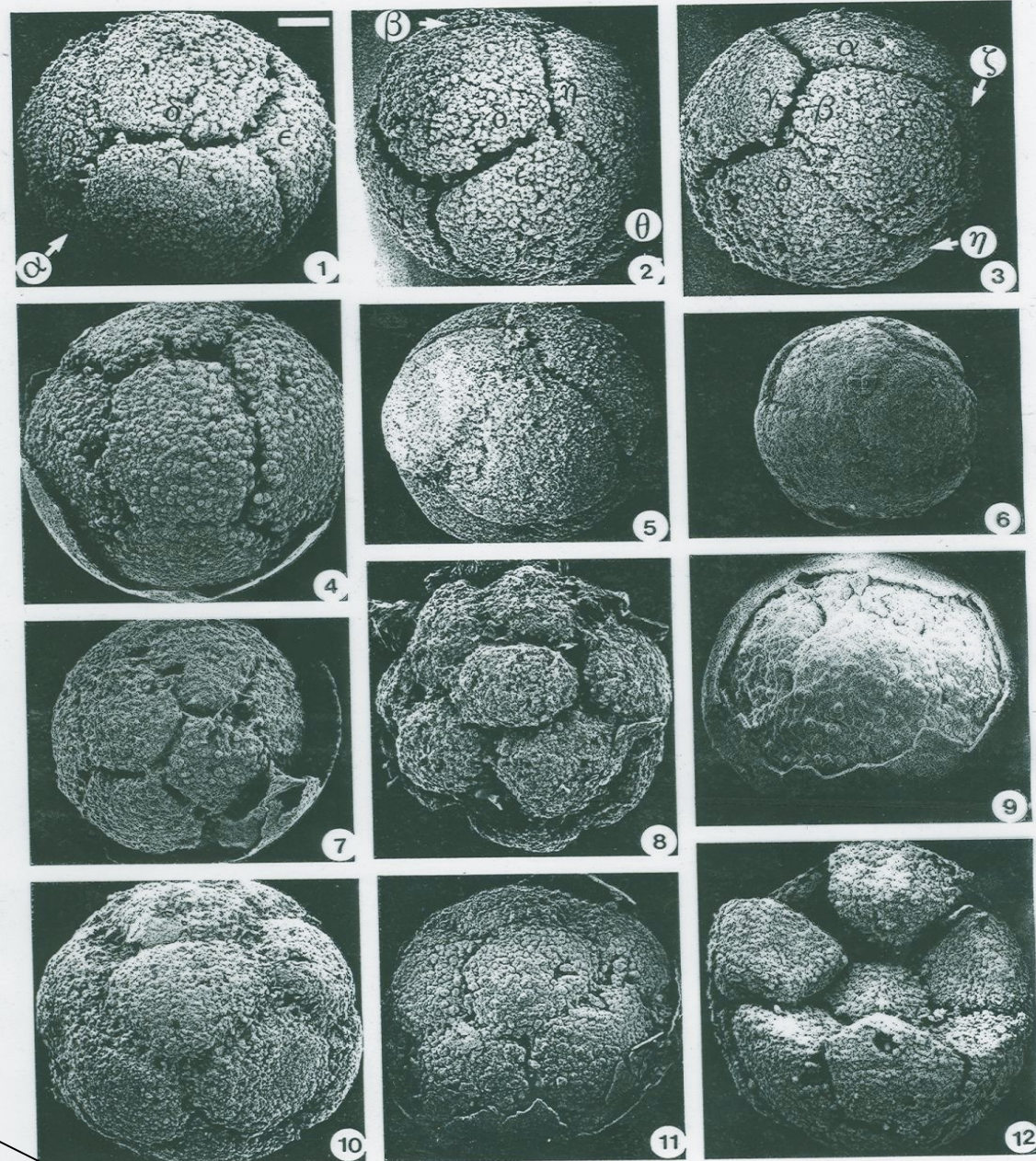
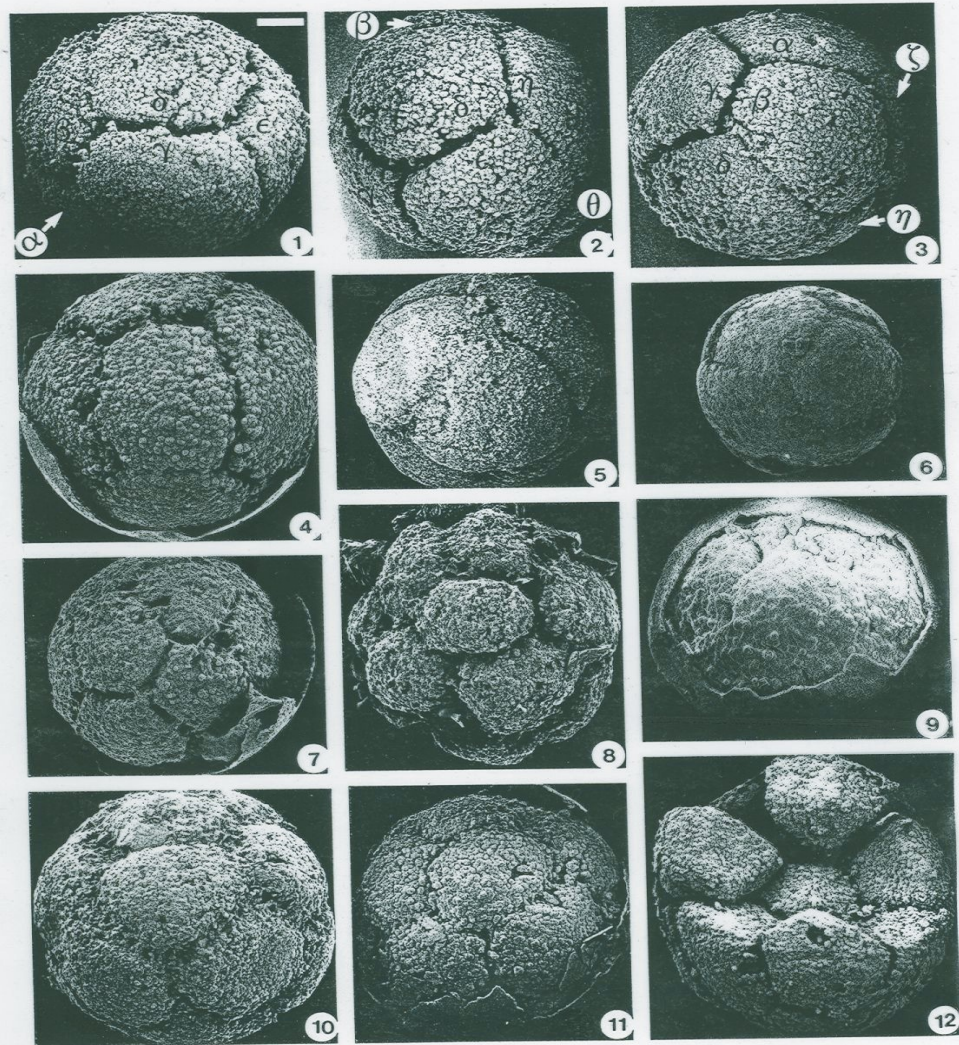


FIGURE 8—*Parapandorina raphospissa*. 1–6, Eight-cell stage; 7–12, later stages. 1–3, Different views of the same specimen,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ ,  $\theta$  identify the eight internal bodies. SRA-1, 410, 411, 412; 4, SRA-1, 258; 5, WJY-19E, 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  $\mu\text{m}$  for 11; 100  $\mu\text{m}$  all other pictures.

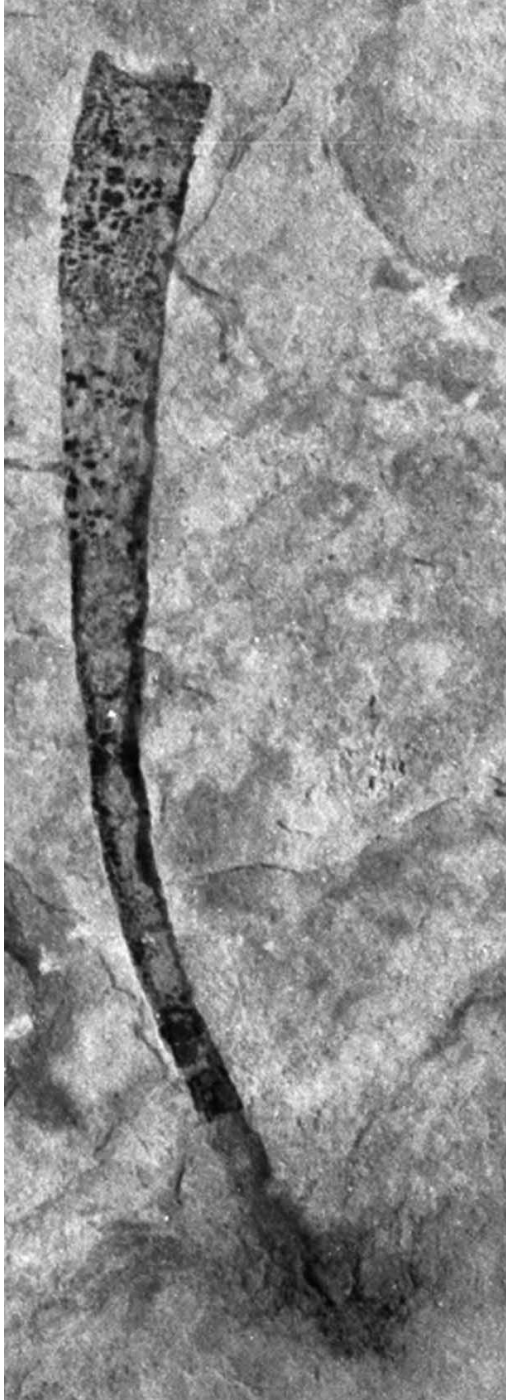




Unikátní fotografie zachycující jednotlivá stadia rýhování vajíček (embriony) mnohobuněčných organismů (ráz rýhování je blízký rýhování některých členovců) z lokality Doushantuo (jižní Čína), 570 Ma (nejvyšší proterozoikum).



FIGURE 8.—*Parapandorina raphospissa*. 1–6. Eight-cell stage; 7–12, later stages. 1–3. Different views of the same specimen.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ ,  $\theta$  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  $\mu$ m for 11; 100  $\mu$ m all other pictures.



*Paratetranychus* – mnohobuněčné řasy  
(Doushantuo, Čína, neoprz.)

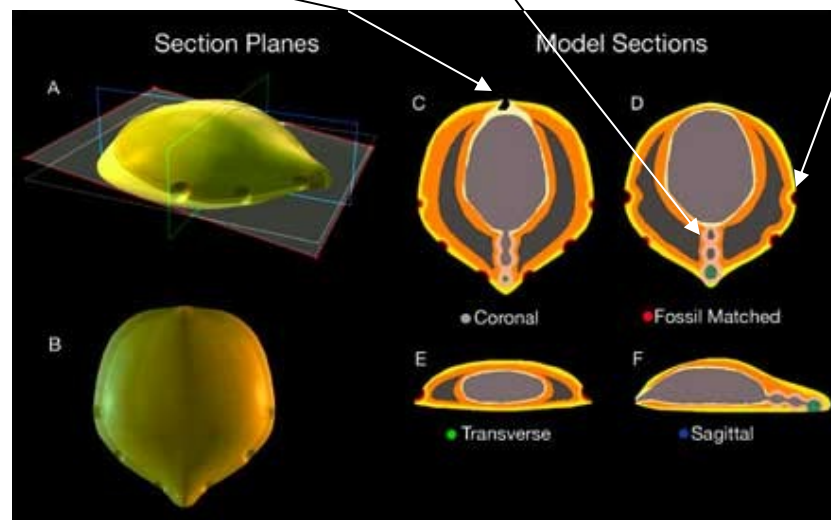
*Diaoyapolite* – řasa, 5 cm, Doushantuo, Čína, neoprz.

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

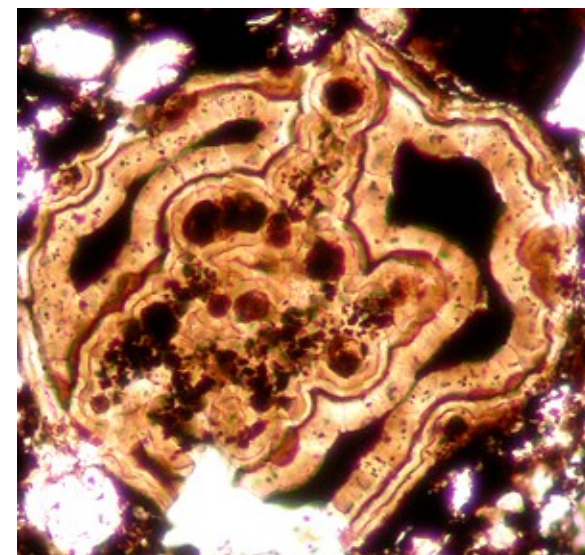
*Vernanimalcula guizhouena* - (Eucaryota, Eumetazoa, ??? Bilateralia), 0,1–0,2mm, mnohobuněčný, pohyblivý, bilaterální živočich, požírač mikrobů (3 zár. listy, coelom, ústa, rozlišený žaludek-střeva trakt, ? smyslové orgány ?)



modely

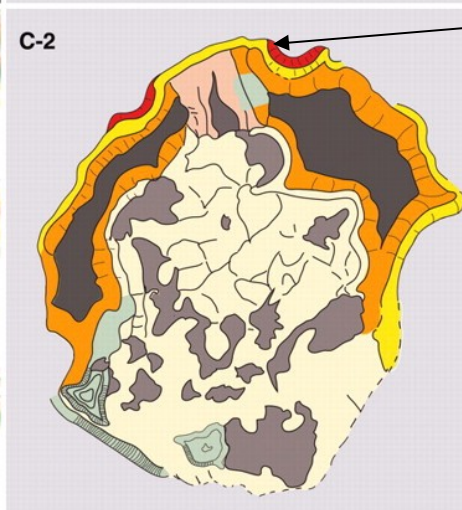
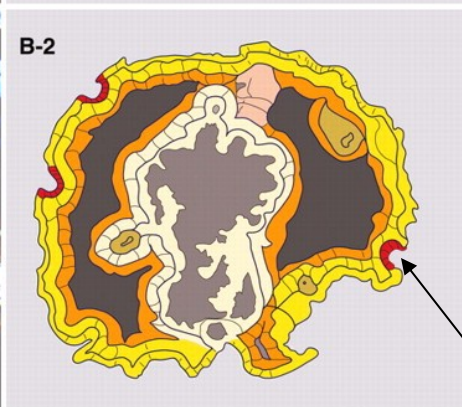
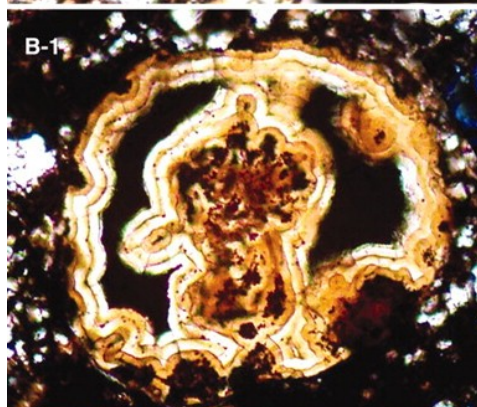
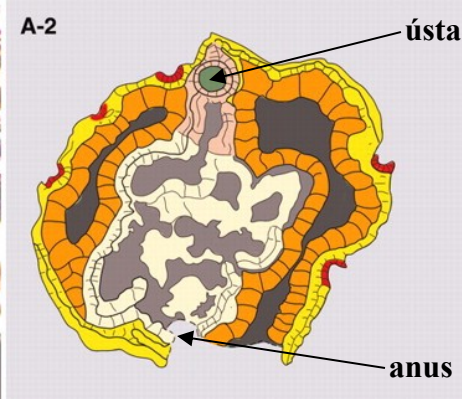


fosílie



řez fosílií

*Vernanimalcula gizhoueana*



řezy

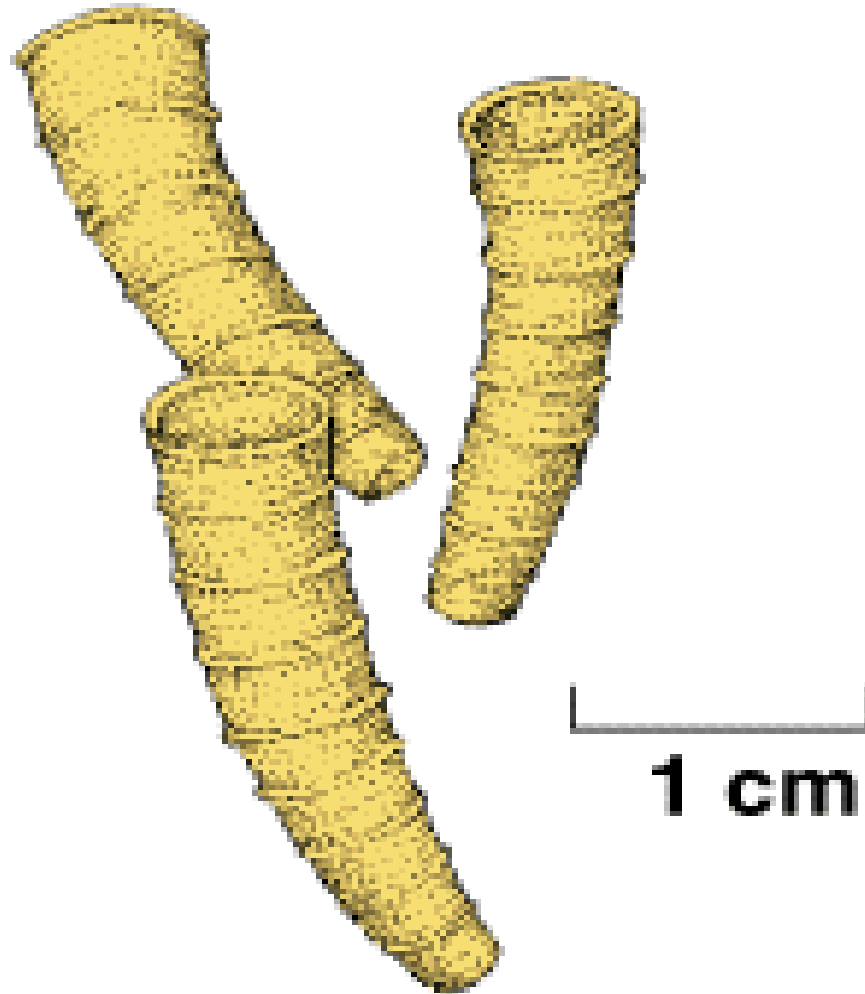
tkáně a orgány

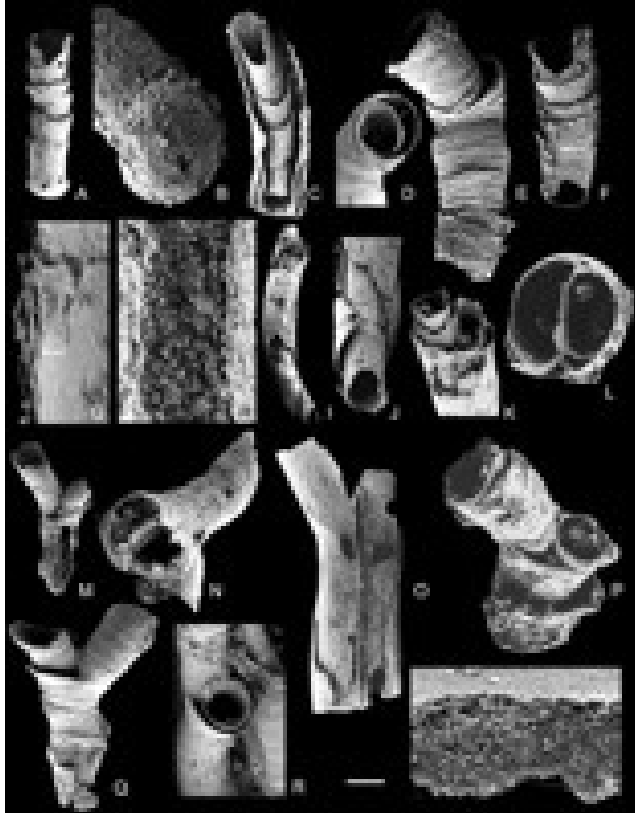
Pozor: jiná interpretace:

...taphonomic  
artefact  
generated by  
phosphate  
growth within a  
spherical object  
such as an  
acritarch, .....

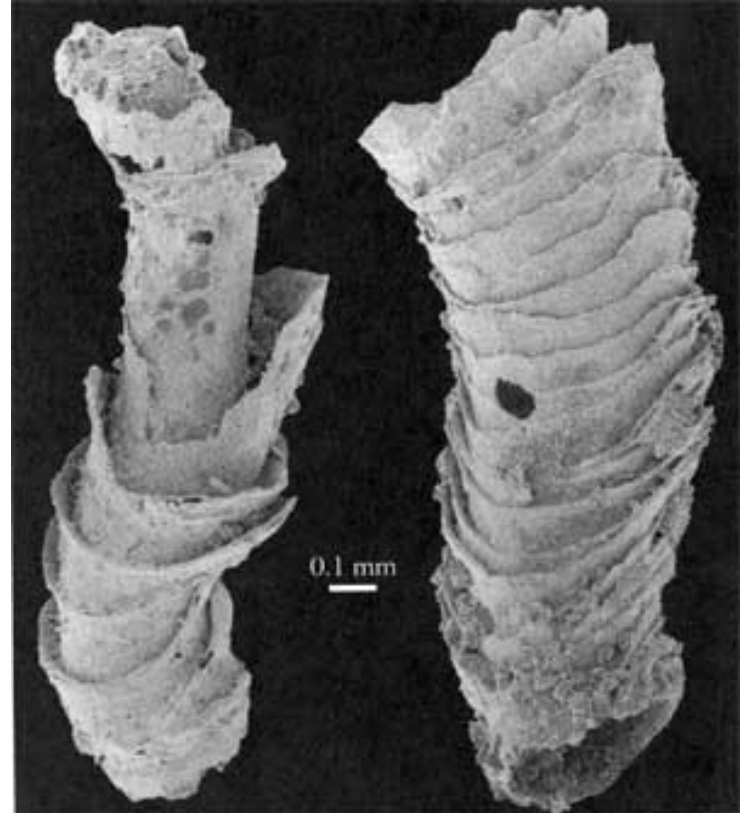
# *Cloudina* - ~ 600 Ma

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





*Cloudina* - fosílie



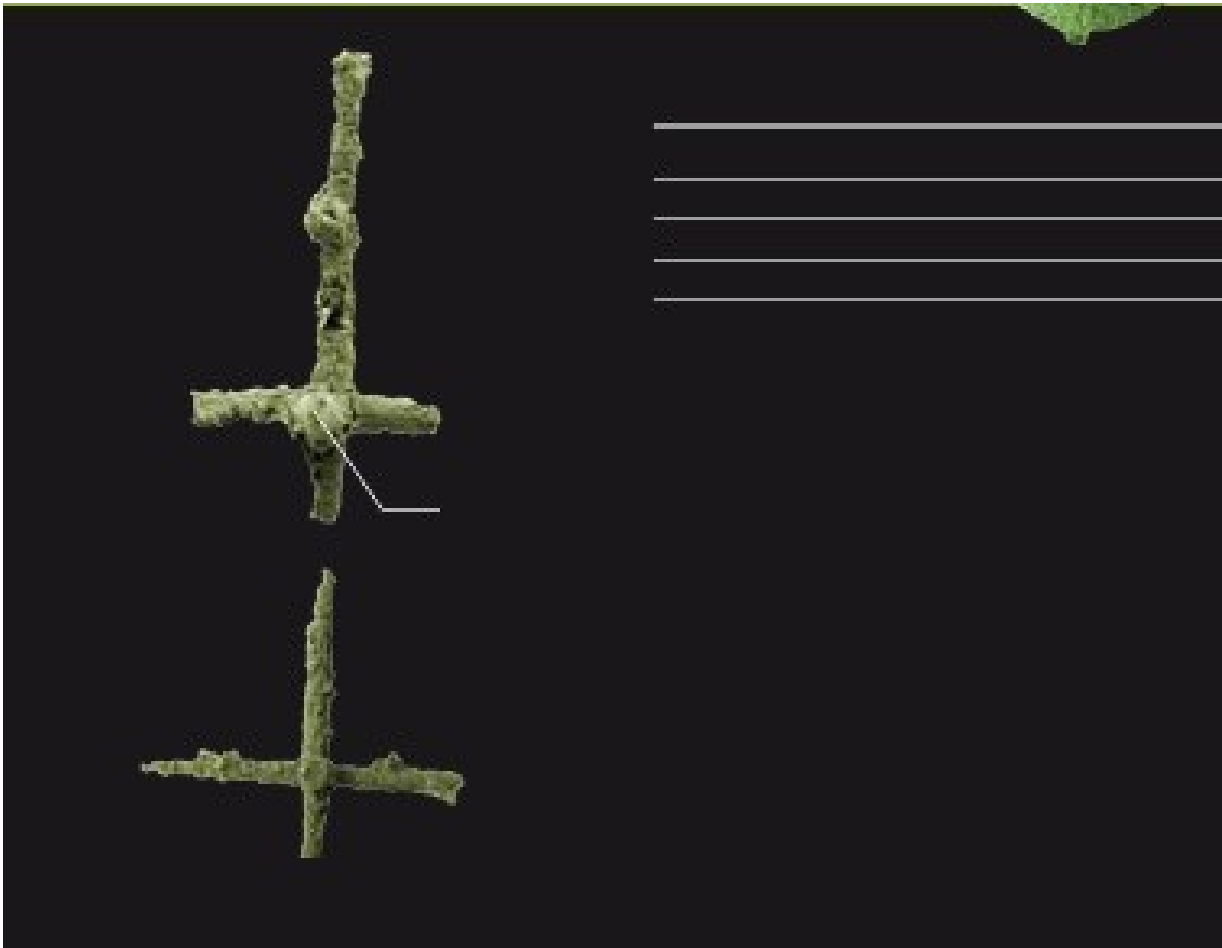
Dengying  
(J. Čína)



Namibie  
(Jz. Afrika)  
Skupina Nama  
(549-543Ma)

**Větvící se tubulární fosílie s horizontálními strukturami (dna ??), považovaná za časná tabulata, Doushantuo, Čína, neoprz.**





**Ediakar, Porifera, jehlice hub**



Anhui Province, South China, Lantian Formation, Ediacar,



cca stejná strat. pozice jako Doushantuo Fm.

vysoká diverzita, bentos, zachování in situ, makroskopická eukaryota, časný ediacar, krátce po marinoanském zalednění, kyslíkaté prostředí

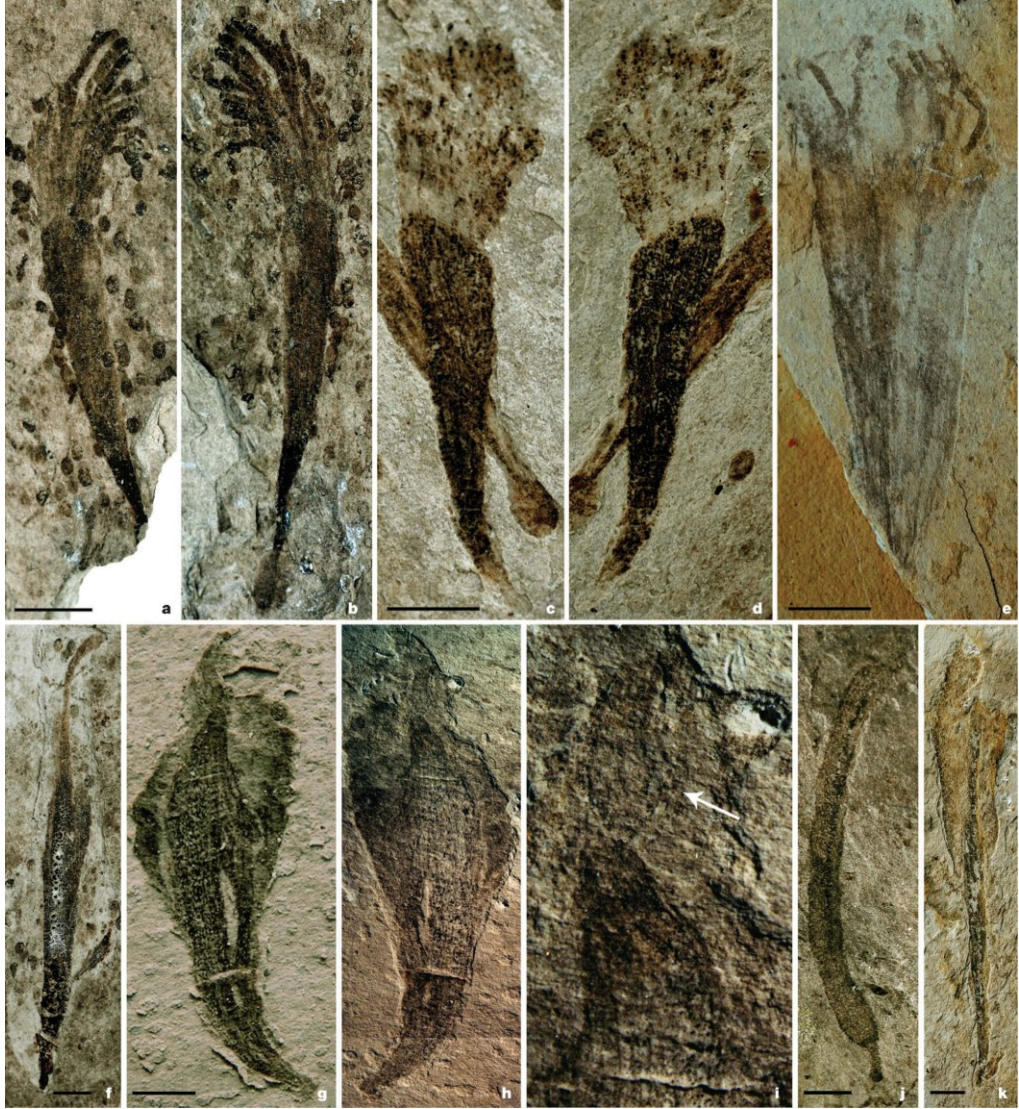


Figure 3 | Photomicrographs of new Lantian forms with uncertain phylogenetic affinities. a–e, f, g–i, j and k represent Type A, B, C, D and E, respectively. a, b, Part and counterpart. Note abundant Chuaria circularis fossils (circular carbonaceous impressions, 1mm in diameter) in background. c, d, Part and counterpart. Scale bar, 3mm. e, Incompletely preserved specimen. f, Specimen similar to a–e, but with a crown consisting of a single ribbon. g–i, Part, counterpart and magnification of upper part showing a conical pyramid that supports a cluster of filaments (arrow in i). j, Specimen with a holdfast, a stalk, a cylindrical tube and an axial trace. Scale bar, 2mm. k, Specimen similar to j in having stalk and axial structure, but with a longer stalk and a broader structure surrounding axial trace. Scale bars, 5mm unless



Figure 2 | Photomicrographs of Lantian macrofossils of probably algal affinities. a, *Doushantuophyton cometa*. b, *Huangshanophyton fluticulosum*. c, *Anhuiphyton lineatum*. d, *Flabellophyton lantianensis* with fan-shaped thallus. e and f, *Flabellophyton strigata* with fan-shaped thallus and transverse bands. g–i, *Flabellophyton* sp. with fan-shaped or conical thallus. j, *Orbisiana* sp. Scale bars, 1 cm in b and h, 5mm in all others.

Nama – J. Afrika

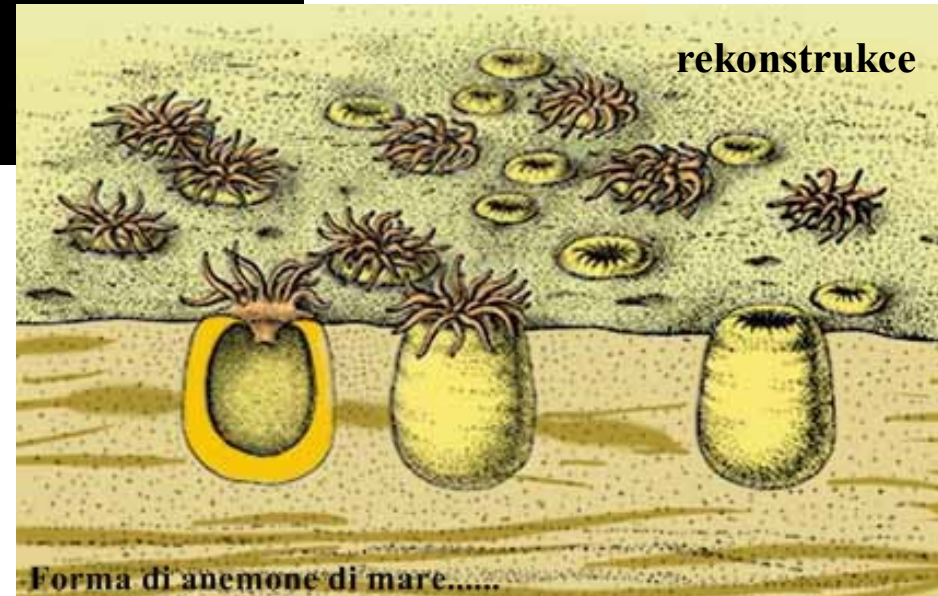
Nástup žahavců - korálnatců



fosílie

Property of the Namibian geological Survey Museum  
in Windhoek, Namibia

*Nemiana simplex* (sk. Nama, Jz. Afrika  
~565 Ma)



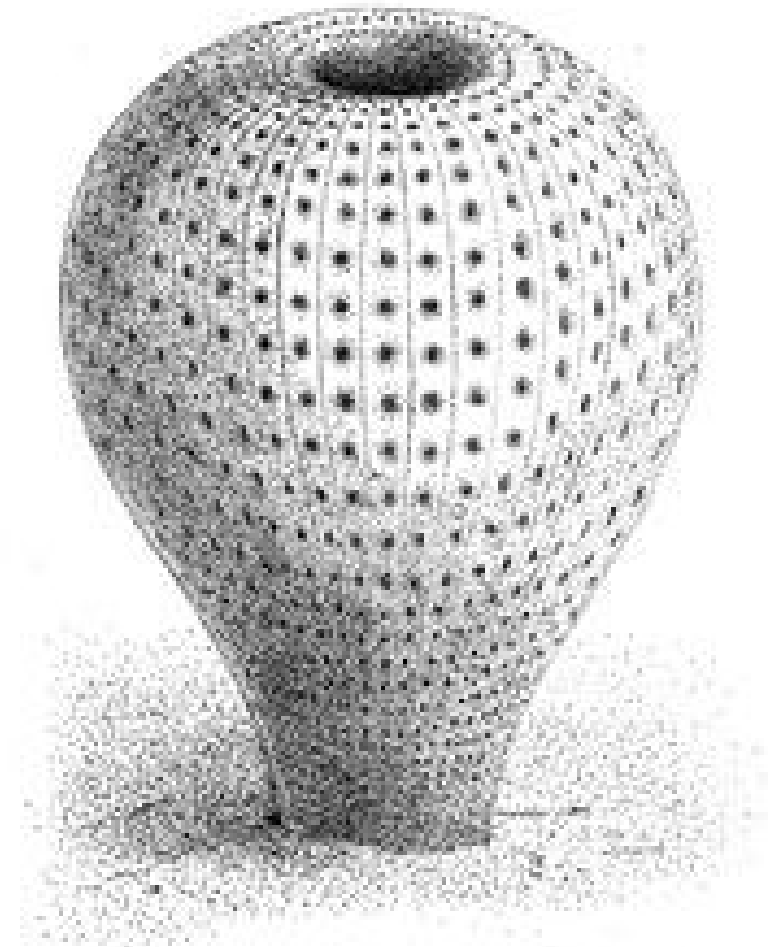
rekonstrukce

Forma di anemone di mare.....

*Ausia fenestrata* (?Vendozoa, ? Urochordata, ?Porifera)



Property of the Namibian  
geological Survey Museum  
in Windhoek, Namibia



rekonstrukce

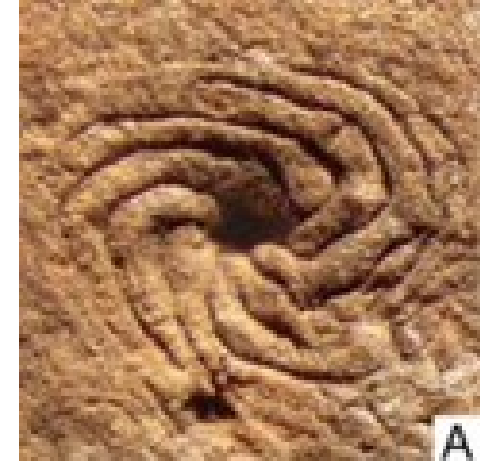
Fosílie (sk. Nama, Jz. Afrika, ~549Ma)



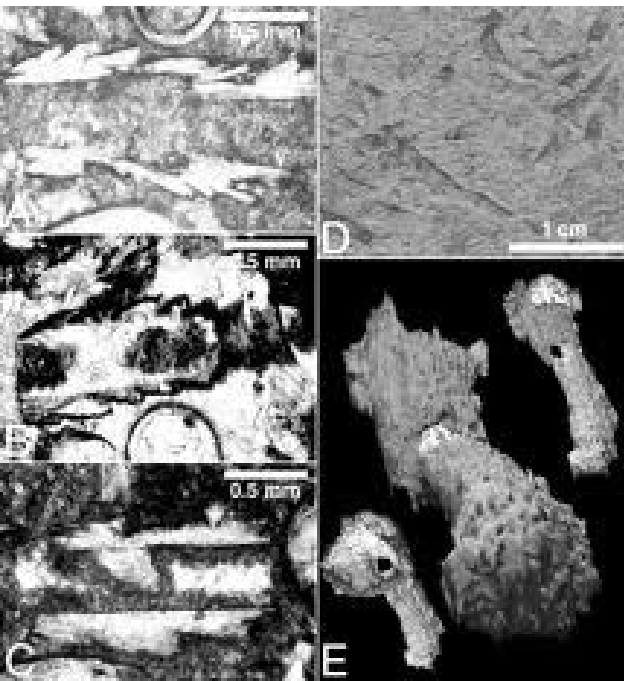
**Pozn: Loren Babcock (Ohio State Univ., 2008) ohásil nález stopy (? Arthropoda) v ediakaru (~570 Ma) – drobné důlky jako stopy po kráčení cca stonožkovitého tvora**



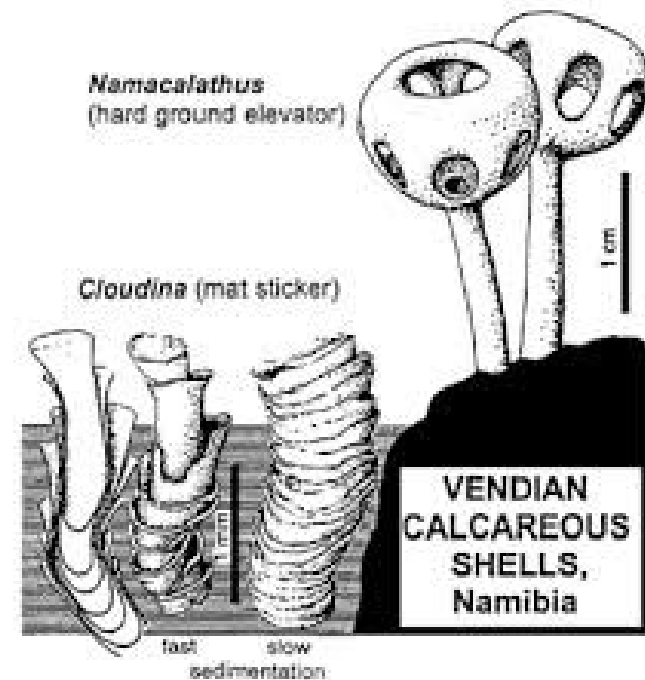
*Namapoikia riotoogensis*  
549 Ma, ?Porifera, ?Cnidaria  
Namibie

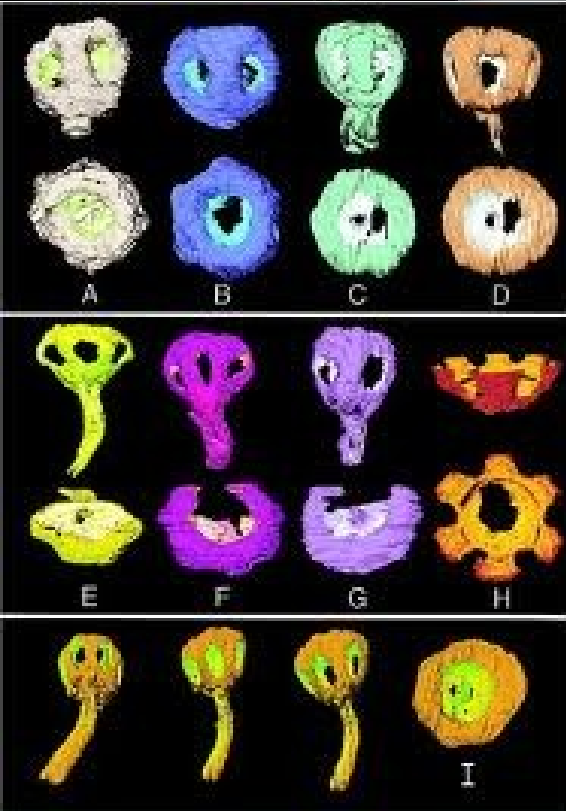


*Eoandromeda*, Ediacar  
Čína a Namibie



*Namacalathus*, 550-542 Ma,  
(Grobizinger et al. 2000)





*Namacalathus hermanastes*, rekonstrukce

## **Souhrn o životě v prz:**

**1) Ukazuje se, že po diversifikaci života v pozdním paleoprz. následoval graduální rozvoj až do neoprz. a nic nenasvědčuje tomu, že by tzv. snow-ball earth v cryogenianu ovlivnil tento postup.**

**2) Animalia začínají evolvovat v cryogenianu (Porifera) - některé výsledky pro nástup Metazoi ukazují časnější start (viz např. korálovitá *Horodyskia*, calymnian - 150Ma, S. Amerika, Austrálie, nejasnosti v syst. zařazení). Kooperativní mnohobuněčnost se vyvíjela nejméně v šesti eukaryontních skupinách (červené řasy, zelené řasy, 2-3 skupiny chromistů, houby, metazoa).**

**3) V ediakaru pak lze rozlišit dvě (tři) nová společenstva:**

**- avalonská společenstva,**

**- ediakarské formy následované přechodnými metazoi typu Doushantuo.**

**Tento typ obsahuje i moderní řady červených řas. Mnohá akritarcha tohoto období nesou pravidelné výrůstky a povrchovou ornamentaci.**

**4) Překvapivé je, že je dosud známo jen tak málo vymřelých eukaryontních kladů.**



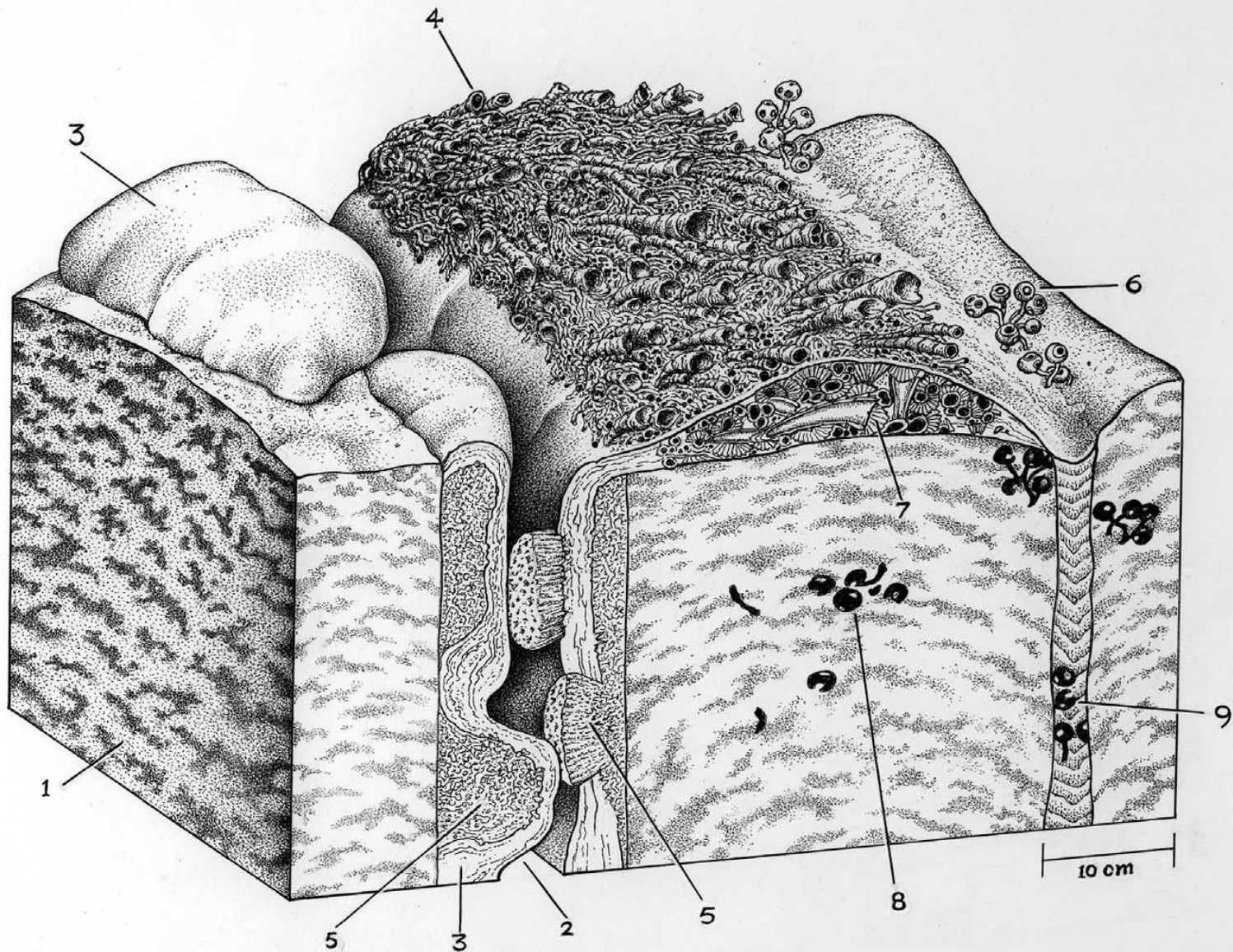


Fig. 2. Reconstruction of a late Ediacaran reef. 1, Thrombolite; 2, Neptunian dyke; 3, stromatolite; 4, Cloudina; 5, Namapoikia; 6, Namacalathus; 7, cement botryoids; 8, trapped Namacalathus; 9, sediment. [Image copyright: J. Sibbick]

## Recentní trombolity, Austrálie, Lake Clifton



Nedokonalá vrstevnatost

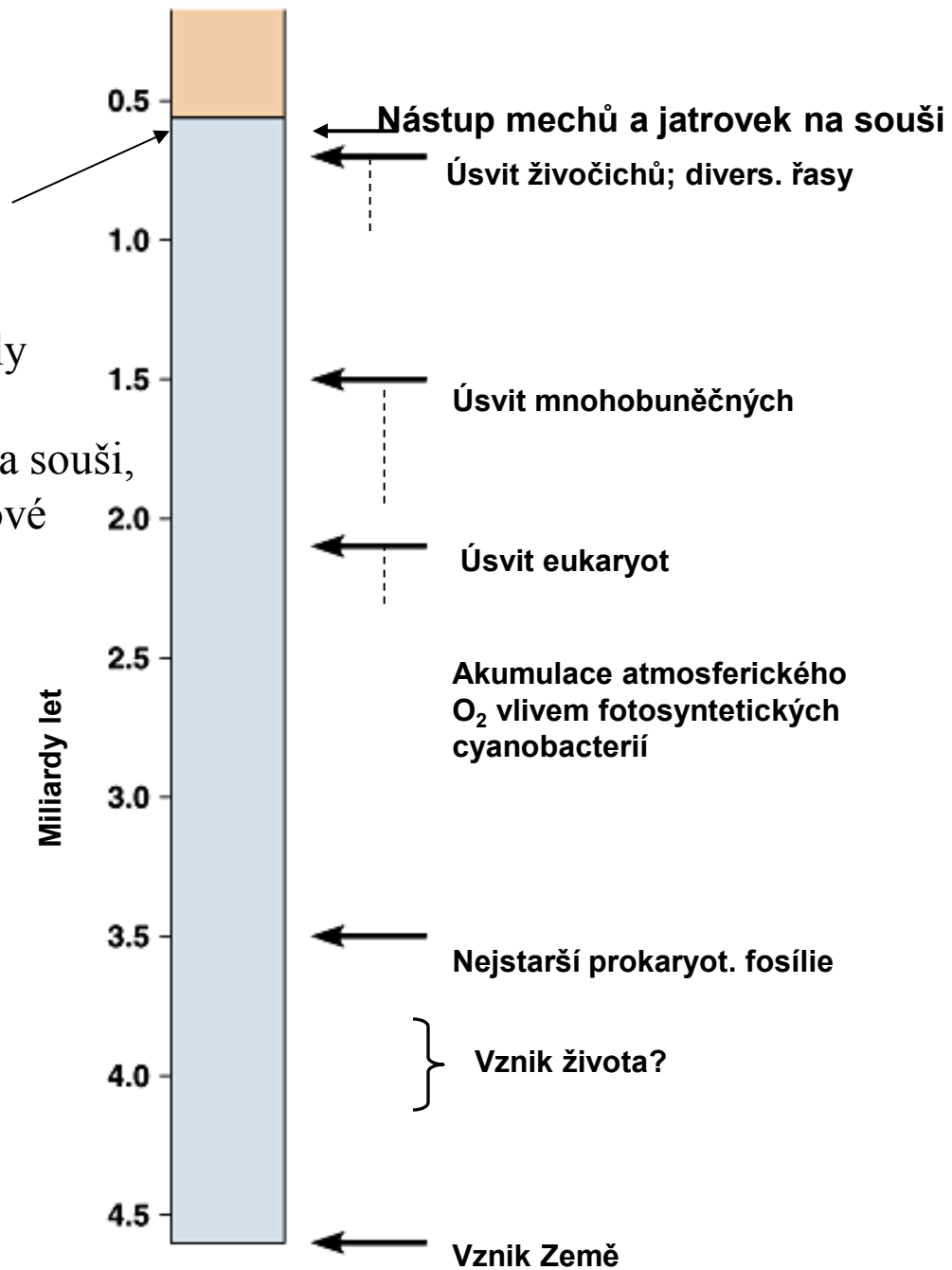
**Thrombolites** are ancient forms of microbial communities that [photosynthesize](#). They are clotted accretionary [structures](#) formed in shallow water by the trapping, binding, and cementation of sedimentary grains by [biofilms](#) of [microorganisms](#), especially [cyanobacteria](#). They are now only found in a few places in the world. [Stromatolites](#) are similar but consist of layered accretions. Hundreds of millions of years ago the ancestors of thrombolites and stromatolites produced the oxygen in the atmosphere that is required for life as we know it.

# Geologický záznam prekambria ukazuje, že

- - náš život je nejspíše čistě zemského původu
- - první známky života se objevují od ~ 3.8 Ga
- - první mikrofosílie od 3.5 Ga
- - první horniny spojené s životní činností organizmů od 3.5 Ga
- - ekosystém na bázi kyslíku a eukaryota od ~ 2.3 Ga
- - rozvoj mnohobuněčných s pevnou kostrou, ~ 600 Ma
- - Země prodělávala silné biotické krize již v prekambriu  
(např. vymizení 70% akritarch ve sv. prekambriu))

# Přehled bioeventů v prekambriu

Izotopy O18 a C13 vápenců cca 800-600 Ma starých ukazují na dešťové vody, které spláchly zbytky rostlinného původu => existence velkých ekosystémů této vegetace na souši, která dostačovala k vytvoření výrazné izotopové stopy. Toto zjištění upozorňuje i na to, že sturtské zalednění nemohlo být tak globální a intenzivní, aby neumožnilo vegetaci v oblastech ledovci nepokrytých.



## **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 O<sub>2</sub> 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 O<sub>2</sub>** v atmosféře i relativně hlubokých vodách (měřeno na Novém Founlandu). Zde poté nastupuje avalonská a ediakarská biota (**Ediacarian**). Prudký vzrůst O<sub>2</sub> viz výše.  
Názory (Knoll 2006): nástup hub a lišejníků na souši + zvětrávání + orogeneze

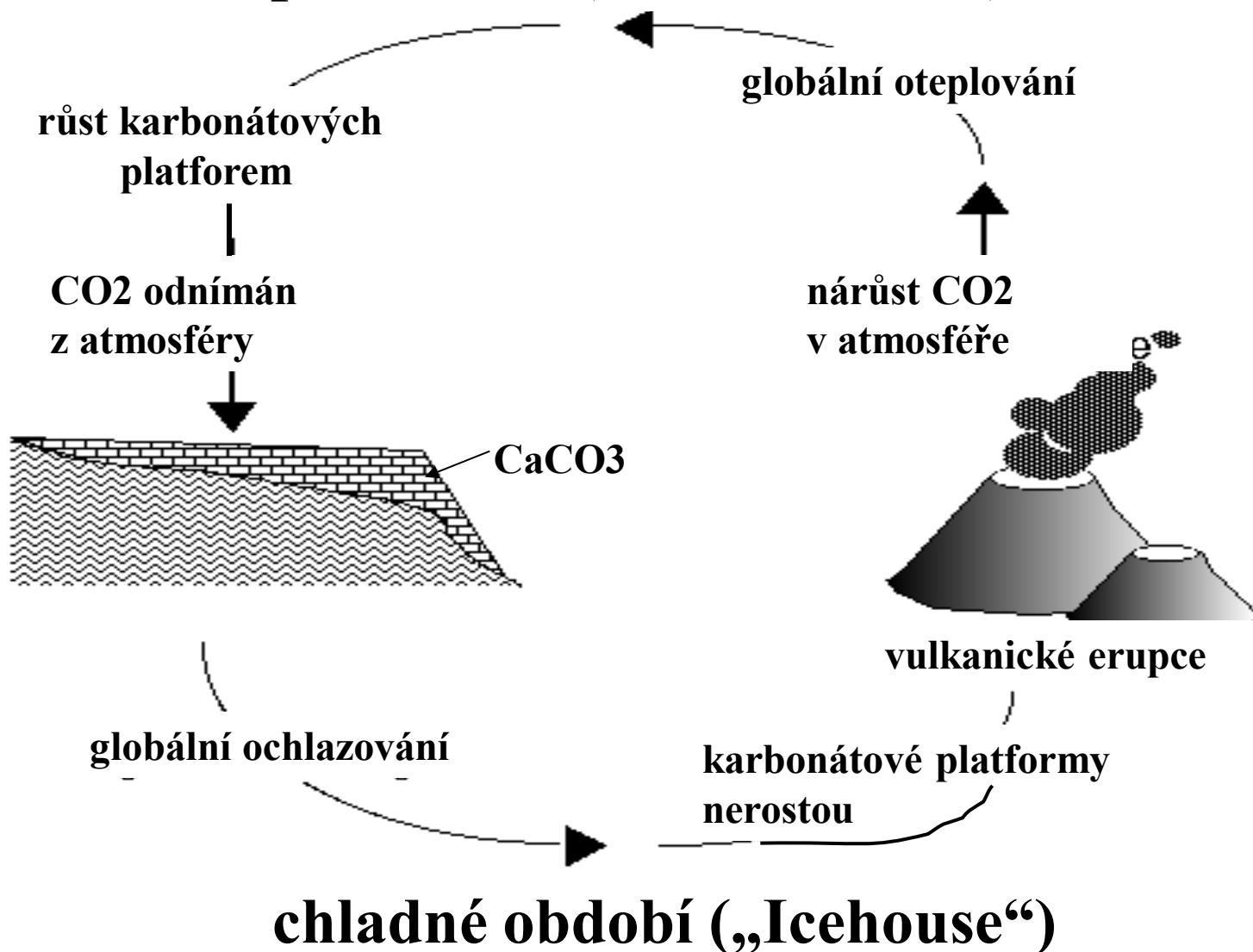
## Role CO<sub>2</sub>

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 CO<sub>2</sub> jako základního zdroje. Zatímco organické látky produkované fotosyntézou jsou poté rychle reoxidovány a uvolňují (vracejí) CO<sub>2</sub> zpátky do atmosféry, karbonáty jsou ukládány jako sedimentární horniny podporující CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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“)



# chladné období („Icehouse“)

tvorba kontinentálních ledovců

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 kontinentů, 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.**
  - ⇒⇒⇒ **Hranice Prz/Cm = zemské faktory**



## 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 Extinctions 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)