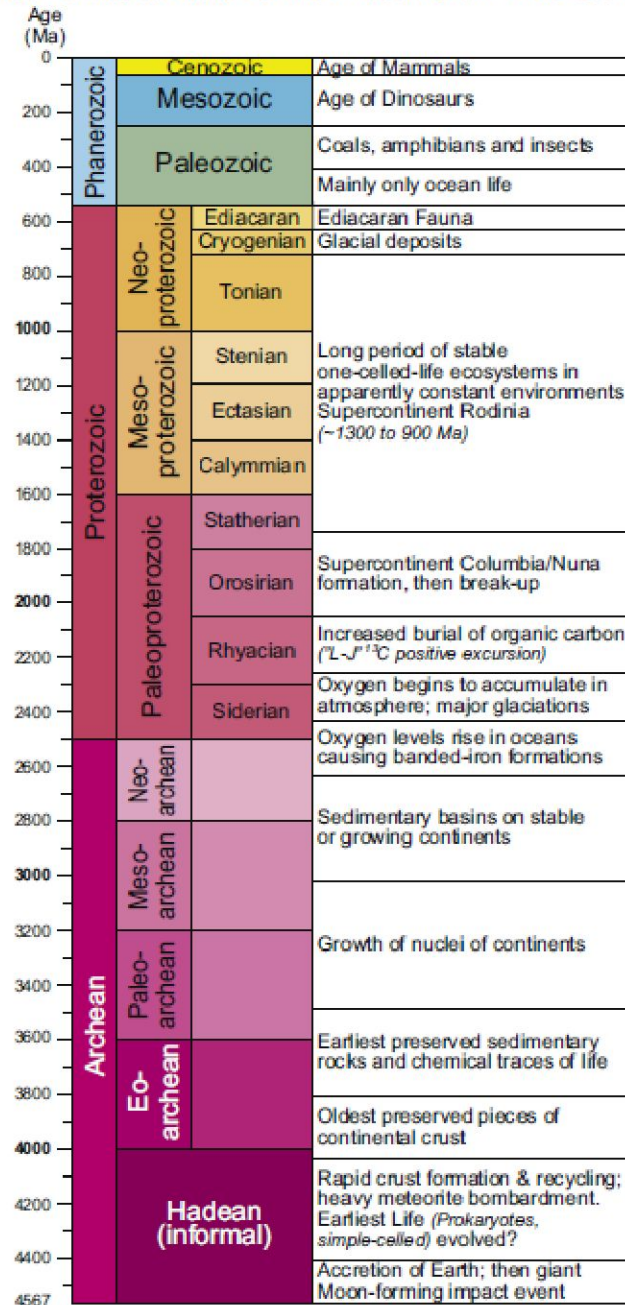


# A Concise Geologic Time Scale 2016

James G. Ogg | Gabi M. Ogg | Felix M. Gradstein

Протерозой 2,5 – 0,541 млрд л. назад

Current subdivision of the Precambrian Time Scale





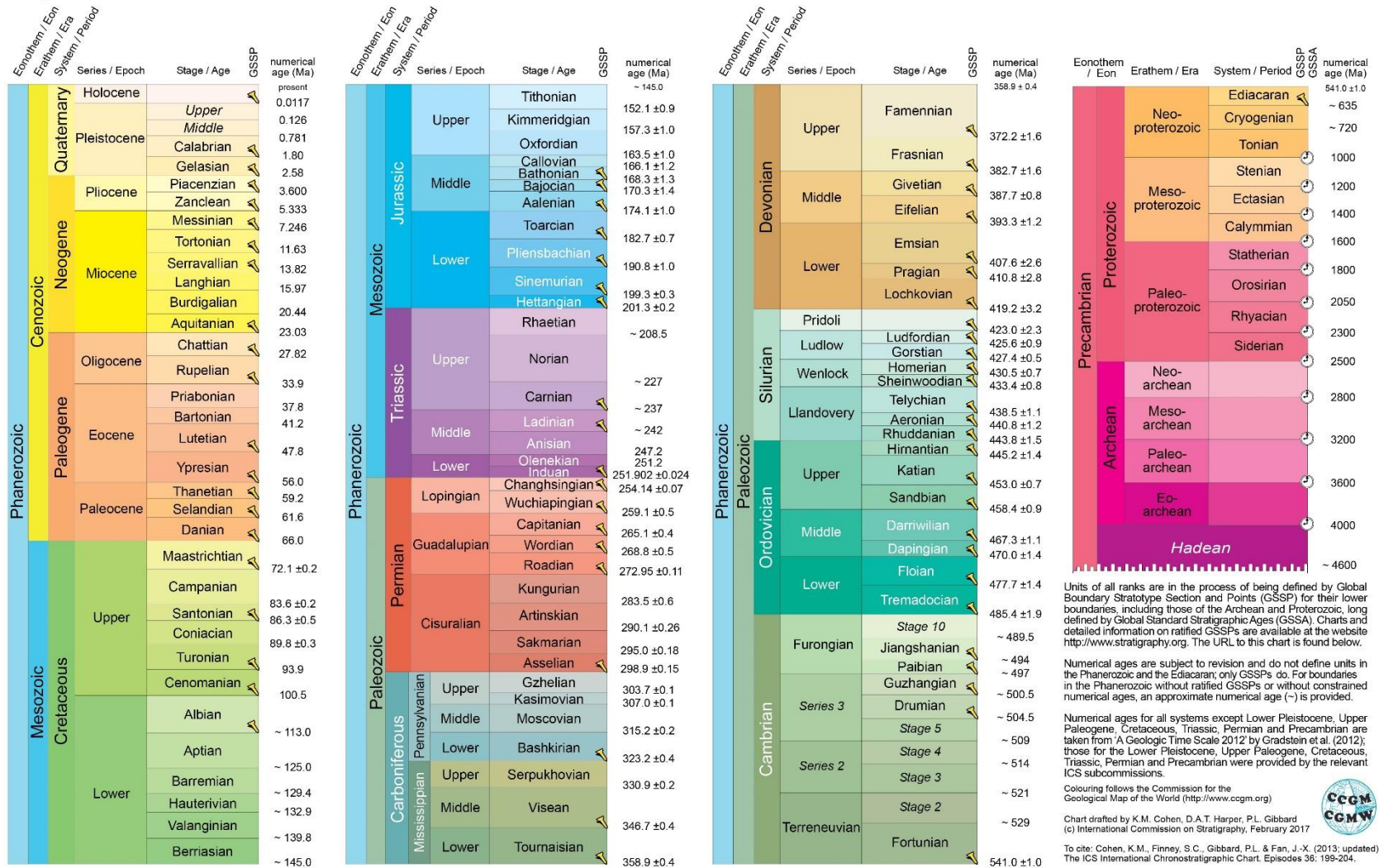
IUGS

# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2017/02



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages for all systems except Lower Pleistocene, Upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Lower Pleistocene, Upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (<http://www.ccgw.org>)

Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard (c) International Commission on Stratigraphy, February 2017

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2017-02.pdf>





**Палеопротерозой** — геологическая эра, часть протерозоя, начавшаяся 2,5 миллиарда лет назад и окончившаяся 1,6 миллиарда лет назад.

- В это время наступает первая стабилизация континентов.

- В это время также эволюционировали цианобактерии — тип бактерий, использующих биохимический процесс фотосинтеза для производства энергии и кислорода.

Важнейшее событие раннего палеопротерозоя — кислородная катастрофа. До значительного повышения содержания кислорода в атмосфере почти все существующие формы жизни были **анаэробами**, то есть обмен веществ в живых формах зависел от форм клеточного дыхания, которые не требовали кислорода. Доступ кислорода в больших количествах губителен для большинства анаэробных бактерий, поэтому в это время большая часть живых организмов на Земле исчезла. Оставшиеся формы жизни были либо невосприимчивы к окислению и губительному воздействию кислорода, либо проводили свой жизненный цикл в среде, лишенной кислорода.

Палеопротерозой разделен на четыре эпохи (от наиболее поздней до наиболее ранней):

- **Статерий**
- **Орозирий**
- **Риасий**
- **Сидерий**

Eon	Era	Period	Age Ma	
Phanerozoic	Cenozoic		66	
	Mesozoic		252	
	Paleozoic			
	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	541
			Cryogenian	635
			Tonian	850
		Meso-proterozoic		1000
			Stenian	1200
Ectasian			1400	
Calymmian			1600	
Paleo-proterozoic			1800	
		Statherian	1800	
		Orosirian	2050	
	Rhyacian	2300		
Archean	Siderian	2500		
	Neoarchean	2800		
	Meso-archean	3200		
	Paleo-archean	3600		
	Eoarchean	4000		
Praecambrian	Hadean (informal)		4568	

### Статерий.

Стабилизация кратонов и окончательная кратонизация складчатых поясов

### Орозирий.

- Глобальный орогенный период. Рубеж 1950 млн. лет характеризуется становлением глобальной системы коллизионных орогенов и образованием раннепротерозойского суперконтинента Пангеи-1.  
 - земля испытала два крупнейших из известных астероидных ударов. В начале периода, 2023 млн лет назад, столкновение с крупным астероидом привело к образованию астроблемы **Вредефорт ЮАР**

### Риасий.

- Внедрение расслоенных интрузий.  
 - время широкого развития эвапоритизации и доломитообразования.  
 - характеризуется формированием карбонатных платформ (экспансия строматолитообразователей) на планете.

- В **Сидерии** (2500 - 2300 миллиона лет назад) было самое продолжительное в истории Земли **Гуронское оледенение**, длившееся, по одним оценкам 2,4-2,1, по другим - 2,5-1,95 миллиард лет назад.
- Образование железистых кварцитов
- резкое повышение кислорода в атмосфере
- **Появление эукариотов**

**Мезопротерозой** — геологическая эра, часть протерозоя, начавшаяся 1,6 миллиарда лет назад и окончившаяся 1 миллиард лет назад. Континенты существовали и в палеопротерозое, но мы мало знаем о них. Континентальные массы мезопротерозоя более или менее те же самые, что и сегодня. Основными событиями этой эпохи являются формирование суперконтинента Родиния, распад суперконтинента. Мезопротерозой разделен на три периода:

- **Калимий**
- **Эктазий**
- **Стений**

Eon	Era	Period	Age Ma
Phanerozoic	Cenozoic		66
	Mesozoic		252
	Paleozoic		541
Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	635
		Cryogenian	850
		Tonian	1000
	Meso-proterozoic	Stenian	1200
		Ectasian	1400
		Calymmian	1600
	Paleo-proterozoic	Statherian	1800
		Orosirian	2050
		Rhyacian	2300
		Siderian	2500
	Archean	Neoarchean	2800
		Mesoarchean	3200
		Paleoarchean	3600
		Eoarchean	4000
Hadean (informal)			4568
Praecambrian			

### Стений.

Происходило распространение узких поясов интенсивного метаморфизма и деформация. Образование суперконтинента Родиния.

**Эктазий.** В этот период продолжилось расширение осадочных чехлов и интенсивное осадконакопление.

**Калимий.** Эпоха глобального расширения земной коры с формированием огромных геосинклинальных поясов - Циркум-Тихоокеанский и др., а в плане магматизма - время внедрения на ряде континентов габброанортозитовых массивов.

**Неопротерозой**, англ. — геохронологическая эра (последняя эра протерозоя), начавшаяся 1000 млн лет назад и завершившаяся 541 млн лет назад.

- С геологической точки зрения характеризуется распадом древнего суперконтинента Родиния как минимум на 8 фрагментов.
- Во время криогения наступило самое масштабное оледенение Земли — льды достигали экватора (Земля-снежок).
- К позднему неопротерозою (эдиакарий) относятся древнейшие ископаемые останки живых организмов, так как именно в это время у живых организмов начинает вырабатываться некое подобие твёрдой оболочки или скелета. Большинство фауны неопротерозоя не может считаться предками современных животных, и установить их место на эволюционном древе весьма проблематично.

Неопротерозой разделен на три периода: **Эдиакарий, Крионений, Тоний**



Eon	Era	Period	Age Ma	
Phanerozoic	Cenozoic		66	
	Mesozoic		252	
	Paleozoic			
	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	541
			Cryogenian	635
			Tonian	850
		Meso-proterozoic	Stenian	1000
			Ectasian	1200
Calymmian			1400	
			1600	
Paleo-proterozoic		Statherian	1800	
		Orosirian	2050	
		Rhyacian	2300	
		Siderian	2500	
Archean		Neoarchean	2800	
		Mesoarchean	3200	
		Paleoarchean	3600	
	Eoarchean	4000		
Hadean (informal)			4568	
Praecambrian				

- начала распадаться **Лавразия**
- **Варангское оледенение** (680-570 млн. лет назад - ещё с криогения)
- **Эдиокарская фауна**

В самом начале криогения 850–800 млн лет назад праматерик Родиния начал раскалываться на отдельные блоки.

В период **криогения** Землю покрыли ледники (по одним оценкам 850-630, по другим - 750-650 млн. лет назад), вероятно, достигавшие экватора

- **Появление многоклеточных организмов**
- Происходило расширение платформ

## Распространение комплексов в регионах, тектоническое строение

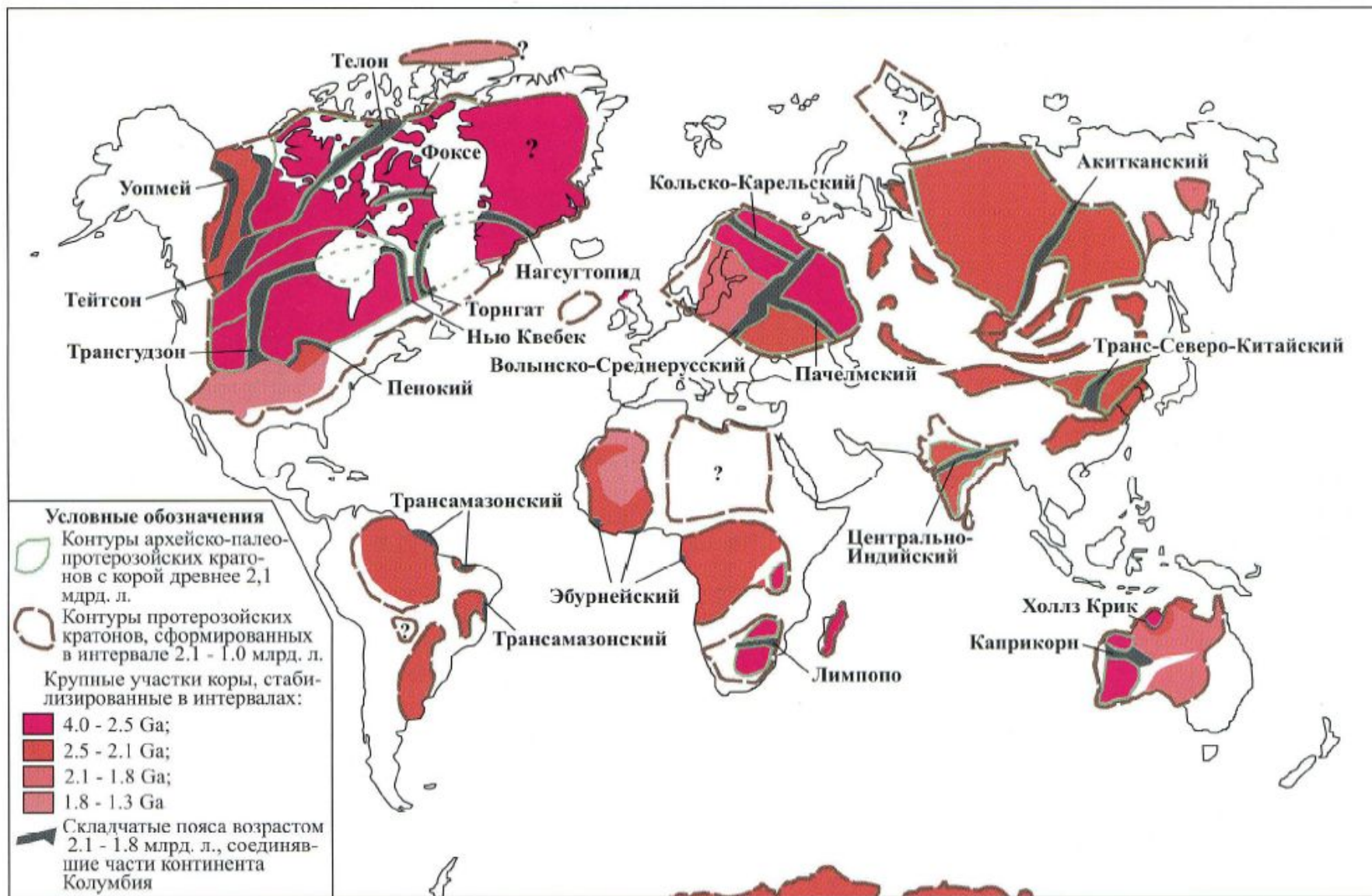
Конец архея — начало протерозоя на уровне 2,6-2,5 млрд лет является хорошо выраженным рубежом в пределах всех континентов, к которому приурочены процессы гранитоидного магматизма и регионального метаморфизма.

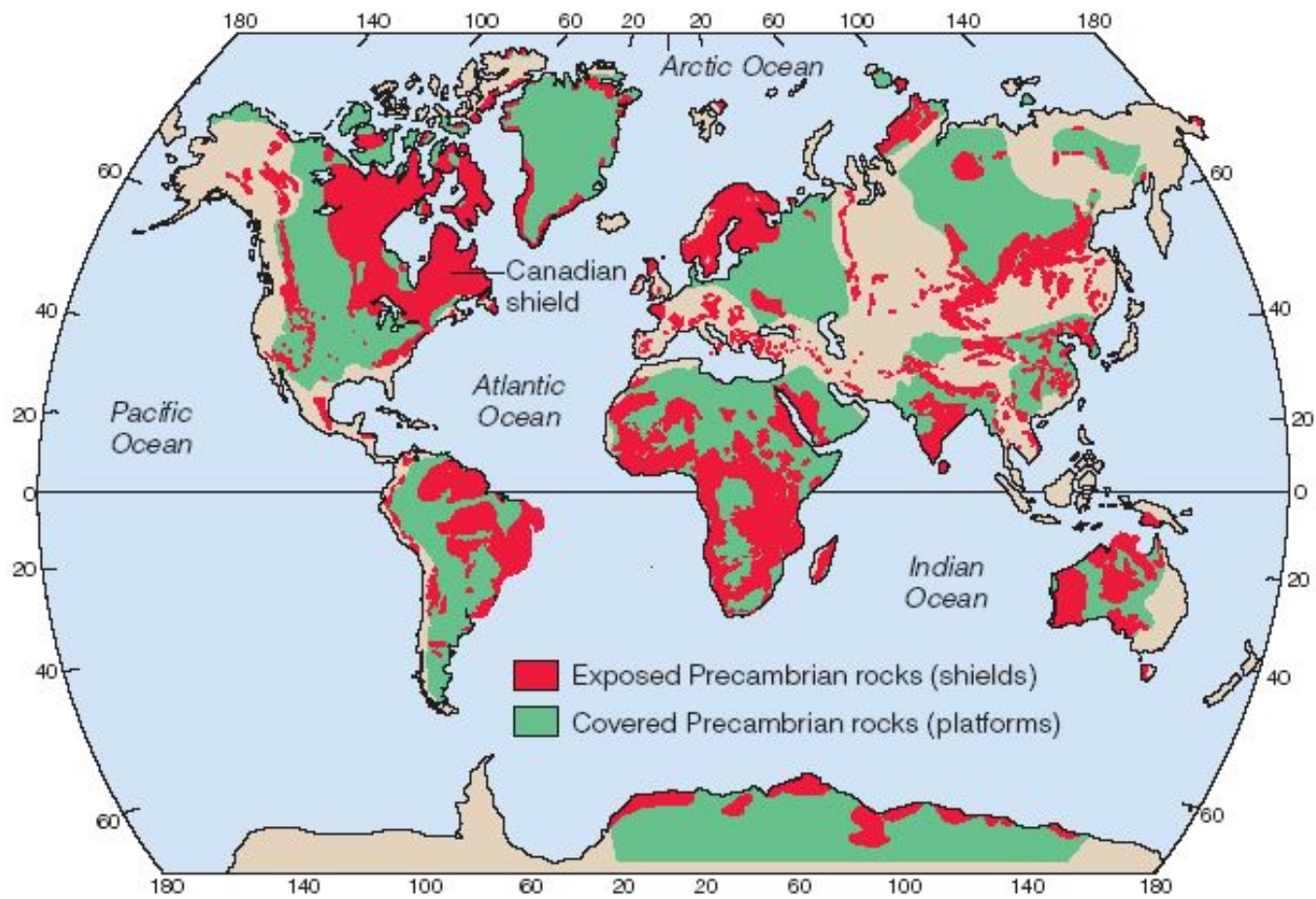
Только в раннем протерозое во всем объеме начинают проявляться новые структурные элементы — **протоплатформы** и настоящие **подвижные пояса**, хотя их прообразы существовали, по-видимому, и в позднем архее.

В течение 1 млрд лет, вплоть до начала мезопротерозоя, развитие основных структурных элементов земной коры шло довольно медленно и скорости осадконакопления были невелики.

Нижнепротерозойские образования известны не только на всех платформах, в пределах щитов и в фундаменте плит, но и во многих складчатых поясах, например Урало-Охотском, разделяющем Восточно-Европейскую и Сибирскую платформы, в Средиземноморском поясе и ряде других.

## Расположение коллизионных орогенных поясов палеопротерозоя (раннего протерозоя) в пределах докембрийских кратонов





## **Палеогеография (суша, море, палеотектоника, складчатые пояса). Тип и условия осадконакопления**

Наиболее характерным для разреза протоплатформенных чехлов были пестроцветные, континентальные и прибрежно-морские, мелководные толщи терригенных осадков, реже доломитов, углеродистых сланцев (шунгитов в Карелии), отличающихся золотоносностью, меденосностью и ураноносностью.

В карбонатных отложениях много разнообразных строматолитов.

Широко распространенные красноцветные терригенные отложения свидетельствуют о наличии в атмосфере свободного кислорода, но достигало ли его содержание современного уровня, остается неясным.

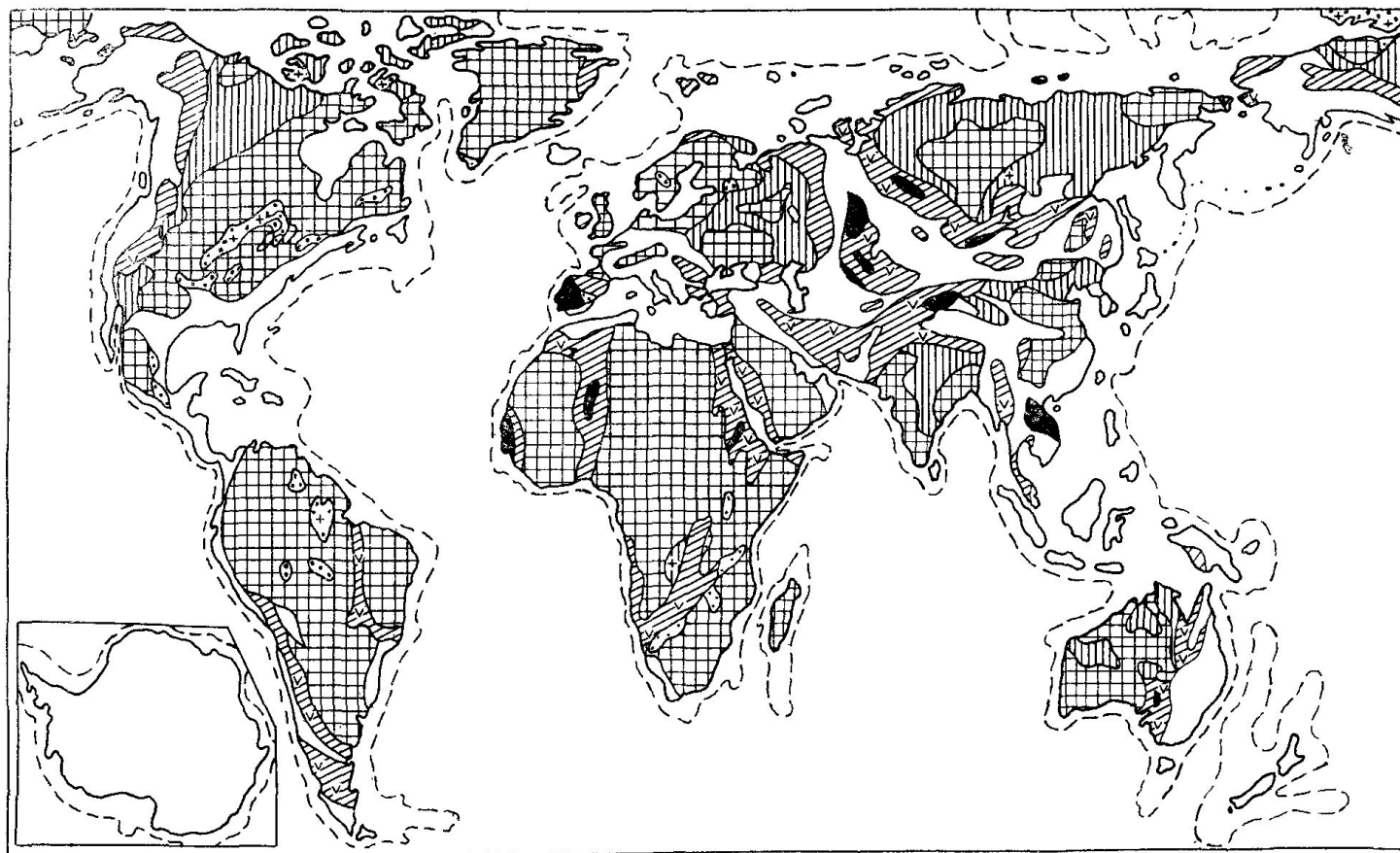
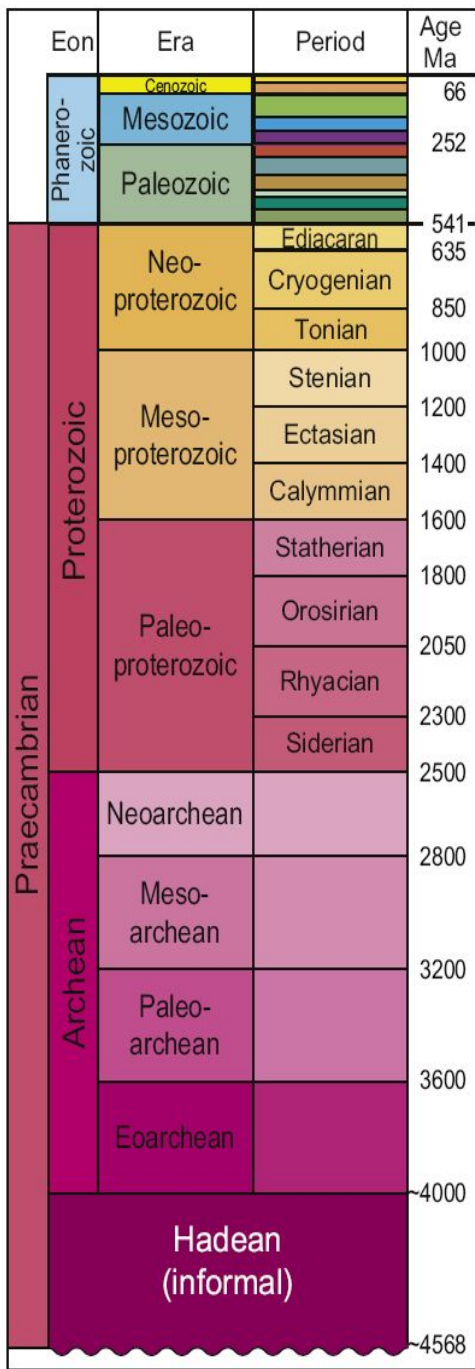


Рис. 7.3. Палеогеографические элементы раннего и среднего рифея на современной географической основе:  
 1 — суша платформенная и орогенная, низкая и возвышенная; 2 — области континентального осадконакопления, 3 — эпиконтинентальные моря; 4 — островная суша; 5 — моря шельфовые и континентального склона; 6 — древние глубоководные области или районы, не охарактеризованные фактическим материалом; 7 — эвапориты; 8 — турбидиты; 9 — островодужные вулканиты преимущественно известково-щелочного состава; 10 — окраинно-континентальные вулканические пояса



7) **Пангея-Ультима (Амазия) (+ 250 млн. лет)**

6) **Пангея (400-200 млн лет назад)**

5) ? **Паннотия 600-540 млн лет назад)**

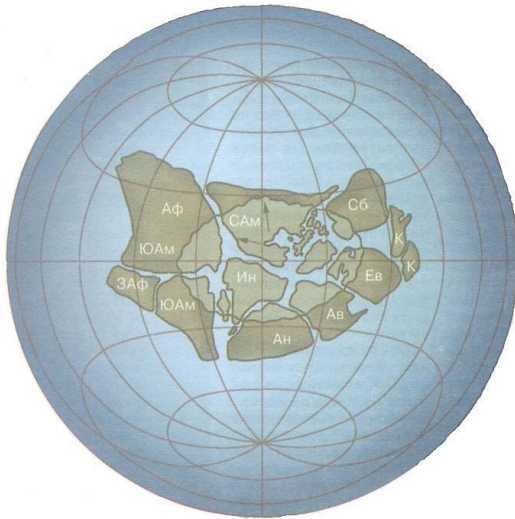
4) **Родиния (1,1-0,750 млрд. лет назад)**

3) **Пангея -1 (Мегагея, Колумбия, Нуна, Хансонленд) (1,95-1,8 млрд. лет назад)**

2) **Пангея-0 (Моногея, Кенорленд) 2,7-2.2 млрд. лет назад**

**Ур (3,0-2,8 млрд. лет назад)**

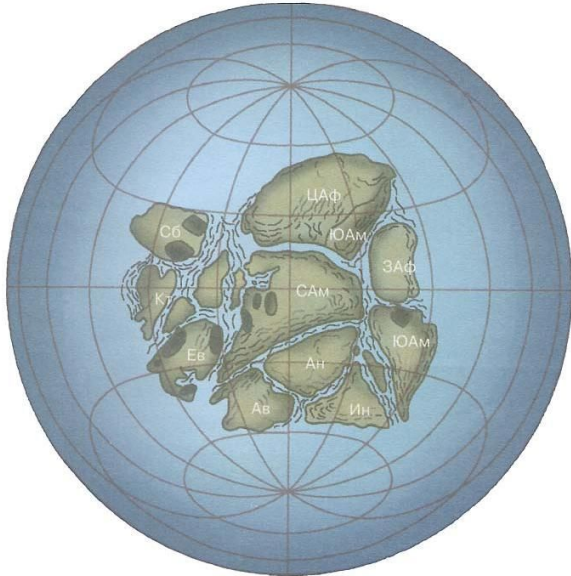
**Ваальбара (3,6-3,0 млрд. лет назад) - мах – 3,1 млрд.**



Собравшаяся **Моногея** 2,7 млрд. лет назад



Распавшаяся **Моногея** 2,2 млрд. лет назад

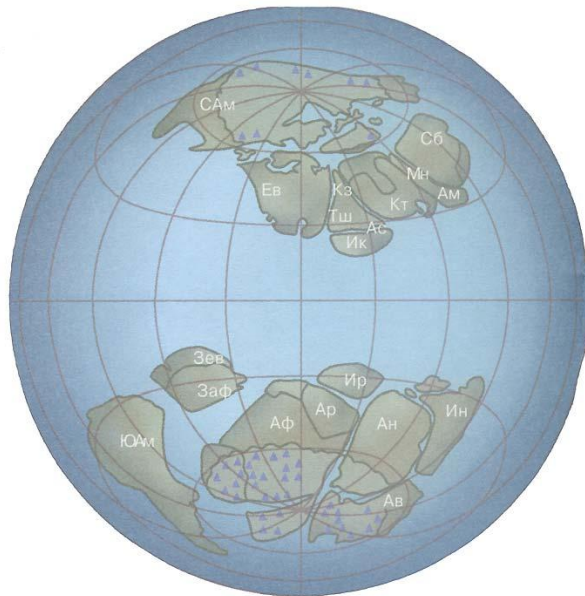


**Пангея -1 (Мегагея, Колумбия, Нуна, Хансонленд)** 1,95-1,8 млрд. лет назад



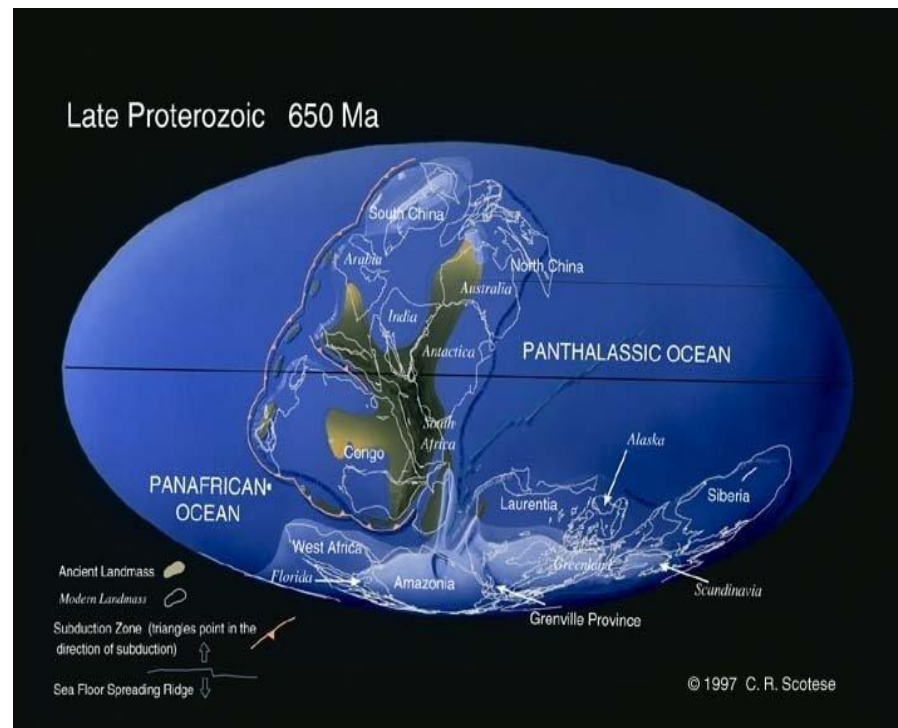


**Родиния** — гипотетический суперконтинент, предположительно существовавший в протерозое. Возник около 1,1 миллиарда лет назад и распался около 750 миллионов лет назад.

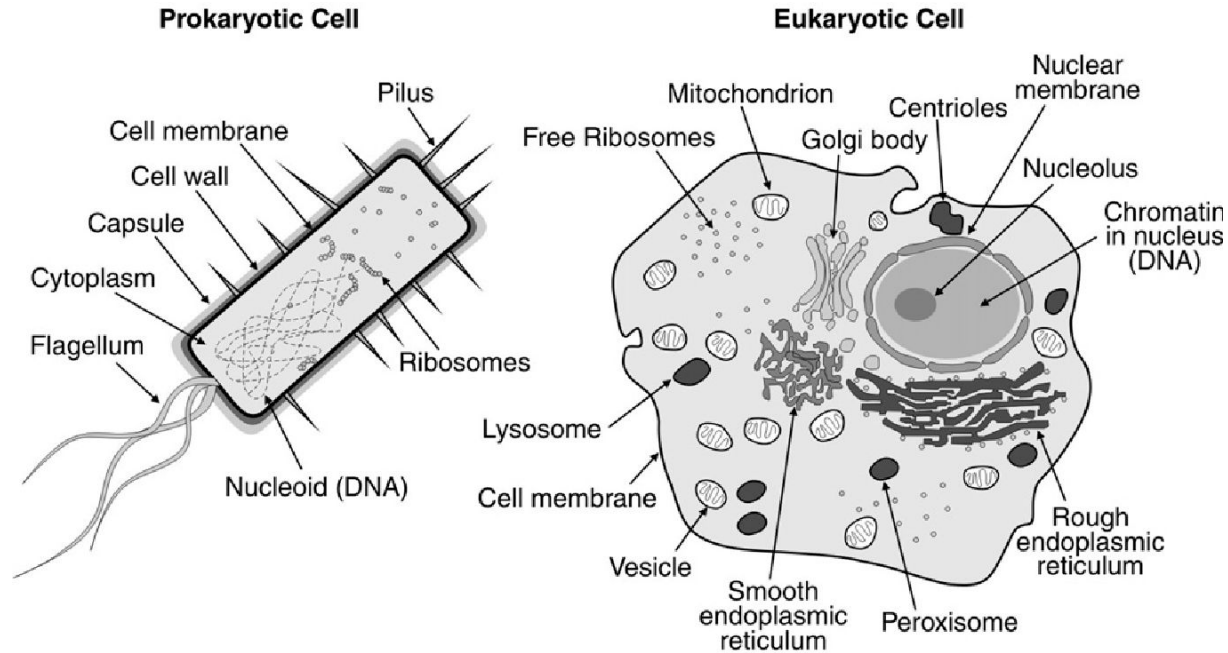


**Паннотия** — гипотетический суперконтинент, существовавший приблизительно с 600 по 540 миллионов лет тому назад. Впервые описан Иэном В. Д. Диэлом (Ian W. D. Dalziel) в 1997 году. В период максимального сближения Паннотия напоминала по форме букву V, открытую на северо-восток, окружающую собой протоокеан Панталасса и окруженную Панафриканским протоокеаном.

Суперконтинент Паннотия образовался в результате касательного контакта составивших его частей, продолжавших при этом своё движение, и был короткоживущим по геологическим меркам. К концу докембрия, всего через 60 миллионов лет после своего образования, Паннотия распалась на континент **Гондвана** и мини-континенты **Балтику**, **Сибирь** и **Лаврентию**.



## Органический мир протерозоя.



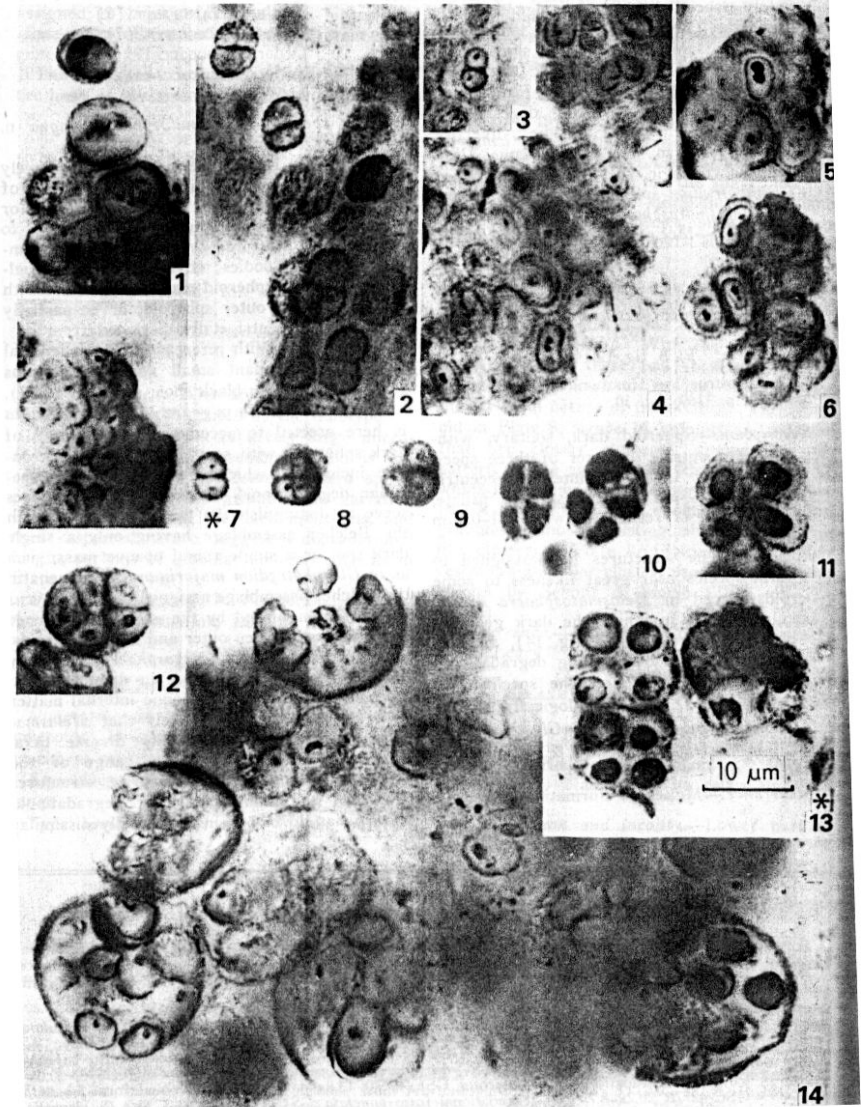
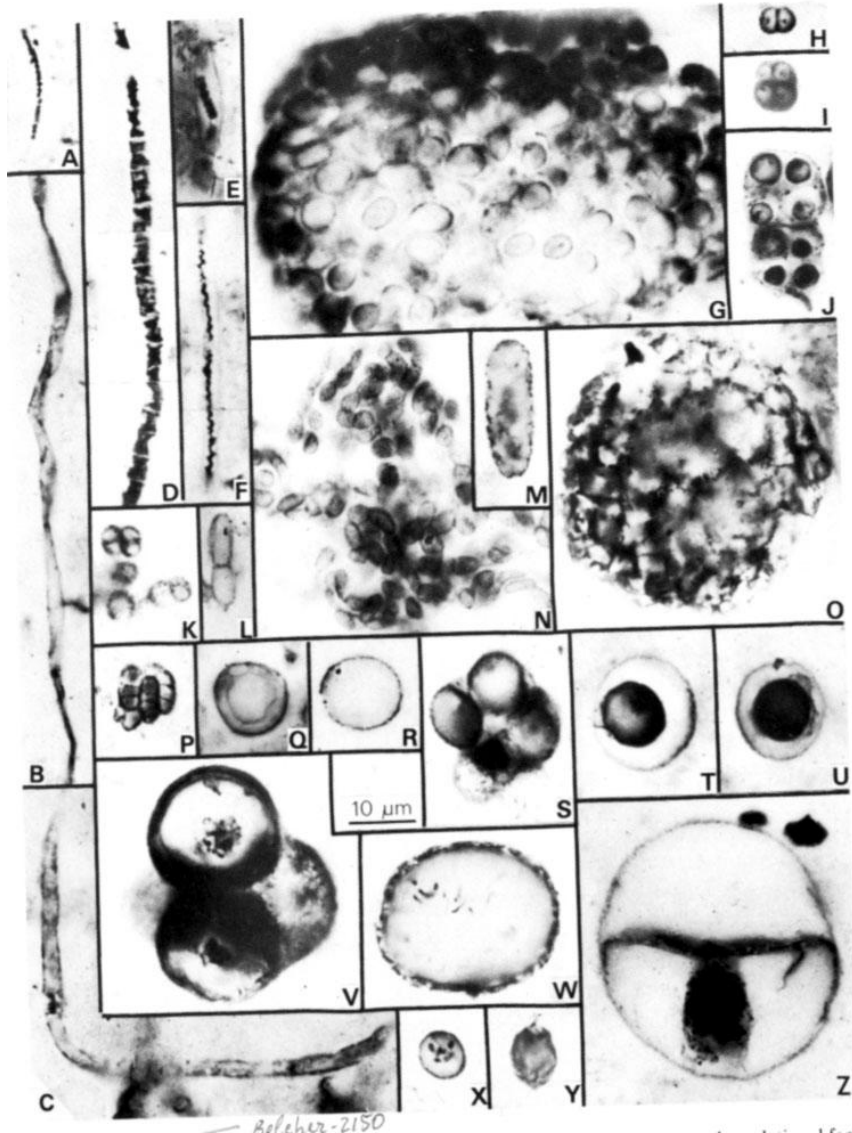
Diagrammatic sketch showing the differences between prokaryotic and eukaryotic cells. Redrawn from Lane (2009).

С момента достижения содержания кислорода в атмосфере величины как минимум 1% от современного (точка Пастера) становится "экономически оправданным" налаживание процесса кислородного дыхания, в ходе которого из каждой молекулы глюкозы можно будет получать 38 энергетических единиц (молекул АТФ) вместо двух, образующихся при бескислородном брожении. С другой стороны, в атмосфере начинает возникать озоновый слой, преграждающий путь смертоносному ультрафиолету, что ведет к колоссальному расширению спектра пригодных для жизни местообитаний. Примерно к середине протерозоя (1,7-1,8 млрд лет назад) "кислородная революция" в целом завершается и Мир становится аэробным.

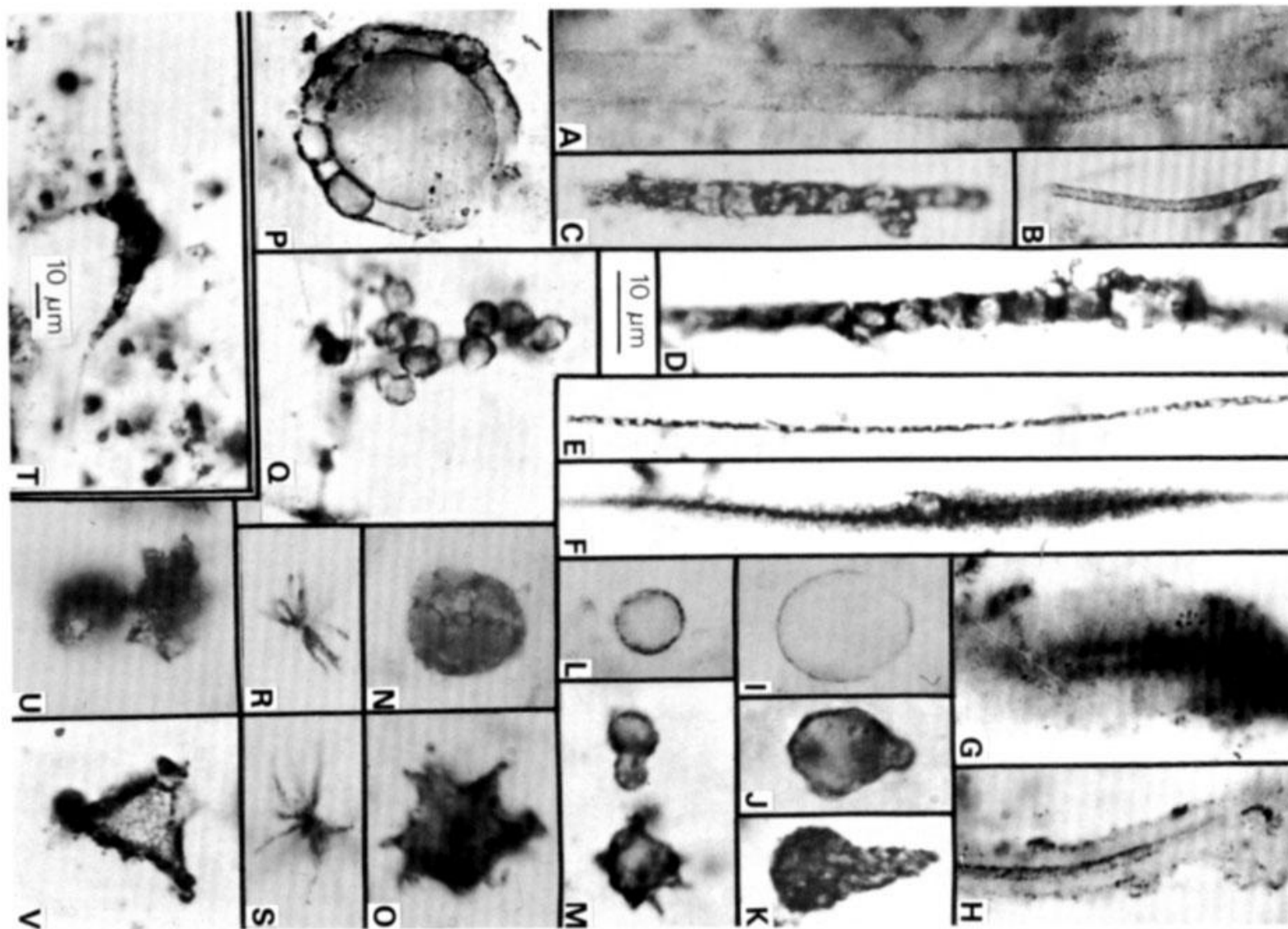


# ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙ

## Микрофоссилии группы Velcher (2150 Ма) Канады (Hofmann, 1976)



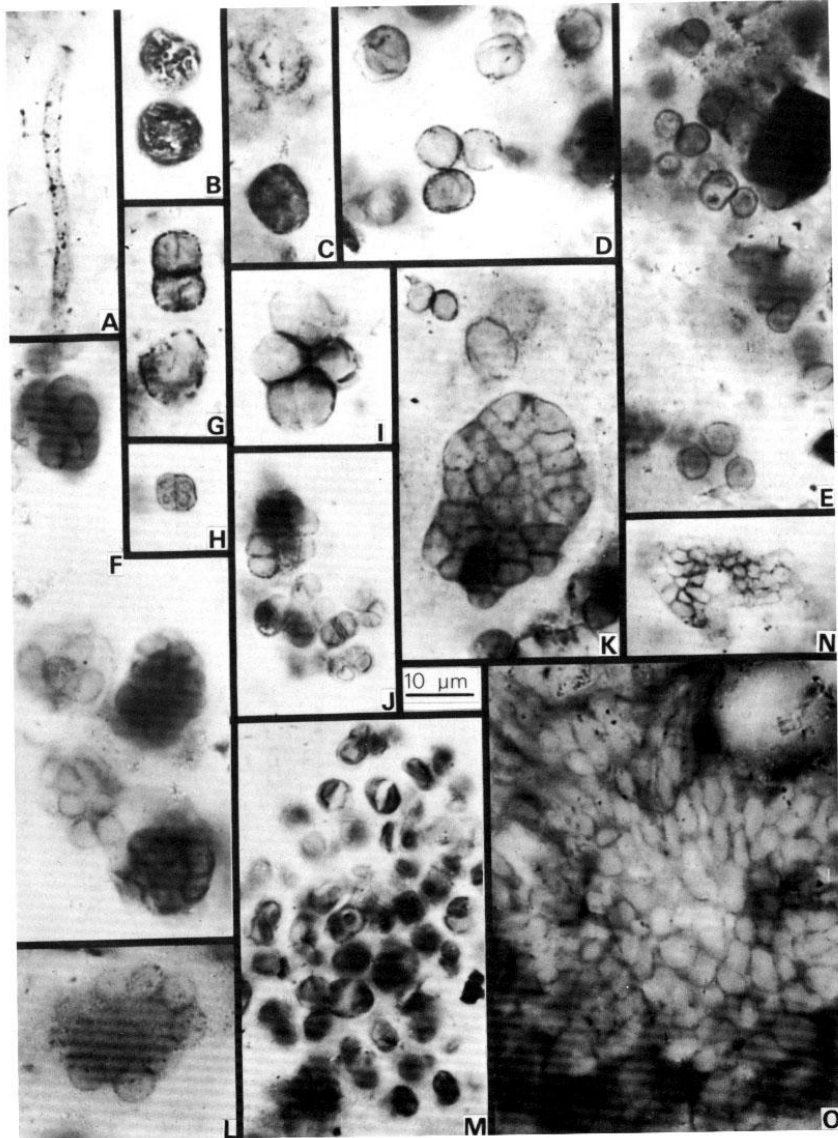
Микрофоссилии железистой формации Ганфлинт,  
Канада (2100 Ма) (Barghoorn, 1965)



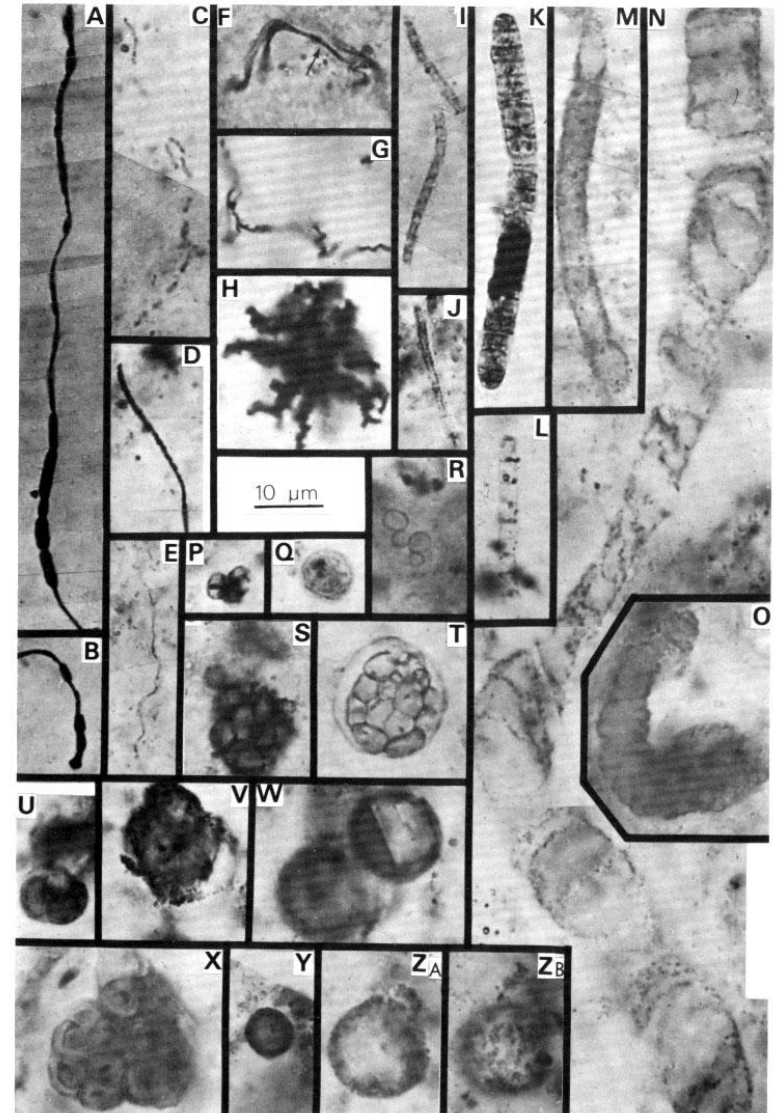
# МЕЗОПРТЕРОЗОЙ

## Микрофоссилии группы McArthur западной Австралии

Amelia Dolomite, 1600 Ma (Schopf, 1983)

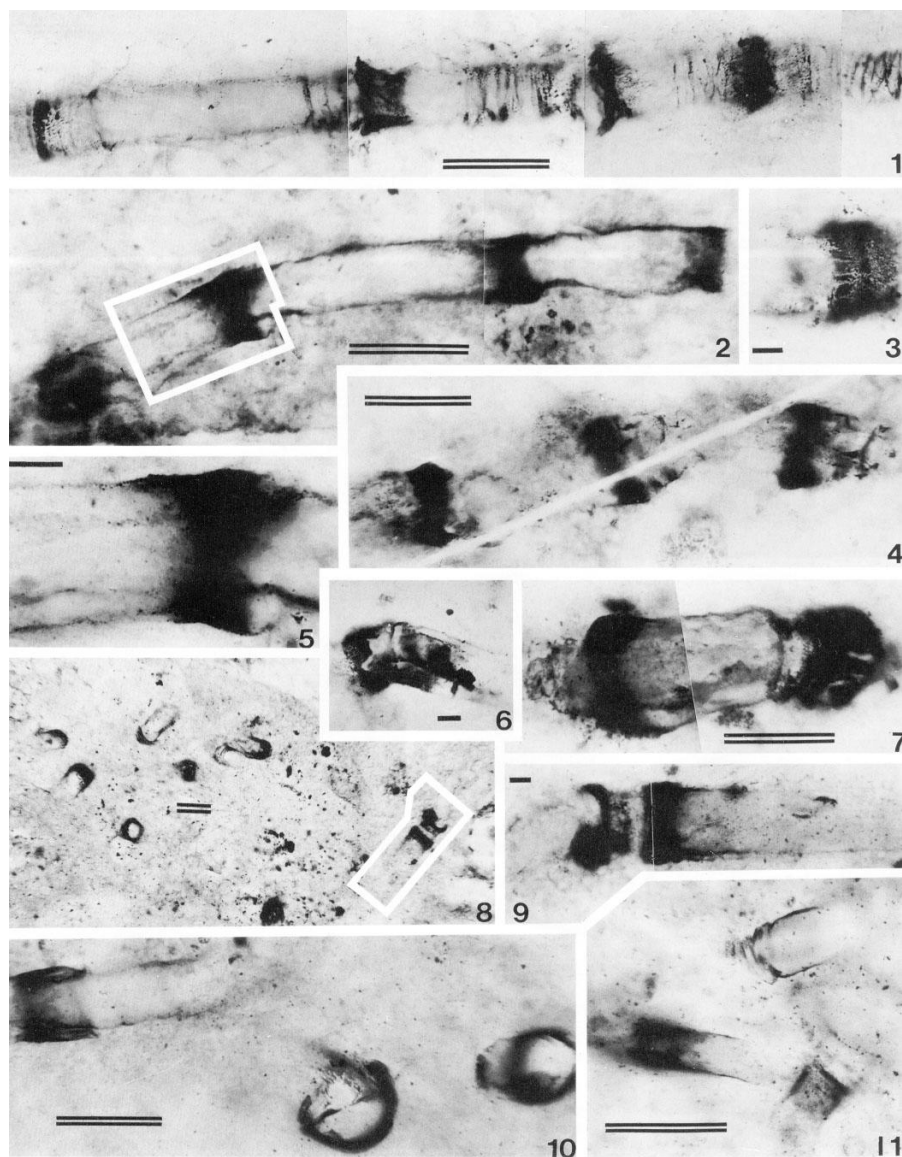


Pyritic Shale, Cooley Dolomite, 1500 Ma (Oehler, 1977)



# Микрофоссилии нижнего рифея Сибири (1350 Ма)

Котуйканская свита,  
сцитонемовые цианобактерии  
(Sergeev, 1995)



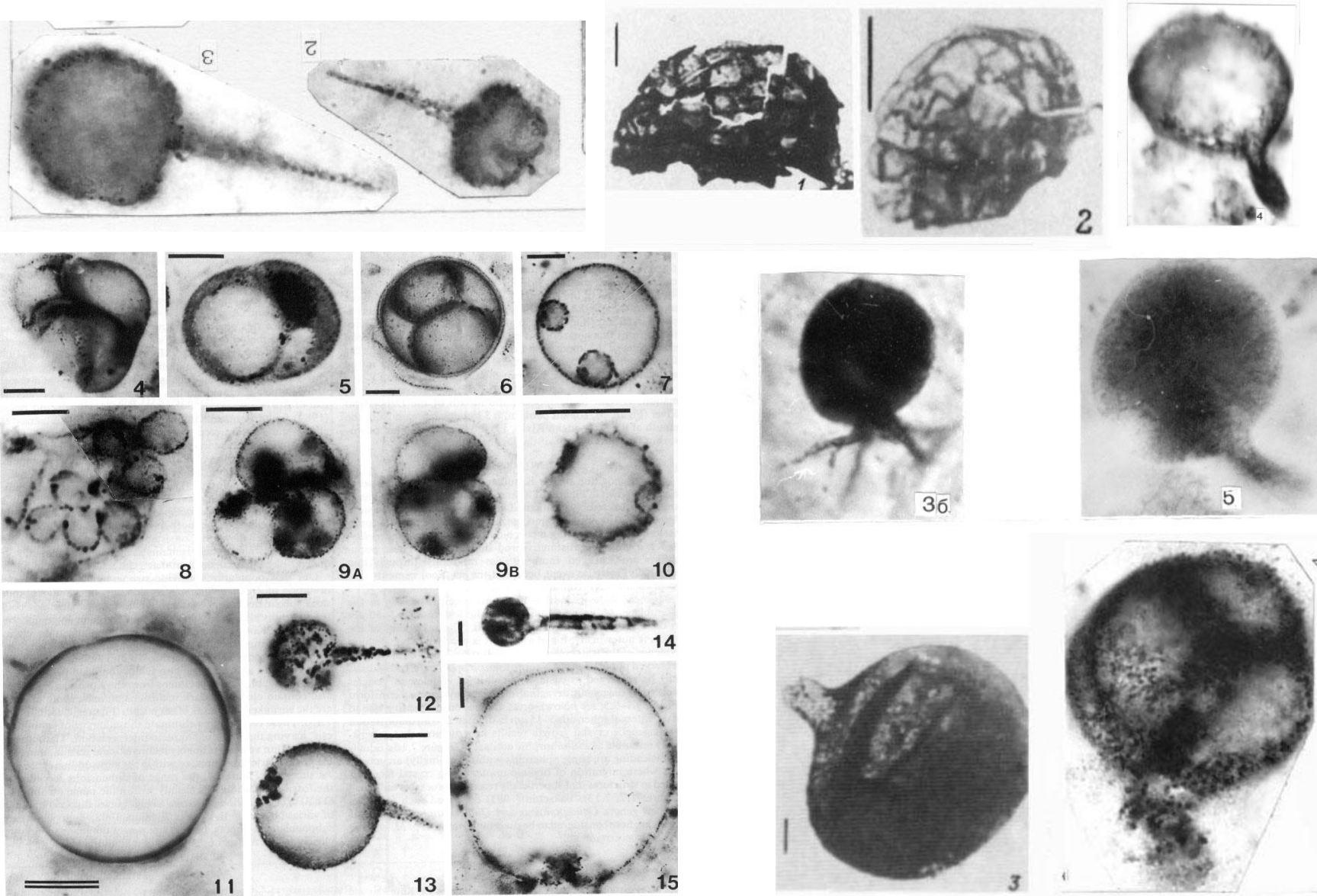
Усть-Ильинская свита  
крупные и ветвящиеся нити  
(Вейс, Петров, 1994)





# Эукариотические и проблематичные микрофоссилии нижнего рифея Сибири и Урала (1,6 – 1,35 млрд.л.)

(Sergeev, 1995; Вейс, 1985; Янкаускас, 1989; Якшин, 1991, 1999)

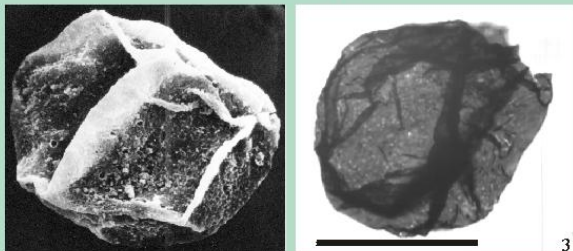


# Микрофоссилии керпылия (1,15 – 1,0 млрд.л.)

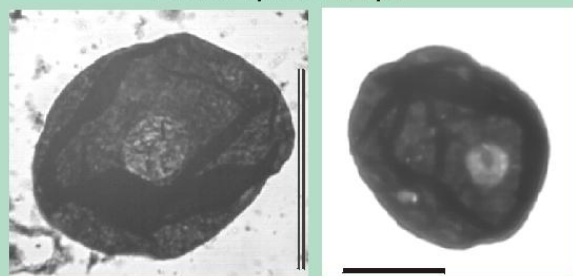
(Сибирская платформа)

Оболочки с отверстиями и порами на поверхности

Tasmanites sp.

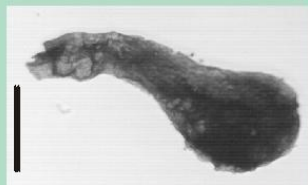


Osculosphaera sp.

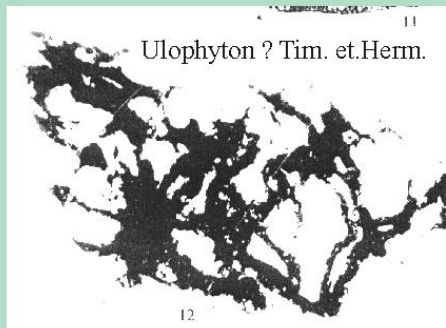


Эукариотические нитчатые остатки

Palaeovaucheria? sp

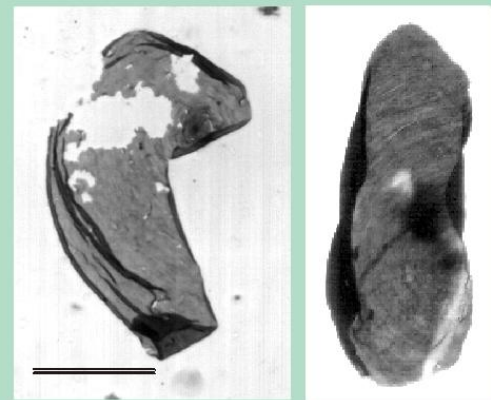


Ulophyton ? Tim. et.Herm.

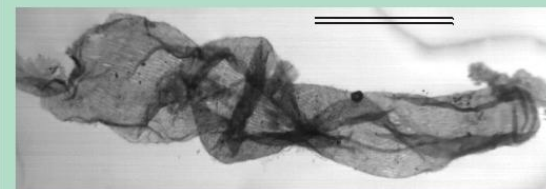


Стриатные акритархи

Valeria lophostriata

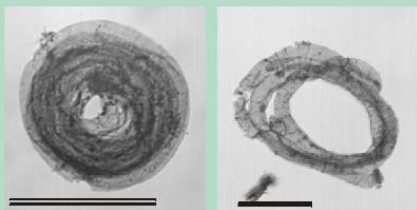


Valeria? sp.

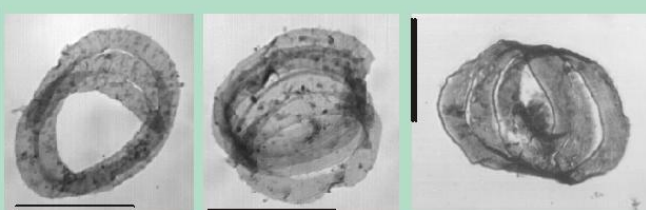


Спиралевидные цианобактерии

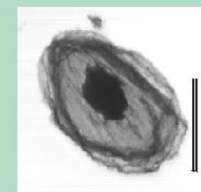
Glomovertella



Obruchevella



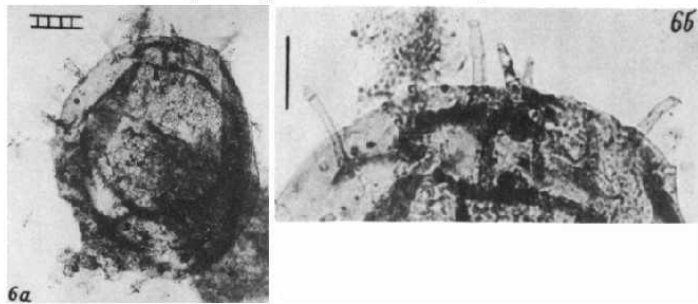
Cucumiforma vanavaria



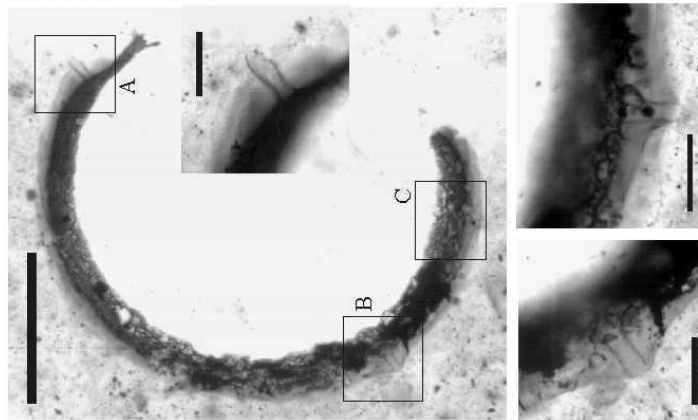
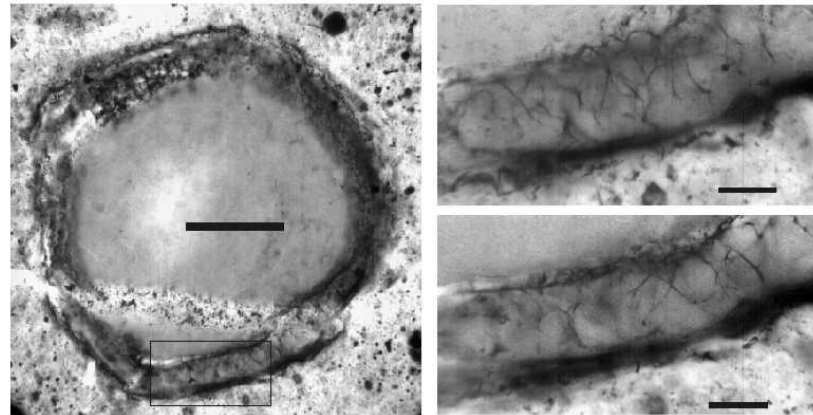
# Неопротерозой

Акритархи лахандинского горизонта Сибири (1000-850 Ма)  
(Янкаускас, ред, 1989; Наговицин, 2000)

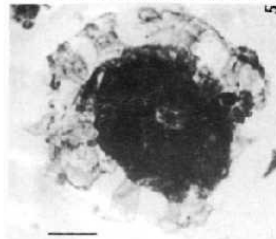
*Trahychystrichosphaera*



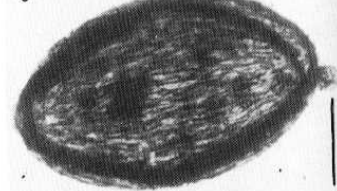
*Cymatiosphaeroides*



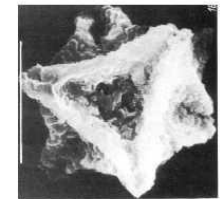
*Mi roedichia*



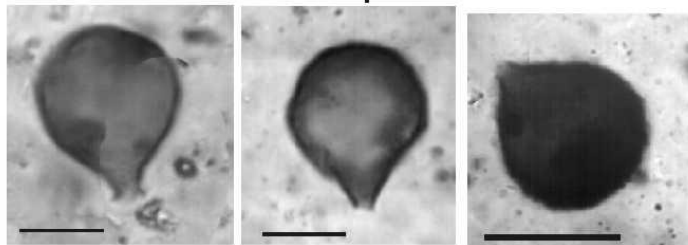
*Cucumiforma* Mikh.



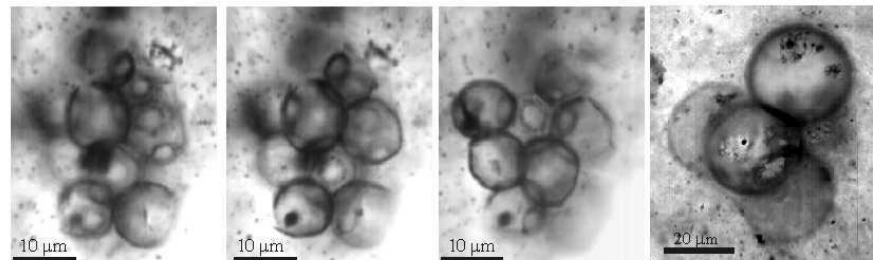
*Octoedrixium*



*Osculosphaera*



*Palaeastrum*

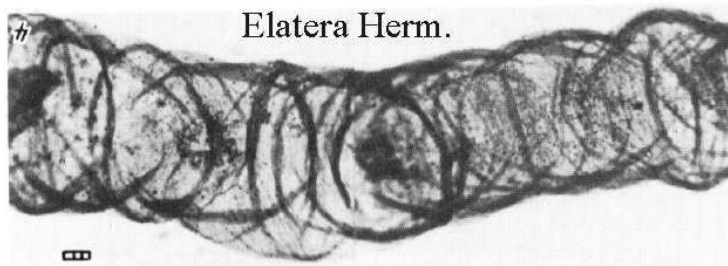


Сложные нитчатые микрофоссилии лахандинского горизонта Сибирской платформы  
(Герман, 1990)

Aimophyton Tim. et Herm.



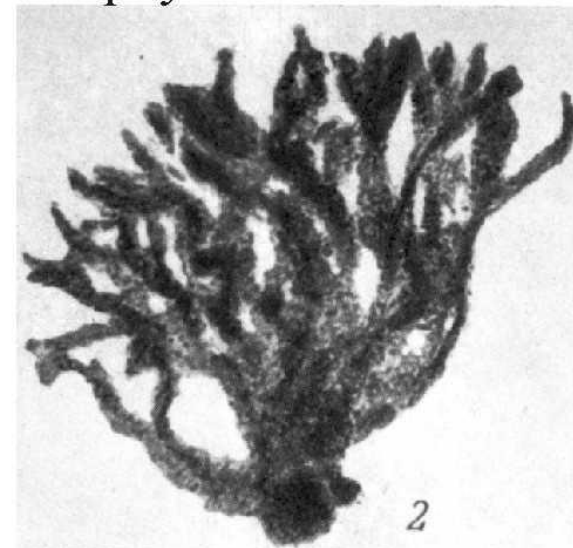
Elatera Herm.



Eosolena Herm.

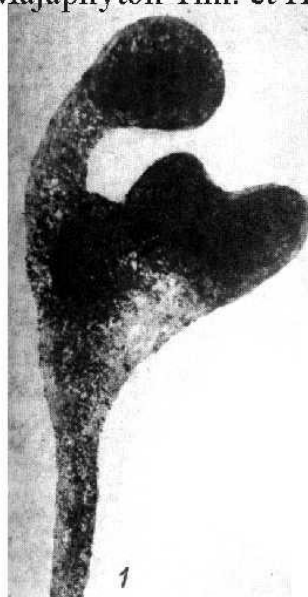
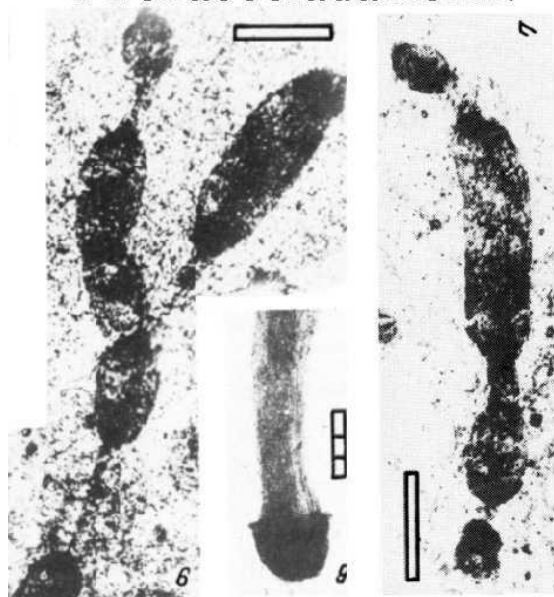


Ulophyton Tim. et Herm.

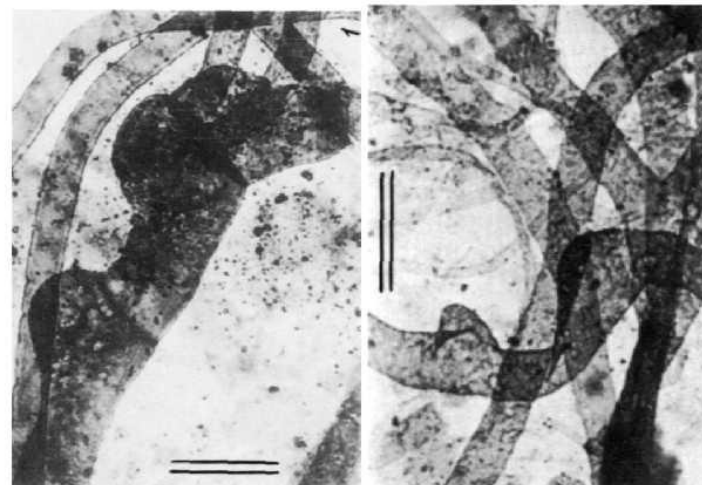


Archaeoclada Herm.

Majaphyton Tim. et Herm.



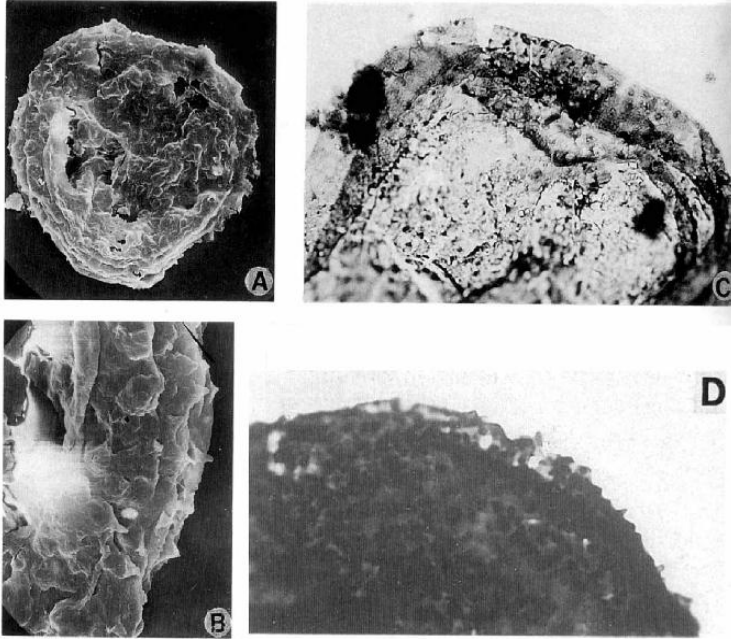
Palaeovaucheria Herm.



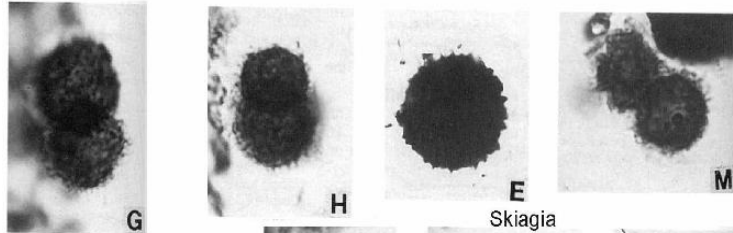
# Микрофоссилии криогения (850-650 Ма)

Австралия, Биттер спрингс  
(Zhang, Walter 1992)

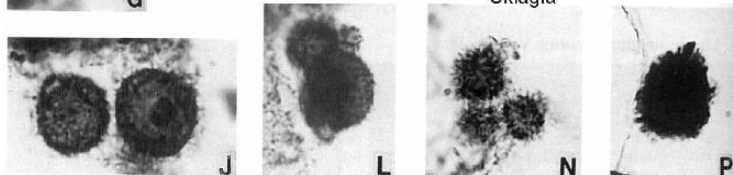
Неназванные акантоморфные формы



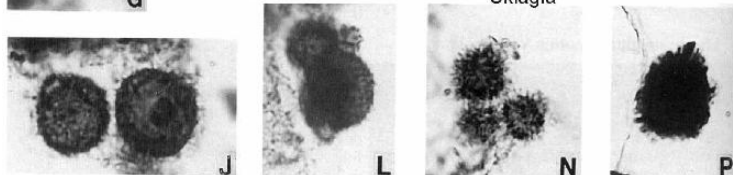
Comasphaeridium



Micrstridium

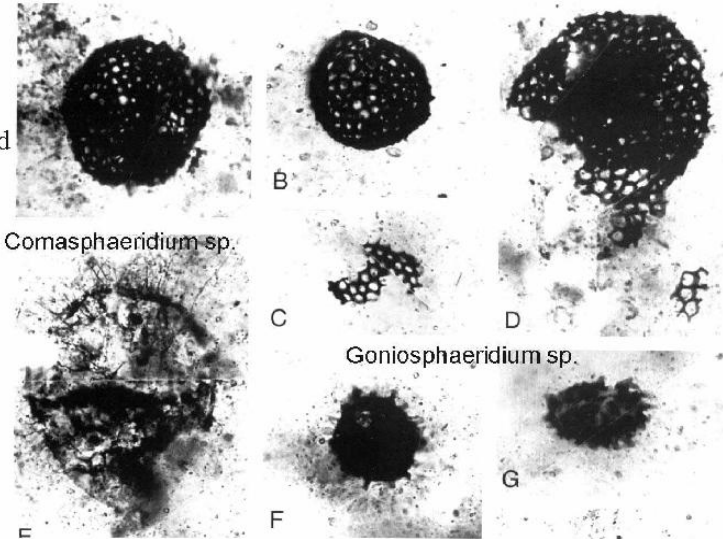


Skiagia

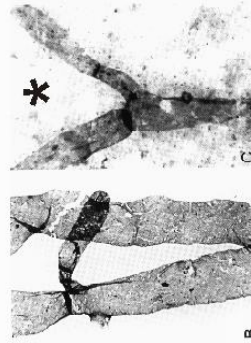


Шпицберген, Сванбернфиллет  
(Butterfield et al., 1994)

Dictiotidium fullerene



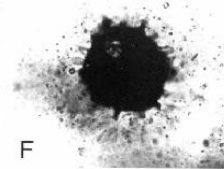
Proterocladus Butterfield



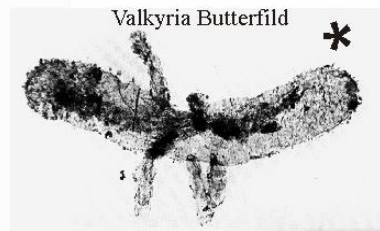
Comasphaeridium sp.



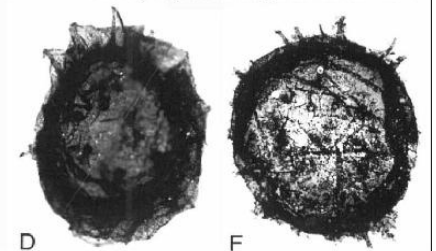
Goniosphaeridium sp.



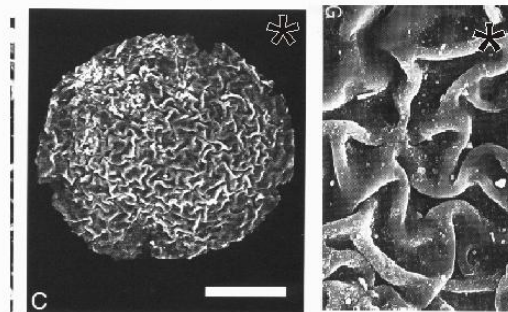
Valkyria Butterfield



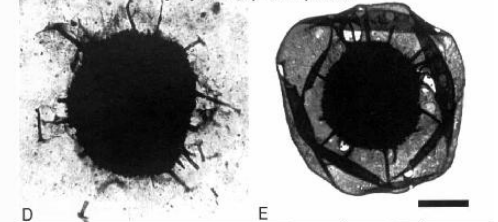
Trahychstrichosphaera aimica



Cerebrosphaera Butterfield

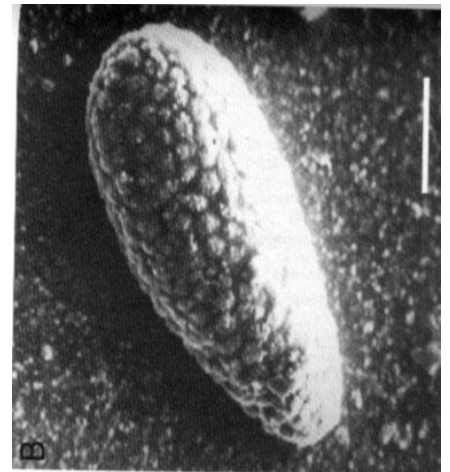
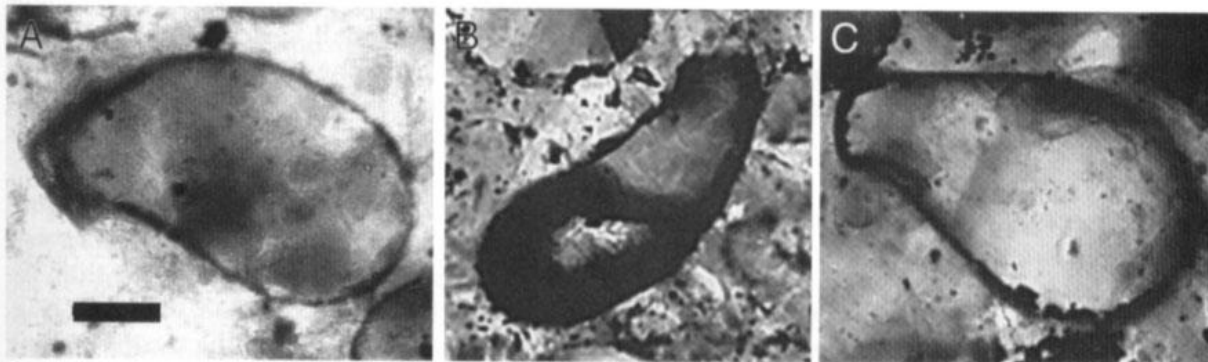
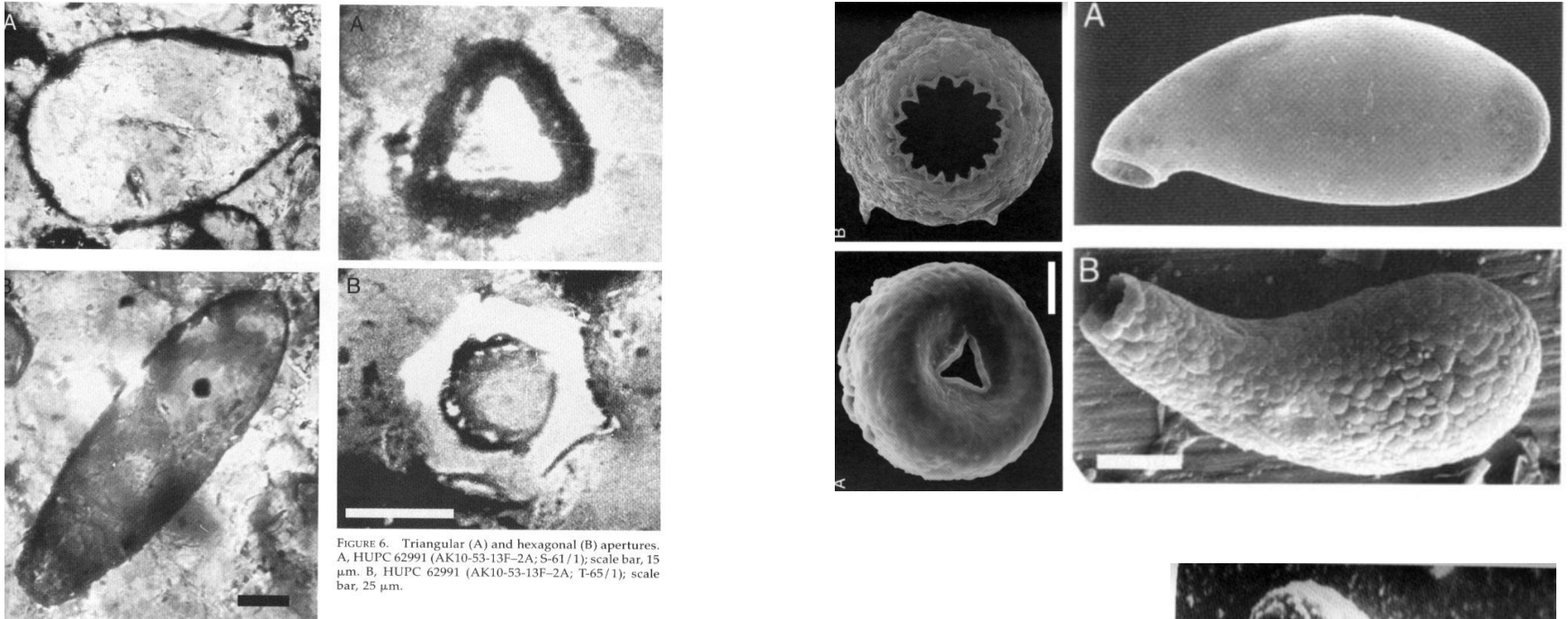


Trahychstrichosphaera poralis



Tanatium Kolosova

Древнейшие (750 Ma) достоверные остатки животных организмов *Melanocyrrillium*, сопоставление с современными раковинными амебами родов *Trigonopyxis*, *Diffugia*, *Cyphoderia*, *Nebelia* (Porter, Knoll, 2000).



Протерозойские мегафоссилии *Tawuia dalensis* и *Grypania spiralis*  
(шкала 10 мм) (Schopf, ed., 1992)

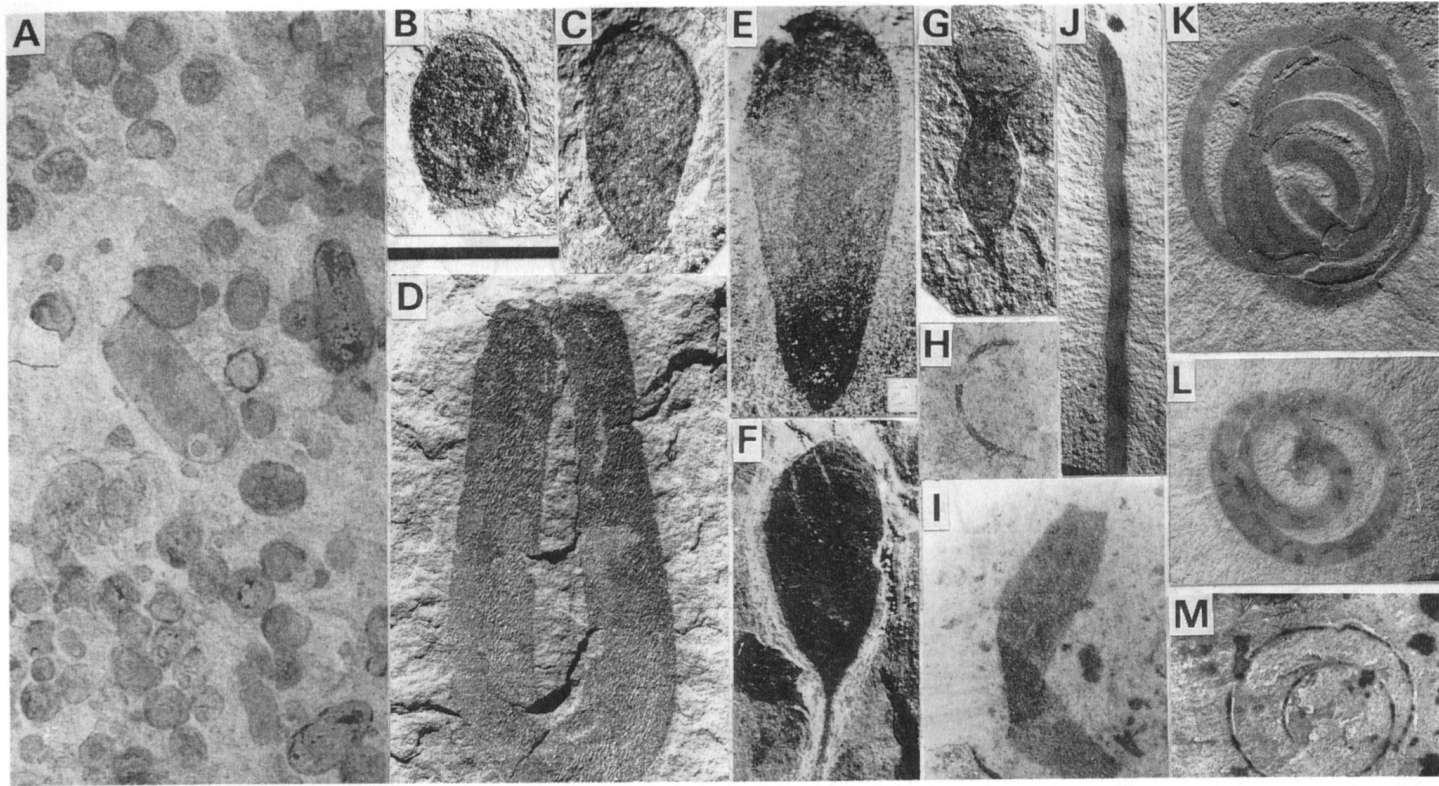


Figure 7.3.9. Representative Proterozoic carbonaceous films. Bar for scale (above D) represents 10 mm for A, D, H, I, K, L, and M; 8 mm for B, C, F, and G; 7 mm for E; and 5 mm for J. (A) *Chuarua circularis* and short specimens of *Tawuia dalensis*, Little Dal Group, Mackenzie Mountains, N.W.T., Canada, Geological Survey of Canada (GSC) no. 77191 (Hofmann 1985a, Pl. 35, Fig. 5). (B) *Shouhsienia shouhsienensis*, Changlongshan Formation, Hebei, China (Du and Tian 1985a, Pl. 1, Fig. 13). (C) *Ovidscina longa*, Changlongshan Formation, Hebei, China (Du and Tian 1985a, Pl. 1, Fig. 20). (D) *Tawuia dalensis*, U-shaped specimen, Little Dal Group, Mackenzie Mountains, N.W.T., Canada, GSC no. 57893 (Hofmann and Aitken 1979, Fig. 13E). (E) *Glossophyton mucronatus*, Changlongshan Formation, Hebei, China (Duan et al. 1985, Pl. 17, Fig. 5; Du and Tian, 1985a, Pl. 1, Fig. 24). (F) *Longfengshania ovalis*, Changlongshan Formation, Hebei, China (Du and Tian 1985a, Pl. 2, Fig. 9; Duan et al. 1985, Pl. 17, Fig. 9). (G) *Paralongfengshania sicyoides*, Changlongshan Formation, Hebei, China (Duan et al. 1985, Pl. 17, Fig. 10; Du and Tian 1985a, Pl. 2, Fig. 13). (H) *Grypania spiralis*, Little Dal Group, Mackenzie Mountains, N.W.T., Canada, GSC no. 77204 (Hofmann 1985a, Pl. 39, Fig. 4). (I) Holotype of *Lanceoforma striata*, Greyson Shale, Montana, USA, U.S. National Museum (USNM) no. 210908 (Walter et al. 1976, Pl. 2, Fig. 2). (J) *Sangshuania linearis*, Gaoyuzhuang Formation, Jixian, northern China. (K) *S. sangshuanensis*, Gaoyuzhuang Formation, Jixian, northern China. (L) *S. sangshuanensis* with bead-like markings, Gaoyuzhuang Formation, Jixian, northern China (specimen Jg-j126 of Du Rulin). (M) *Grypania* (“*Helminthoidichnites?*”) *spiralis*, Greyson Shale, Deep Creek Canyon, Montana, USA, USNM no. 33794(210905) (Walcott 1899, Pl. 24, Fig. 5; Walter et al. 1976C, Pl. 2, Fig. 9; GSC photograph 200881-A). Photographs in B, C, E–G, J, K, courtesy of Du Rulin; photograph in I, L, courtesy of M. R. Walter.

# Фоссилизированные остатки неопротерозойских грибов из формации Wynnatt арктической Канады (Butterfield, 2004)

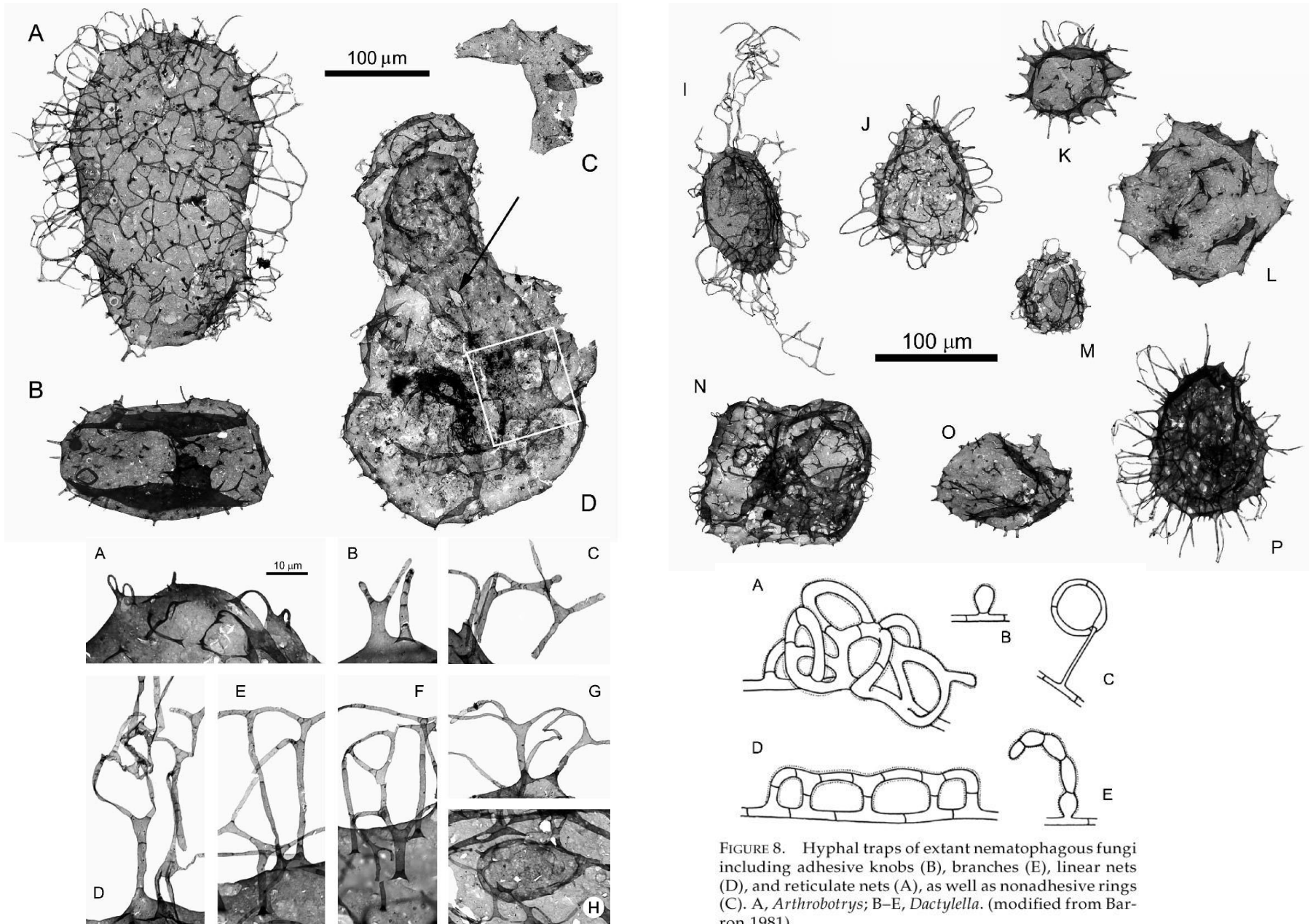
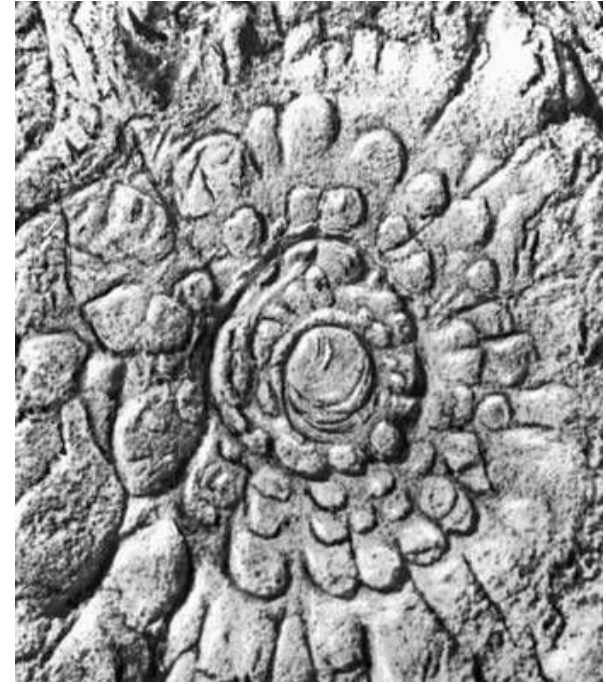


FIGURE 8. Hyphal traps of extant nematophagous fungi including adhesive knobs (B), branches (E), linear nets (D), and reticulate nets (A), as well as nonadhesive rings (C). A, *Arthrobotrys*; B–E, *Dactylella*. (modified from Barron 1981).



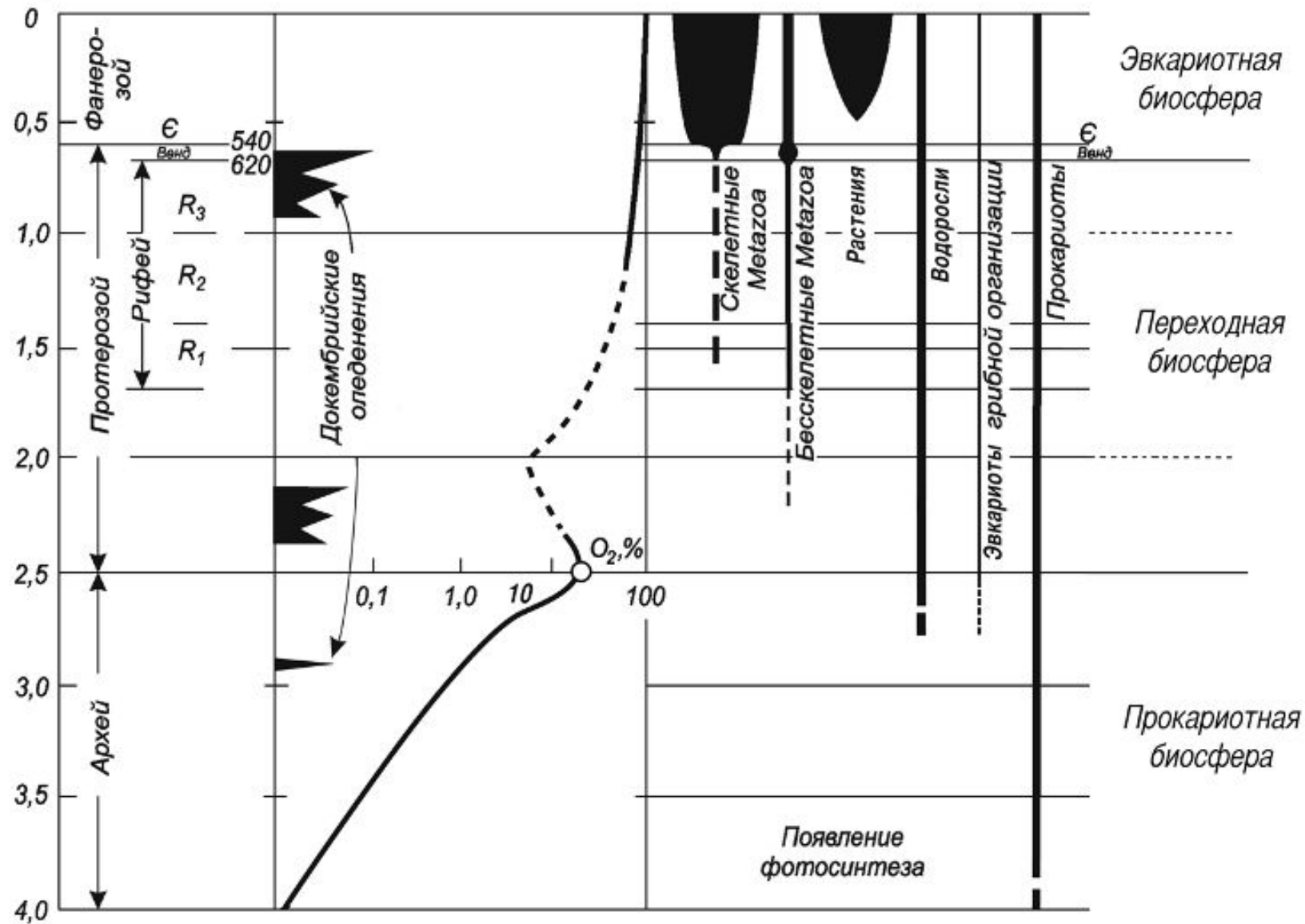


Окаменелости верхнего докембрия. *Mawsonites spriggi* Glaessner et Wade. Песчаники **Паунд-Эдиакары**, Австралия.

Окаменелости верхнего докембрия. *Vendia sokolovi* Keller. Редкинская свита терминального рифея Восточно-Европейской платформы. Яренская скважина глубиной 1552 м.

Окаменелости верхнего докембрия. *Charnia mausoni* Ford. Верхний докембрий (рифей), Великобритания.

млрд. лет



## **Полезные ископаемые**

С протерозойскими отложениями связано множество полезных ископаемых: **железные руды, мрамор, графит, никелевая руда, пьезокварц, каолин, золото, слюда, тальк, молибден, медь, висмут, вольфрам, кобальт, радиоактивные минералы, драгоценные камни.**

Ранний протерозой был временем выдающегося железорудного накопления (например, Кривой Рог, Курская магнитная аномалия).

На юге Африки в это же время образовывались **золото-урано-пиритовые конгломераты.**

Поздний протерозой известен **железными рудами (например, Урал), медно-полиметаллическими рудами (например, Австралия), а также урановыми, кобальтовыми, медными, оловянными рудами.**

