

# Vznik života



Rostislav Brzobohatý

# **Země – unikátní planeta – jediná zatím známá planeta s životem**

**(v jejím geologickém záznamu je zachováno svědectví  
o životě a jeho proměnlivosti během cca 4 miliard let)**



# Život jako problém

- - osobní (subjektivní)
- - vědecký- filosofický
  - přírodovědný (jedna z nejobtížnějších vědeckých otázek), v následujícím je podán pohled současné geologie a biologie

**Pozn.:**

- **Problém definice**

- **Znaky života - metabolismus, replikace (paměťový systém), autoorganizace (zvyšování komplexity a integrity)**

# Názory na vznik života

- kreace:
  - jednorázová
  - neukončená
  - inteligentní dizajner
- panspermie
- abiogeneze (z neživého vzniká živé evoluční cestou):
  - exogeneze (mimo Zemi)
  - náš život má původ na Zemi

# Současné přírodovědné modely vztahující se ke vzniku života na Zemi

- pokoušejí se odpovědět na otázky



KDY

JAK

KDE

**KDY**

# 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

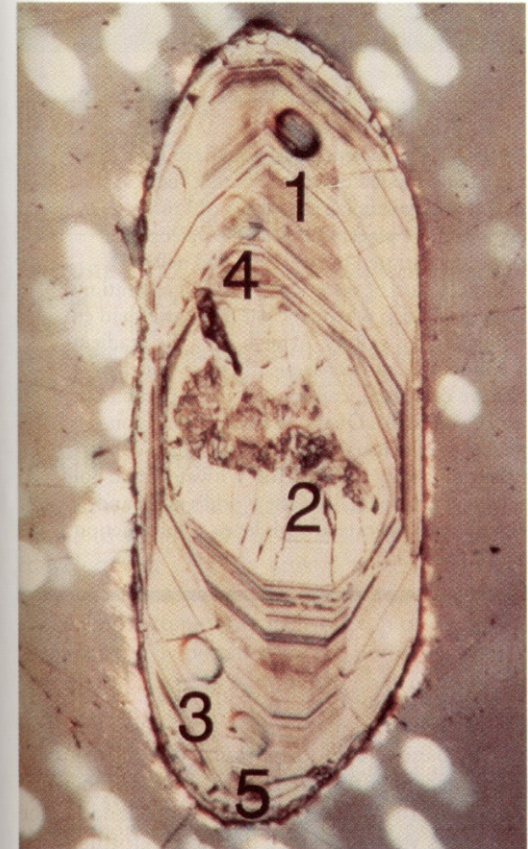
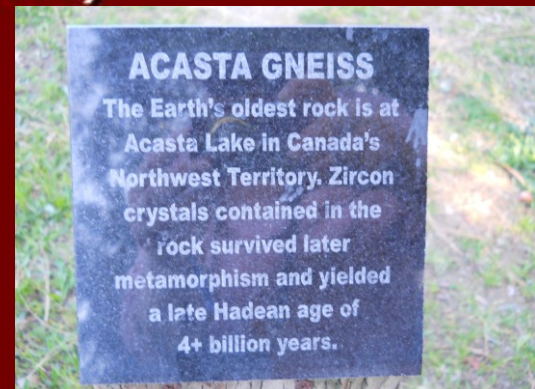


FIGURE 6–18 Photomicrograph of one of the 3.96-billion-year-old zircon grains extracted from the Acasta Gneiss, Slave province, Northwest Territories of Canada. The grain is 0.5 mm long. Its polished surface has been etched with acid to highlight crystal growth zones. Numbers refer to points selected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



## Acasta gneiss, northern Canada

- known as the Acasta gneiss complex
- dated at the Hadean Eon (4.0 billion years old)
- part of the Canadian Slave craton



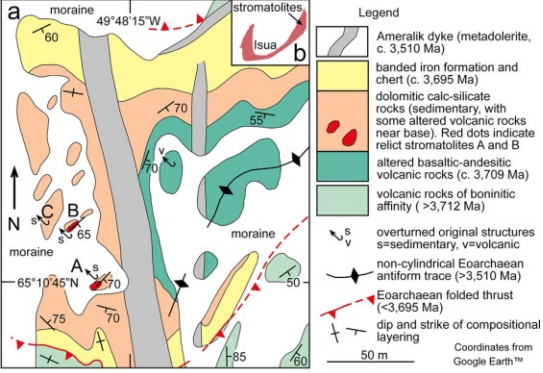


# Gneiss



**The oldest known rock lies in Canada.  
The Acasta gneiss, a metamorphic rock,  
is 3.96 billion years old.**

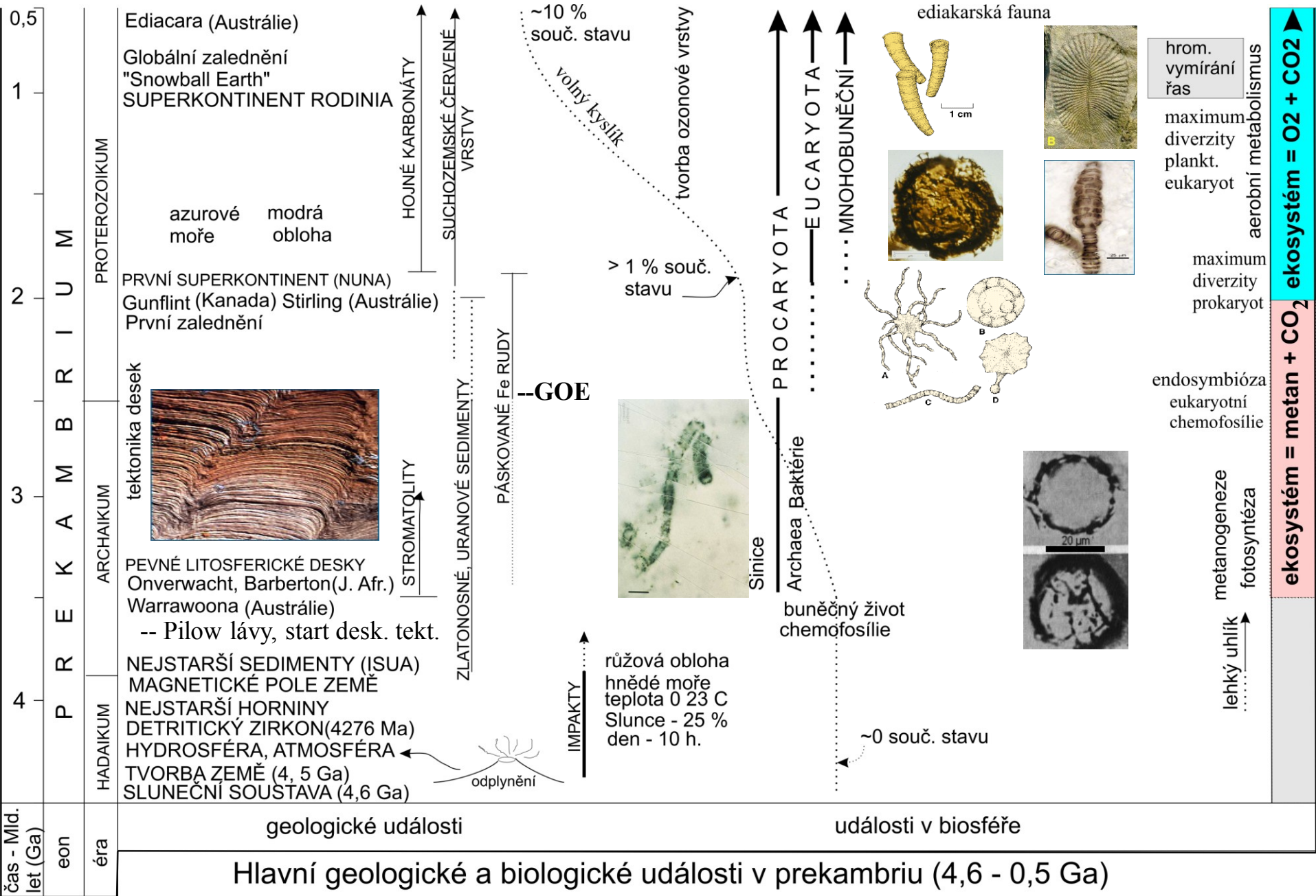
**Metasedimentary rocks from Isua, West Greenland (over 3,700 million years old) contain  $^{13}\text{C}$ -depleted carbonaceous compounds, with isotopic ratios that are compatible with a biogenic origin<sup>1–3</sup>. Metamorphic garnet crystals in these rocks contain trails of carbonaceous inclusions that are contiguous with carbon-rich sedimentary beds in the host rock, where carbon is fully graphitized. Previous studies<sup>4,5</sup> have not been able to document other elements of life (mainly hydrogen, oxygen, nitrogen and phosphorus) structurally bound to this carbonaceous material. Here we study carbonaceous inclusions armoured within garnet porphyroblasts, by *in situ* infrared absorption on approximately 10–21  $\mu\text{m}^3$  domains within these inclusions. We show that the absorption spectra are consistent with carbon bonded to nitrogen and oxygen, and probably also to phosphate. The levels of C–H or O–H bonds were found to be low. These results are consistent with biogenic organic material isolated for billions of years and thermally matured at temperatures of around 500 °C. They therefore provide spatial characterization for potentially the oldest biogenic carbon relics in Earth’s geological record. The preservation of Eoarchean organic residues within sedimentary material corroborates earlier claims<sup>2,6</sup> for the biogenic origins of carbon in Isua metasediments.**

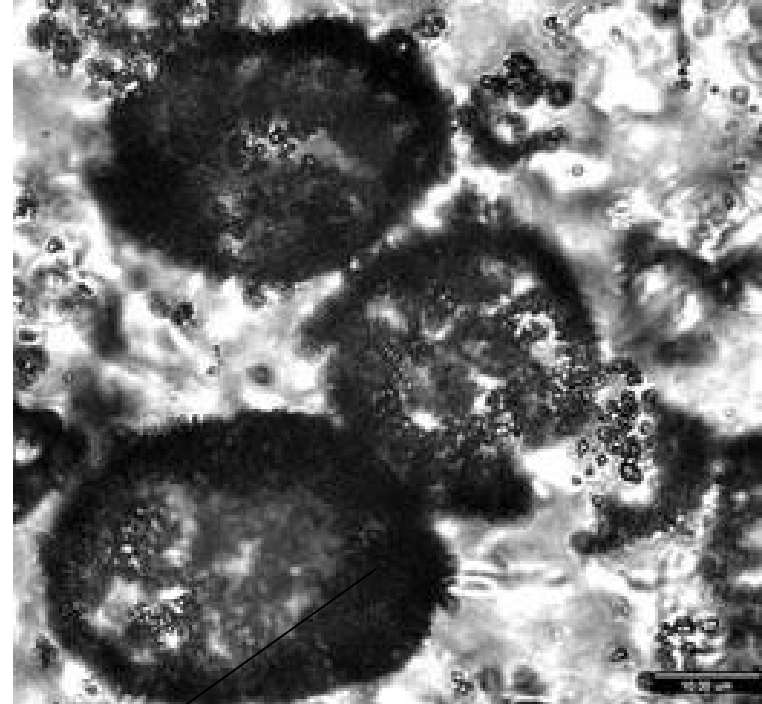
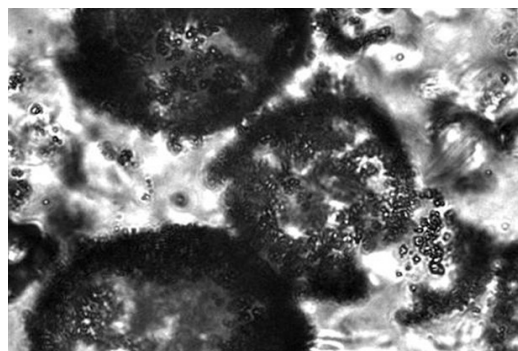
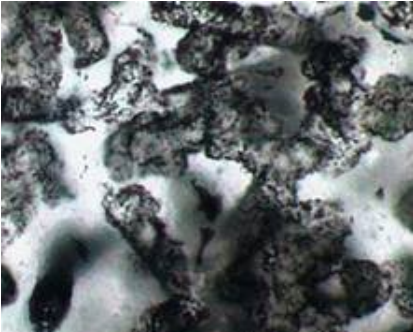


3,7 Ga



**Biological activity is a major factor in Earth's chemical cycles, including facilitating CO<sub>2</sub> sequestration and providing climate feedbacks. Thus a key question in Earth's evolution is when did life arise and impact hydrosphere–atmosphere–lithosphere chemical cycles? Until now, evidence for the oldest life on Earth focused on debated stable isotopic signatures of 3,800–3,700 million year (Myr)-old metamorphosed sedimentary rocks and minerals<sup>1, 2</sup> from the Isua supracrustal belt (ISB), southwest Greenland<sup>3</sup>. Here we report evidence for ancient life from a newly exposed outcrop of 3,700-Myr-old metacarbonate rocks in the ISB that contain 1–4-cm-high stromatolites—macroscopically layered structures produced by microbial communities. The ISB stromatolites grew in a shallow marine environment, as indicated by seawater-like rare-earth element plus yttrium trace element signatures of the metacarbonates, and by interlayered detrital sedimentary rocks with cross-lamination and storm-wave generated breccias. The ISB stromatolites predate by 220 Myr the previous most convincing and generally accepted multidisciplinary evidence for oldest life remains in the 3,480-Myr-old Dresser Formation of the Pilbara Craton, Australia<sup>4, 5</sup>. The presence of the ISB stromatolites demonstrates the establishment of shallow marine carbonate production with biotic CO<sub>2</sub> sequestration by 3,700 million years ago (Ma), near the start of Earth's sedimentary record. A sophistication of life by 3,700 Ma is in accord with genetic molecular clock studies placing life's origin in the Hadean eon (>4,000 Ma)<sup>6</sup>.**





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



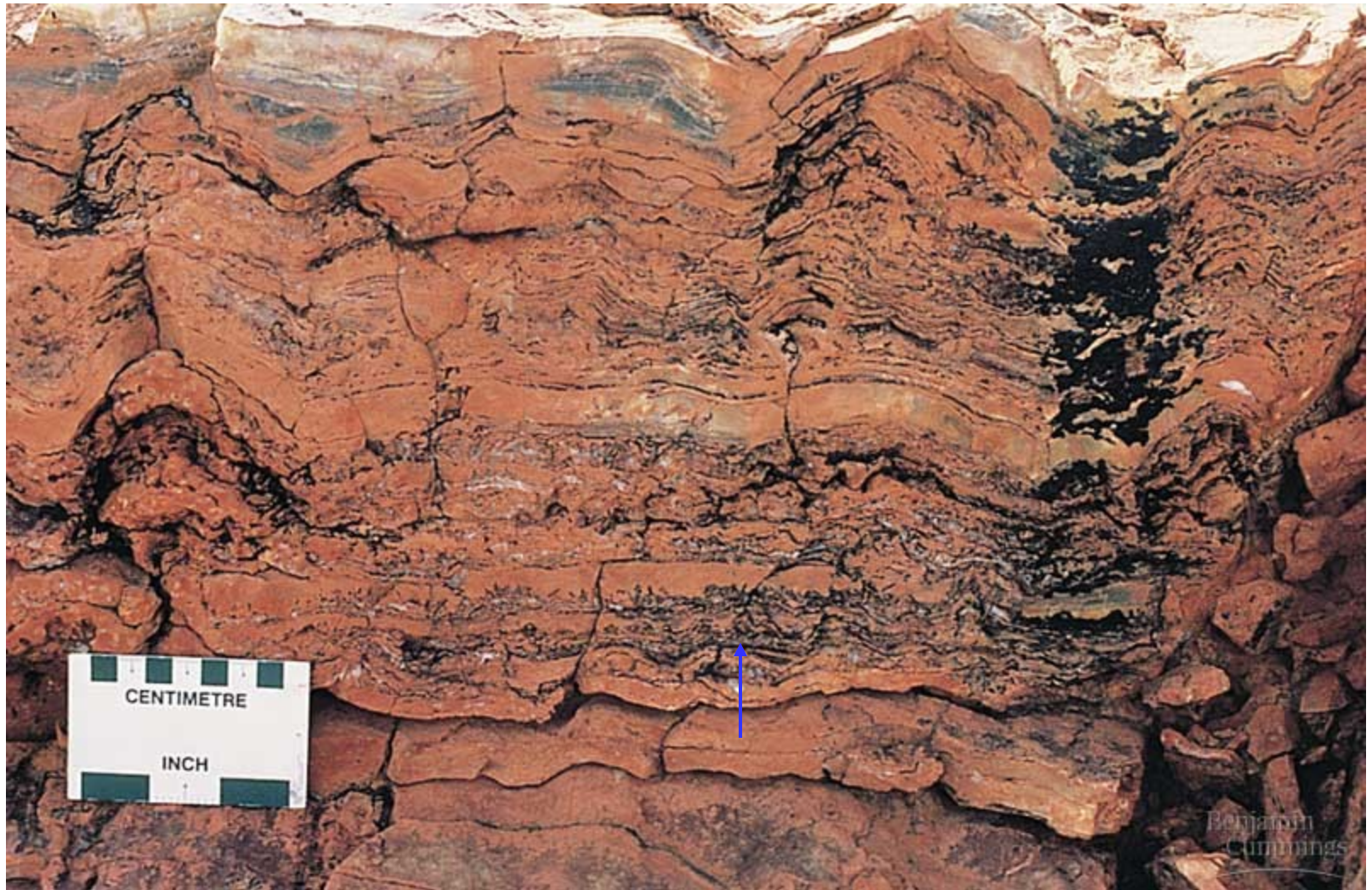
Mají uhlíkaté stěny, navíc obohacené dusíkem a zároveň je doprovázejí mikrokrystaly pyritu, které by mohly být odpadem jejich metabolismu, pokud by byl založený na síře, jak se autoři domnívají.



Strelley Pool, Pilbara Fm. (Austrálie),  
silicity. 3.4 Ma

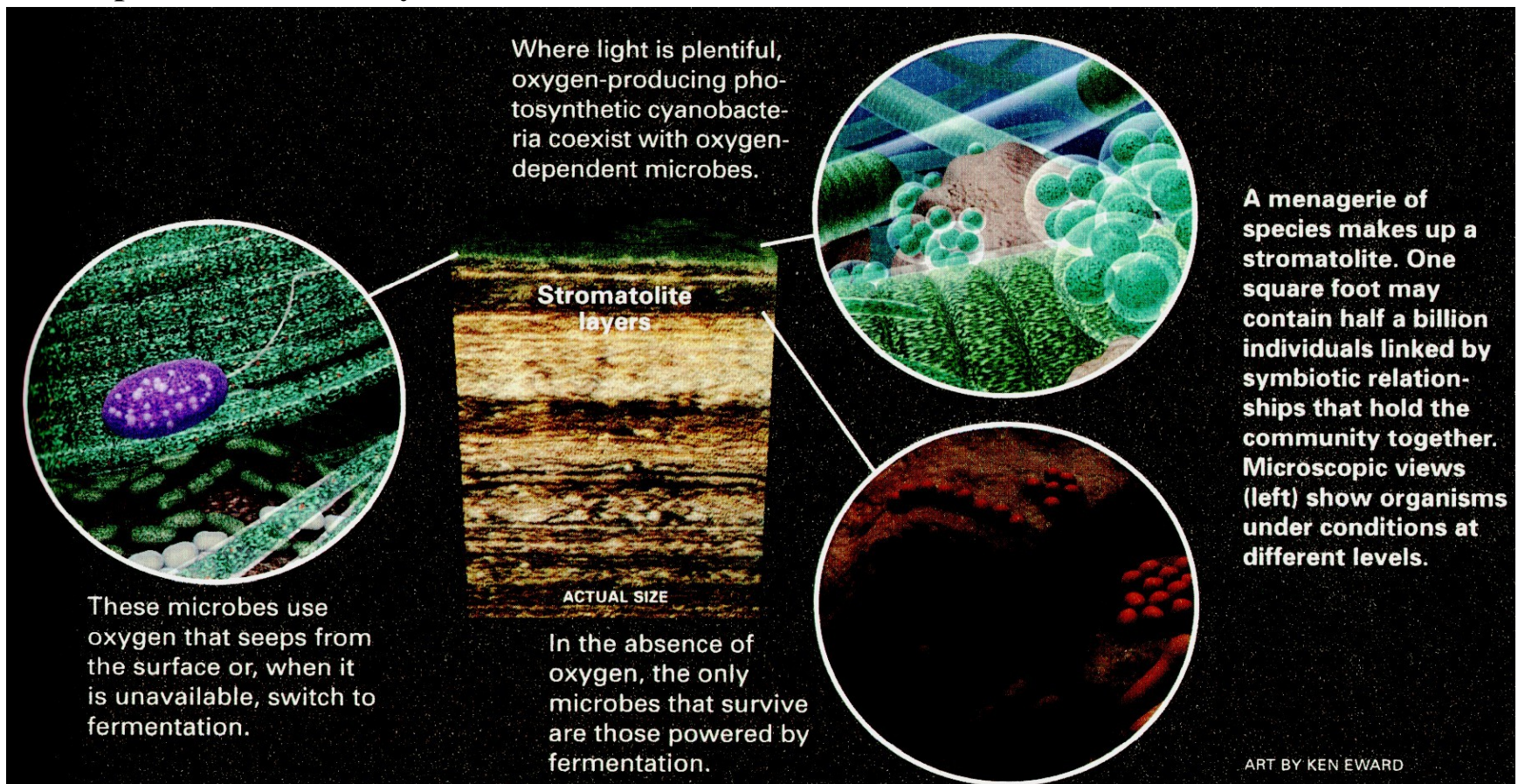
Lee Sweetlove (2011)

# Stromatolity (petrifikovaná bakteriální bahna)



# 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.

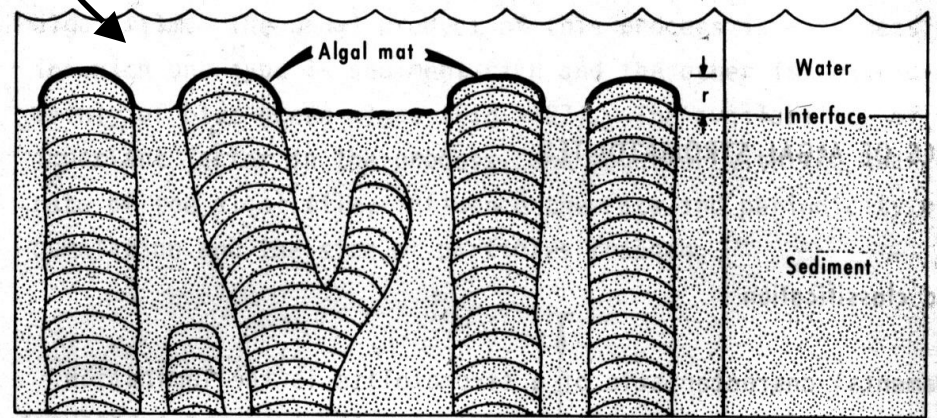


# The Archean fossil record (cont.)



← 3.2 billion year old stromatolite from South Africa

Growth of cyanobacterial mats





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



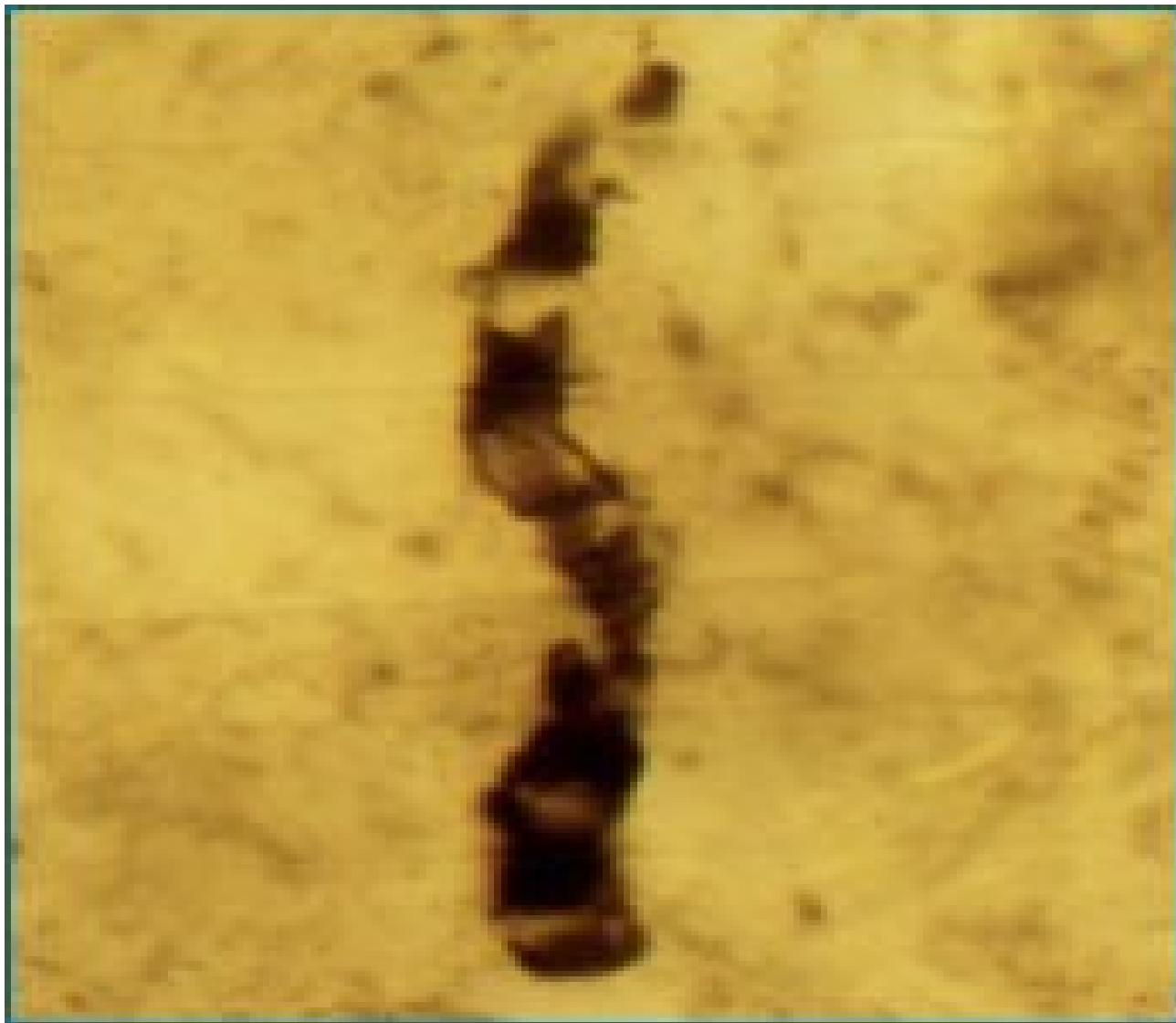
## Recentní stromatolity, Shark Bay, Austrálie (vzácně se tvoří ještě dnes v hypersalinních podmínkách, které zabraňují vstup případným požíračům)



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

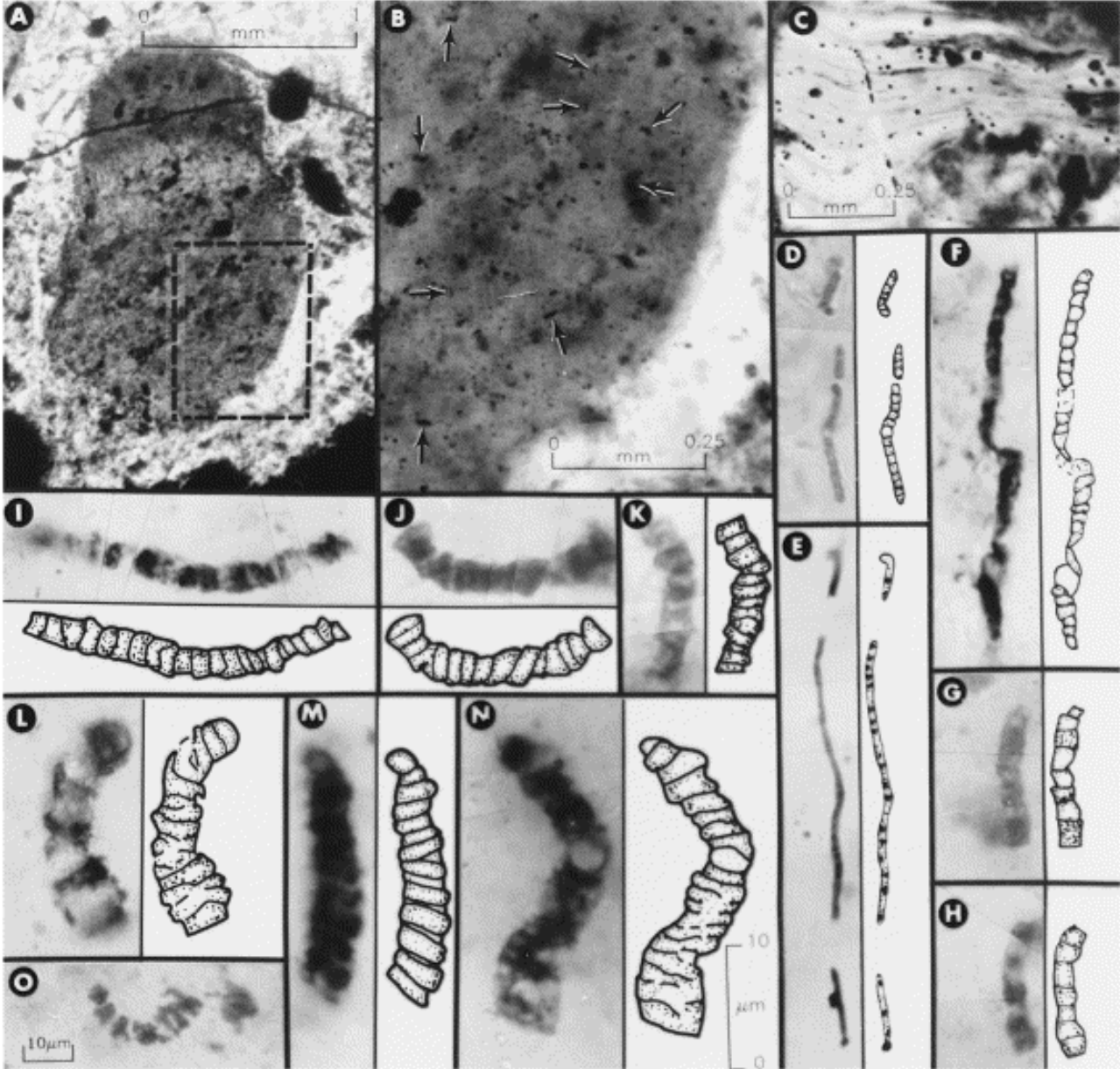
At right is a layered **stromatolite**, produced by the activity of ancient cyanobacteria. The layers were produced as **calcium carbonate** precipitated over the growing mat of bacterial filaments; photosynthesis in the bacteria depleted carbon dioxide in the surrounding water, initiating the precipitation. 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.

# Buněčný filament - 3465 Ma



# Mikrofosilie (?) z „Apex Chert“ (Archaikum, 3465 Ma, Z. Australie)

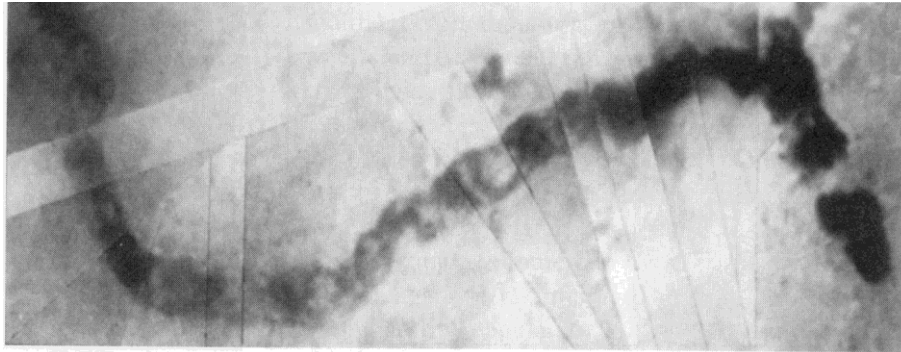
D,E- *Archaeotrichion*, F – *Eoleptonema*, G,H - *Primaevifilium*



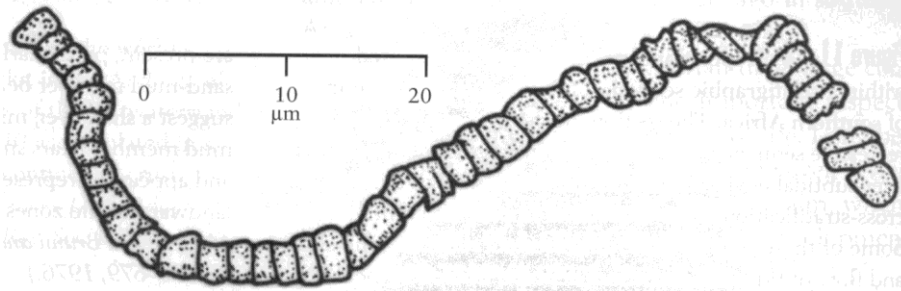
# Cyanophyta ~ cca 3.4 Ga



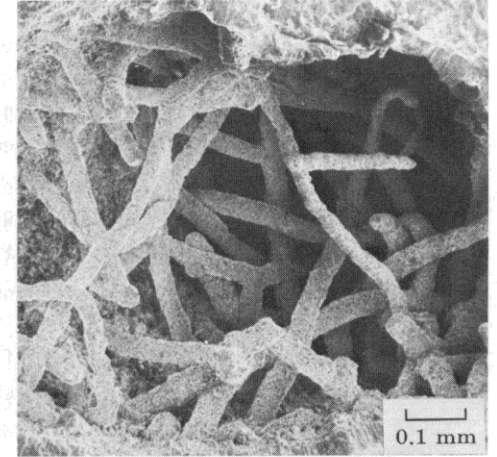
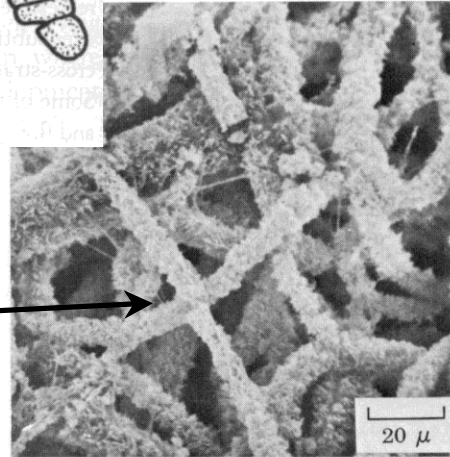
# The Archean fossil record (cont.)

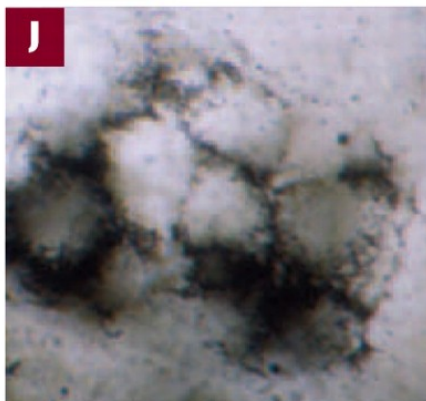
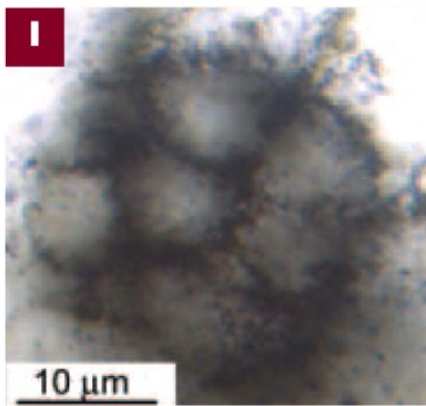
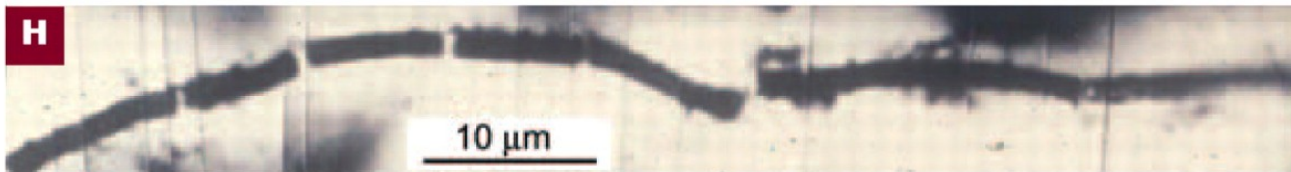
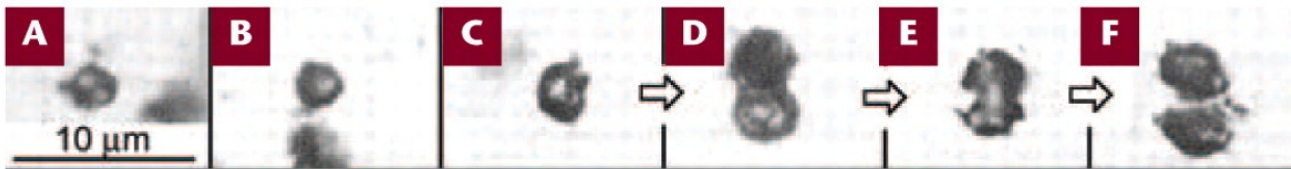


← 3.5 billion year old bacteria preserved in chert from Western Australia

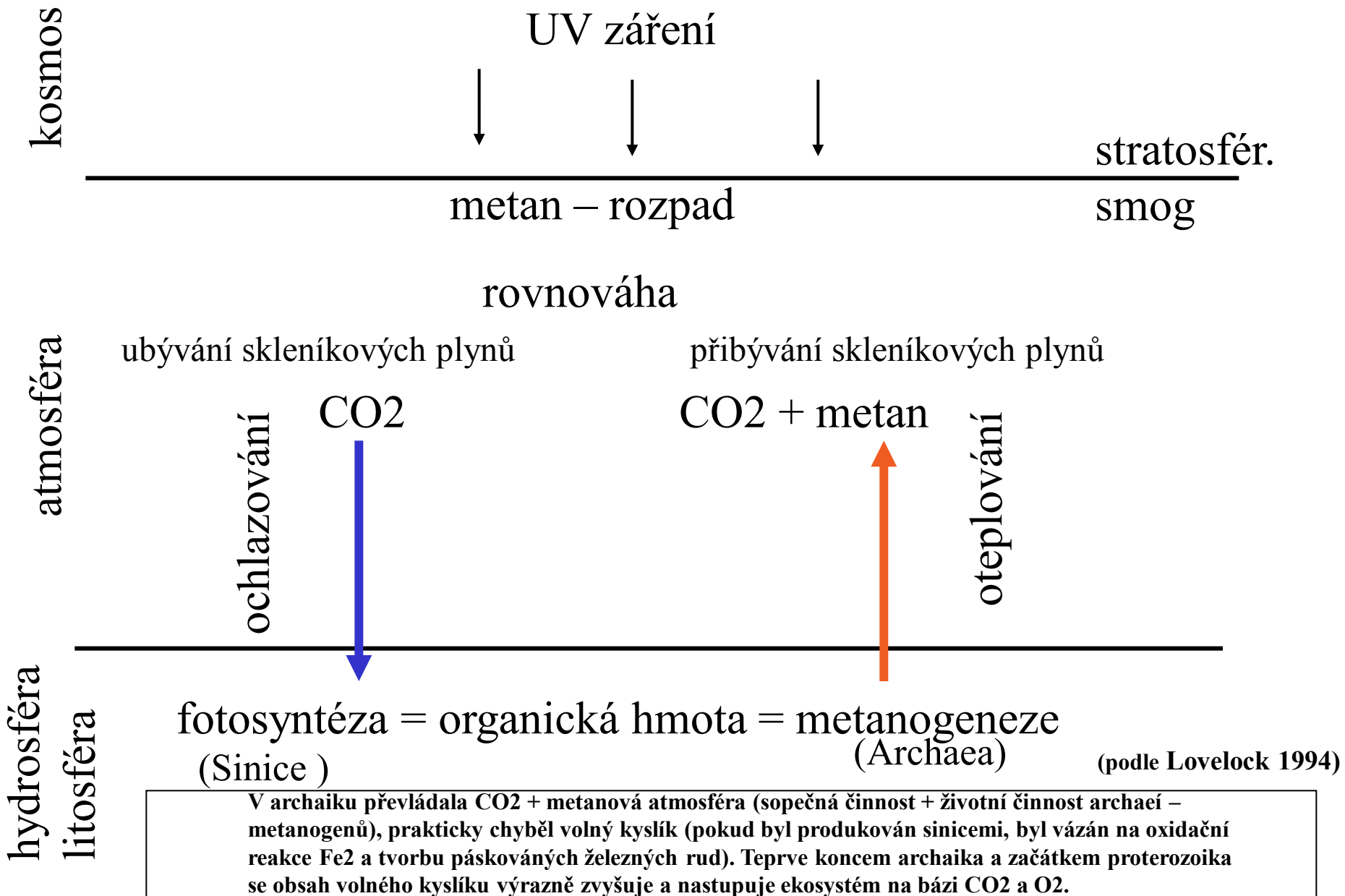


Modern cyanobacterial filaments





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



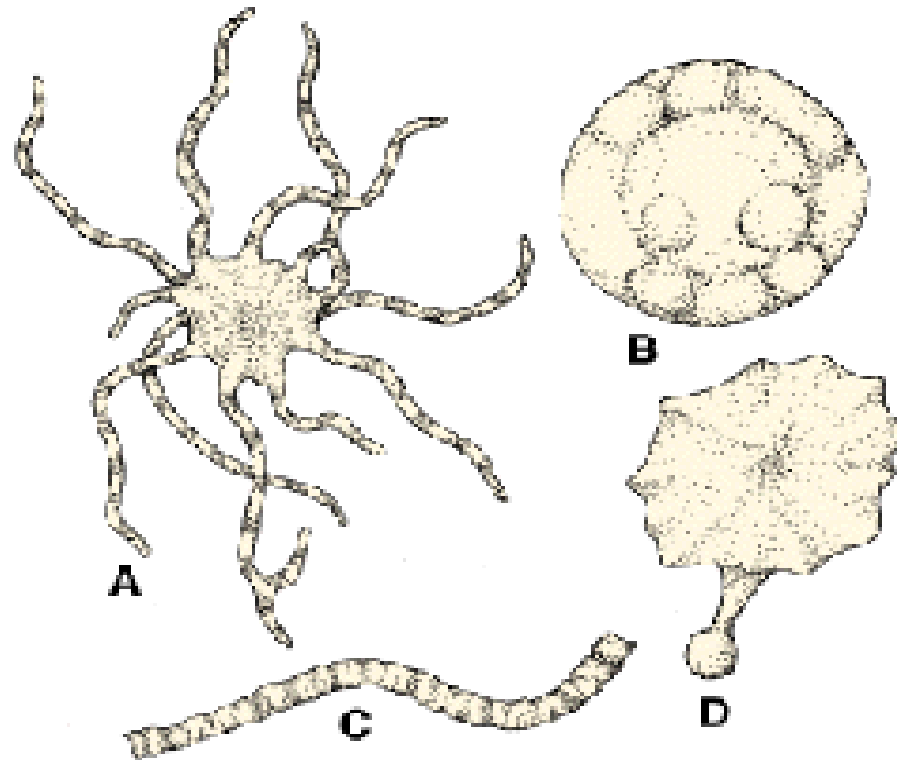


# Pohled na horniny lokality Gunflint (Kanada, ~ 2.0 Ga)



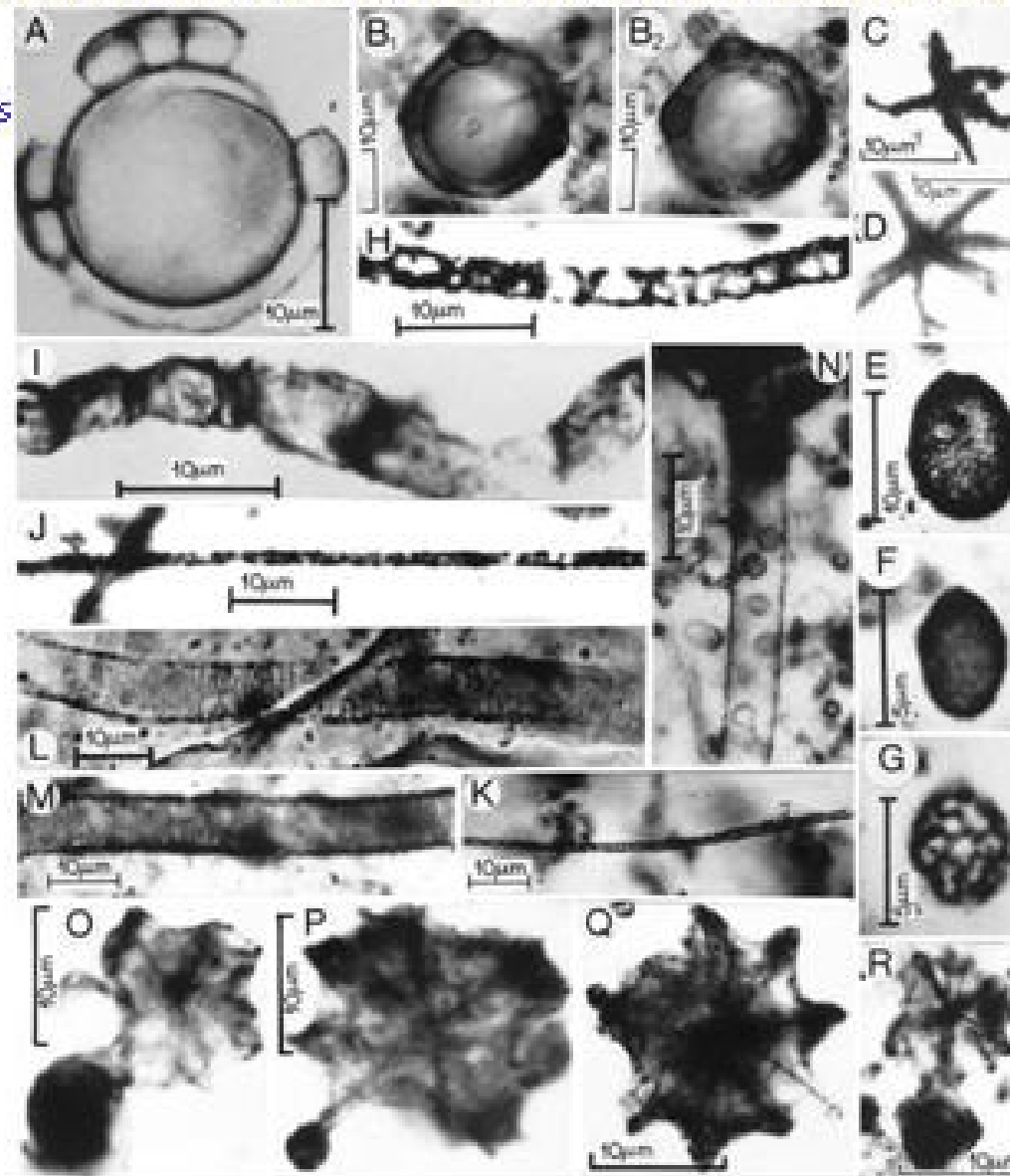
# Microfosílie (Procaryota) z Gunflint (Kanada, ~ 2.0 Ga) - rekonstrukce

- A = *Eoastrion* (Fe a S redukující bakterie), B = *Eosphaera* (neznámá příbuznost), C = *Animikiea* (pravděpodobně řasa), D = *Kakabekia* (neznámá příbuznost)



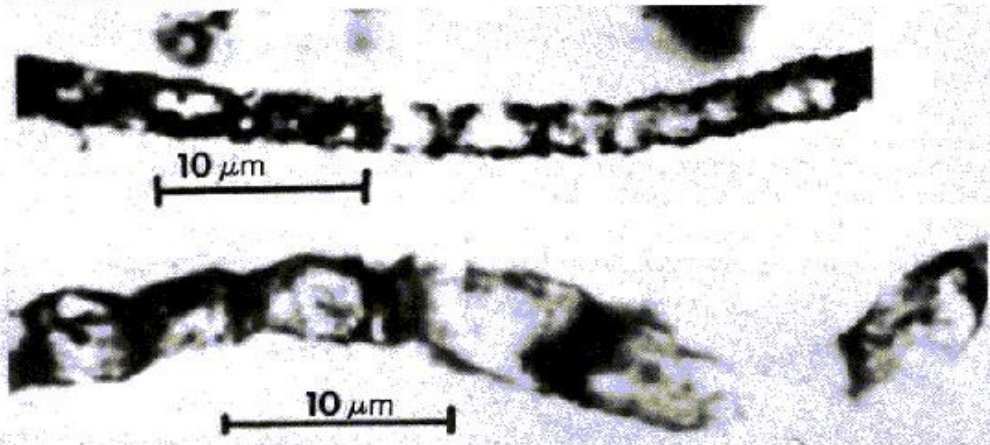
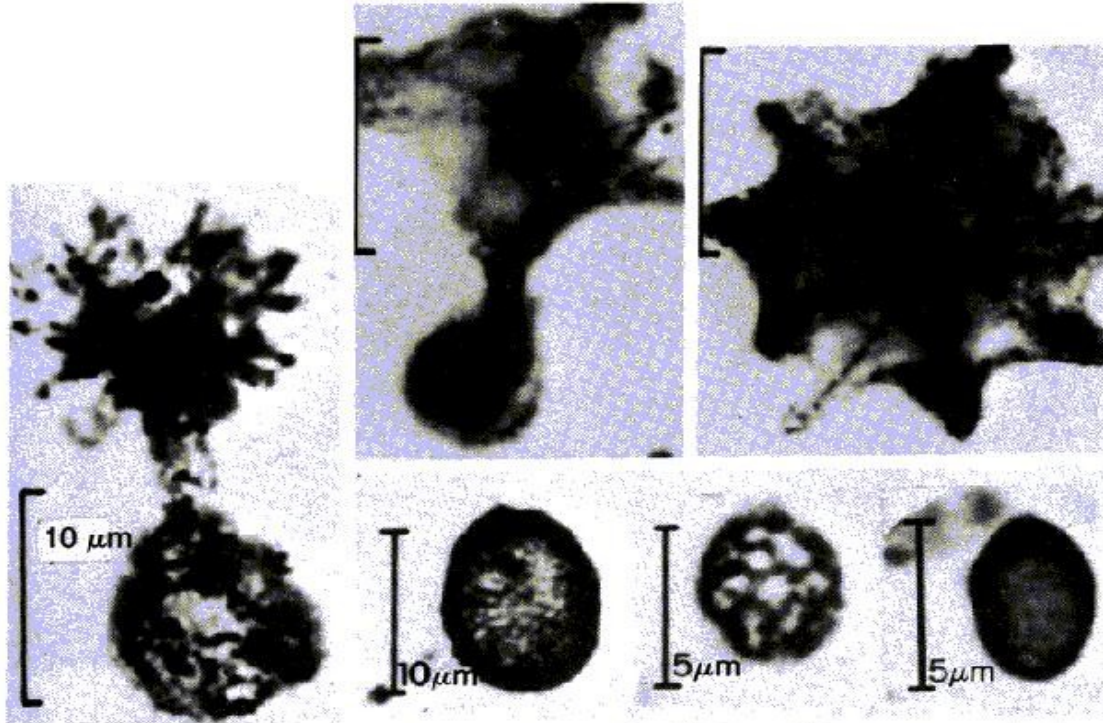
Microfossils of the Paleoproterozoic ( 2,100-million-year-old) Gunflint chert of southern Canada.

(A and B) *Eosphaera*,  
in B shown in two views  
of the same specimen.  
(C and D) *Eoastrion*.  
(E-G) *Huroniospora*.  
(H-K) *Gunflintia*.  
(L and M) *Animikiea*.  
(N) *Entosphaeroides*.  
(O-R) *Kakabekia*.

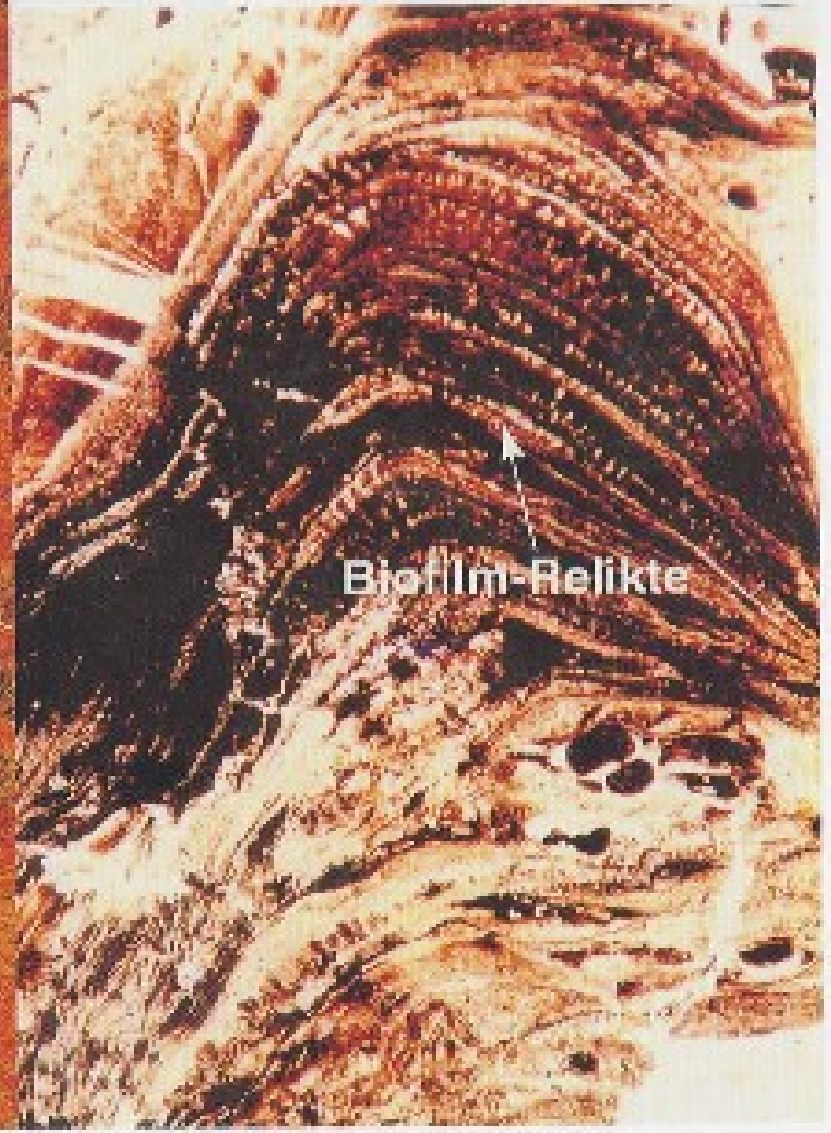
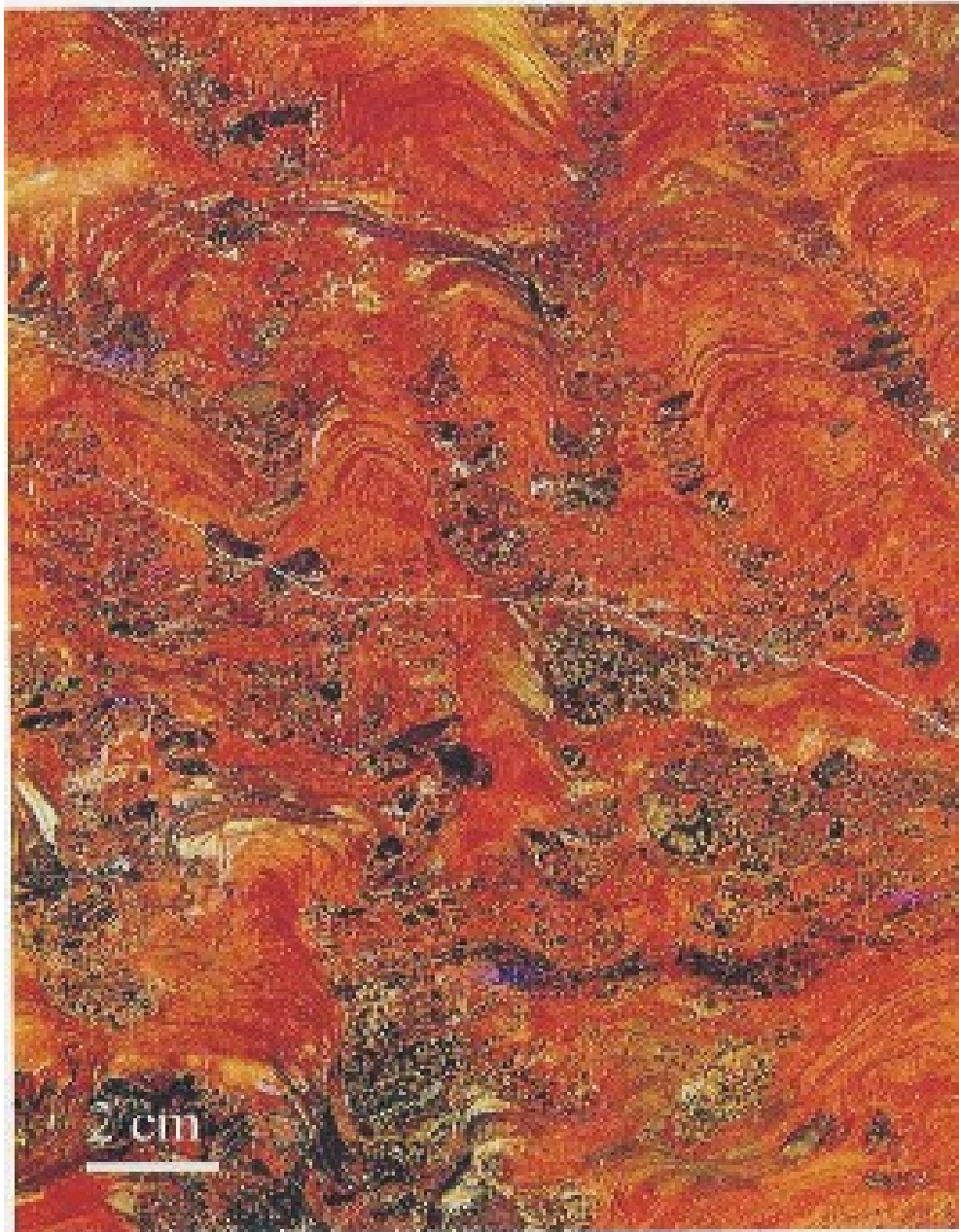


Schopf, J. William (2000) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97, 6947-6953

# Mikrofosílie (Procaryota) z Gunflint (snímky el. mikroskop, detail)



**Stromatolithische Banded Ironstone  
Formation, BIF, 2.2 Mrd. Jahre**



**Biofilm-Relikte**

# Další ukázka páskovaných Fe rud



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



***Gryphania spiralis***



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

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

**Gabonské fosílie  
 („Gaboniota“)**



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



1 July 2010 | www.nature.com/nature | £14

THE INTERNATIONAL WEEKLY JOURNAL OF SCIENCE

# nature

## CLIMATE SCIENCE

How to restore public trust

## ORGANIC FARMING

Species evenness  
boosts crop yield

## PARTICLE PHYSICS

First strikes from  
SLAC's X-ray  
free-electron  
laser



## JOINING FORCES

Macrofossils reveal  
multicellular life over  
two billion years ago

NATURE 1000  
Collected by Science



0014-1801(201007)472:1;1-0

ISSN 0014-1801

0014-1801

Gabonionta – jiný způsob zachování



Il y a 2,1 milliards d'années  
sous les mers

# La vie foisonnait déjà!

Découverts par hasard dans une carrière gabonaise, des fossiles inconnus sont en train de bouleverser l'histoire du vivant : du haut de leurs 2,1 milliards d'années et de leur incroyable diversité, ils sont les témoins du premier écosystème ! Plongée dans un monde disparu insoupçonné...

Par **Emilie Rauscher**

## Contexte

En 2010, des fossiles d'organismes complexes de 2,1 milliards d'années étaient découverts, trop vieux de 1,5 milliard d'années dans la chronologie de la vie... Des spécimens récemment étudiés complètent ces résultats.



**Gabonionta – možná interpretace**

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

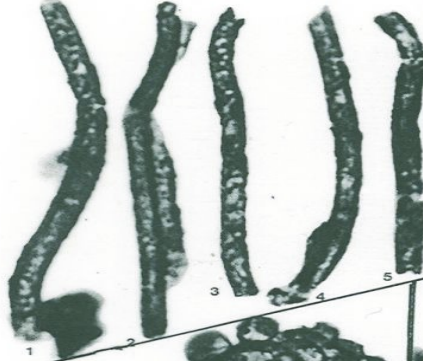


# Různé typy fosilních cyanobacterií, perfektně zachované vzorky

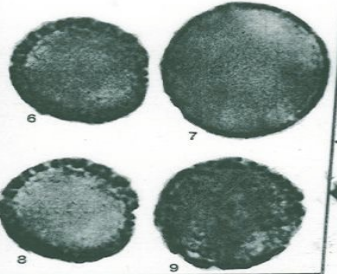


(Cyanobacteria)

*Gunflintia minuta* B.



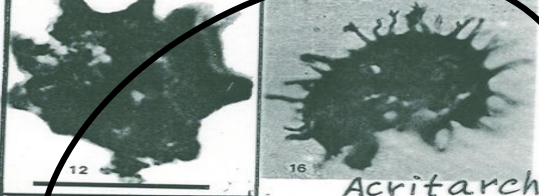
<sup>97</sup> *Huroniospora microreticulata* B.



*Davlinella* sp. (Cyanobacteria)



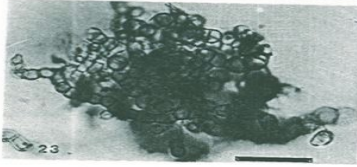
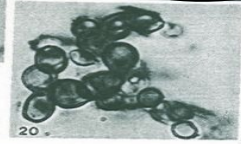
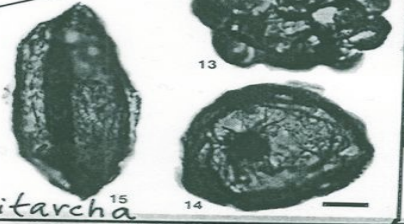
*Eomichhistridium* (rare)



*Acritarcha*

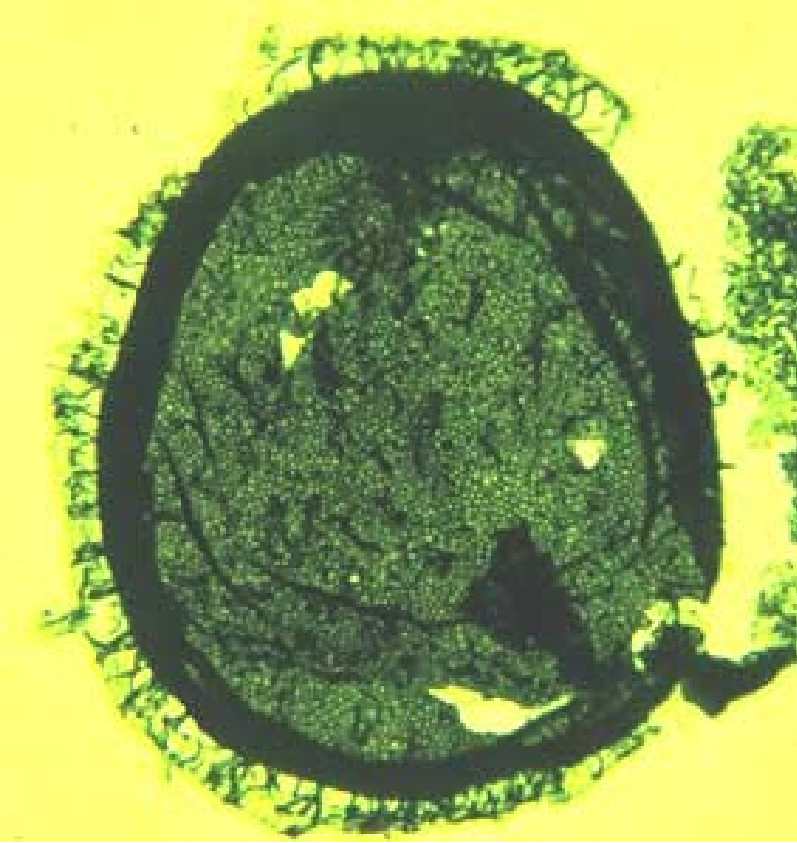


*Acritarcha*

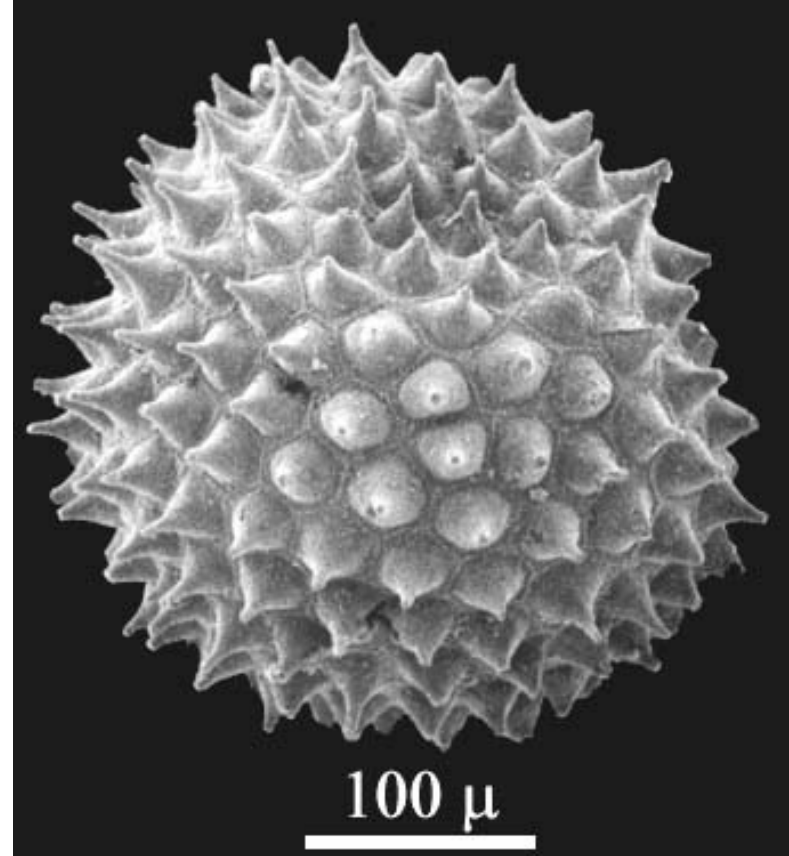


*Cyanobacteria (cf. Nostoc)*

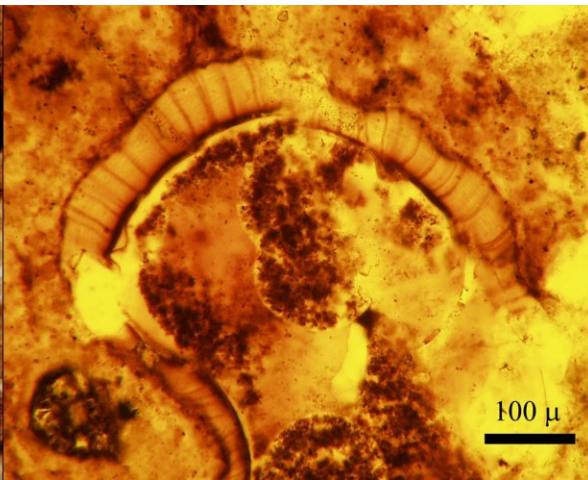
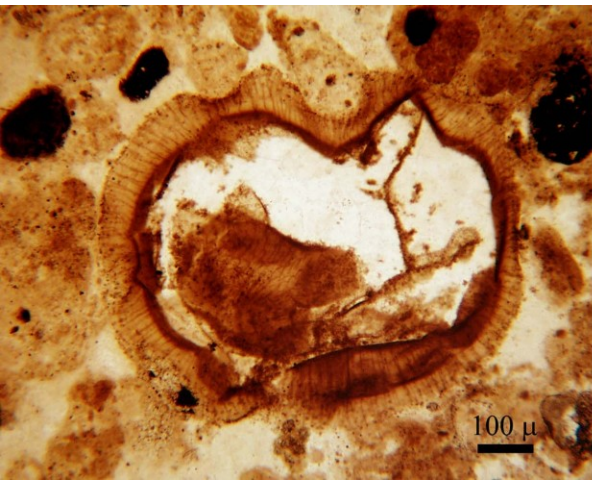
Acritarcha – cysty a jednobuněčné mikrofosílie mnohdy nejistého systematického zařazení (většinou řasy) tvoří převládající fosílie v proterozoiku



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



*Meghystrichosphaeridium* – Acritarcha, Doushantuo  
Čína, neoprz.



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

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

*Dickinsonia*



*Tribrachidium*



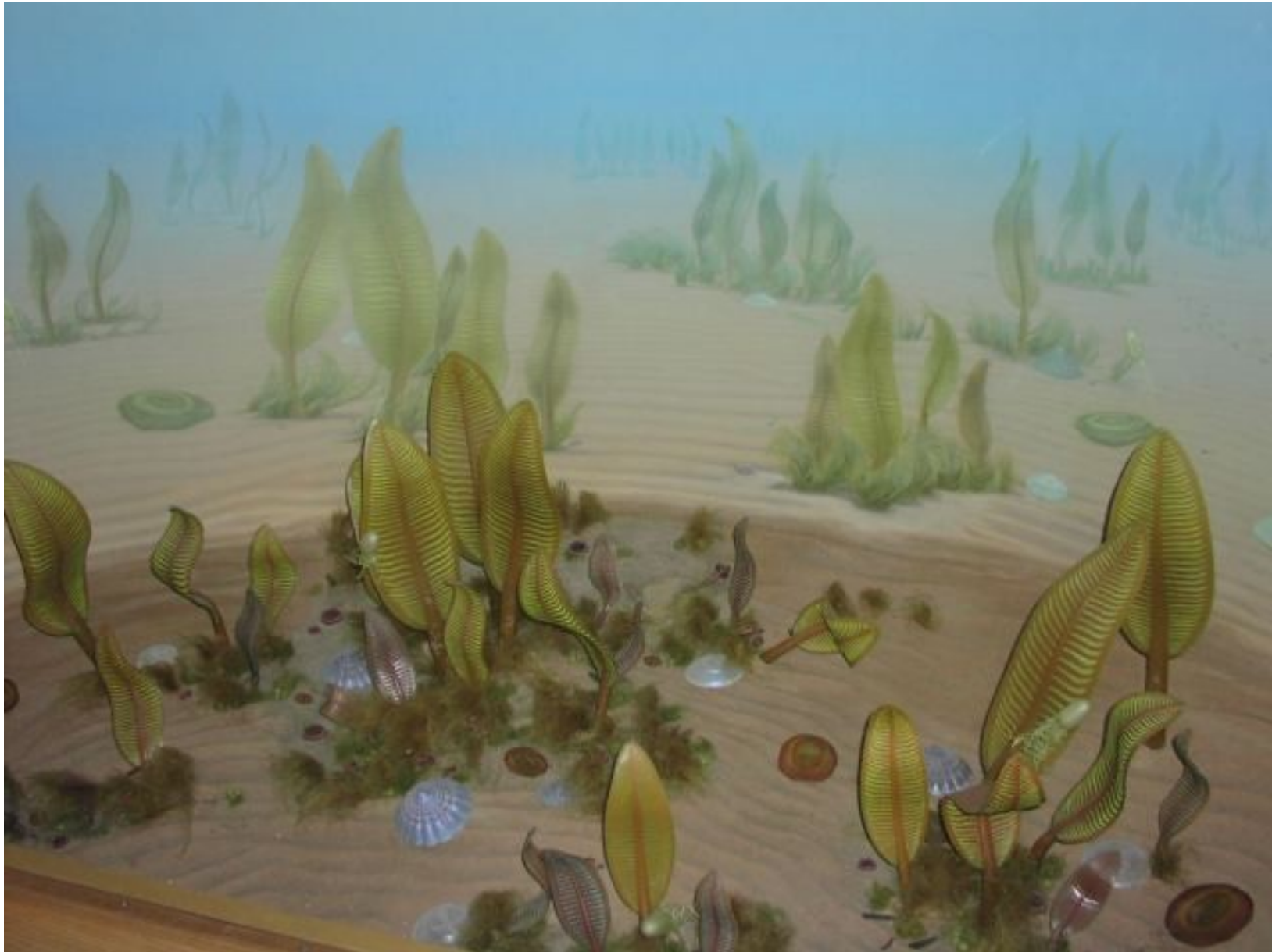
*Mawsonites*

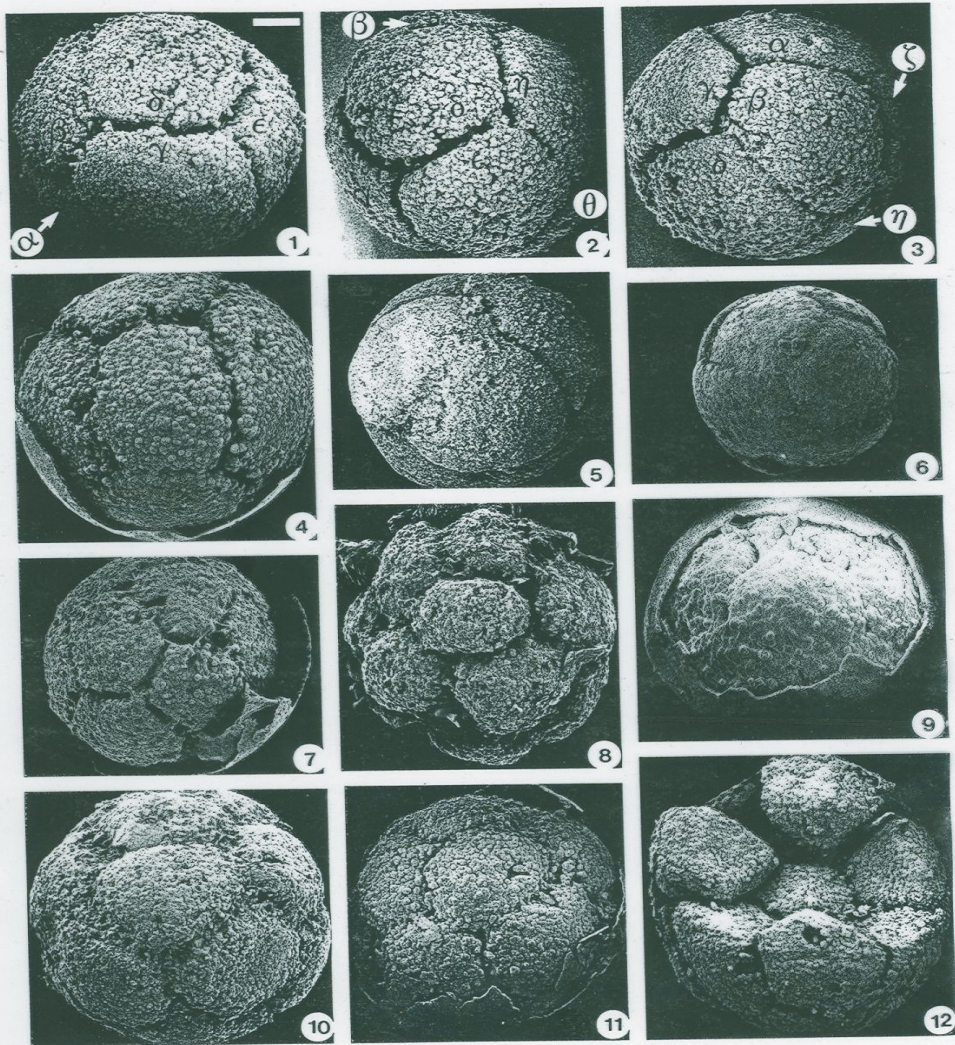


Poznámka: Fossils found in rocks of the Ediacaran period in Australia have been previously characterized as early **marine organisms**. But a report suggests that these rocks are **fossilized soils**. So did some of these Ediacaran organisms in fact live on land, like lichens? A palaeontologist and a geologist weigh up the evidence.



# Představa možného pohledu na mořské dno v nejvyšším proterozoiku („ediakarská fauna“)

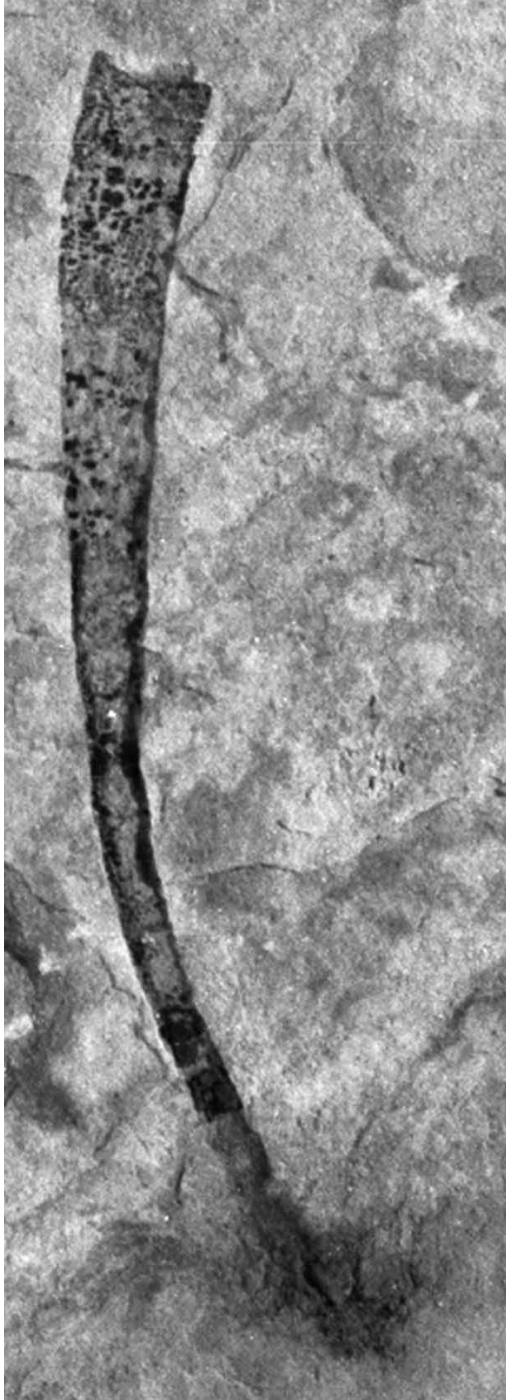




Unikátní fotografie zachycující jednotlivá stadia rýhování vajíček (embriony) mnohobuněčných organismů (ráz rýhování je blízký rýhování některých členovců) z lokality Doushantuo (jižní Čína), 570 Ma (nejvyšší proterozoikum).



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.



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

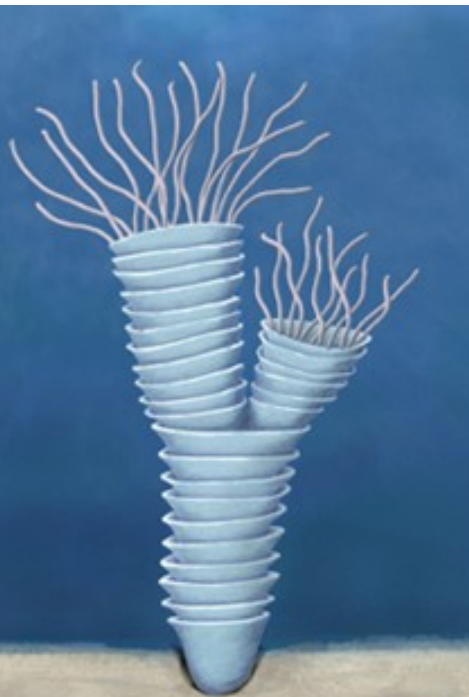
*Diaoyapolite* – řasa, 5 cm, Doushantuo, Čína, neoprz.

# *Cloudina* - ~ 600 Ma

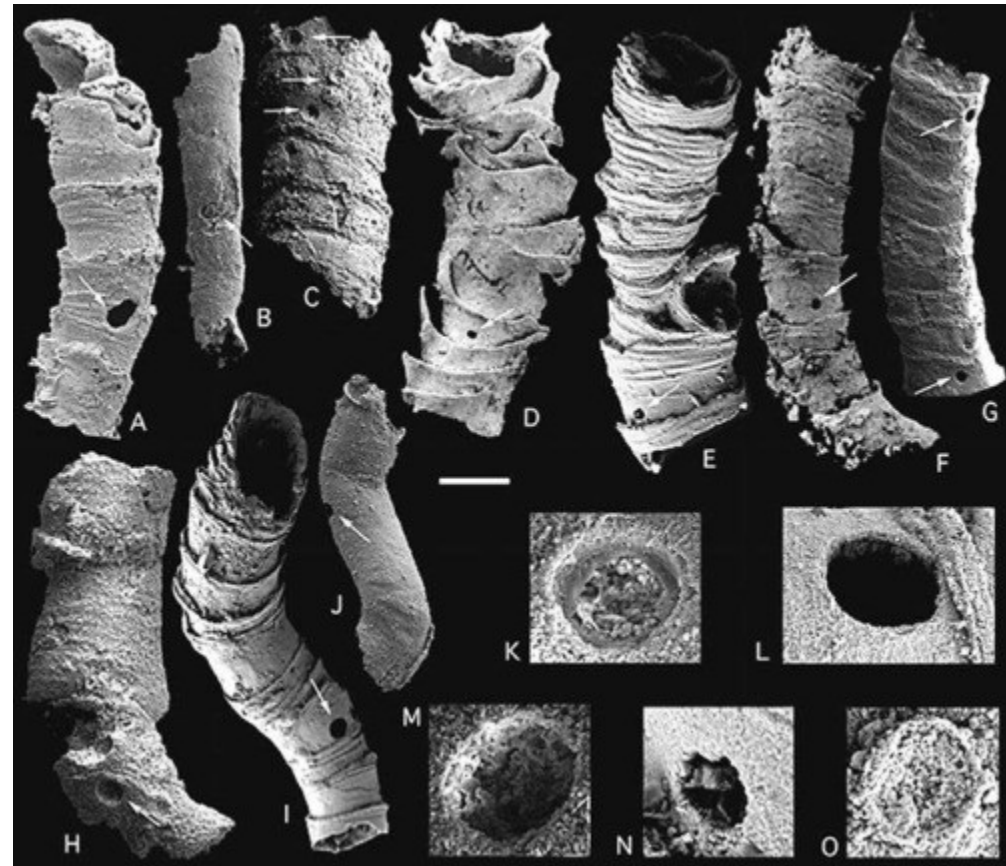
• *Cloudina*, Jedna z nejstarších fosilií s vnitřní kostrou – pohárky z uhlíkatu vápenatého (podobné láčkvcům), 3-4 cm velké – nástup biomineralizace



interpretace



Isabel



fosílie

# 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 (vymizení 70% akritarch ve sv. prekambriu) i několikrát během fanerozoika (6 velkých vymírání)

**JAK**

- **Dvousložkový model (opuštěn)**
- **Mnohosložkové modely**
  - **jílovité minerály, voda, atmosféra (Bernal 1967), nově spojován s priony, které jsou schopny vazby na jílové částice**
  - **„Fe + S prostředí“ = povrchy FeS<sub>2</sub>, +voda+teplota+zaprášena atmosféra, nebo prostředí kuřáků (Wächterhäuser 1988, 2000).**
  - **koncentrovaný metan, vysoké tlaky a teplota, organometalické struktury (katalysátory, matrice etc.), velké hloubky zemské kůry (T. Gold 1997 – „The deep hot biosphere“)**
  - **v prostředí mořského ledu (množství drobných kavern, rychlé řetězení RNA v chladu, teprve později přechod do teplejších prostředí, H. Trinks).**

# Konkrétní možné kroky

- Postup, který prezentují dnes biochemici zahrnuje (J. D. Bernal- „**biopoesis**“):
  - vznik jednoduchých organických molekul
  - řetězení a vznik replikace
  - tvorbu buněčných membrán a oddělení vnitřního a vnějšího prostředí
  - nástup a stabilizace výměny látkové
  - buněčný život

**Pozn.: Joyce & Lincolnová (Science, 2008) - laboratorní syntéza RNA řetězců schopných kopírovat jiné řetězce. Výkonnější řetězce vytvářejí více kopií a převládají (selektce). Craig Venter - syntéza genomu mycoplasmy a implantace do těla mycoplasmy genomu zbavené, buňka se syntetickým genomem**

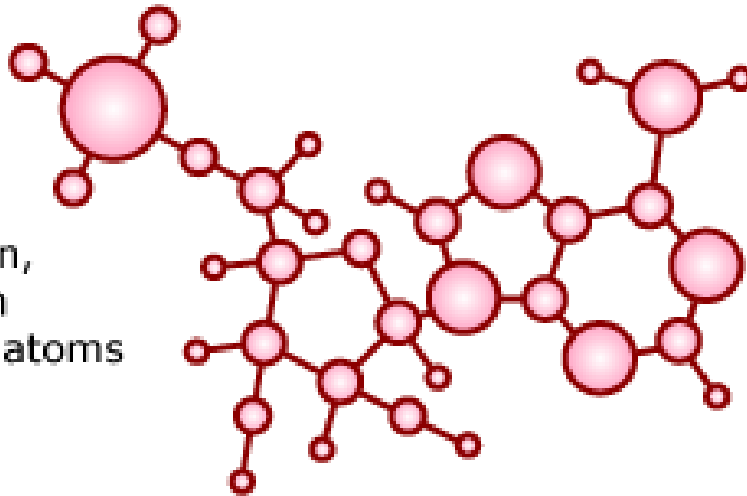




# Vznik jednoduchých organických molekul

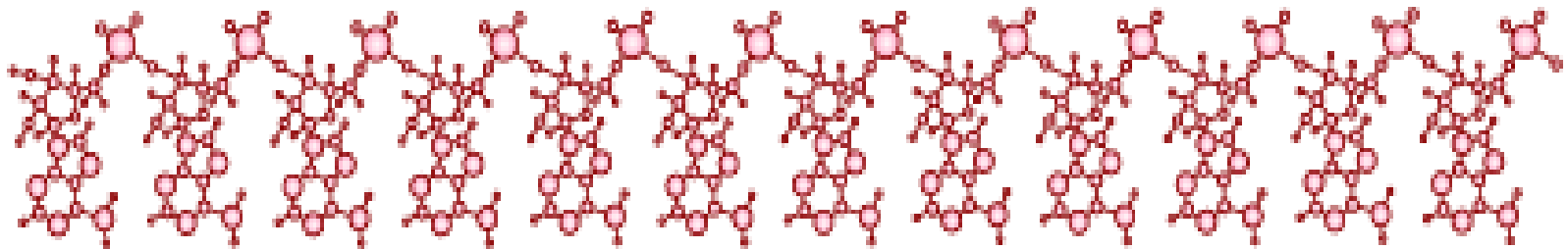
- Představa utváření jednoduchých **organických molekul** (stavebních částic všech živých soustav, tzv. monomerů), které se musely účastnit procesů při vzniku života. Za základní anorganické látky, z nichž byl život formován, jsou považovány metan, čpavek, voda, sirovodík, oxid uhličitý a fosfáty. Do dnešní doby nebyla laboratorně syntetizována žádná „živá hmota“. **V nebulárních oblacích** však byla zjištěna (2004) přítomnost **PAH** (polycyklické aromatické uhlovodíky), které jsou biochemiky považovány za **předchůdce RNA**. Z jednoduchých řetězců vznikají složité řetězce – polymery.

a nucleotide,  
composed of  
carbon, hydrogen,  
nitrogen, oxygen  
and phosphorus atoms



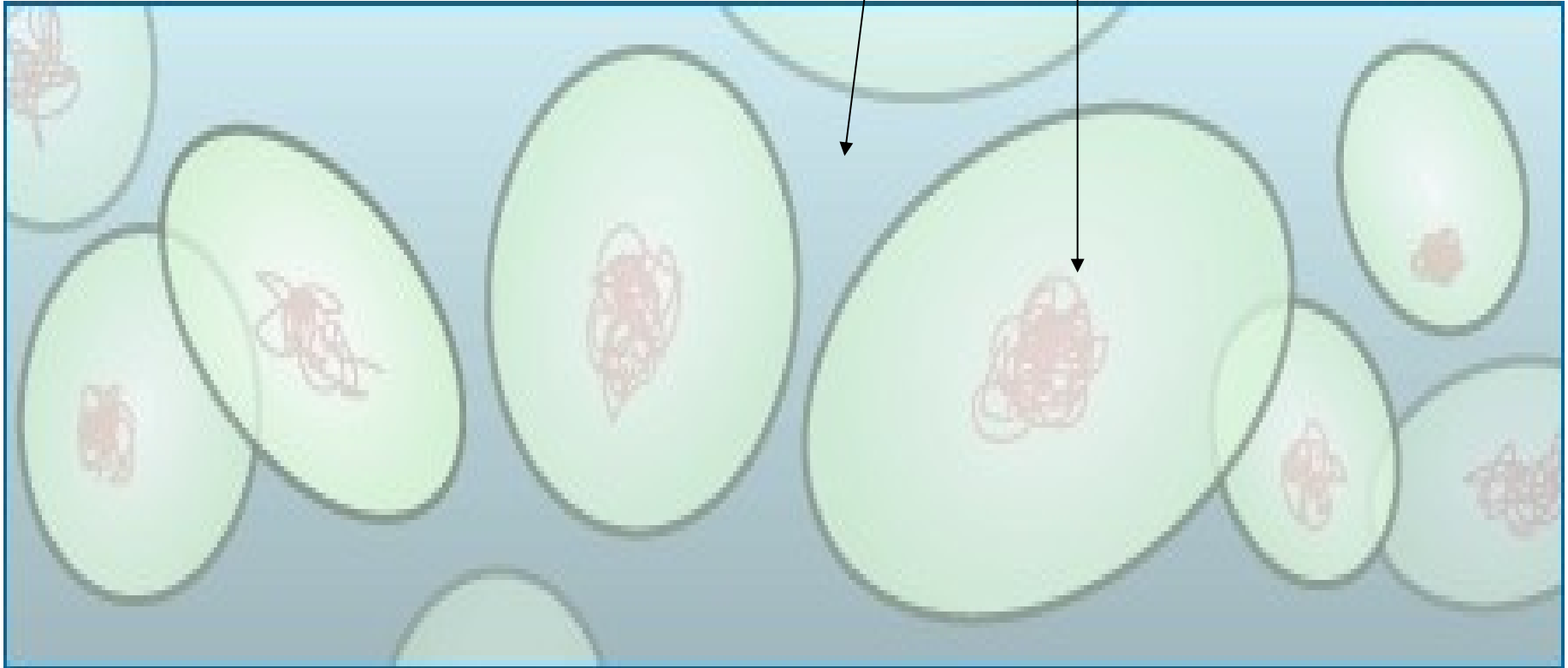
Základní vlastností živých soustav je **replikace** (vytváření kopií). Je klíčovým krokem, teprve jejím objevením můžeme mluvit o životě. Tato vlastnost se nejprve vyvíjela zřejmě jako schopnost **RNA**. Ta vzniká ze složitých řetězců jako kyselina schopná vytvářet svoje kopie. Vznikl „svět RNA“, velmi různorodý. Později se stabilizovala replikace do **řady DNA-RNA-bílkovina**. Vzniká reprodukce (schopnost mít potomky). V těchto procesech hraje již roli **selekce** („přežívání“, trvání, a produkování množství „potomků“ těmi, kteří zvládnou proces reprodukce lépe).

RNA molecules form from chains of nucleotides



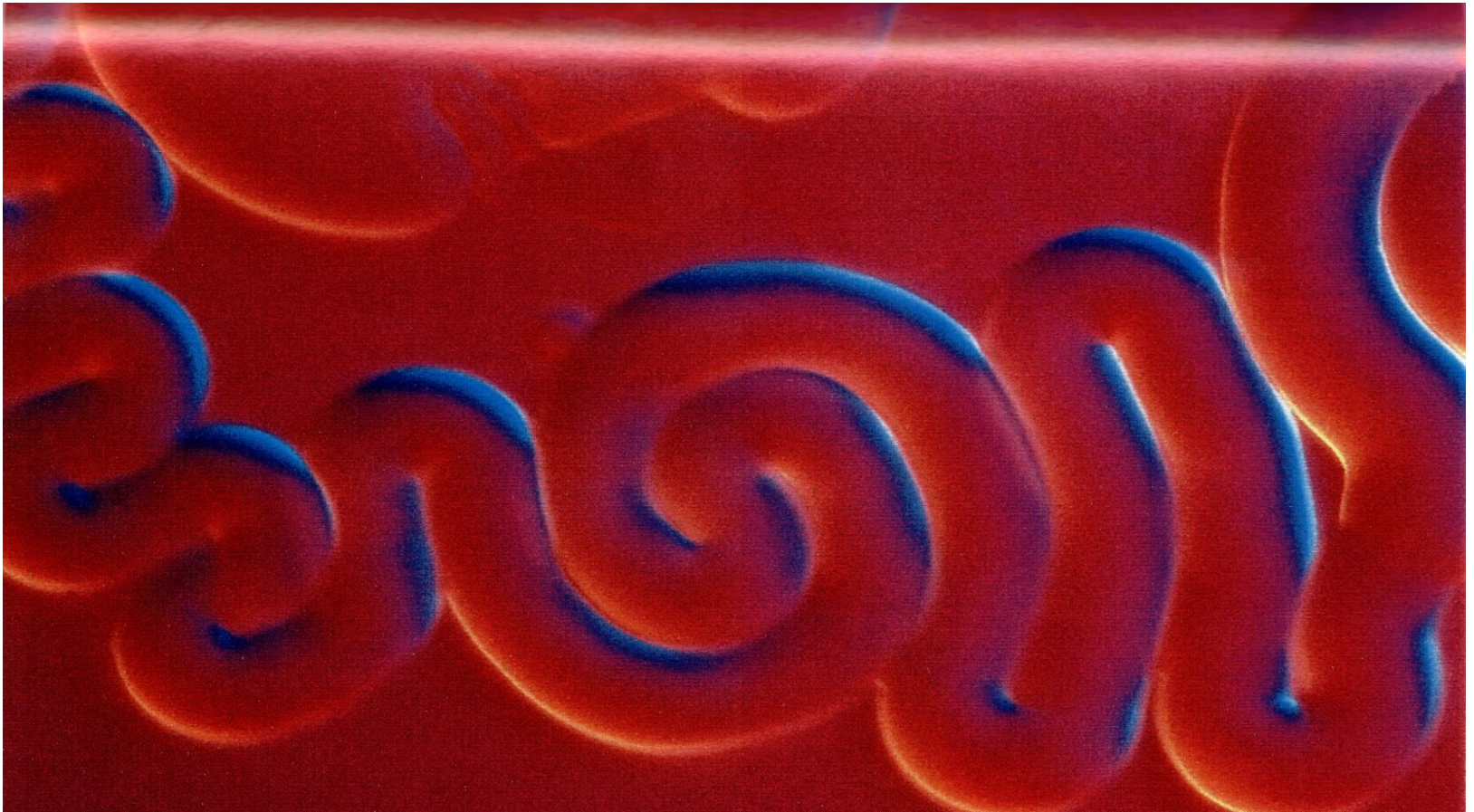
# Replikující molekuly se uzavírají do buněčných membrán

Uzavření replikujících se molekul do obalů (membrán) přineslo **2 výhody**: **informační (genetický) materiál mohl být držen uzavřený, prostředí uvnitř membrán mohlo být odlišné od vnějšího**. Buněčné membrány se ukázaly tak výhodné, že tyto oblaněné replikátory brzy převládly nad „nahými“ (neoblaněnými). Tento přelom vedl již zřejmě k organismům podobným současným bakteriím.



# Možný vznik buněčných membrán

- **Lipidy (nerozpustné mastné látky ve vodě) tvoří mícháním s vodou vlnité trubice. Např. vlny na pobřeží mohly míchat vodu s lipidy a vytvářet drobné „bublinky“, které mají dlouhou trvanlivost (viz dále)**



# Tzv. „bublinová“ hypotéza

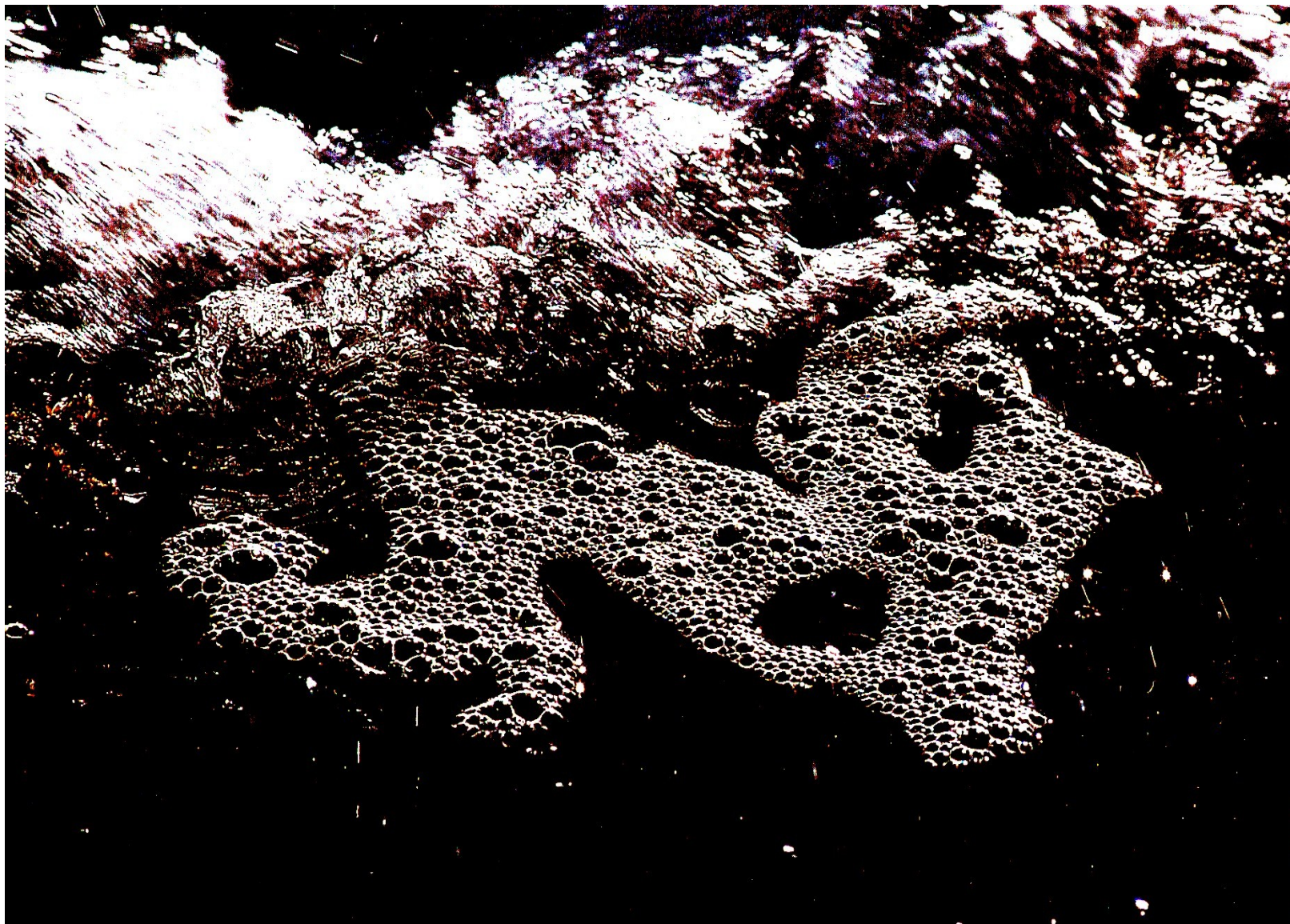
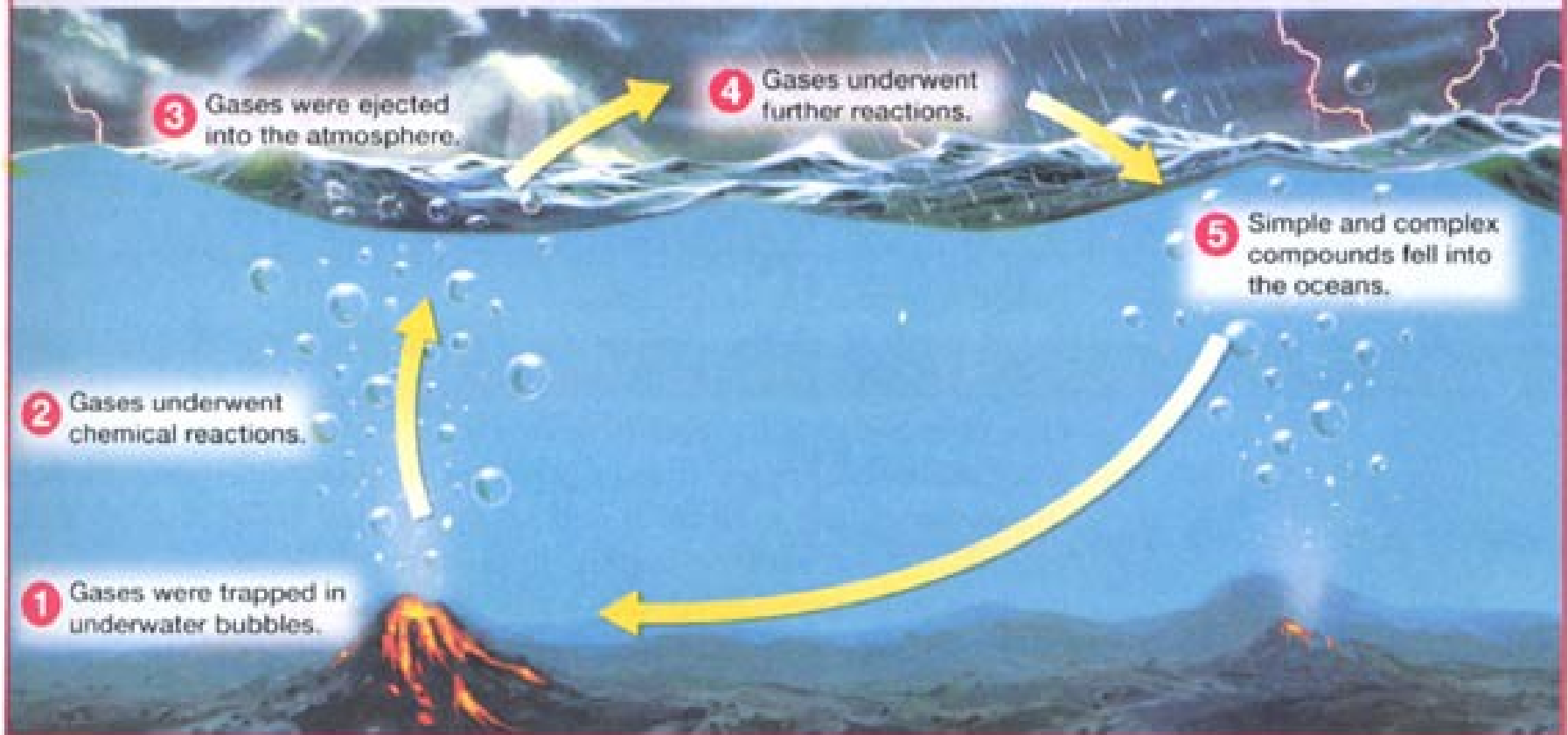




Figure 3

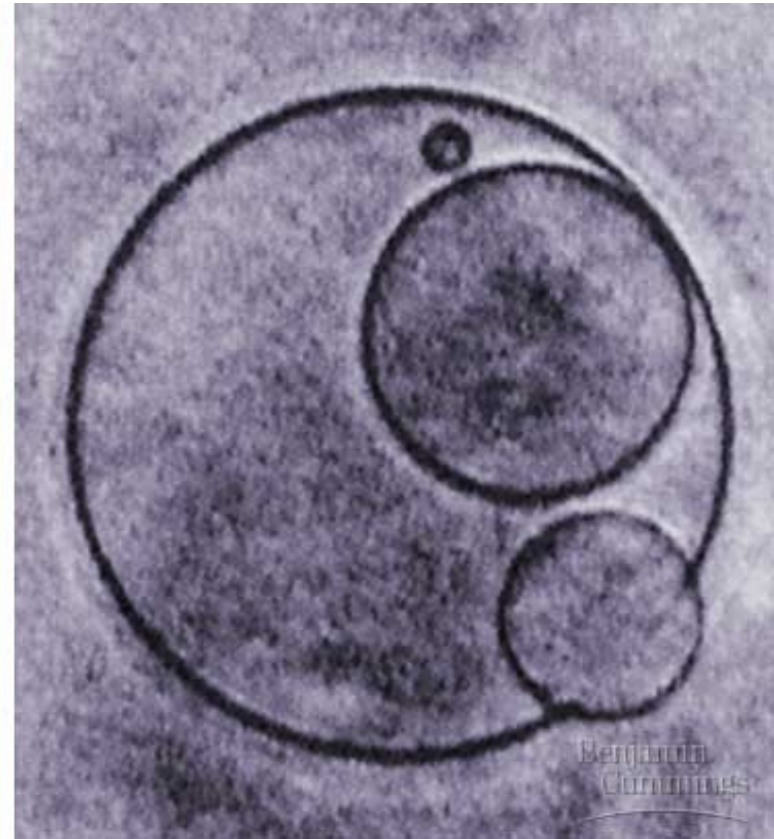
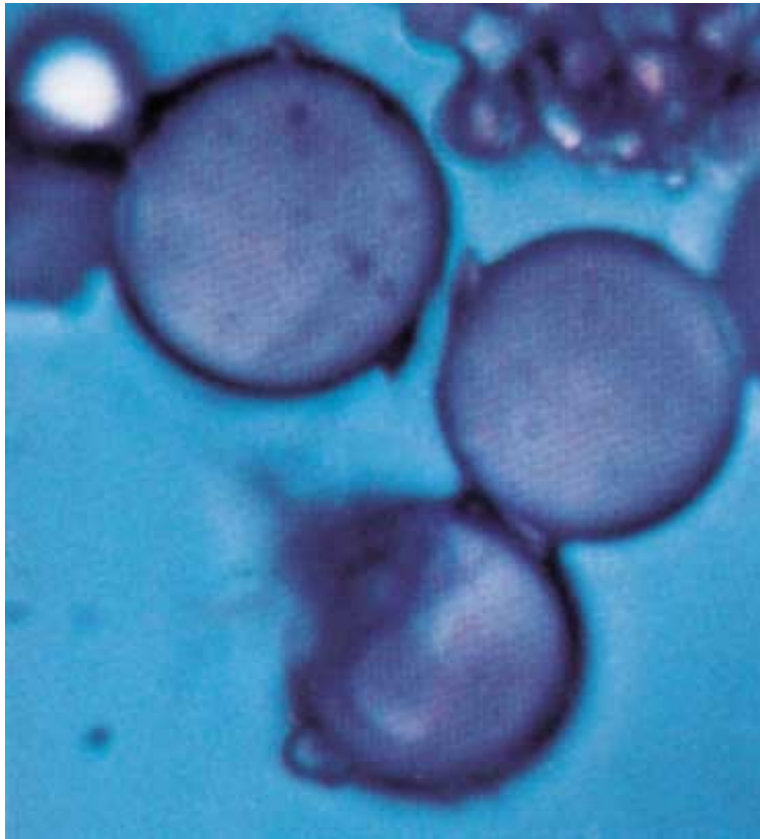
## Lerman's Bubble Model

Lerman proposed that gases formed simple organic molecules.



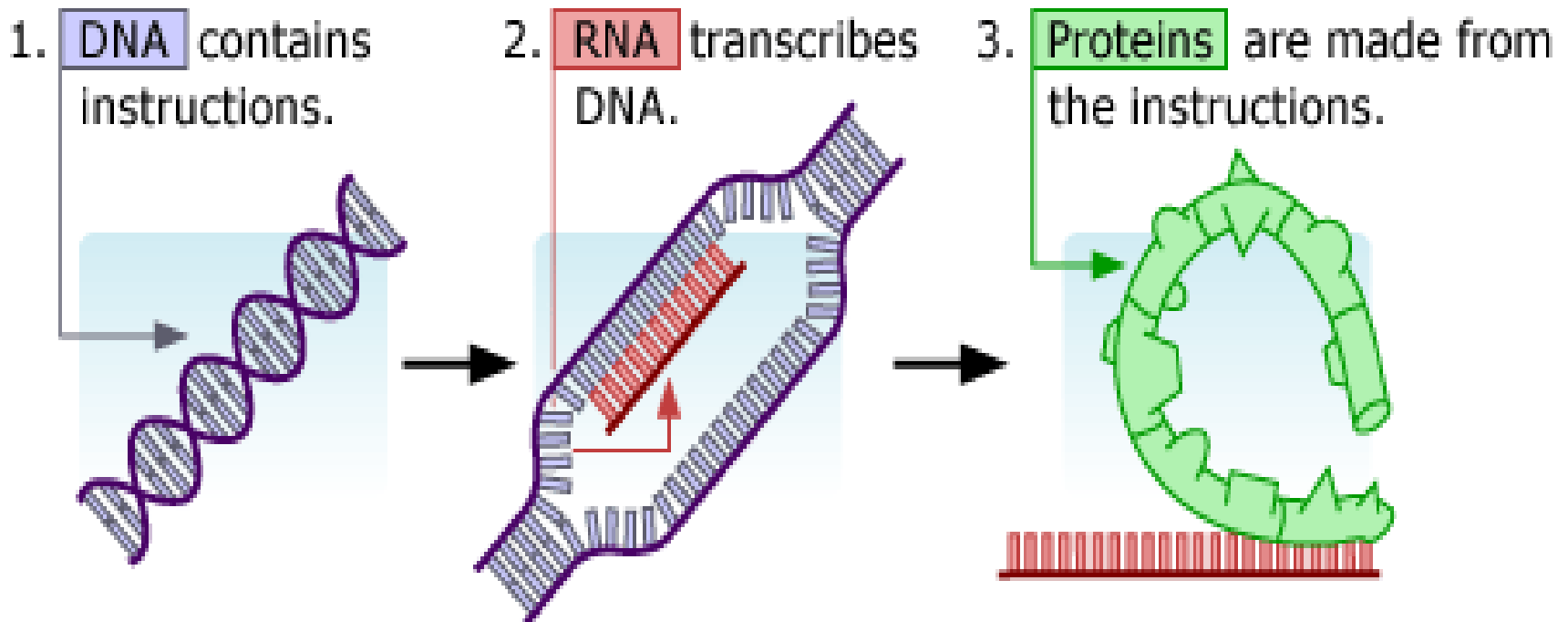
# Úroveň nejjednodušších organizmů (progenotů, představa)

## Protobionta Liposomy



# Nástup moderního metabolického procesu (látková přeměna, výměna hmoty a energie s okolím)

Některé buňky začínají využívat různých typů molekul k různým funkcím (DNA, je stabilnější než RNA, drží genetický materiál; RNA, je variabilnější, slouží jako přenašeč informací; proteiny jako podporovatel chemických reakcí slouží k základním metabolickým reakcím v buňce). Vzniká řetězec **DNA-RNA-protein a prokaryontní typ života. Geologické záznamy říkají, že jen v této podobě existoval život od 3.5 do 2.5 Ma let.**



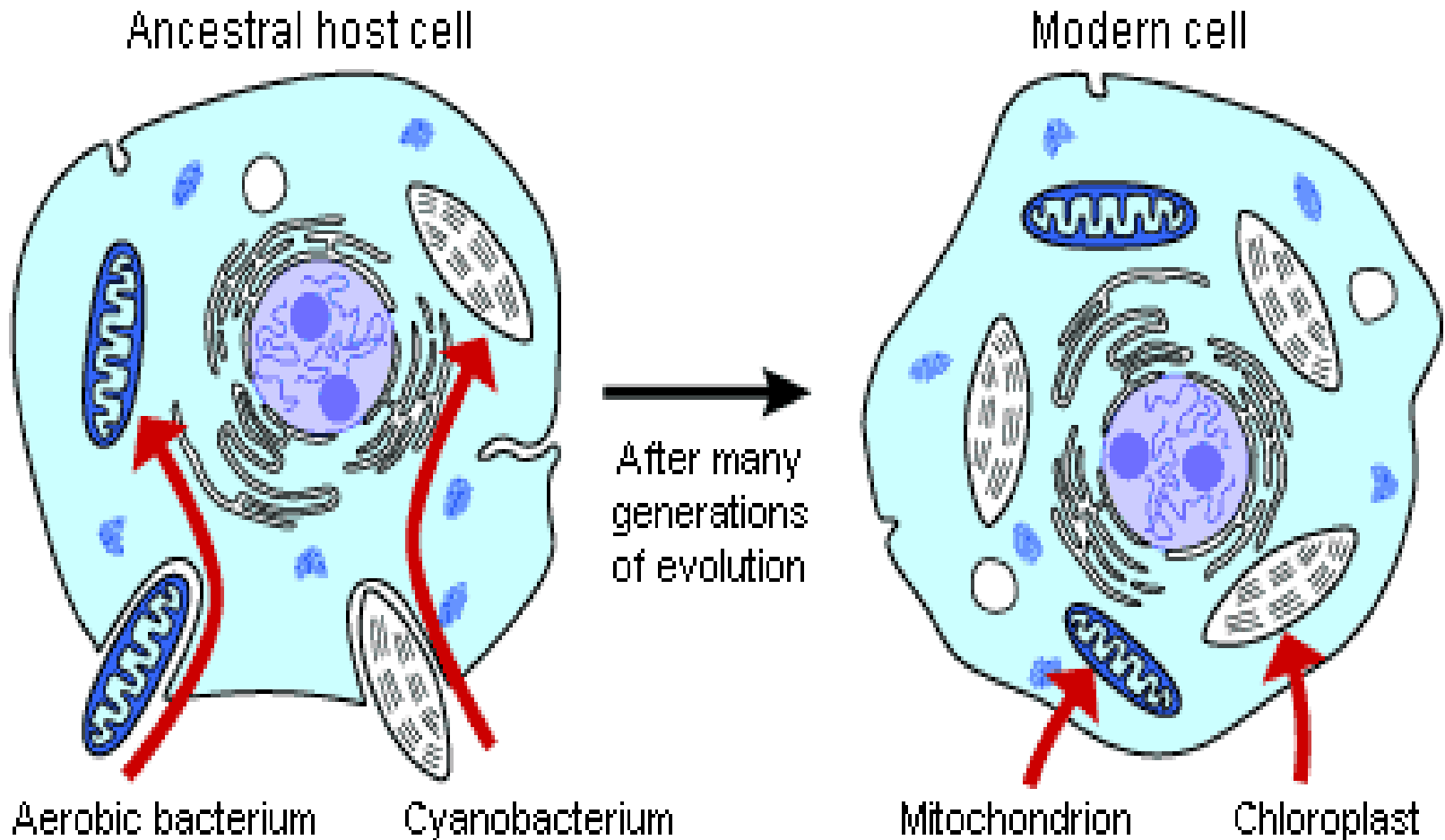


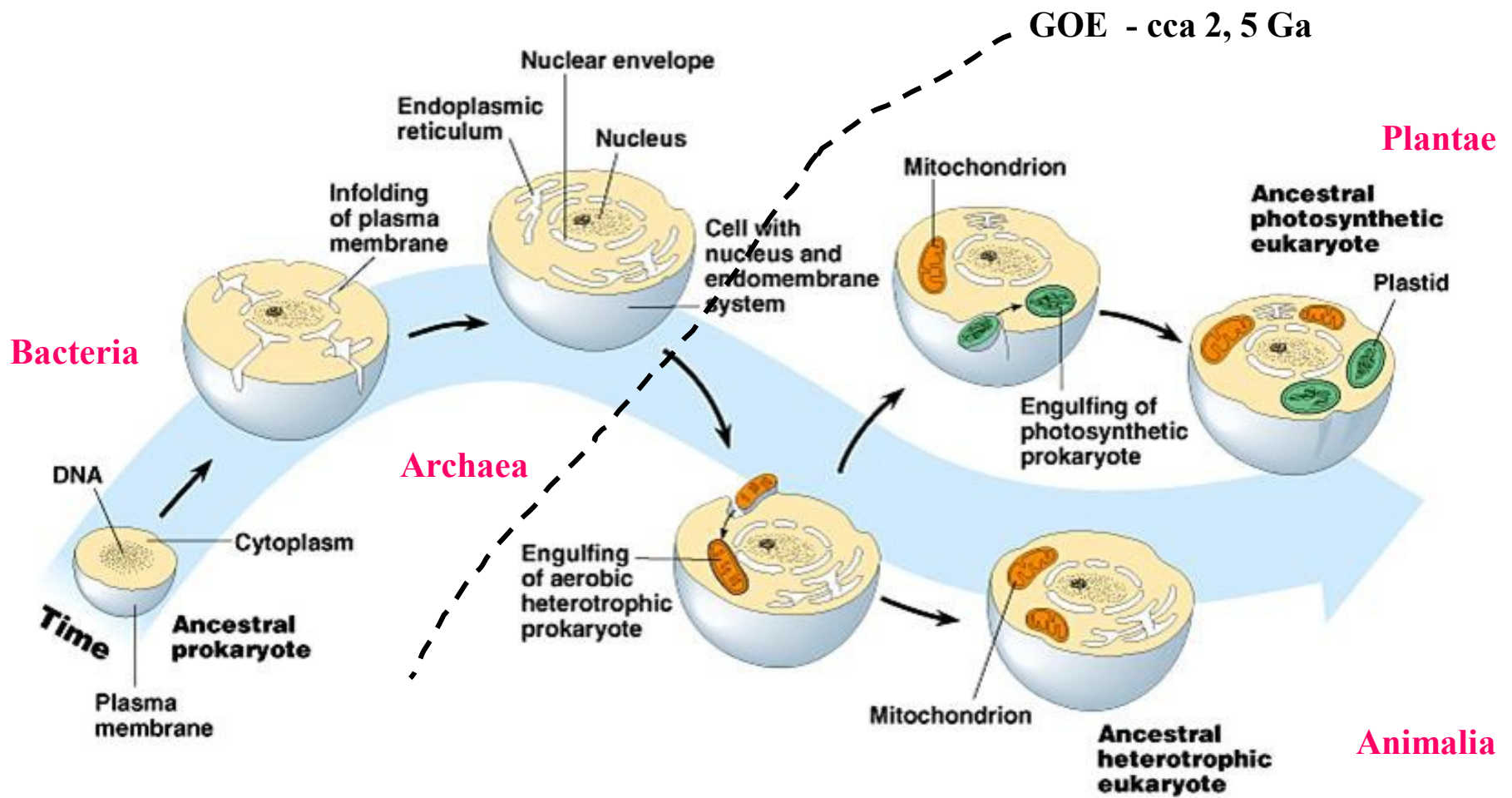
# Vznik eukaryotických buněk, teorie sériové symbiózy

- **Lynn Margulis (1970)**
- **Vedle konkurence rovněž spolupráce**



- **Princip teorie sériové symbiomy: Kyslíkaté bakterie a cyanobakterie (sinice) pronikaly do jiných buněk a po mnoha generacích se během evoluce staly jejich součástí jako mitochondrie a chloroplasty (tělíska dnes zodpovědná v buňkách za energetický režim).**



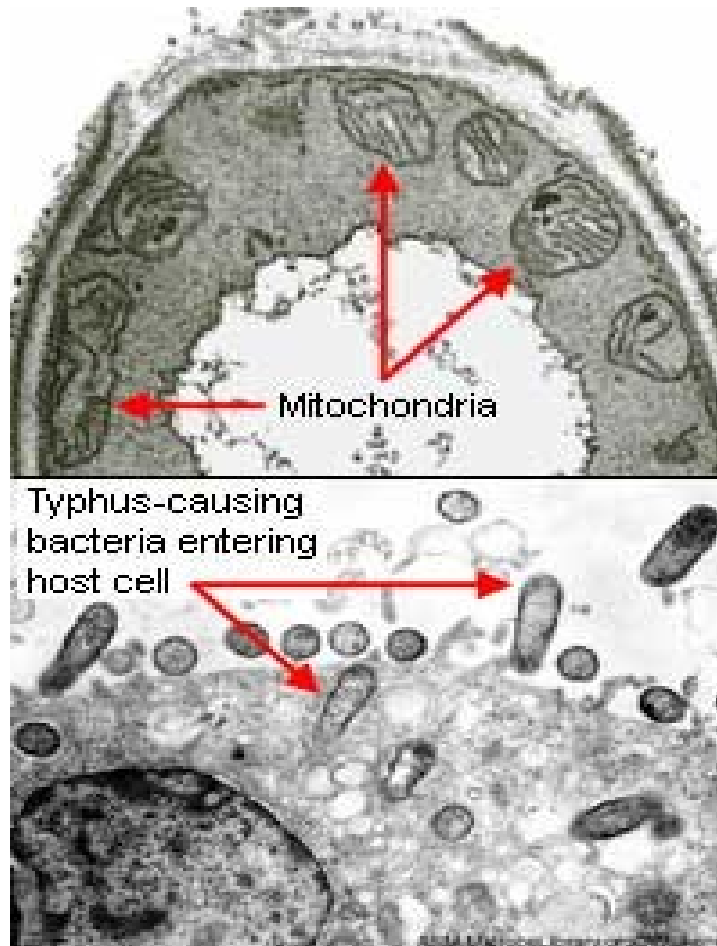


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## Výklad endosymbiózy

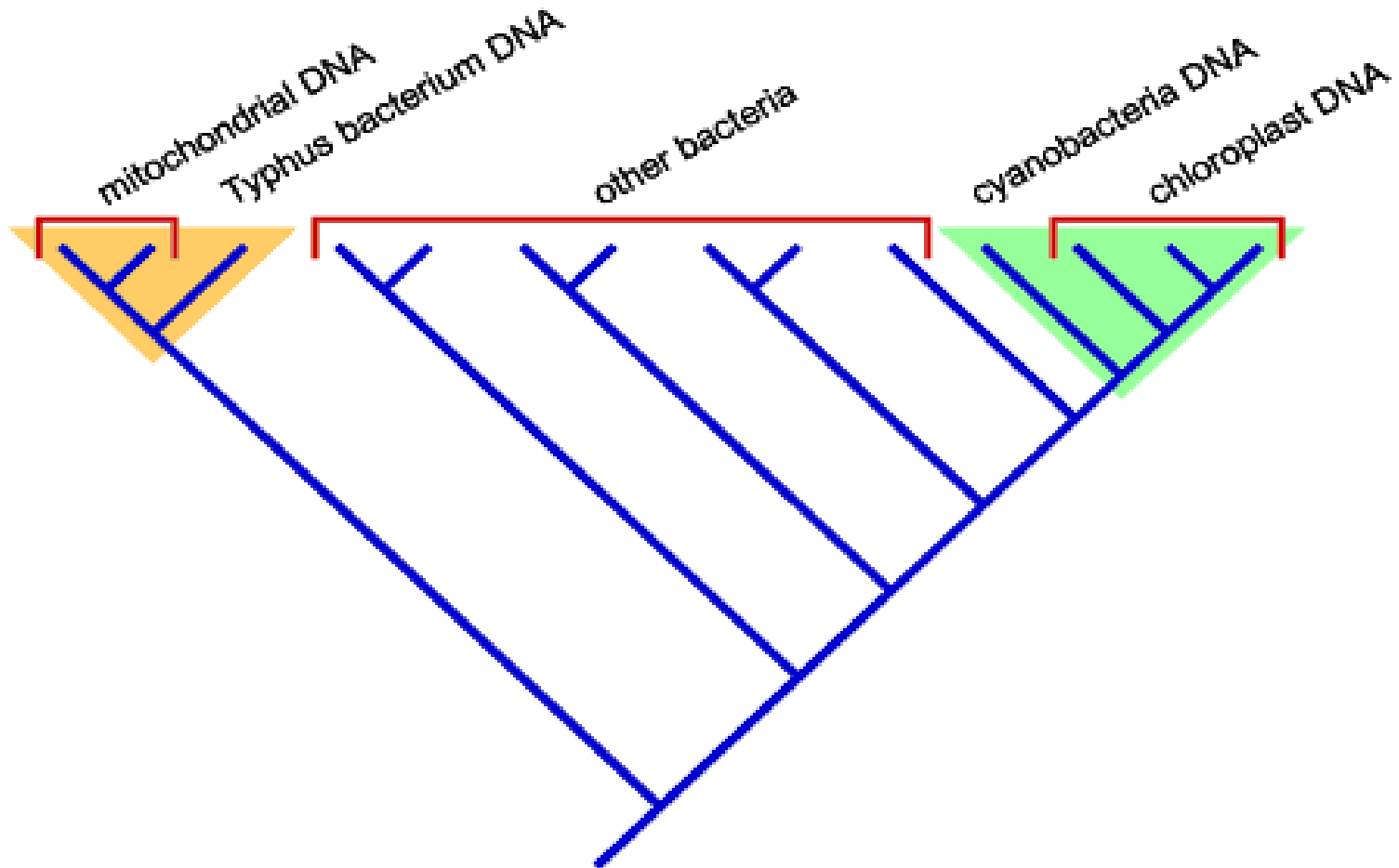
# Studie DNA u bakterií ukázaly:

**DNA mitochondrií je podobná DNA bakterií, které způsobují tyfus. Mohou být potomky jejich předchůdců (viz další obr.)**

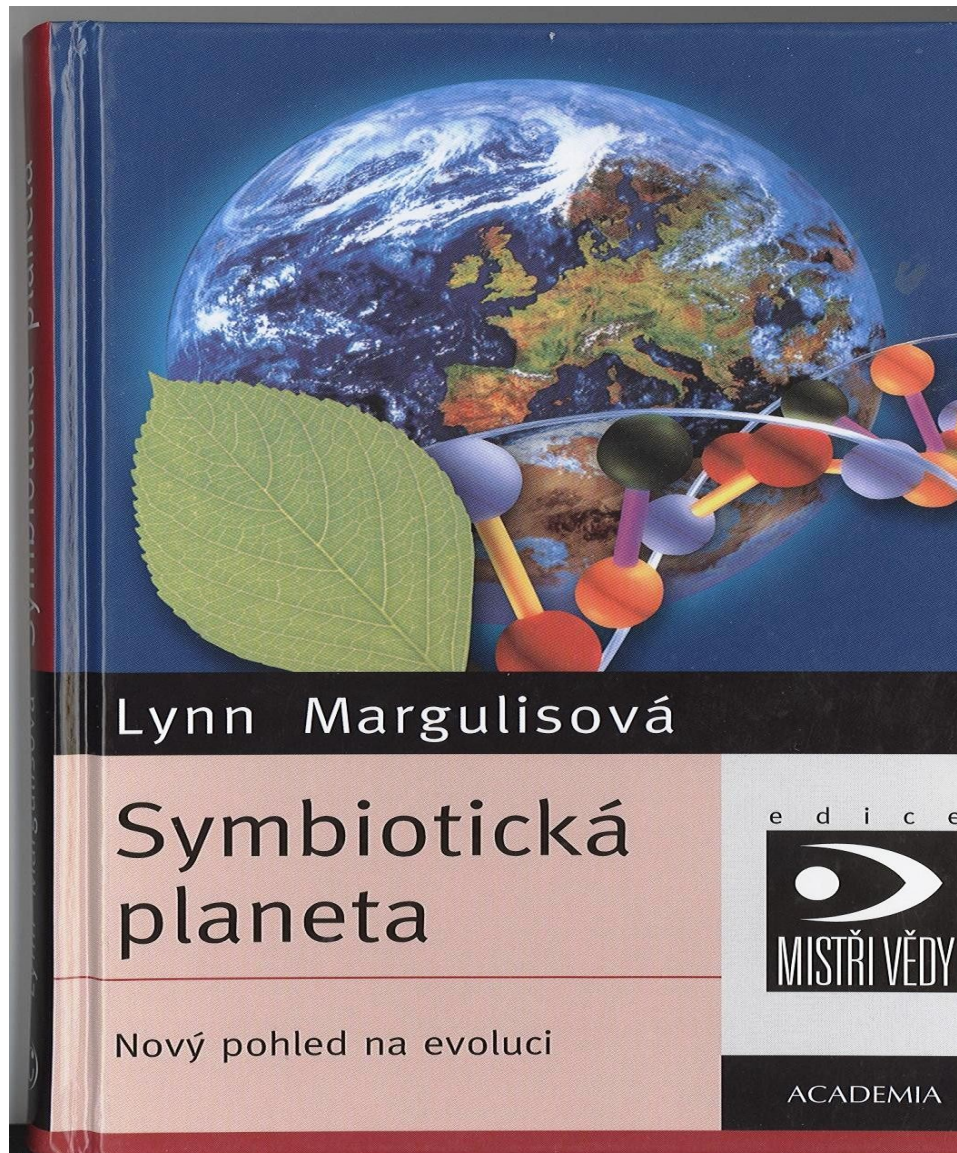


# Studie o příbuznosti bakterií podporují symbiotickou teorii vzniku eukaryot

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

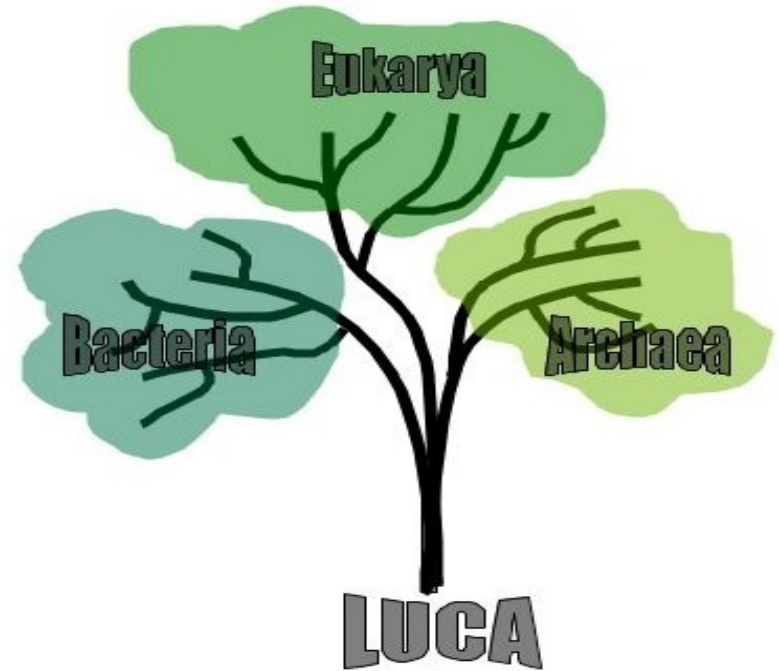
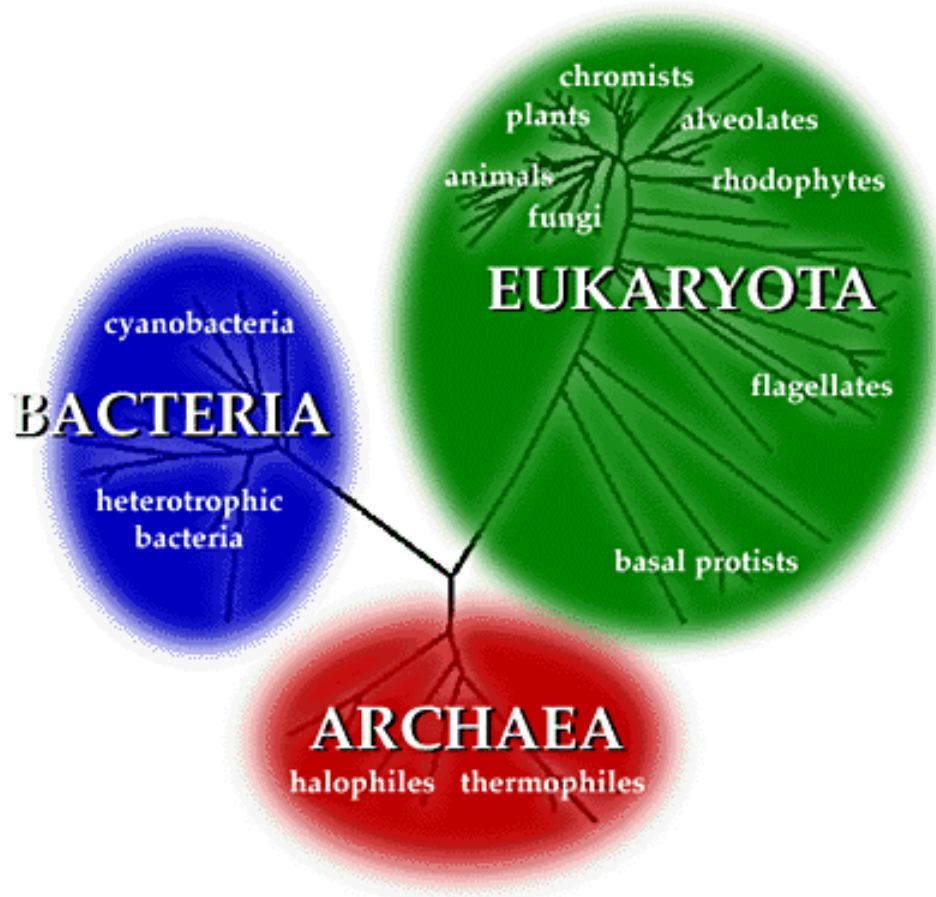


**V češtině vyšlo v r. 2004:**



# 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)

# Domain Systems

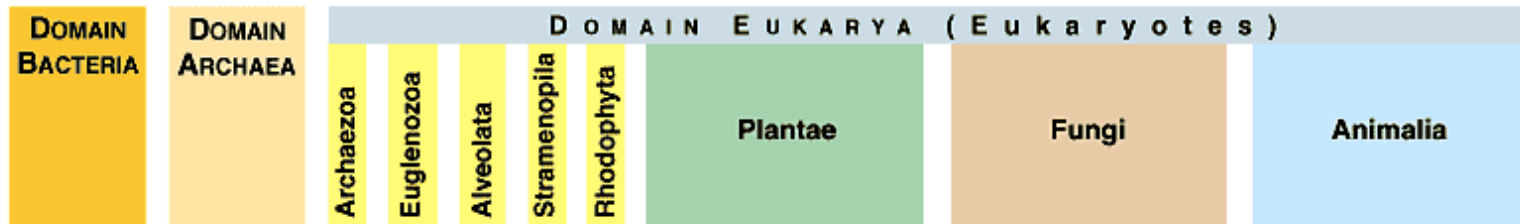
(a) A five-kingdom system



(b) An eight-kingdom system



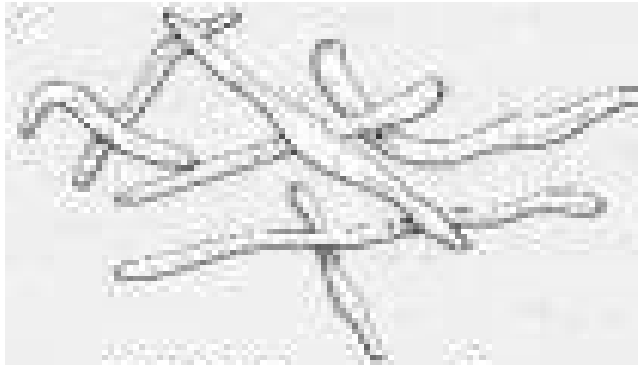
(c) A three-domain system





# Archaea – ukázka recentních zástupců

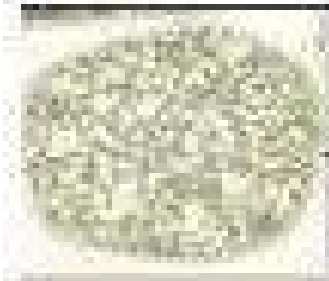
(pozn.: nebyl zjištěn žádný patogen)



**Halobacterium**



**Thermoproteus**

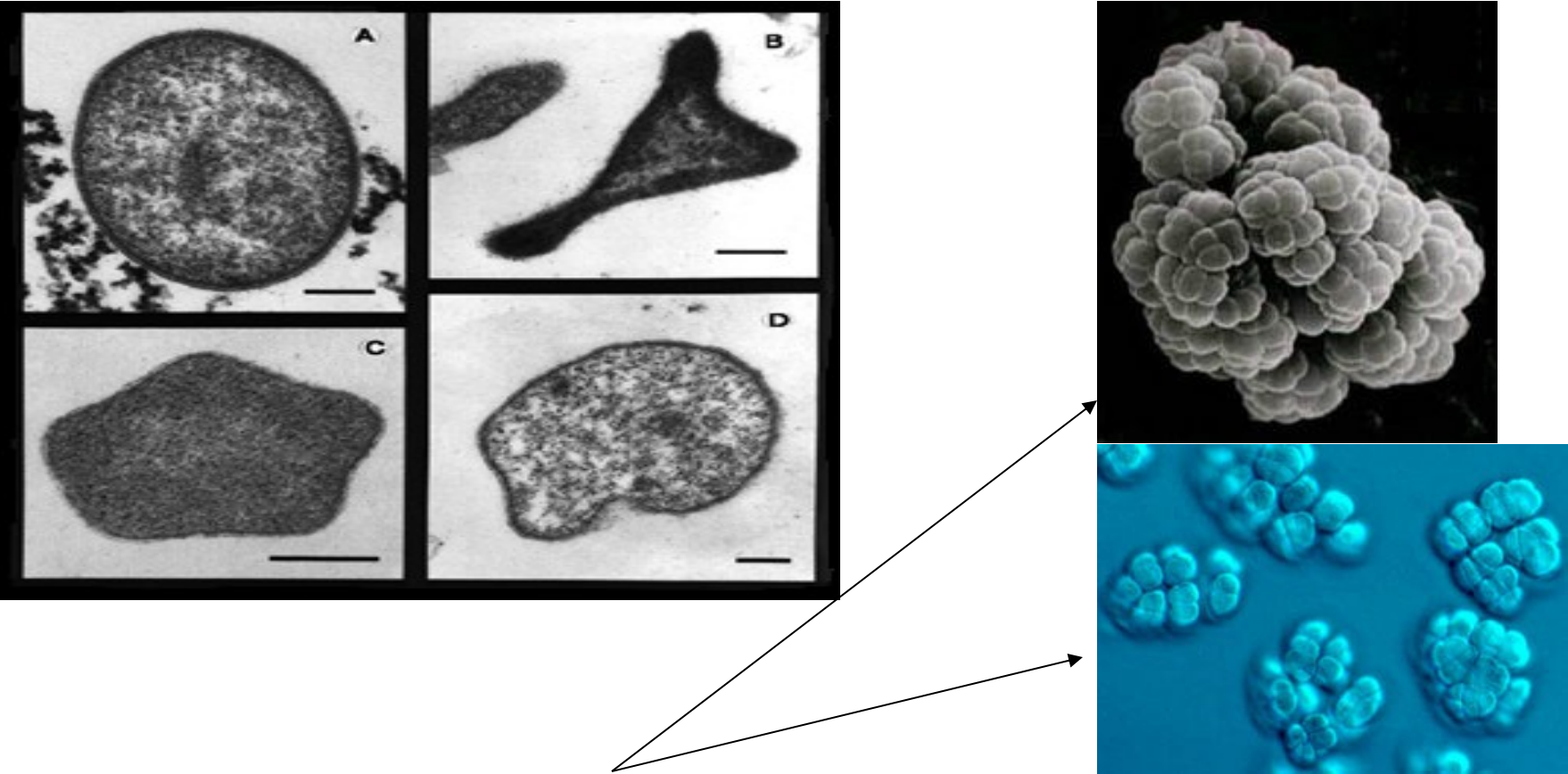


**Sulfolobus**



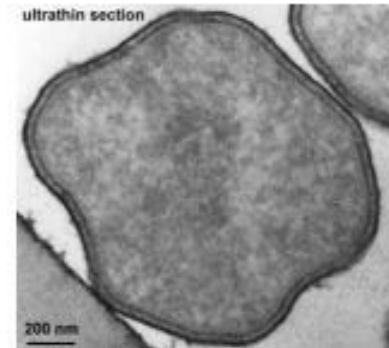
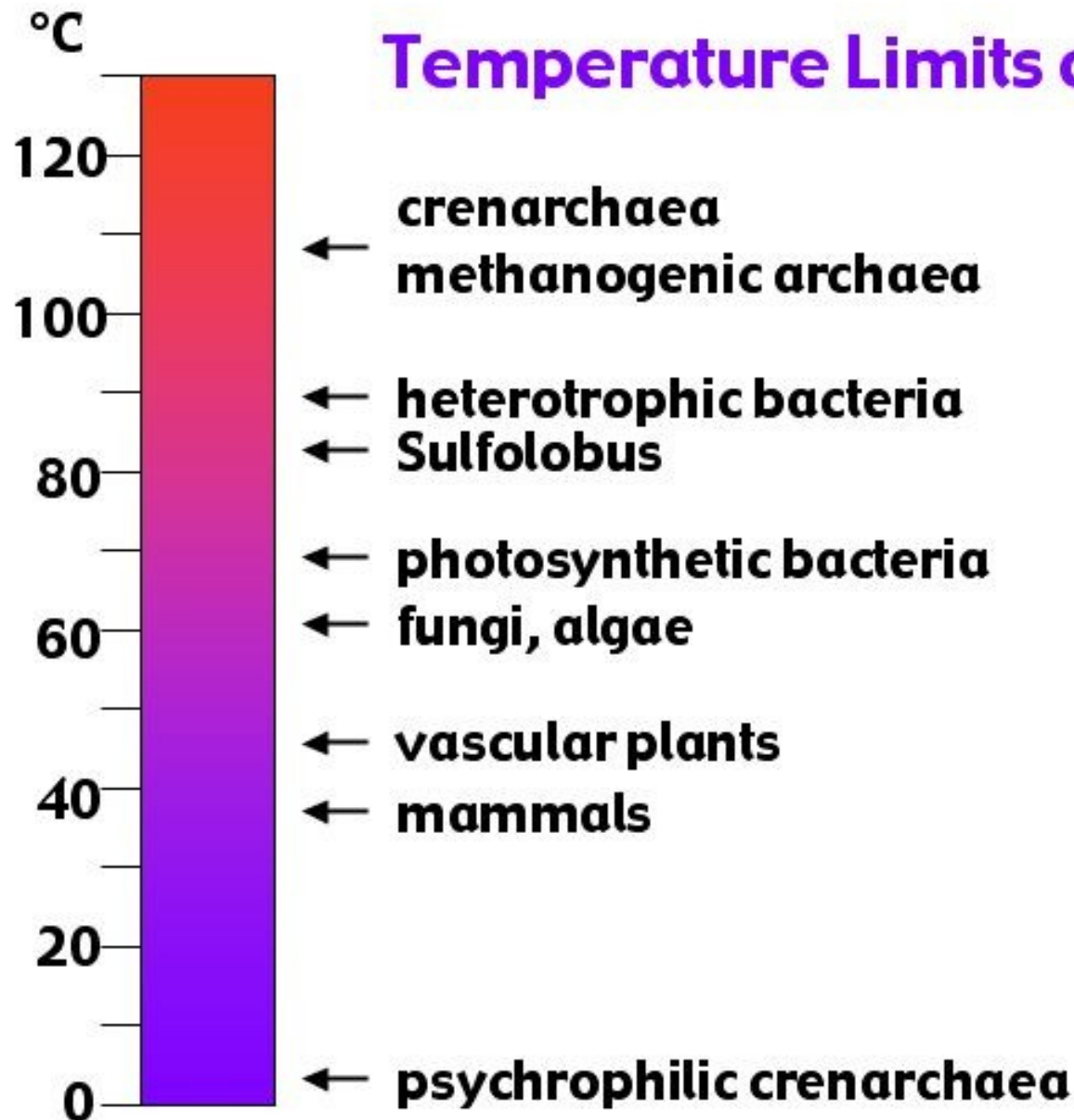
**Methanococcus**

# Recentní metanogenní archaea



- **Pozn.: *Methanosarcina acetivorans* (anaerobní podmínky, mořské dno) produkuje methan a vinný ocet prostřednictvím dvou starých enzymů (Pta-fosfortransacetyláza, Ack-acetátkináza) = jednoduchý metabolismus, odpovídající zřejmě nestaršímu zjištěnému typu metabolismu. Tyto dva enzymy v předbuněčných strukturách v souvislosti s Fe + S prostředím mohli nastartovat prvotní jednoduchý biochemický cyklus, při němž se získaná energie ukládá v molekulách ATP (adenosintrifosfátu => cesta k použitelné energii pro stavbu živých soustav).**

# Temperature Limits of Life

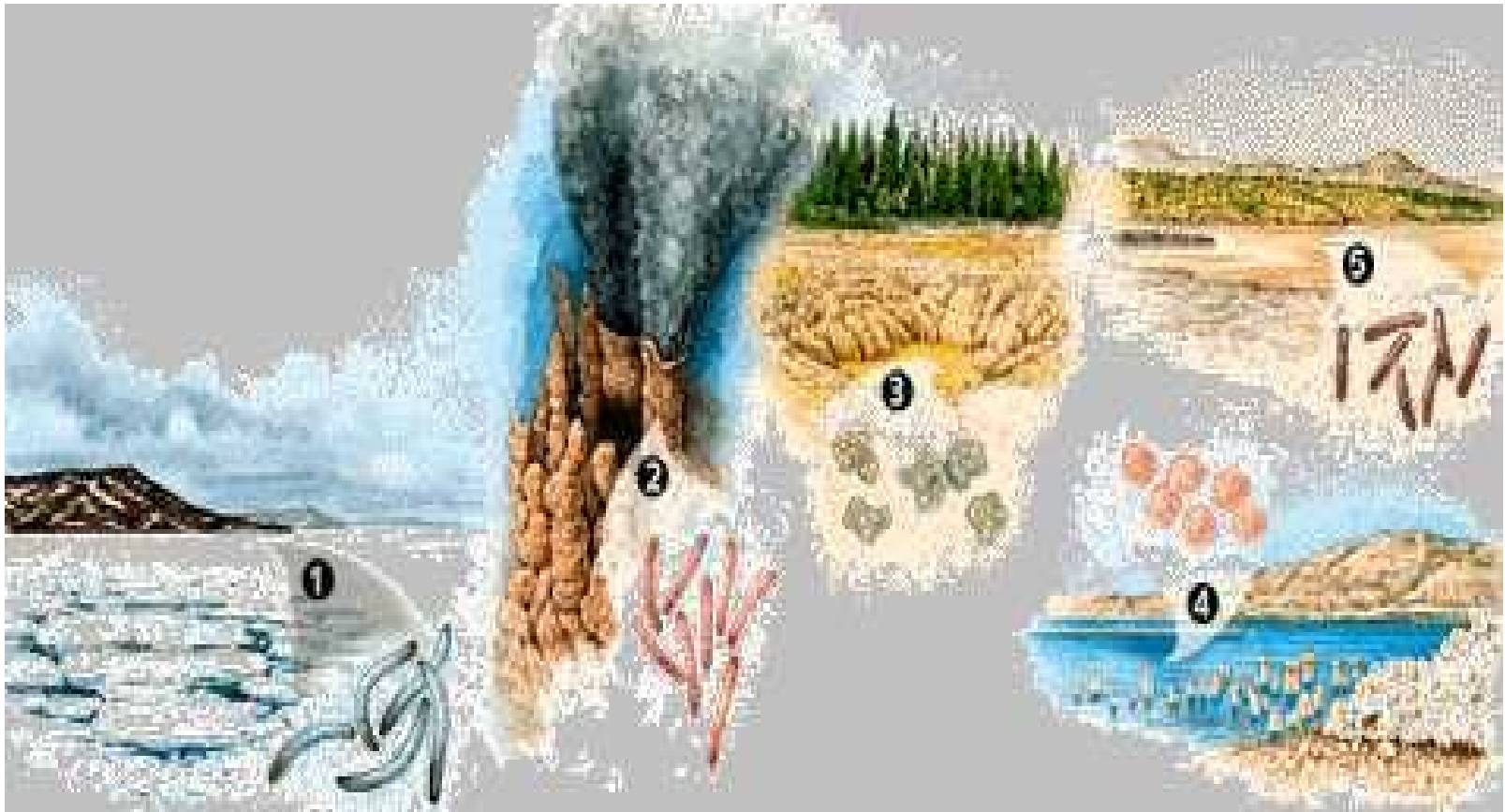


**Pyrolobus fumarii**  
**113 °C**

(Karl Stetter)

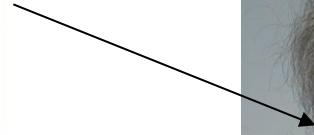
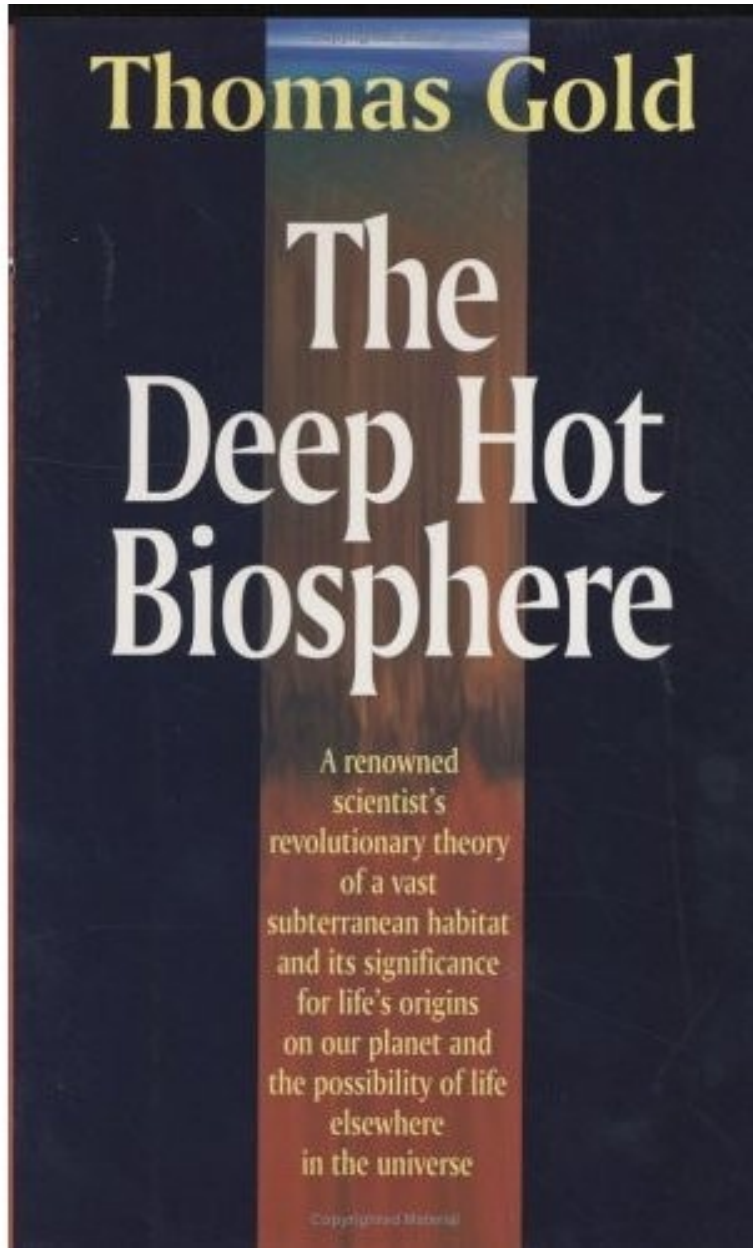
# Prostředí života archaeí

velmi slaná (1), kuřavky-velmi horká (2), anaerobní-bahenní (3), zasiřená 4), pod ledem (5)





- **Země nabízí celou řadu možných prostředí pro vznik života, vzájemně někdy velmi vzdálených jindy velmi blízkých:**
  - **povrch planety (země, hydrosféra – jílové minerály Bernal 1967, atmosféra – povrchová chemie-minerály, Wächterhäuser 1988)**
  - **velké hloubky zemské kůry (T. Gold 1997, „The deep hot biosphere“, organometalokomplexy)**
  - **přechodná prostředí (kuřavky v oceánech, Wächterhäuser 2000)**
  - **ledové příkrovy (H. Trinks)**
  - **a/nebo kombinací těchto míst (viz dále)**



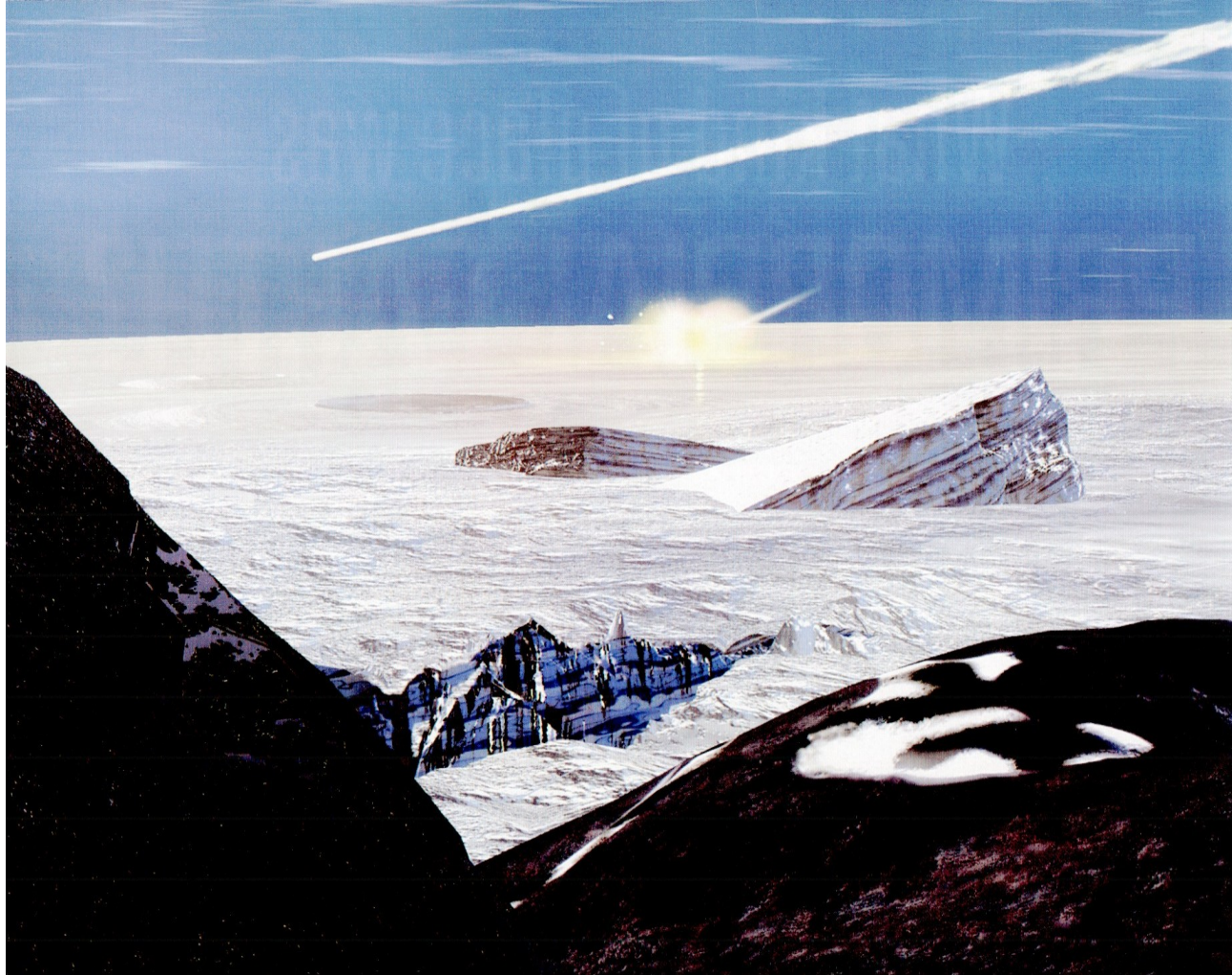
The last universal common ancestor of all life — a microbe dubbed LUCA that existed around 3.5 billion years ago — probably resided in a hydrothermal vent that had low oxygen levels.

To find out how the organism lived, William Martin and his colleagues at Heinrich Heine University Düsseldorf in Germany reconstructed the evolutionary trees of more than 6 million genes from bacteria and archaea. They identified 355 protein families that were probably in LUCA's genome — these are involved in anaerobic metabolism and fixing carbon dioxide and nitrogen. This suggests that LUCA lived in an environment that was rich in hydrogen, CO<sub>2</sub> and iron, such as a hydrothermal vent.

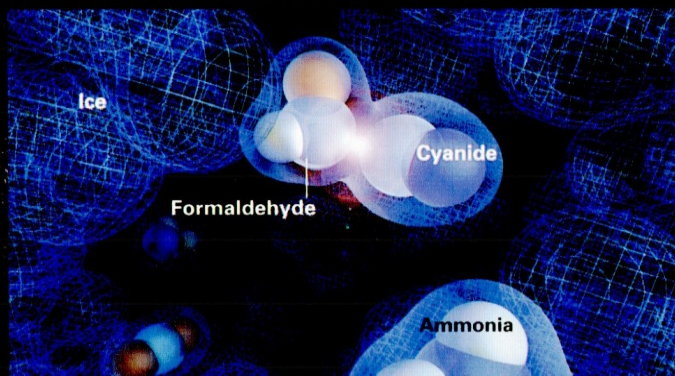
LUCA may have depended heavily on the geochemistry of the vent to survive.

*Nature Microbiol.* <http://doi.org/bm2s> (2016)





## DID LIFE BEGIN IN A BALL OF ICE?



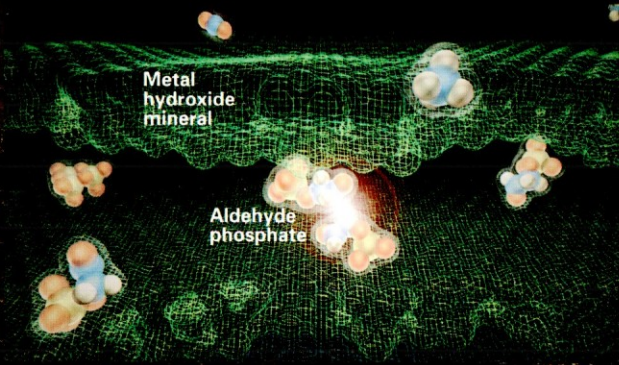
### 1,000 feet of ice

Ice caps the ocean and shields it from UV light. At the base of the ice, pockets of water bring organic compounds together for possible reaction.

### Deep-sea vent



### ... A POND?

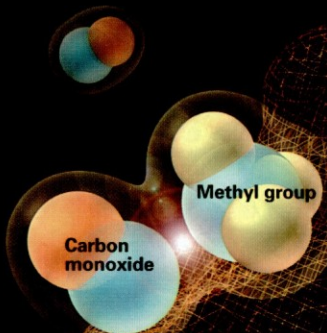


**Pond**

Glaciers, volcanoes, geysers, and interplanetary debris supply compounds to water that collects in ponds and shallow basins.



## ...OR A CAULDRON?



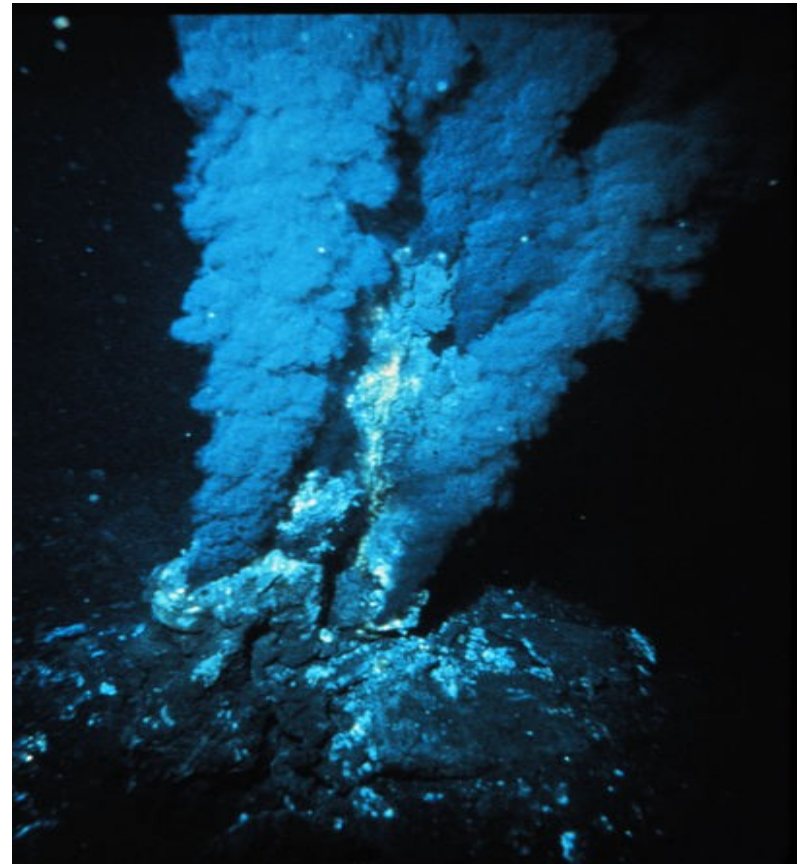
Pyrite

Hot spring

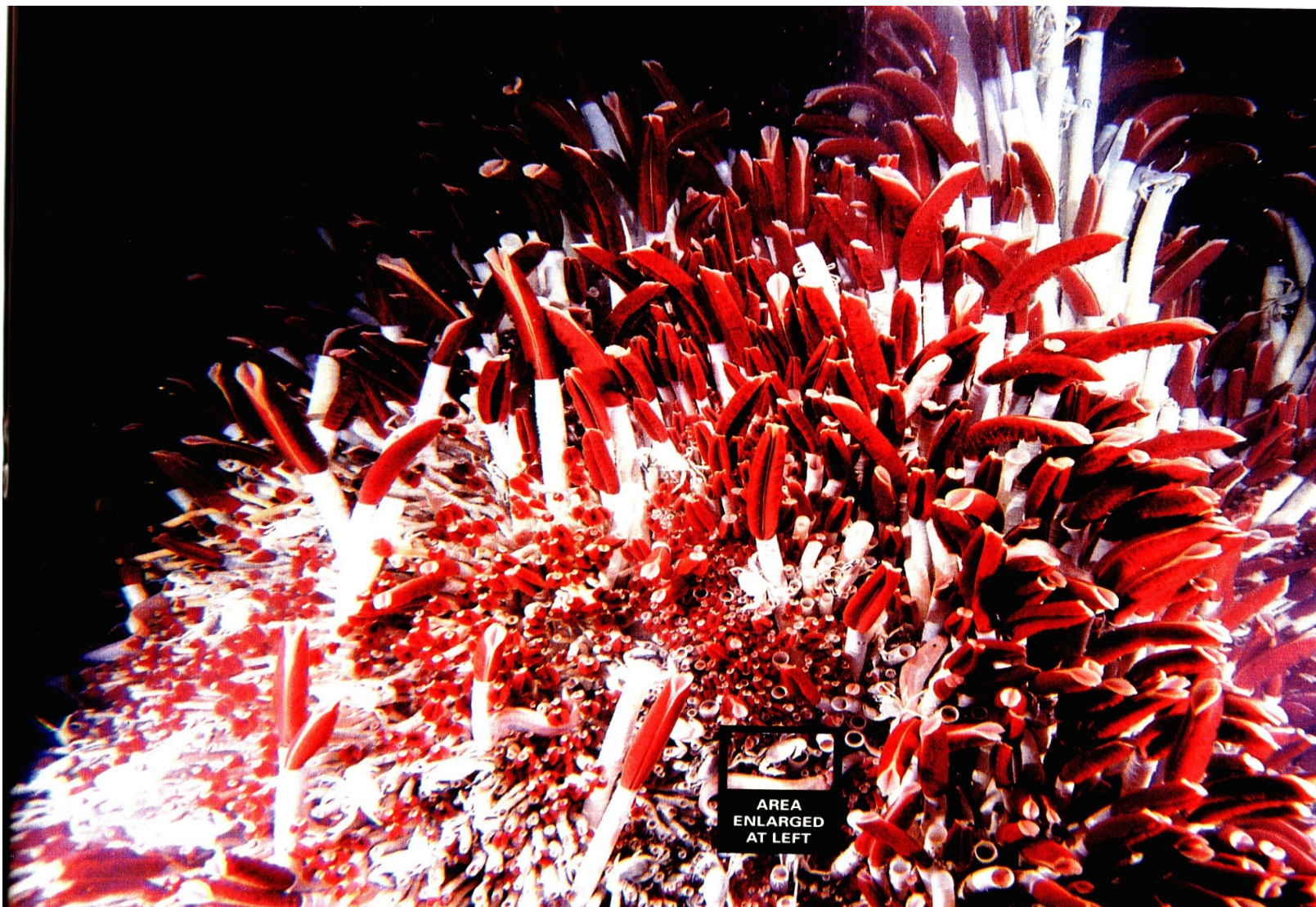
At volcanic sites such as hydrothermal vents and geysers, gases deliver vital compounds to the surface, where reactions ensue.

Deep-sea vent

**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.**

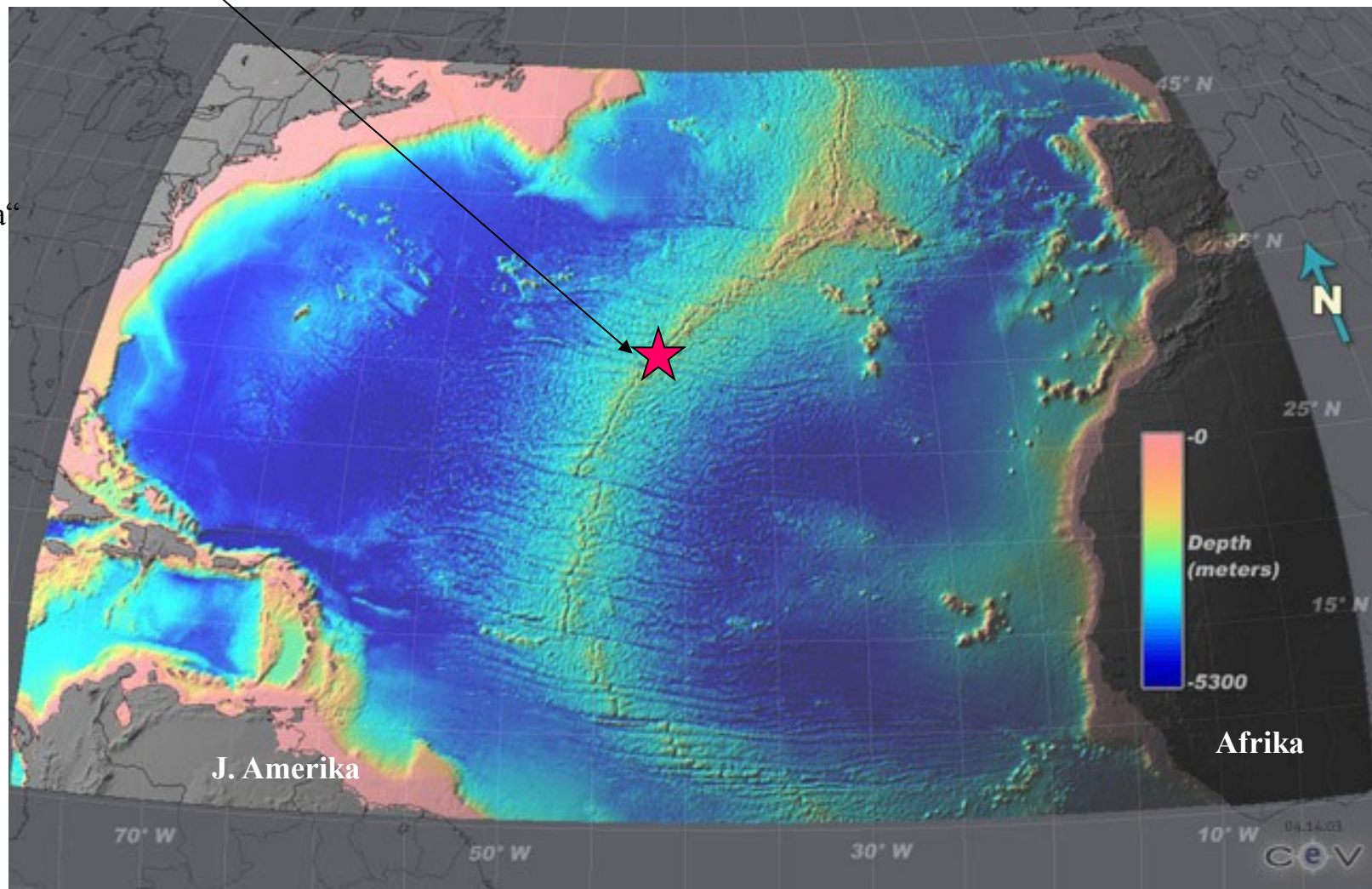


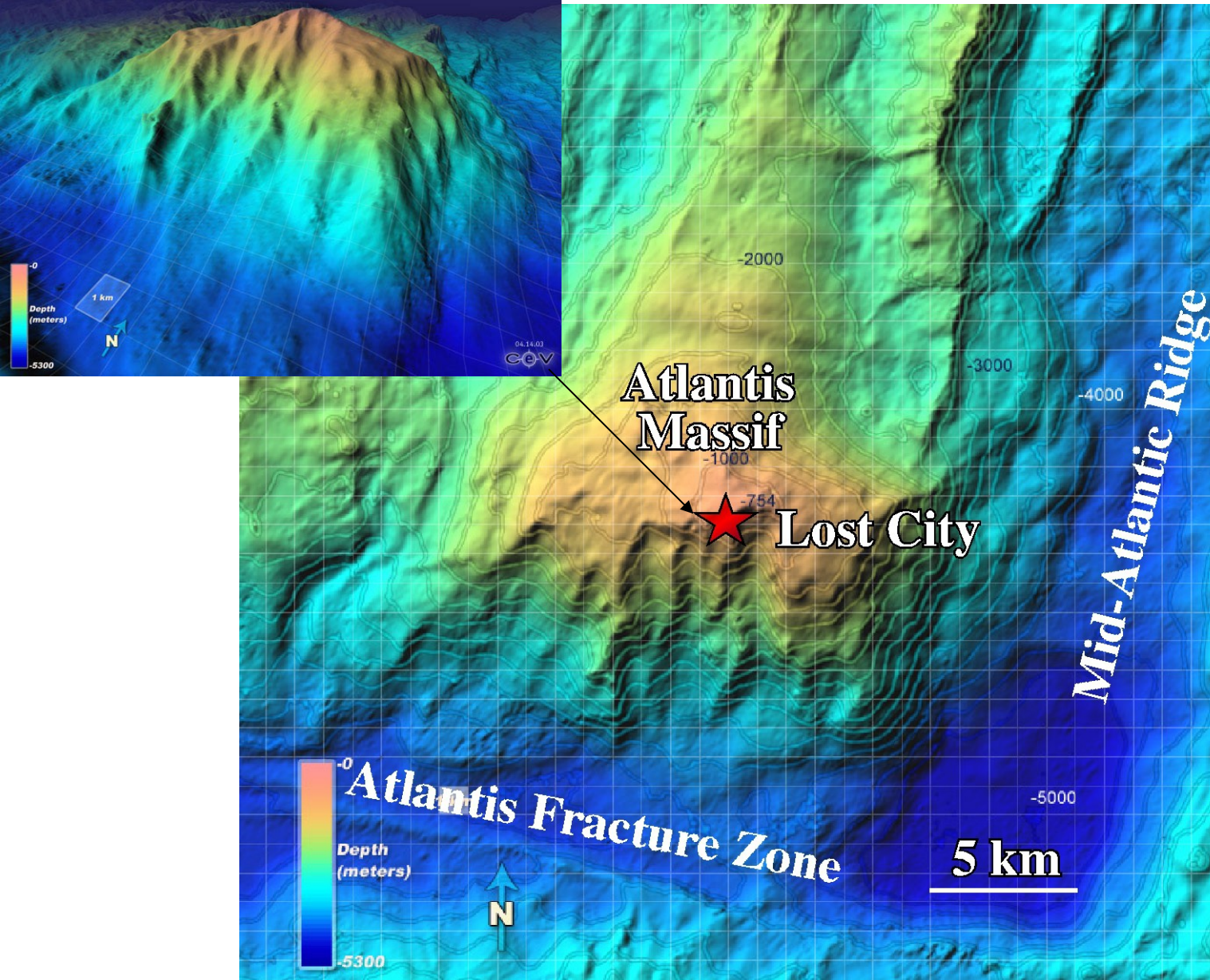
# Kolonie červů v blízkosti kuřáku



**Lost City**, žilné pole objeveno v roce 2000, 800m hloubka,  
v gejsírech voda 40-90 st. C,  
pH9-11 (alkalické cca shoda s oceánskou vodou),  
CaCO<sub>3</sub> stavby - bílé,  
**uhlovodíky** zde vznikají působením mořské mořské vody a  
horninového okolí kuřáku (z **nebiologických zdrojů**)

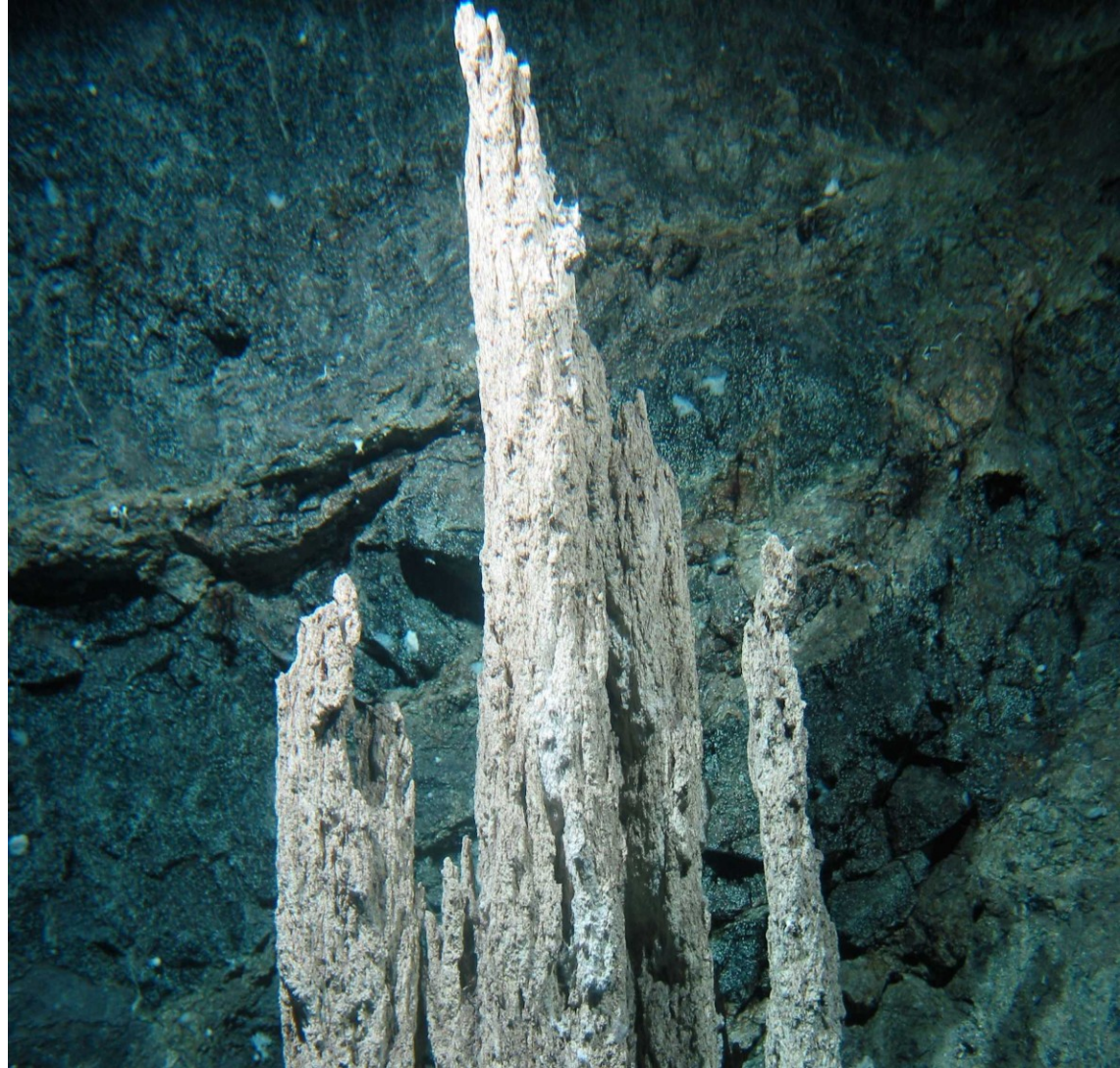
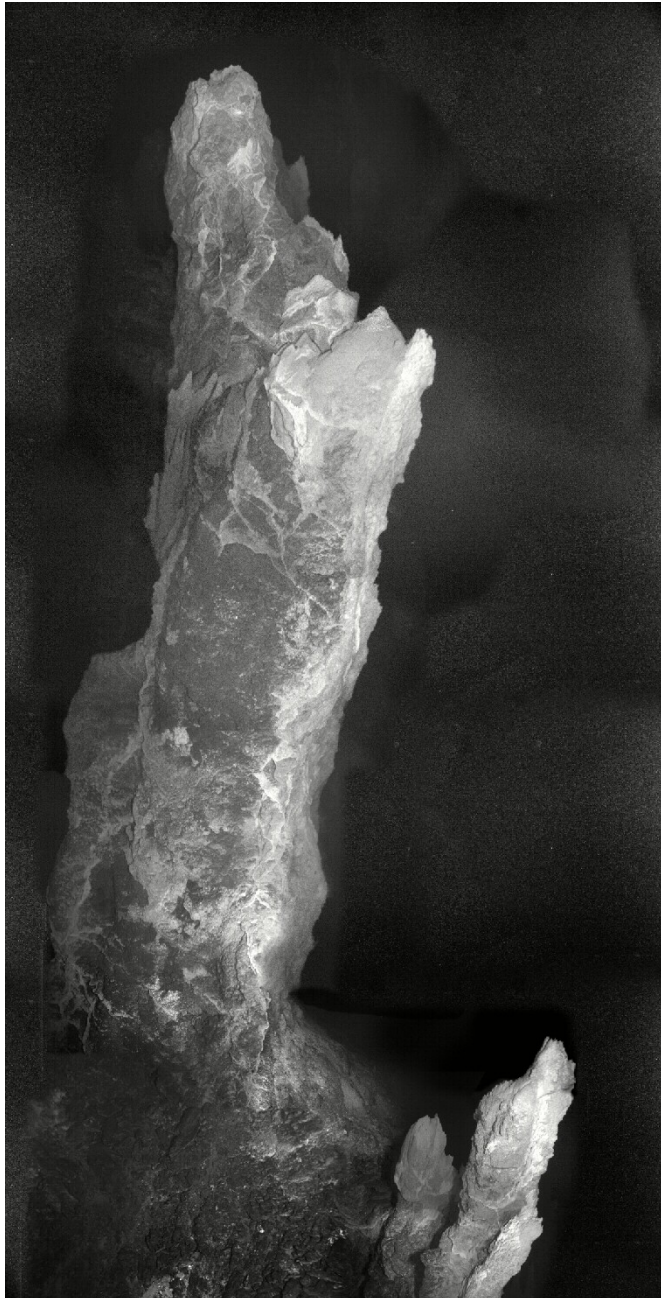
Geologicky:  
? chybí kus kůry ?  
„okno do zem. nitra“  
⇒ vysoká poloha  
pláště



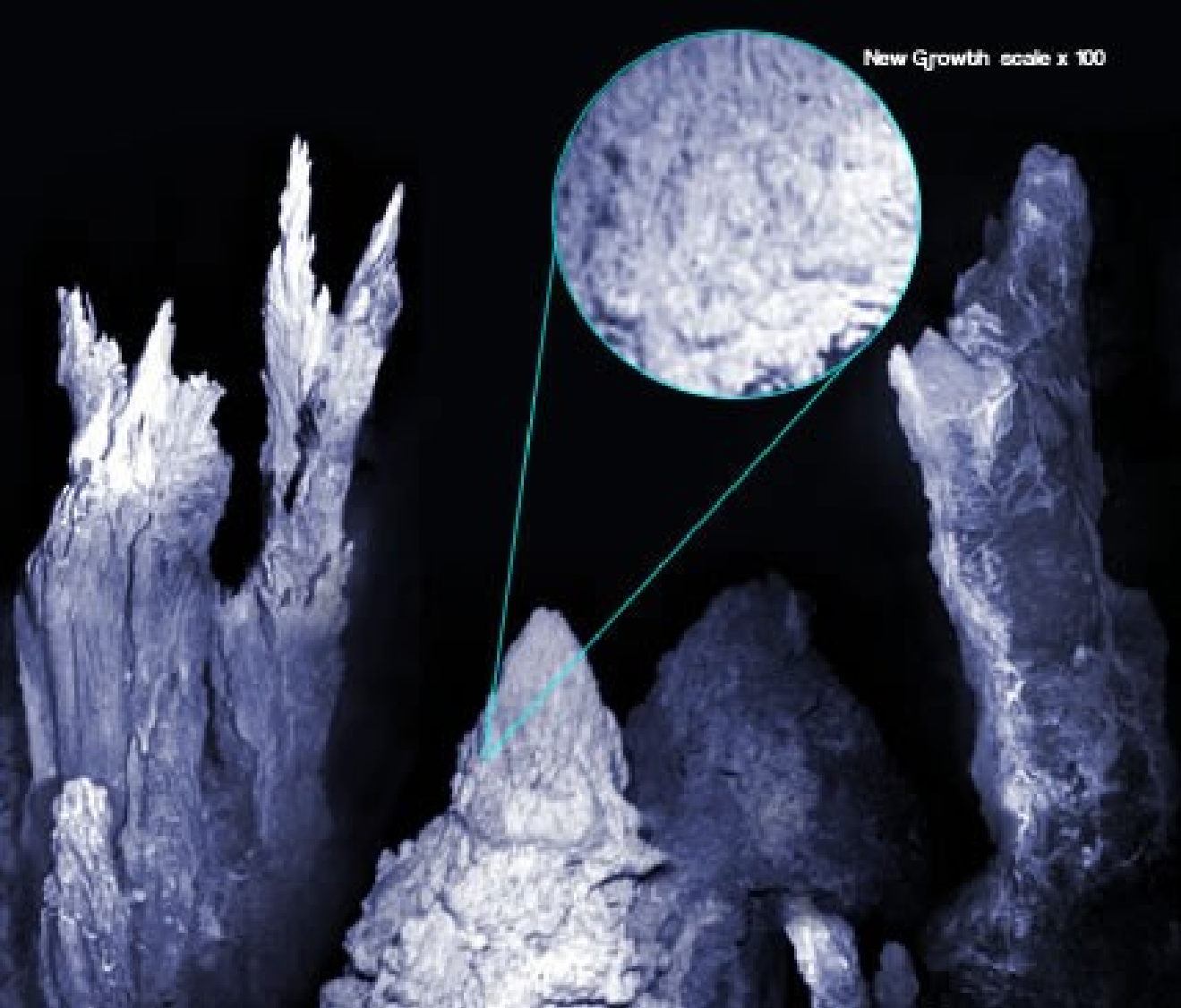


**Situace kolem Lost City (1.5 Ma )**

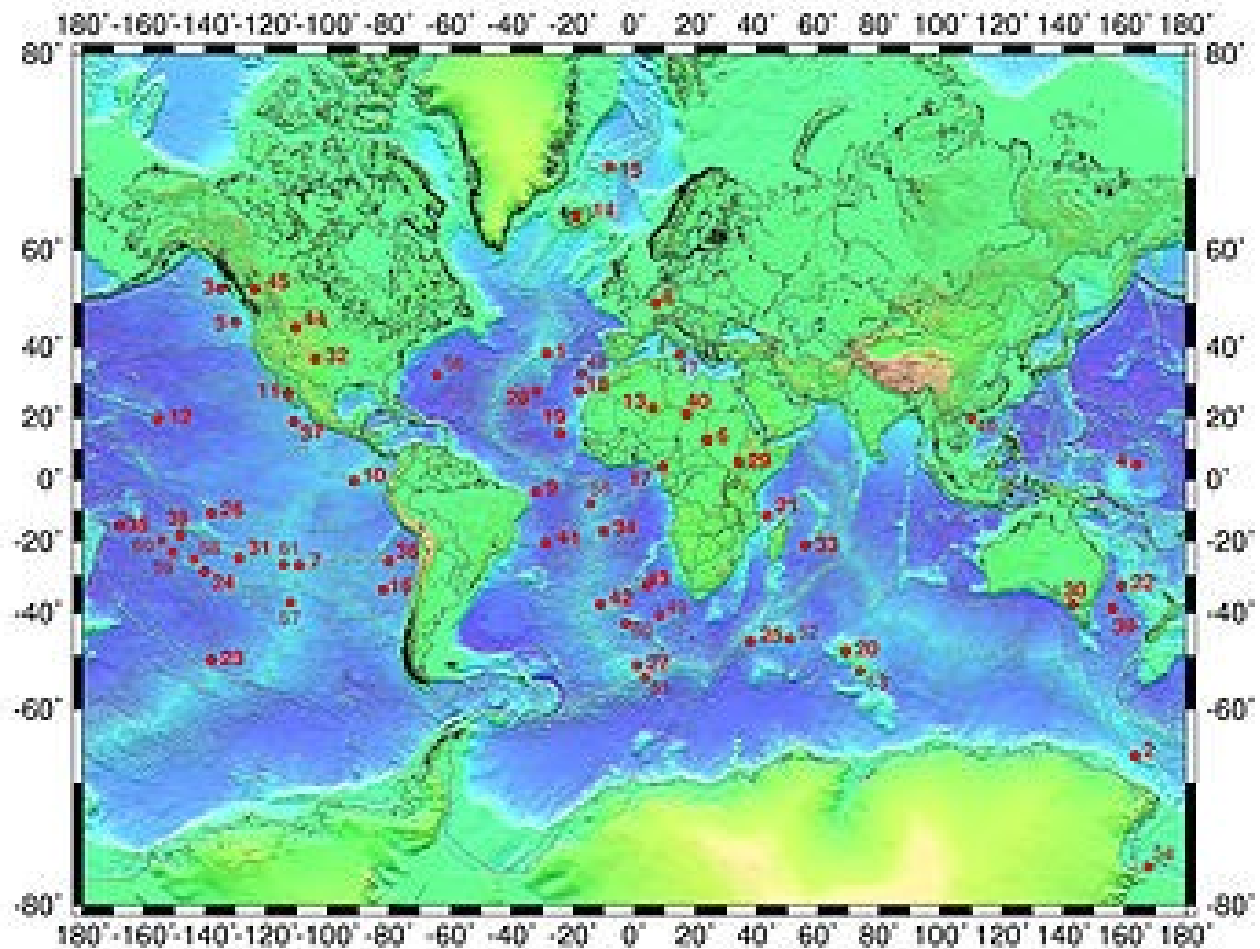
**Vápencové věže v oblasti Lost City jsou až 60m vysoké**







Lost City, cca 30. 000 let, studium komínů a jejich archaeí ukázalo, že dnes vzácné DNA sekvence jsou častější ve starých komínech = evoluce



**Známé „hot spots“ a jejich pozice na planetě**

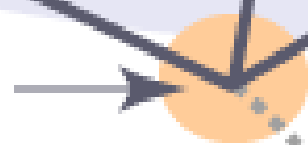
# Život na Zemi z geologického pohledu:

- **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)**

# The 3 domains that include all living things



the most recent common ancestor of all living things



forebear lineages from before the most recent common ancestor



# Život jako tvůrčí geologický faktor

- Živá a neživá složka planety vyvářejí společný dynamický systém (termodynamika)
- Život (biosféra, noosféra ) se podílí na vlastnostech a charakteru atmosféry (např. volný kyslík), hydrosféry (kyslík, koloběh CO<sub>2</sub>) i litosféry (tvorba hornin, ložisek) i geologických procesech (transport látek a materiálů, organizmy s fotosyntézou se dnes podílejí na geochem. energ. cyklu 3x více než čistě geologická aktivita Země )
- Výsledkem této dynamiky je v každém čase nový a odchylný obraz celé planety a všech jejích složek
- Tato dynamika kolísá v mezích, které nikdy nepřekročily podmínky pro zachování života
- Odraz v oblasti lidské etiky

# Jak problém života uchopit ?

- - jako každou otázku našeho poznání
- - poznání je individuální, volná volba forem poznání a vnímání světa,
- - vědecké poznání je neukončené a otevřené, jeho součástí je omyl, testování, oprava a doplňování (není „vlastníkem“ pravdy)
- - koexistence myšlení, názorů, různých forem poznávání, tedy i poznávání života

## **Použité prameny:**

**Courtillot, V. , 1999: Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction. – Cambridge University Presss, 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.**

**Paturi, F. X., 1995: Kronika Země. - Fortuna Print, pp. 576. Praha**

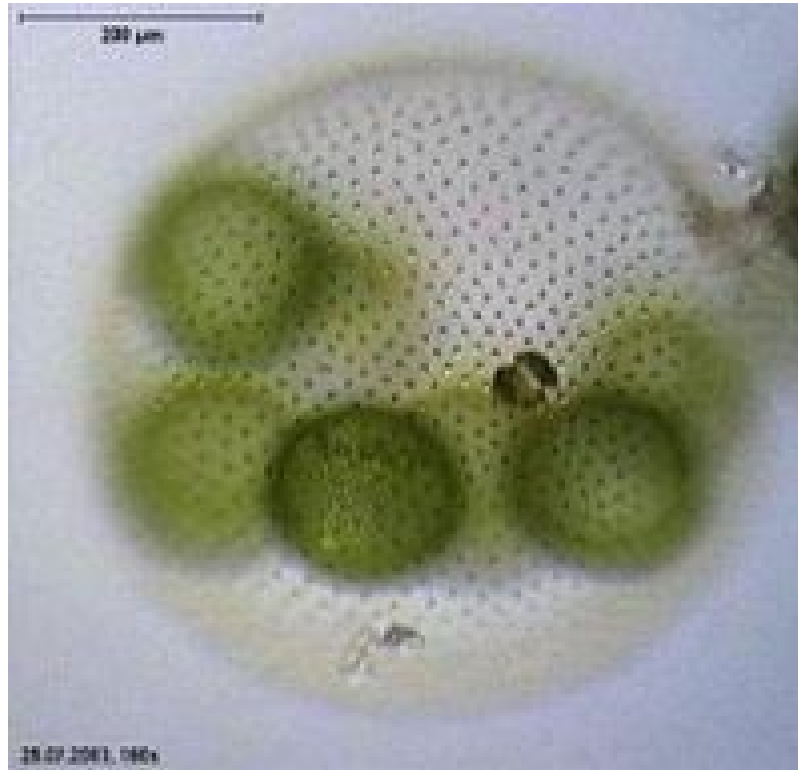
**Pálfy, J., 2005: Katastrophen der Erdgeschichte – globales Aussterben ? – Schweizerbart.  
Ver. (Nägele u. Obermiller), pp. 245, Stuttgart.**

**Raup, D.M.,1995: O zániku druhů. – Nakl. LN, pp.187. Praha.**

**Internet – různé databáze (především obrazová dokumentace)**







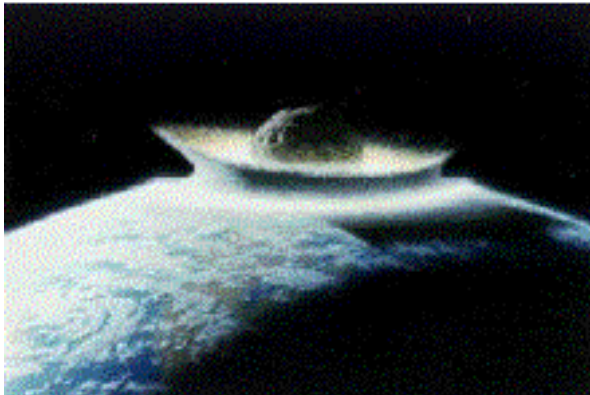
*Volvox aureus* – koloniální bičíkovec



## *Precambrian*

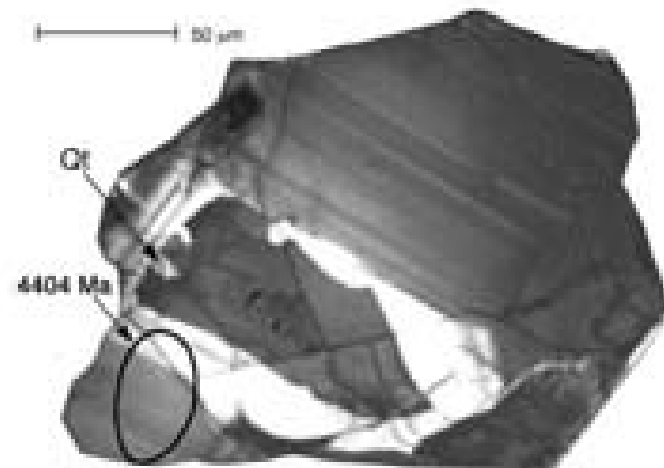
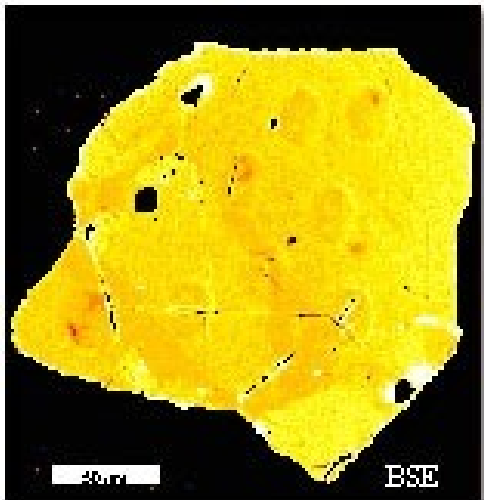
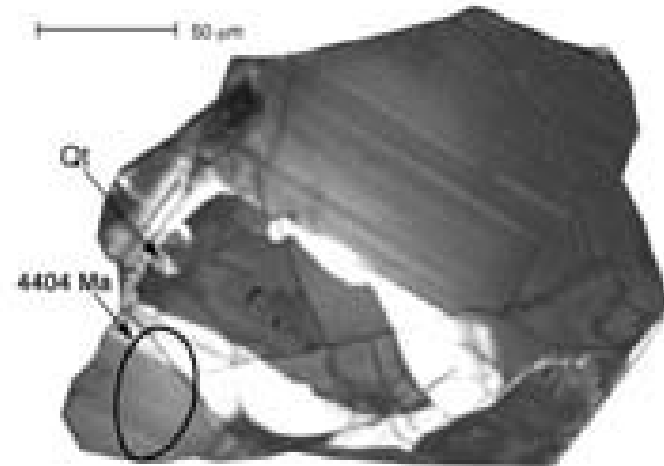
# Early Oceans from 4 bya

- Much water vapor from volcanic degassing.
- Salt in oceans is derived from weathering and carried to the oceans by rivers.
- Part of the earth's water probably came from comets.
  - Comets are literally large dirty snowballs.
  - Provide fresh water.



# Oldest Rock on Earth

Zircon from an Australian sedimentary rock indicates an age of 4.4 Gyr years old. Quartz from the same rock reveals that water existed on Earth at this time.



# Oldest Rock on Earth



Ruly Acasta (Grónsko)

# The Earth's Oldest Crustal Rocks

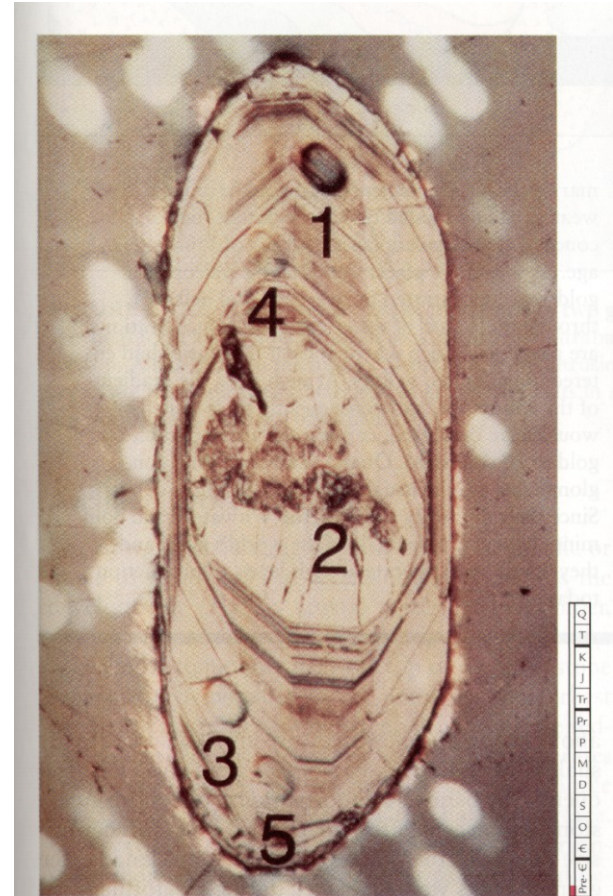
3.96 Ga +/- 3 Ma



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

# Origin of Continental Crust

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



**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?

# Archean rocks (cont.)

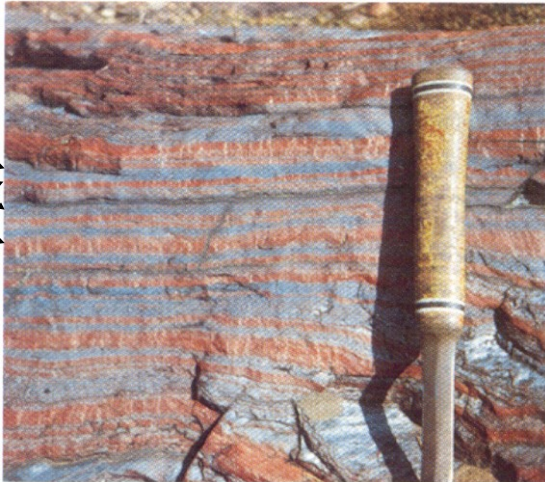
- **Banded iron formations**
  - Alternating bands of **iron-rich** layers and **chert** layers
  - Thought to have **precipitated from hot marine water** associated with igneous activity
  - Iron is **weakly oxidized** (looks like iron), suggesting little or no exposure to oxygen
    - Very few banded iron formations younger than 1.9 billion years old (when atmospheric O<sub>2</sub> increased)
    - Most iron deposits younger than 1.9 billion are highly oxidized (red beds)
  - Principal source of world's **iron ore**

11

23

## Banded iron formations

Iron layers  
Chert layers  
(red)

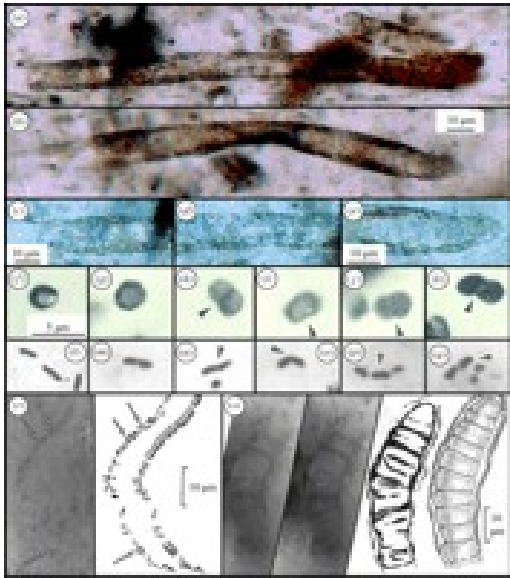


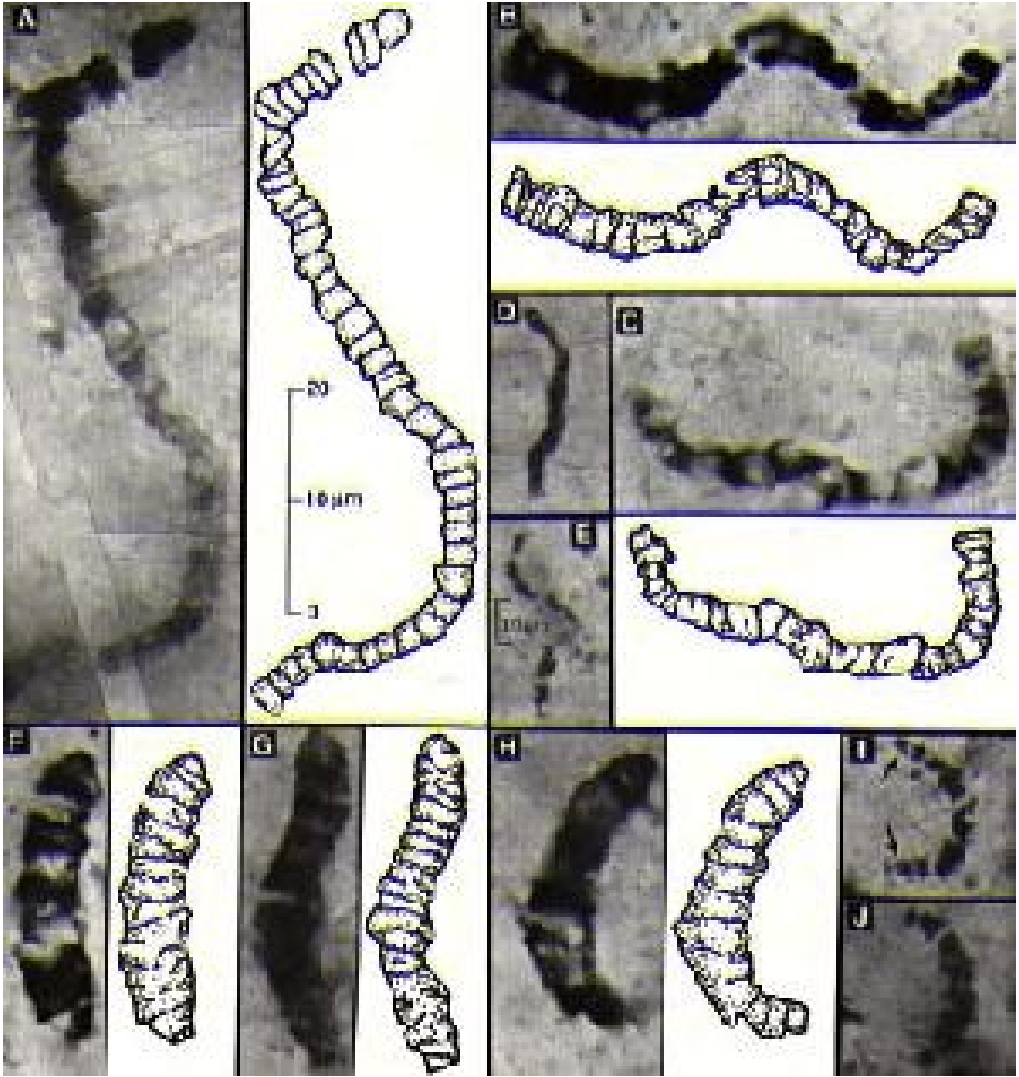
Earth Hstry, Ch 11

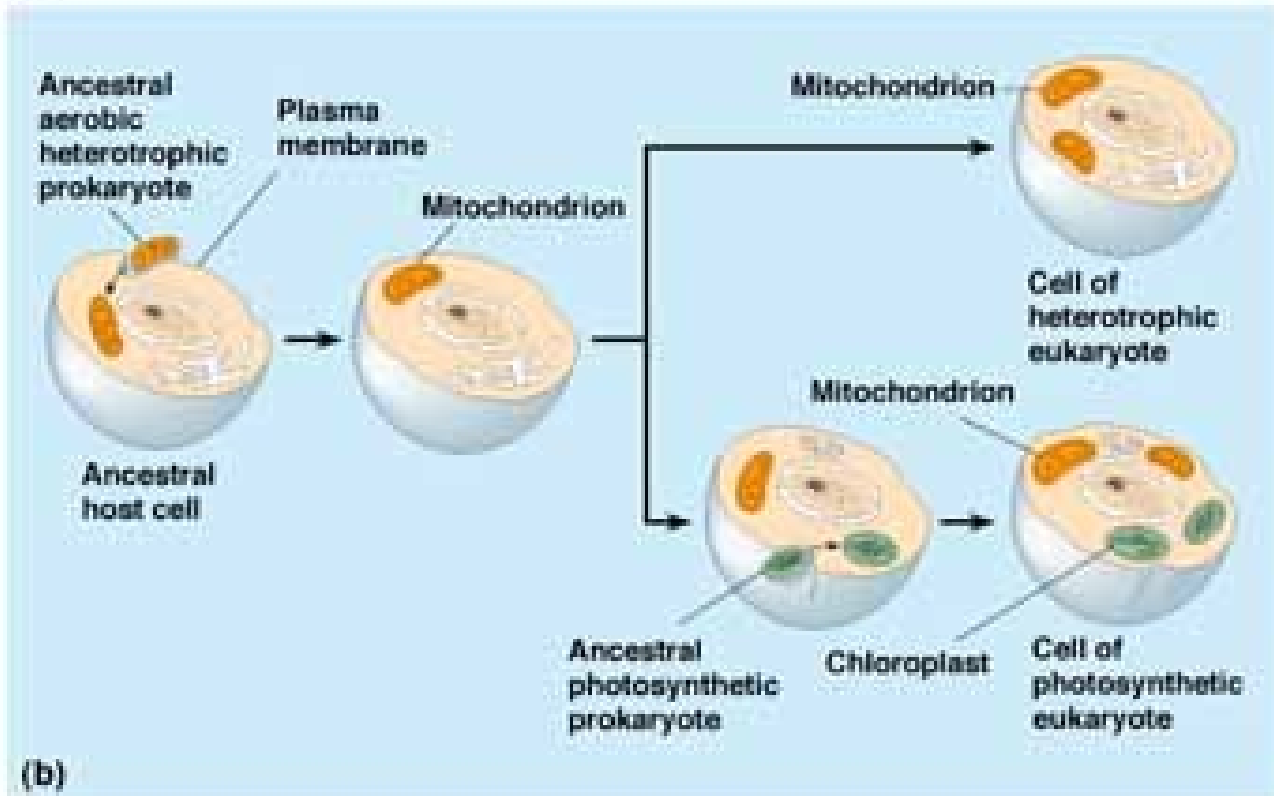
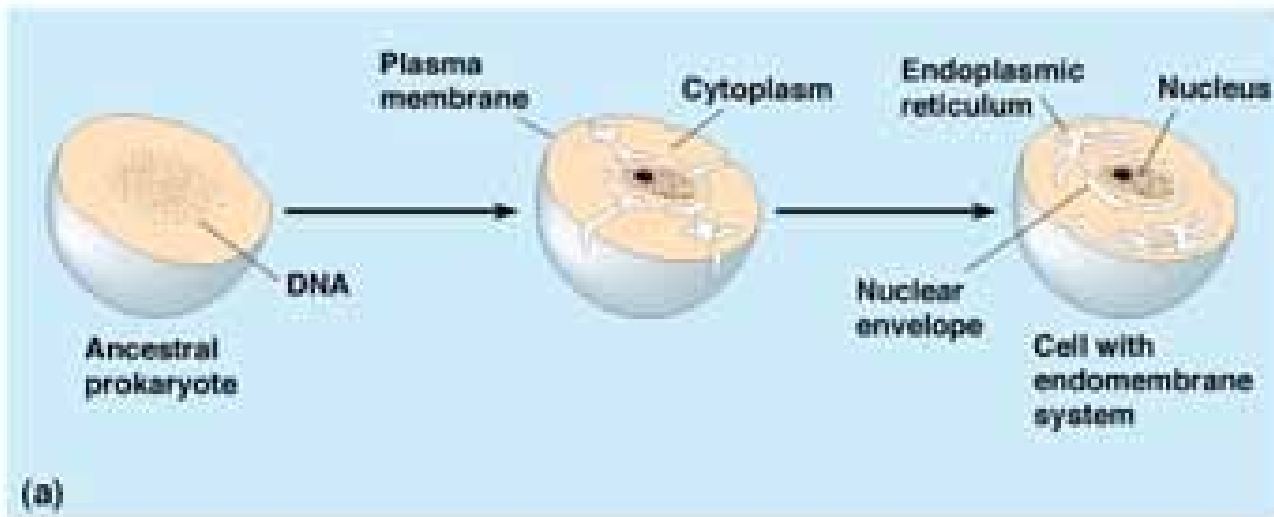
24

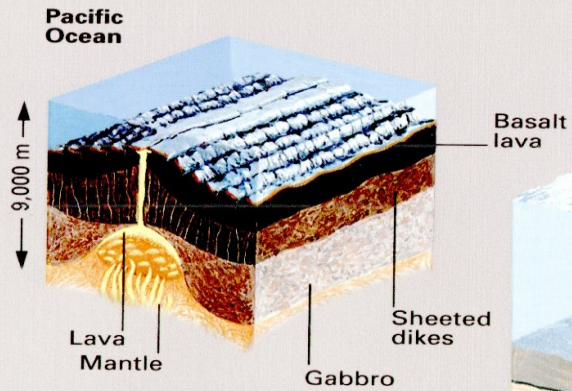






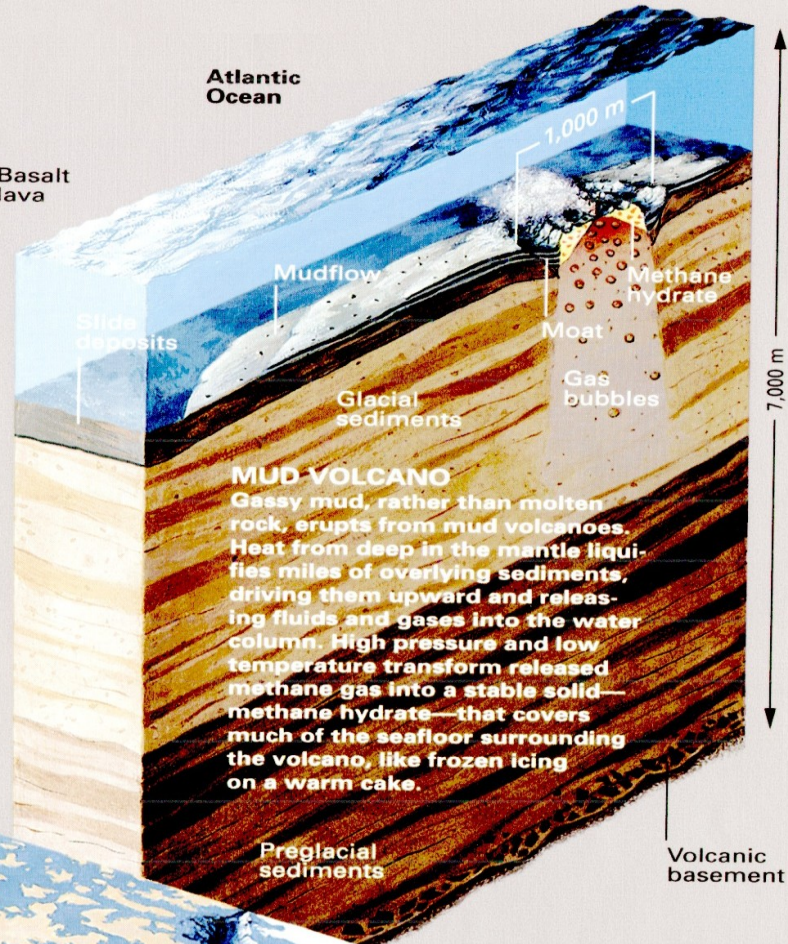






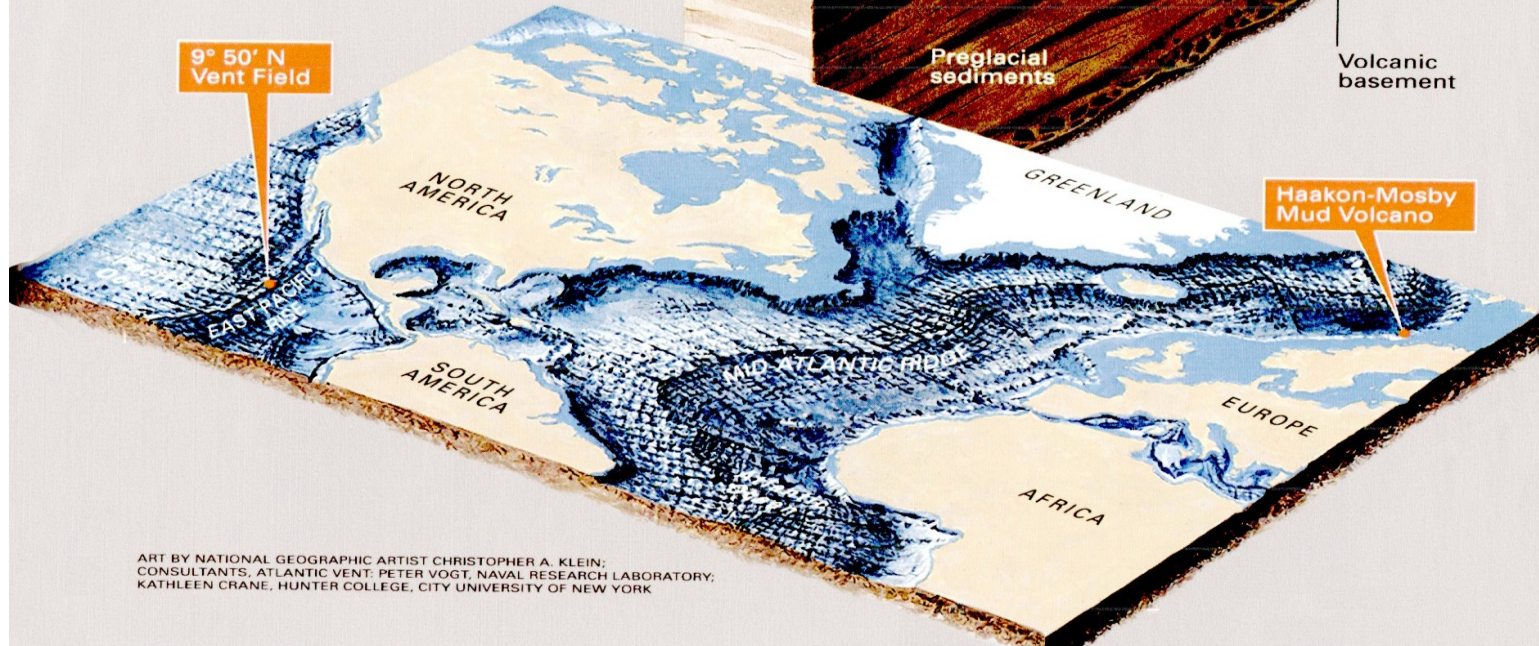
### HYDROTHERMAL VENT

The Earth's crustal plates pull apart along the mid-ocean ridges, and lava surges up between them, cracking as it cools into new crust. Seawater penetrates fissures that can be miles deep; then, heated as it nears the magma layer, the water expands and rises rapidly. Heavy with minerals leached from surrounding rocks, it gushes from the bottom in fuming geysers or in lower temperature springs with a gentler flow.



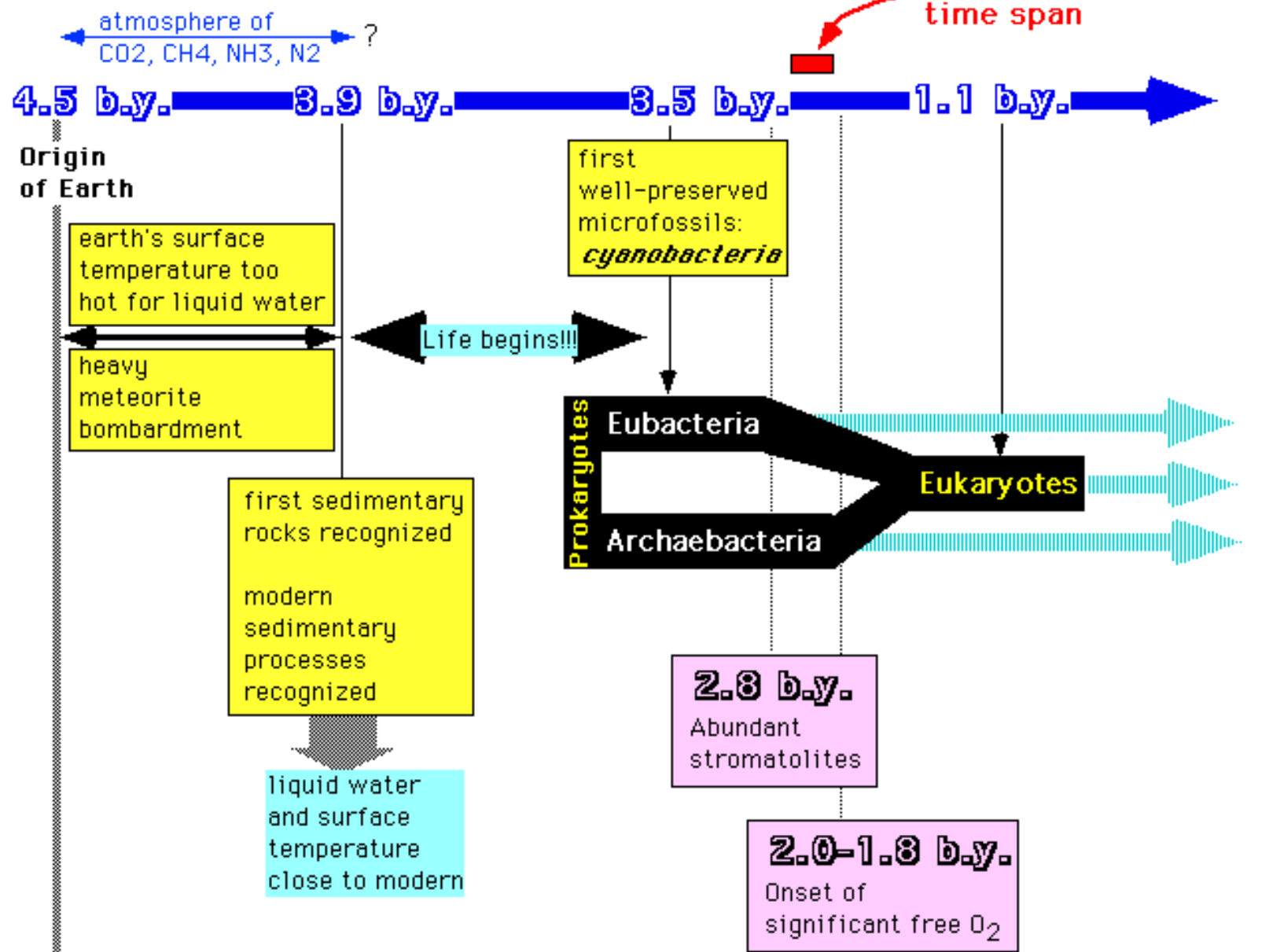
### MUD VOLCANO

Gassy mud, rather than molten rock, erupts from mud volcanoes. Heat from deep in the mantle liquifies miles of overlying sediments, driving them upward and releasing fluids and gases into the water column. High pressure and low temperature transform released methane gas into a stable solid—methane hydrate—that covers much of the seafloor surrounding the volcano, like frozen icing on a warm cake.

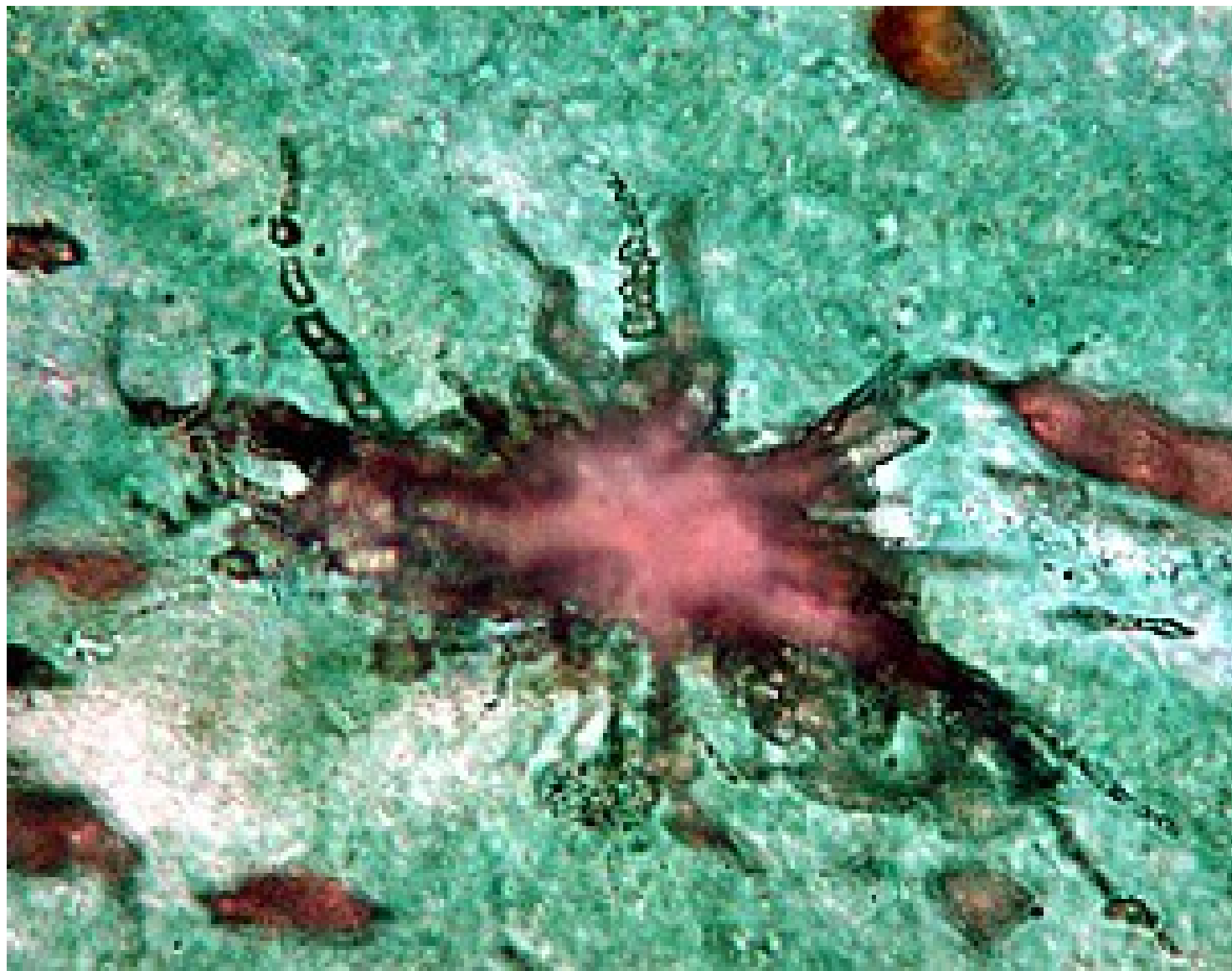


# SOUHRN:

## Early Evolution of Earth



**Barberton (J. Afrika, ~ 3.5 Ga), jedna z  
nejstarších mikrofosílií (?)**



# Grafické rekonstrukce některých forem ediakarských vendobiont

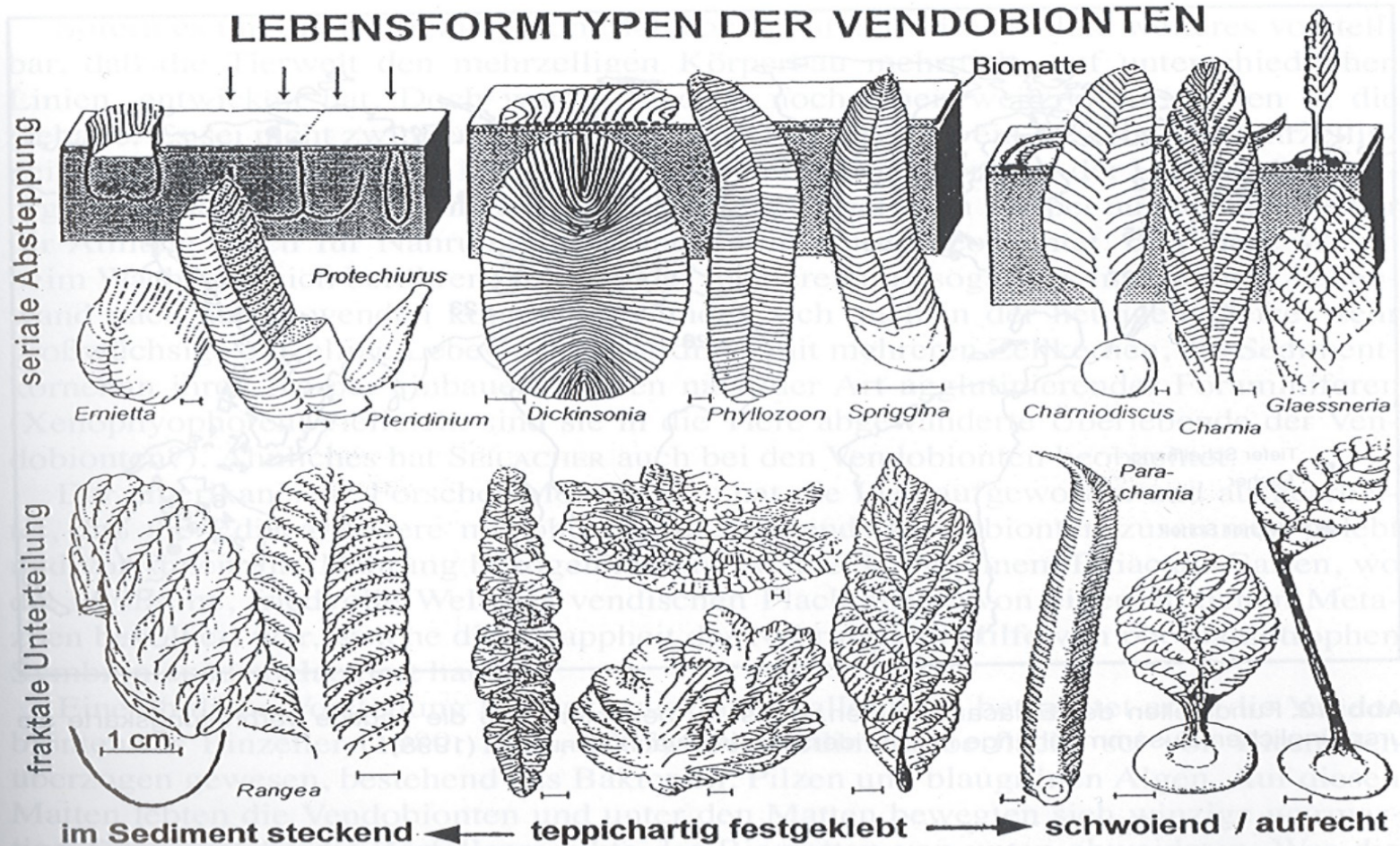


Abb. 11. Charakteristische Formen der Ediacara-Fauna. Nach SEILACHER (2003).

# Sukcese velkých etap života z hlediska dominance skupin (jak je chápat)

Eon	Era	Period	Epoch	živočichové	rostliny			
Phanerozoic ( <i>Phaneros</i> = “evident”; <i>zoic</i> = “life”)	Cenozoic	Quaternary		Recent, or Holocene	Age of Mammals	neofytikum		
				10,000				
				Pleistocene			1.6	
		Tertiary	Neogene	Pliocene			5	
				Miocene			24	
				Oligocene			38	
			Paleogene	Eocene			58	
				Paleocene			66	
		Mesozoic	Cretaceous				140	Age of Reptiles
	Jurassic		205					
	Triassic		248					
	Paleozoic	Permian		286	Age of Amphibians	paleofytikum		
		Carboniferous	Pennsylvanian				320	
			Mississippian				360	
		Devonian		408	Age of Fishes			
		Silurian		438				
		Ordovician		505	Age of Marine Invertebrates			
		Cambrian		544				
		Proterozoic (“Early Life”)	Precambrian		2500		Age of Unicellular Life	
Archean (“Ancient”)	~3800							
Hadean (“Beneath the Earth”)	~4600							



# Prekambrium

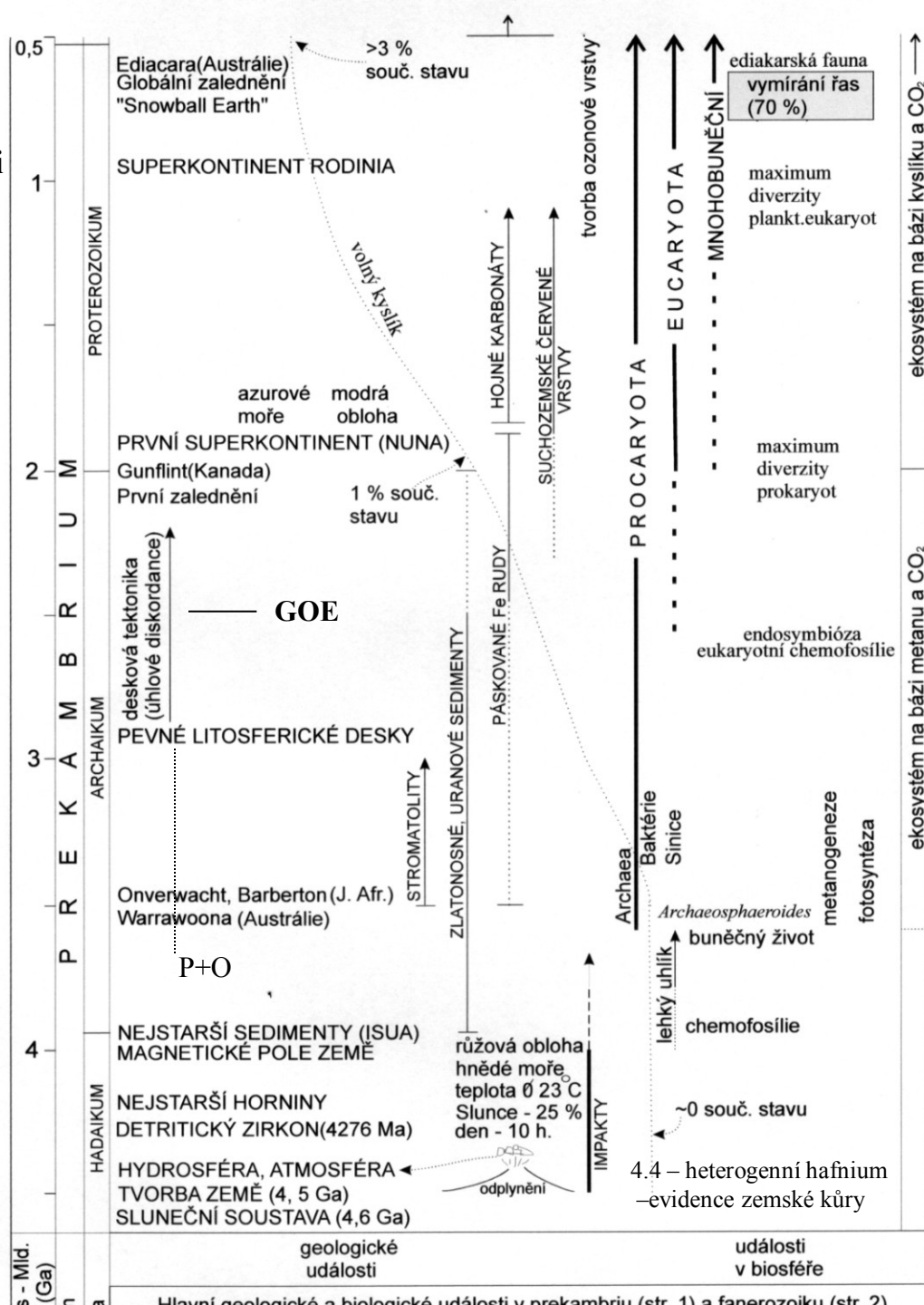
Hlavní geologické a biologické události v prekambriu. Zachycují prolínající se působení živé a neživé složky, jejich rozrůžňování a tvorbu neustále proměňujícího se obrazu planety. V následujícím jsou doloženy některé termíny ukázkami hornin a fosilií.

## Vysvětlivky:

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 CO<sub>2</sub>**

**Globální ekosystém na bázi kyslíku a CO<sub>2</sub>**

High-powered laser in the Czech Republic has now provided provocative evidence that the hellish conditions produced when an asteroid or comet slams into Earth could have created some key building blocks of life on Earth. In a lab experiment intended to duplicate the high temperatures and pressures of such an impact, researchers transformed a solution containing a simple pre cursor into adenine, guanine, cytosine, and uracil—the information-bearing nucleobases in RNA, which many believe to have been the first genetic molecule to encode. “This is, I believe, the first time that all four nucleobases have been made in one set of reaction conditions,” says Steven Benner, an astrobiologist in Gainesville, Florida. Researchers have long sought to identify ways that the nucleobases that make up RNA or DNA could be created from simpler substances. That, could help scientists ascertain where and how life might have originated, says Svatopluk Civiš, a physical chemist at the J. Heyrovský Institute of Physical Chemistry in Prague. In recent years, Civiš adds, researchers proposed that a substance called **formamide** was a possible source of such genetic building blocks. This minimalist chemical, which forms when hydrogen cyanide reacts with water, would have been abundant on early Earth and has the major elements needed for prebiotic chemicals—namely, hydrogen, nitrogen, carbon, and oxygen. Indeed, some teams have already produced individual nucleobases in lab experiments that relied on catalysts to drive chemical reactions between formamide and other ingredients. Other teams have made nucleobases from different grab bags of simple chemicals. In the new research, Civiš and his colleagues fired their institute’s 1-kilojoule laser into a formamide-bearing solution that also included clay. In that mixture, intended to represent a chemical-rich pool on ancient Earth’s surface, the one-third-of-a-nano second-long pulses generated intense pressure, temperature spikes exceeding 4200°C, and a cascade of radiation including ultraviolet and x-ray wavelengths—just the sort of conditions expected when an object such as a comet or asteroid strikes the ground. These extreme conditions sparked reactions that, besides producing substances such as hydrogen cyanide, carbon monoxide, ammonia, and methanol, also created the four RNA nucleobases. Previous studies showed that some classes of meteorites already contain nucleobases such as adenine and guanine. But the new results suggest that besides merely delivering nucleobases, celestial bodies could have also created them when they struck the planet, says Raffaele Saladino, an organic chemist at Tuscia University in Viterbo, Italy. He and his colleagues have studied formamide under more benign lab conditions, but he says the Prague experiments “are the first time that formamide has been studied in the context of a meteorite impact.” Such impacts were common in Earth’s early history. During a period aptly dubbed the Late Heavy Bombardment, which began about 4 billion years ago and lasted some 150 million years, large objects pummeled our planet and moon as well as Mercury, Venus, and Mars. Although many researchers have suggested that such impacts and their resulting effects on climate would have effectively sterilized Earth’s surface, erasing any life that may have already started, the new study hints that this period seeded our planet with the raw ingredients necessary for life to develop. “This paper nicely correlates the Late Heavy Bombardment and the energy it delivered to Earth about 4 billion years ago with the formation of RNA and DNA nucleobases from formamide,” Benner says. ■