

Современные представления о многоцарственной системе органического мира

БЕЛЯКОВА Г.А.

История систем органического мира

Carolus Linnaeus, 1735, 1758
2 царства живой природы

Животные (Animalia)

Растения (Vegetabilia), включая водоросли

Systema naturæ sive regna tria naturæ systematice proposita per classes, ordines, genera, & species. Lugduni Batavorum [Leyden]: apud Theodorum Haak. 1735.

Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Holmiæ [Stockholm]: impensis direct. Laurentii Salvii. 1758. [4] Bl., S. 6-823.



23 мая 1707, Росхульт — 10 января 1778, Упсала

CAROLI LINNÆI

EQUITIS DE STELLA POLARI,
ARCHIATRI REGII, MED. & BOTAN. PROFESS. UPSAL. ;
ACAD. UPSAL. HOLMENS. PETROPOL. BEROL. IMPER.
LOND. MONSIEU. TOLOS. FLORENT. SOC.

SYSTEMA
NATURÆ

PER

REGNA TRIA NATURÆ,

SECUNDUM

CLASSES, ORDINES,
GENERA, SPECIES,

CUM

CHARACTERIBUS, DIFFERENTIIS,
SYNONYMIS, LOCIS.

TOMUS I.

EDITIO DECIMA, REFORMATA.

Cam Privilegio Sæ Ræ Mæjæ Sveciæ.

HOLMIÆ,

IMPENSIS DIRECT. LAURENTII SALVII,
1758.

История систем органического мира

Карл Линней :

Создал НАУЧНУЮ СИСТЕМУ
ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА, состоящую из 3
царств

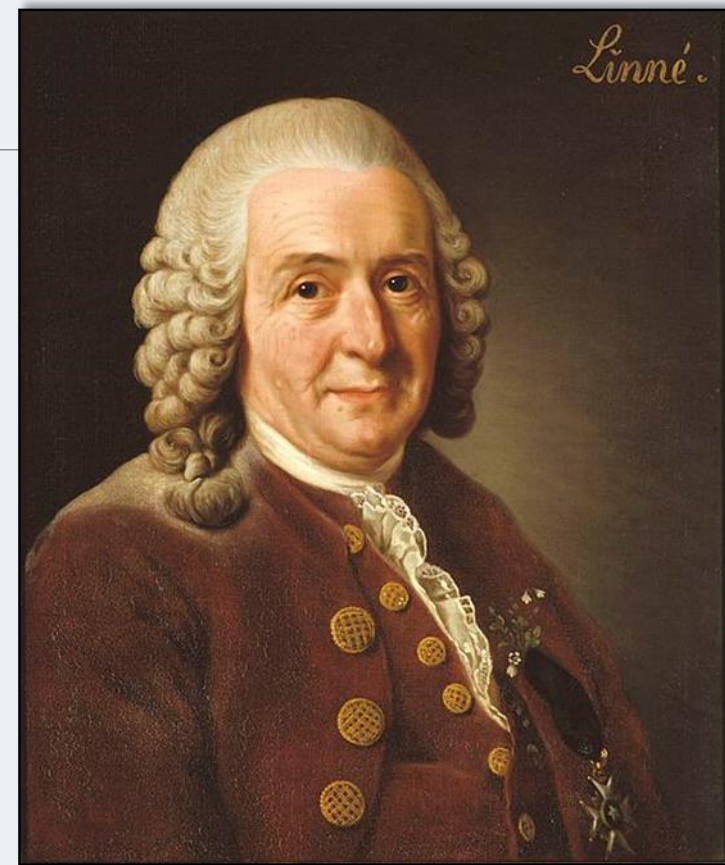
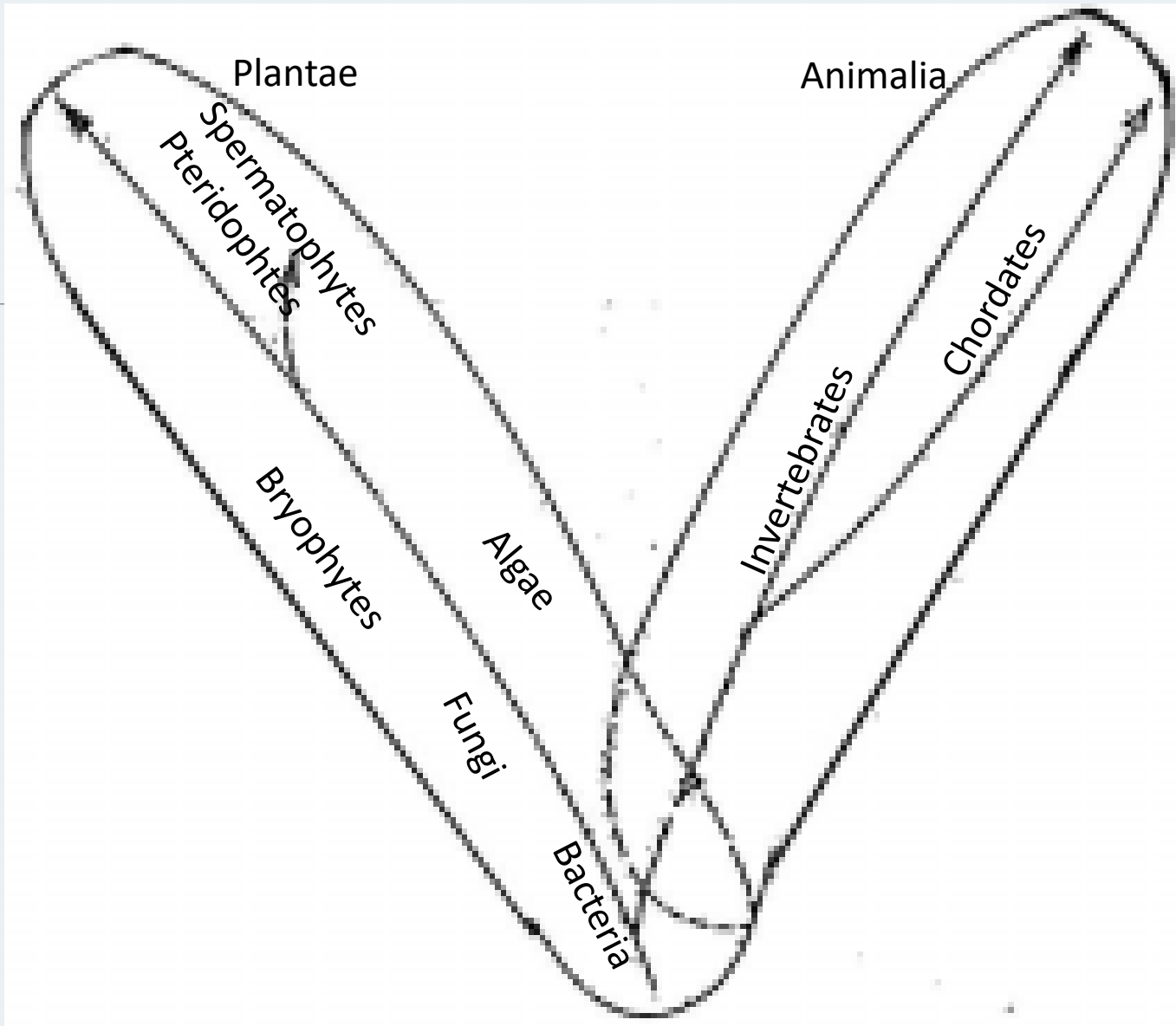
В ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ –
ПРИНЦИП ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Использовал БИНОМИНАЛЬНУЮ
(БИНАРНУЮ) НОМЕНКЛАТУРУ

Иерархия биологической систематики



Класс
Порядок
Род
Вид



1707- 1778

История систем органического мира

Система зоологии

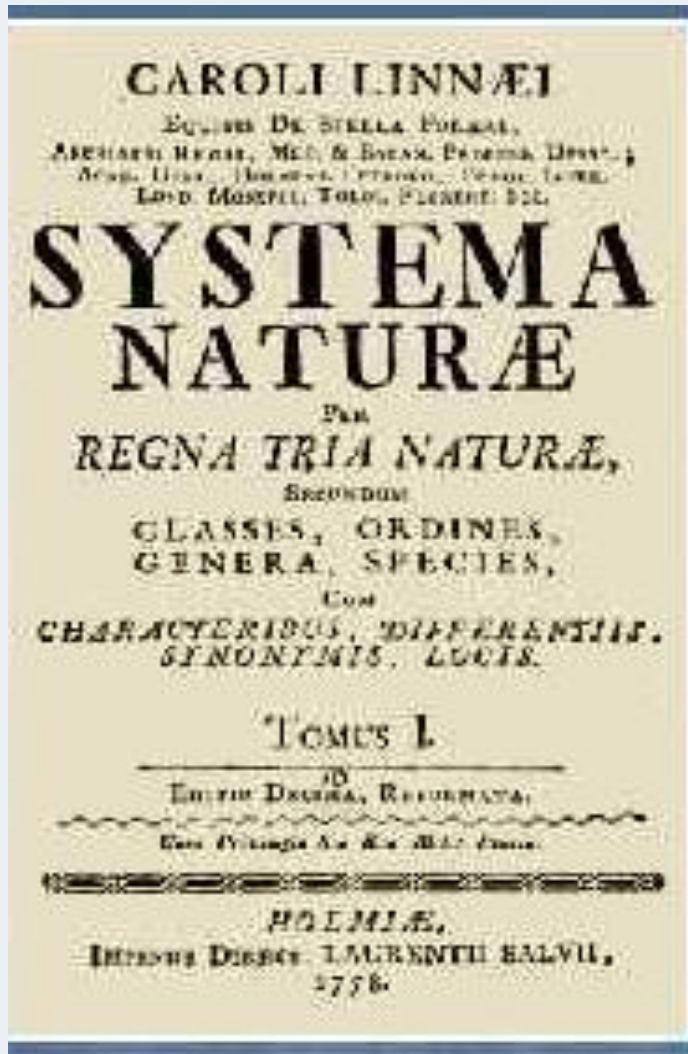
- 6 классов (на основе строения сердца)

Система ботаники

- 24 класса (на основе строения половых органов)

(24-й тайнобрачные- споровые высшие растения,
водоросли, грибы)

История систем органического мира



Система природы, 1758



К. Линней в своей системе выделил класс Cryptogamia, в котором описал порядок Algae. Порядок включал: печеночные мхи, лишайники, губки и собственно водоросли с 4 родами: *Fucus*, *Chara*, *Ulva* и *Conferva*.

Группы организмов, которые плохо вписывались в линнеевскую систему



История систем органического мира

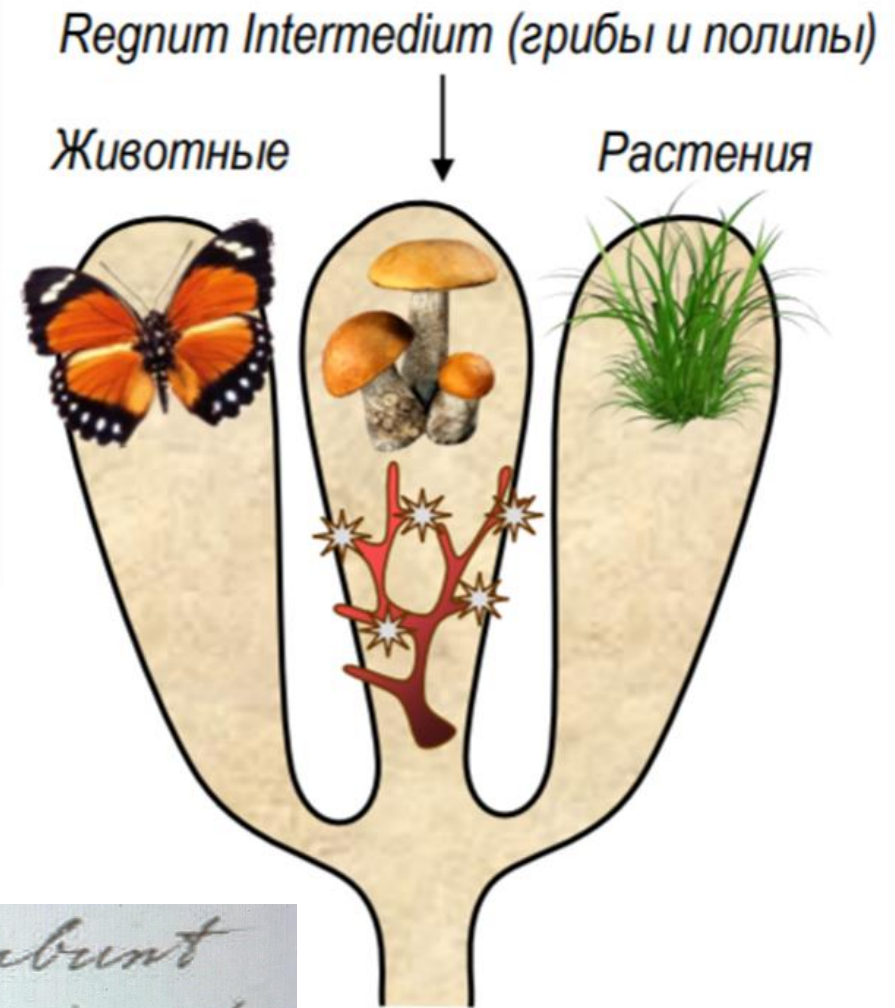
Отто фон Мюнхгаузен вёл переписку с Карлом Линнеем, которая продолжалась с 18 апреля 1751 года до 24 июля 1773 года

Письмо 26 сентября 1754 года, замок Швёббер Карлу Линнею

«Fungi, Lichenes, corallia in Systemate meo dabunt Regnum quasi intermedium inter Regnum animale et vegetabile.»



Отто фон Мюнхгаузен 1716—1774

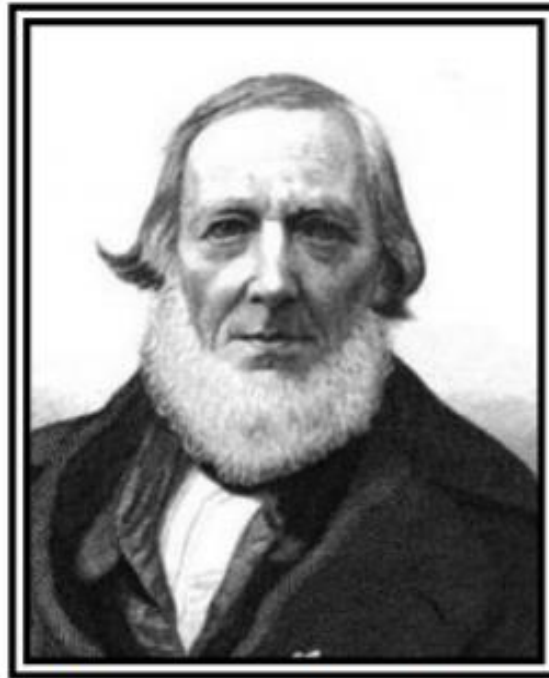


accipi
Fungi, Lichenes, corallia in Systemate meo dabunt
Regnum quasi intermedium inter Regnum animale
et vegetabile, an Articularia omnia vel nonnulla
illis adnumerem? Scribis adhuc sum. Fortasse Opus
Linnæi

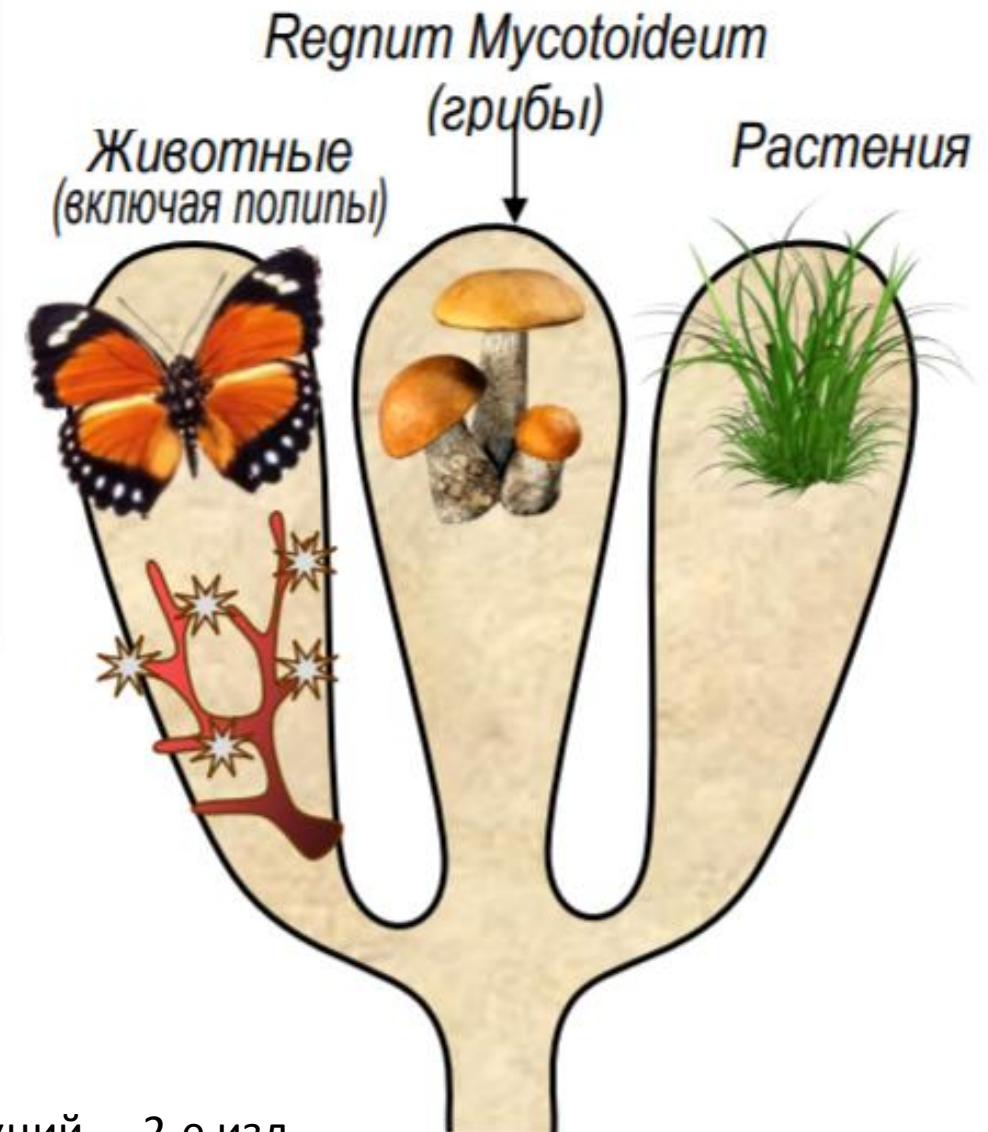
Христиан Готфрид Даниэль Нес фон Эзенбек

Описал приблизительно
7000 таксонов растений
(почти столько же,
сколько Линней)

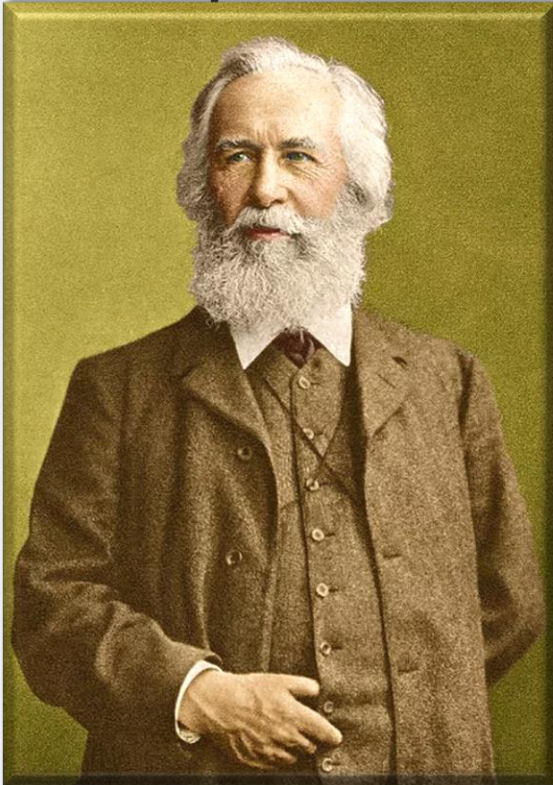
Das System der Pilze und Schwämme (1816)



Христиан Неес фон
Эзенбек
1776–1858



История систем органического мира



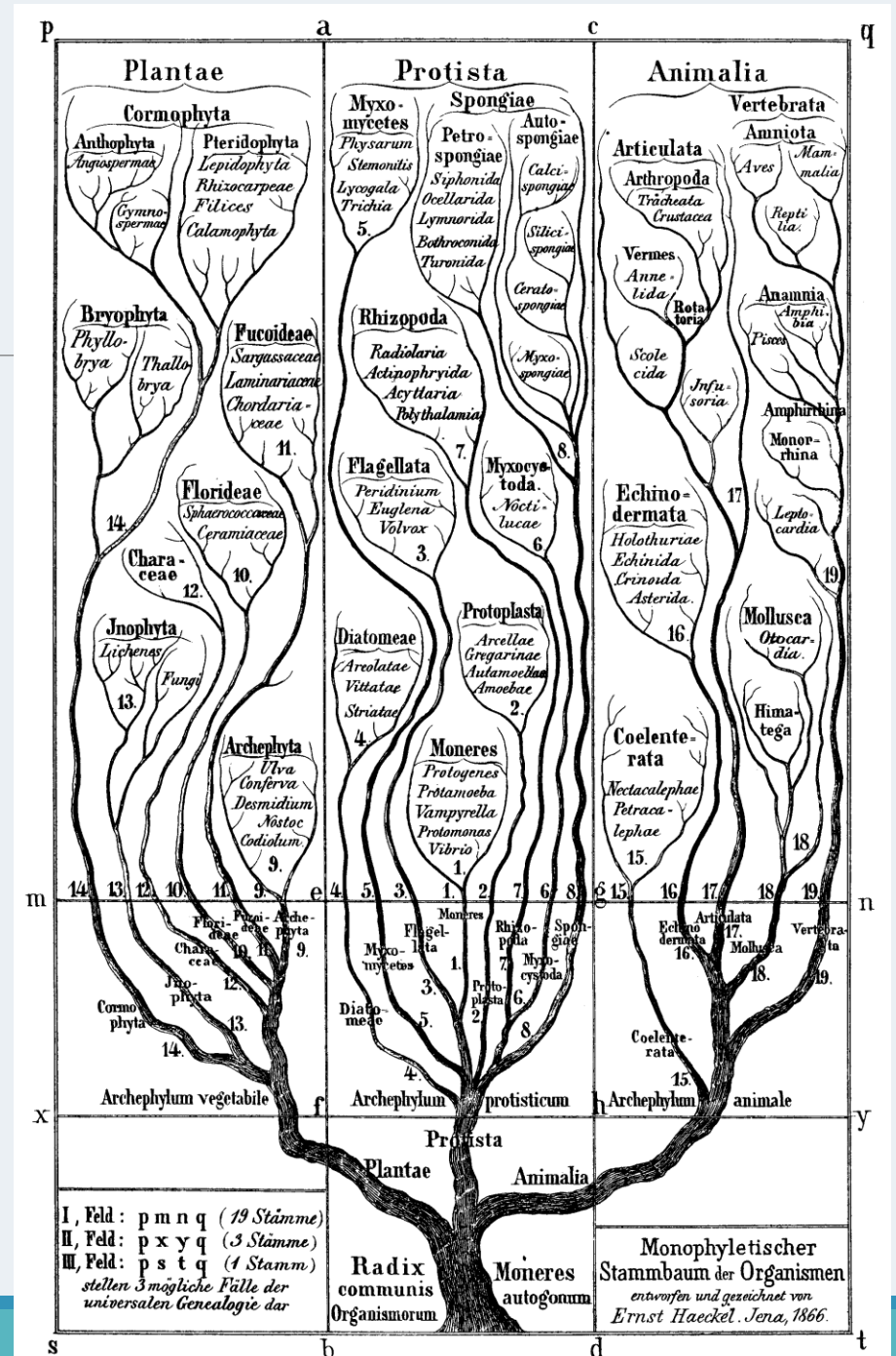
Ernst Haeckel, 1866
3 царства

Простейшие (Protista),
включая бактерии
(Moneres*), простейшие,
некоторые водоросли
Животные (Animalia)
Растения (Plantae)

«*Generelle Morphologie d. Organismen*» (2 изд., 1866)

** Монеры - происходит от лат. monēris «одинокий»

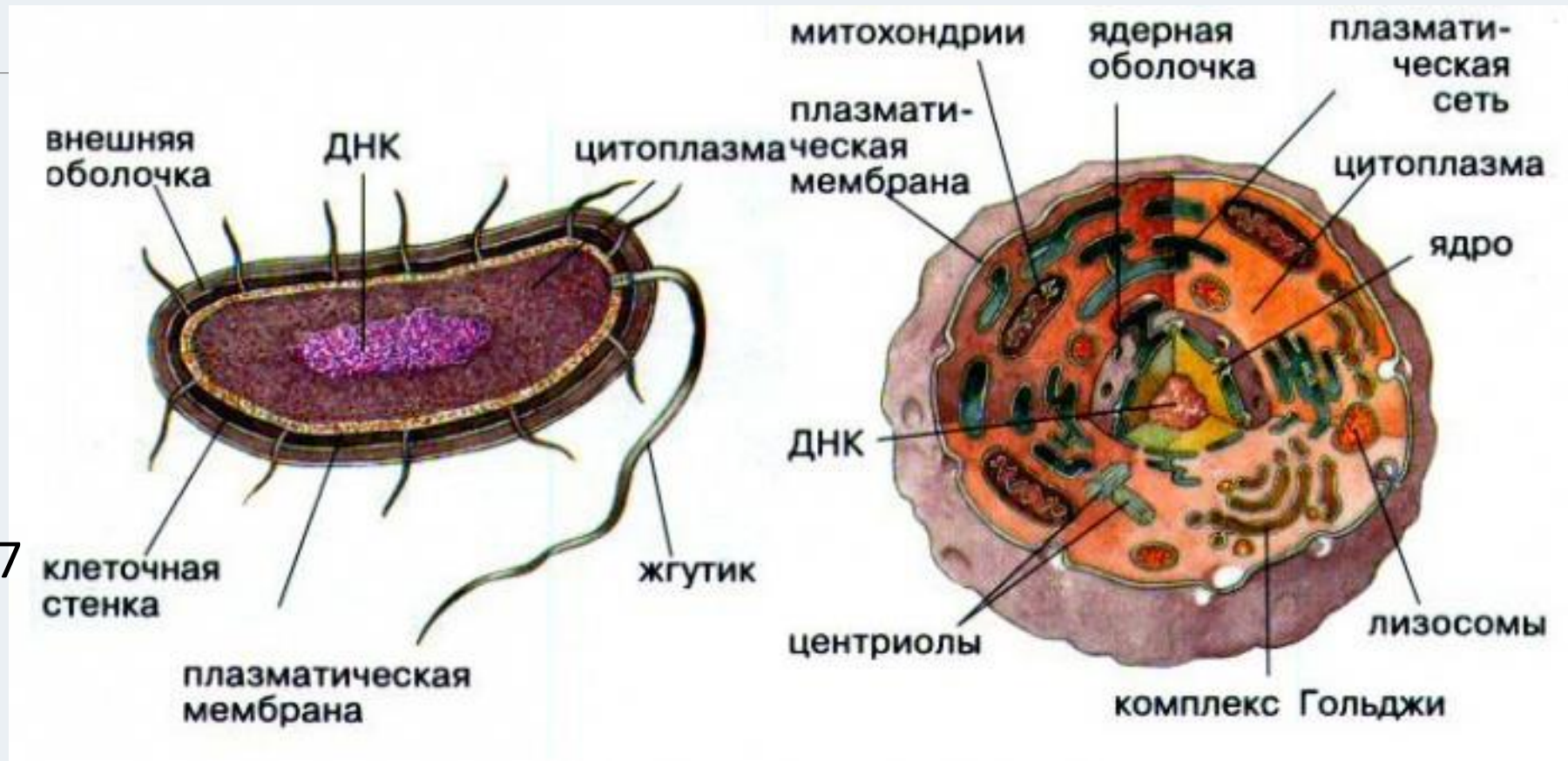
Протисты (от греч. πρῶτιστος «самый первый, первейший»)



Строение прокариотной и эукариотной клеток



Е. Chatton, 1923-1925, 1937
2 империи
Прокариоты (Prokaryota)
Эукариоты (Eukaryota)



Прокариоты (лат. Prokaryota, от др.-греч. πρό 'перед' и κάρυον 'ядро'),
или доядерные

Эукариоты (устар. эвкариоты; лат. Eukaryota от др.-греч. εὖ- 'хорошо' или
'полностью' + κάρυον 'ядро'), или ядерные

История систем органического мира

Herbert Copeland, 1938, 1956

4 царства



Монера (Monera)

Простейшие (Protoctista), включая водоросли, грибы, протозоа

Растения (Plantae)

Животные (Animalia).

The kingdoms of organisms", *Quarterly review of biolo* v.13, p. 383-420, 1938.

The classification of lower organisms, Palo Alto, Calif., Pacific Books, 1956

История систем органического мира

Robert Whittaker, 1969

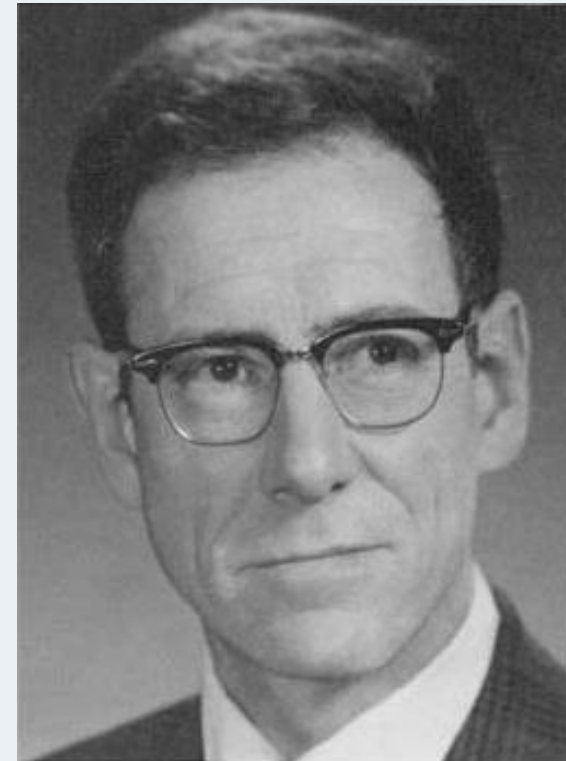
5 царств

1. Бактерии (Monera)
2. Грибы (Fungi)
3. Простейшие (Protista)
4. Растения (Plantae)
5. Животные (Animalia)

**В основу системы положены различия в питании и строении
(многоклеточные и одноклеточные)**

The kingdoms of the living world. 1957. Ecology, 38:536—38.

New concepts of kingdoms of organisms. 1969. Science, 163:150-60.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Whittaker'.

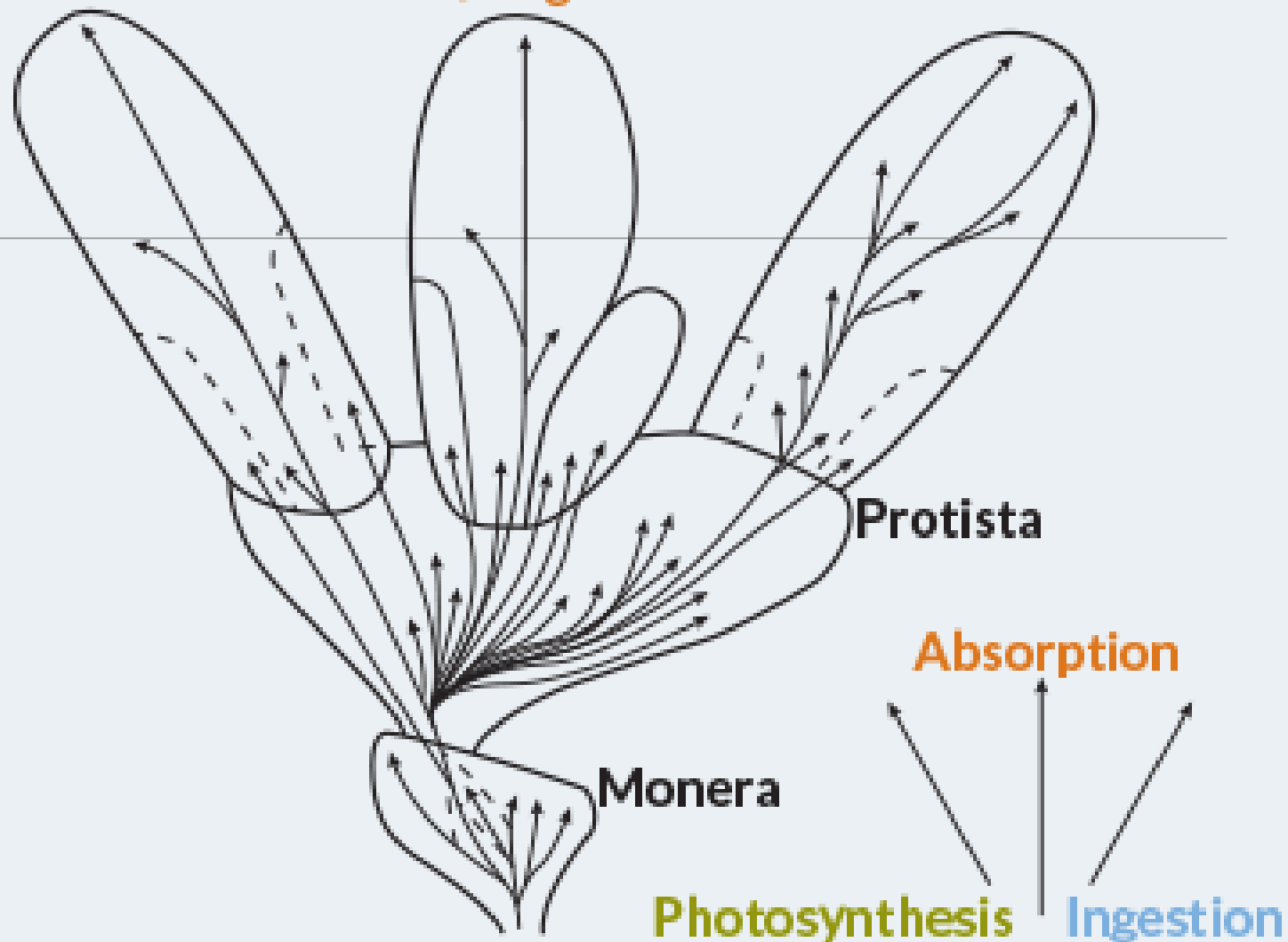
Fungi – от латинского fungus - гриб



Plantae

Fungi

Animalia



В основу системы положены различия в питании и строении (многоклеточные и одноклеточные)

История систем органического мира

Woese et al., 1977

6 царств

1. Эубактерии (Eubacteria)
2. Археи (Archaeobacteria)
3. Грибы (Fungi)
4. Простейшие (Protista)
5. Растения (Plantae)
6. Животные (Animalia)

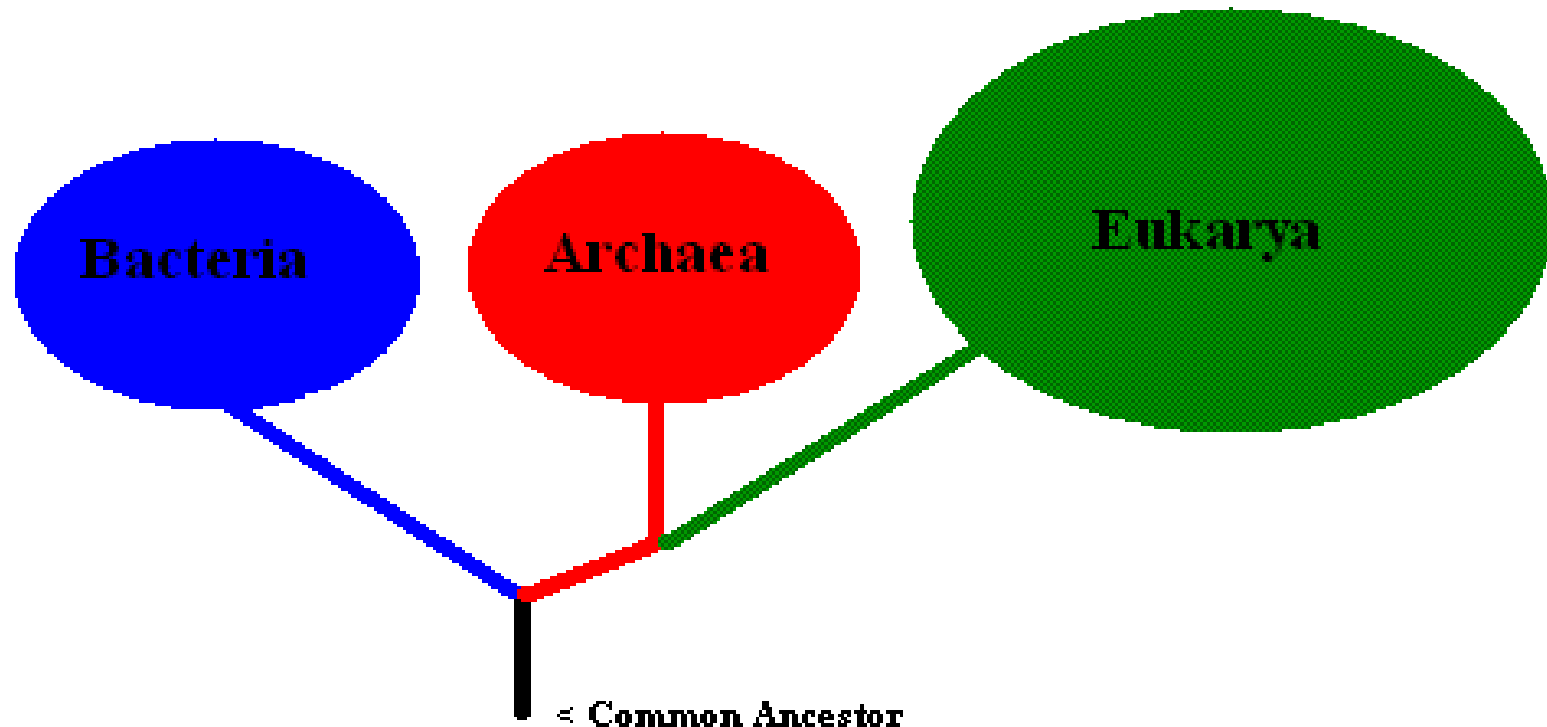
Phylogenetic structure of the prokaryotic domain:
the primary kingdoms. **Woese CR, Fox GE**
Proc Natl Acad Sci U S A. 1977 Nov; 74(11):5088-90.



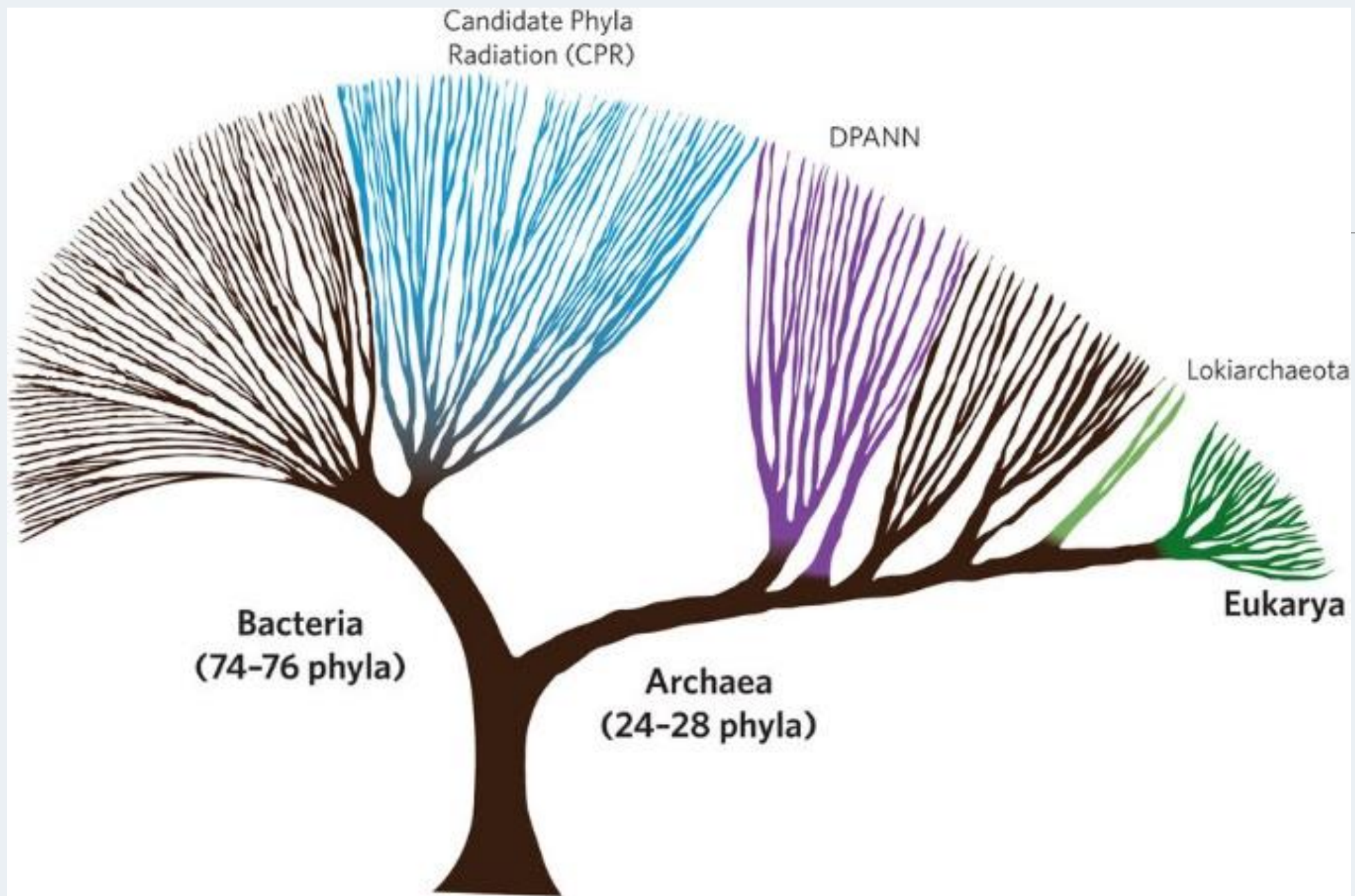
(лат. Archaea, от др.-греч. ἀρχαῖος «извечный, древний, первозданный, старый»)

История систем органического мира

The Three Domains of Life



Woese et al. 1990
3 домена

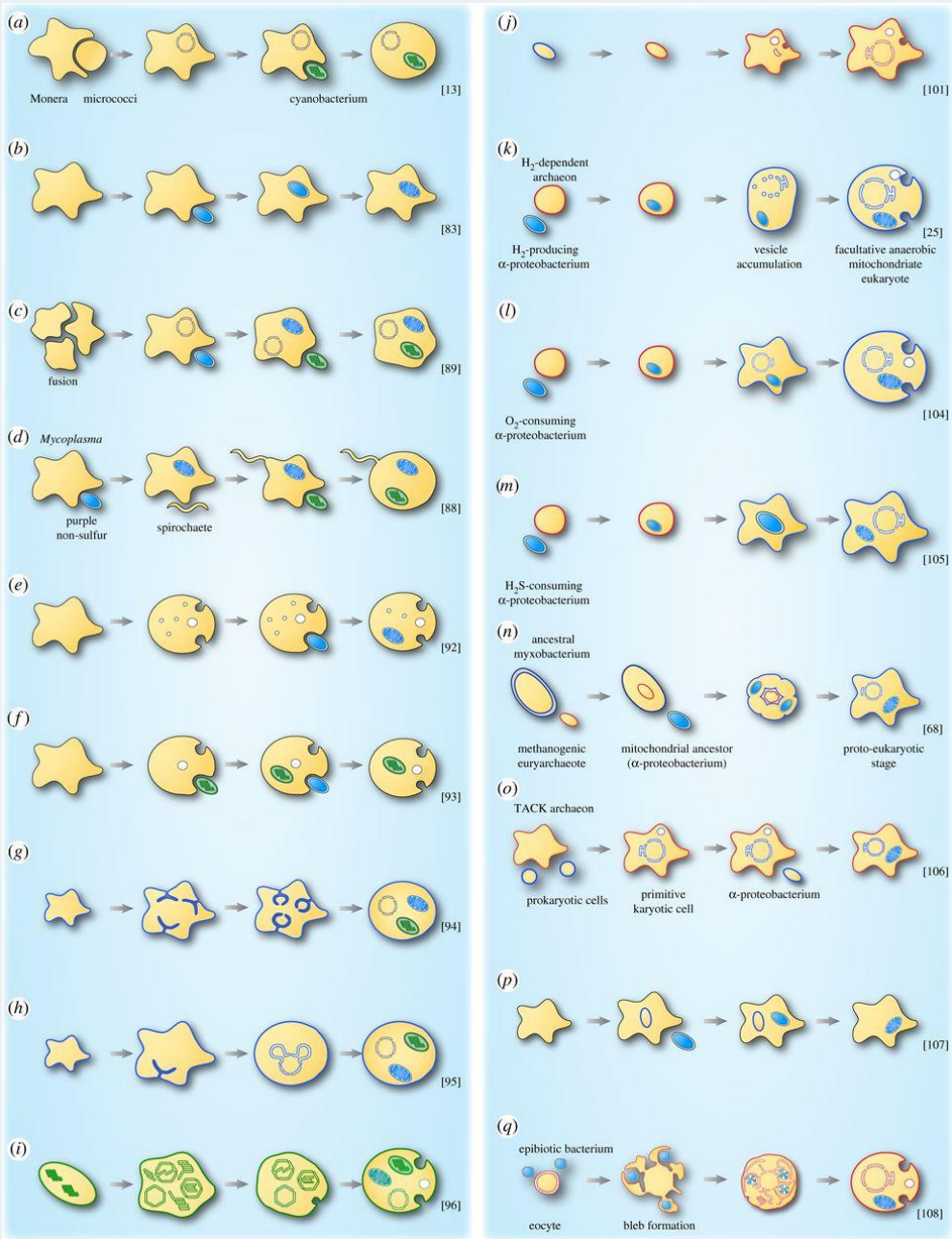




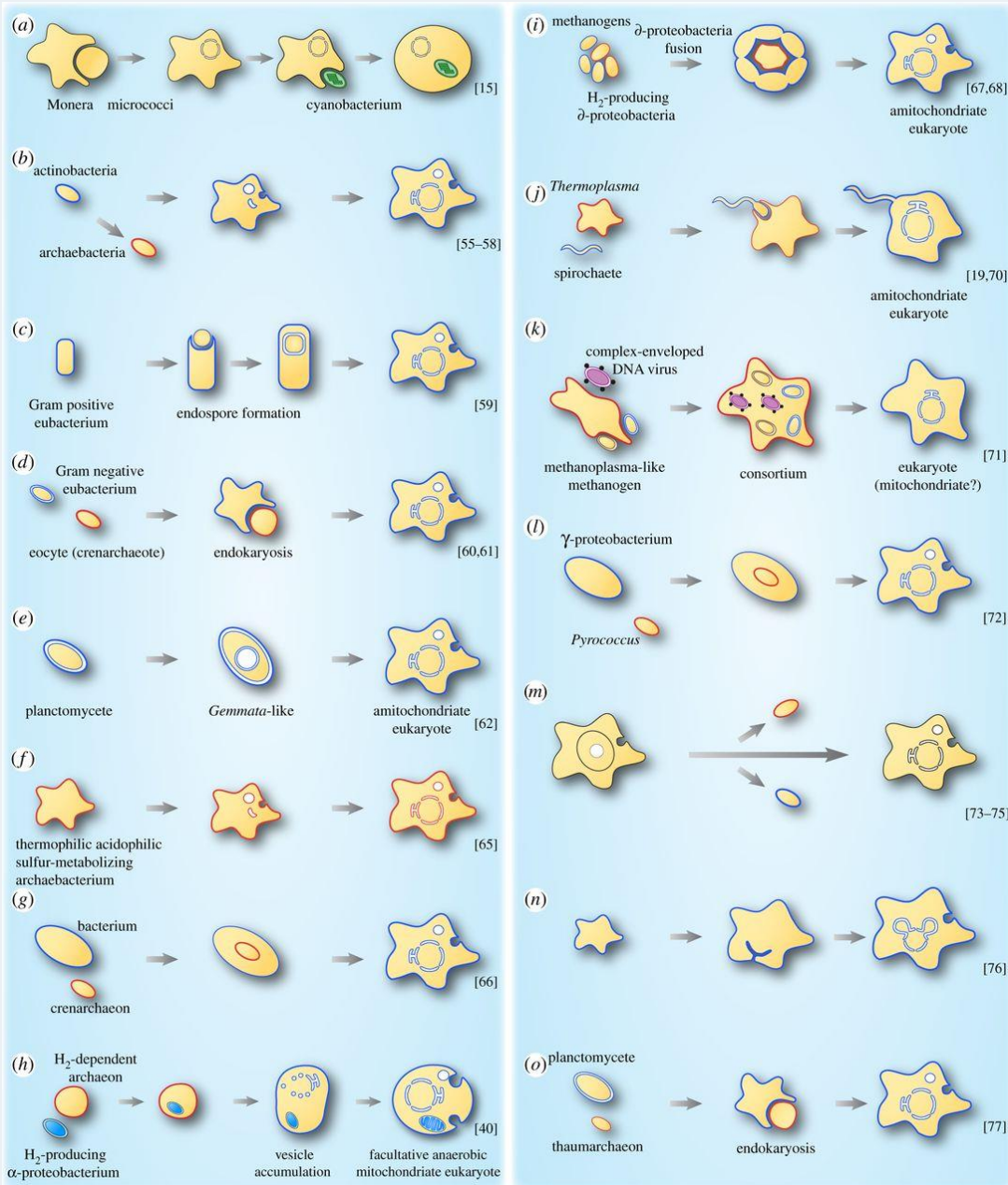
Константи́н Серге́евич Мережко́вский (23 июля (4 августа) 1855, Санкт-Петербург — 10 января 1921, Женева) — русский ботаник, зоолог, альголог, археолог, философ.

Линн Маргу́лис (Lynn Margulis; 5 марта 1938 — 22 ноября 2011) — американский биолог, протистолог, создательница современной версии теории симбиогенеза. Профессор Массачусетского университета в Амхерсте





Происхождение митохондрий и пластид

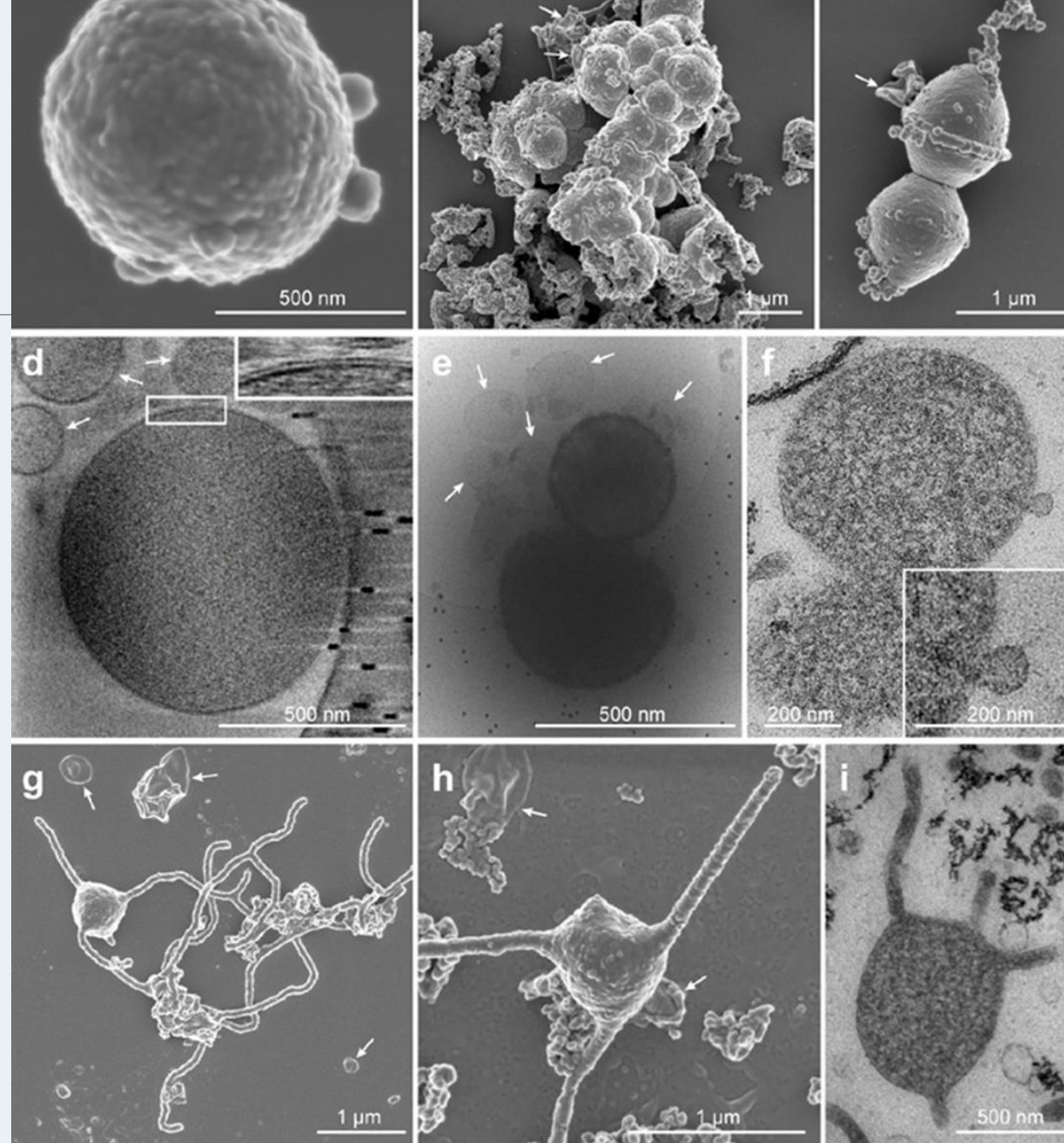


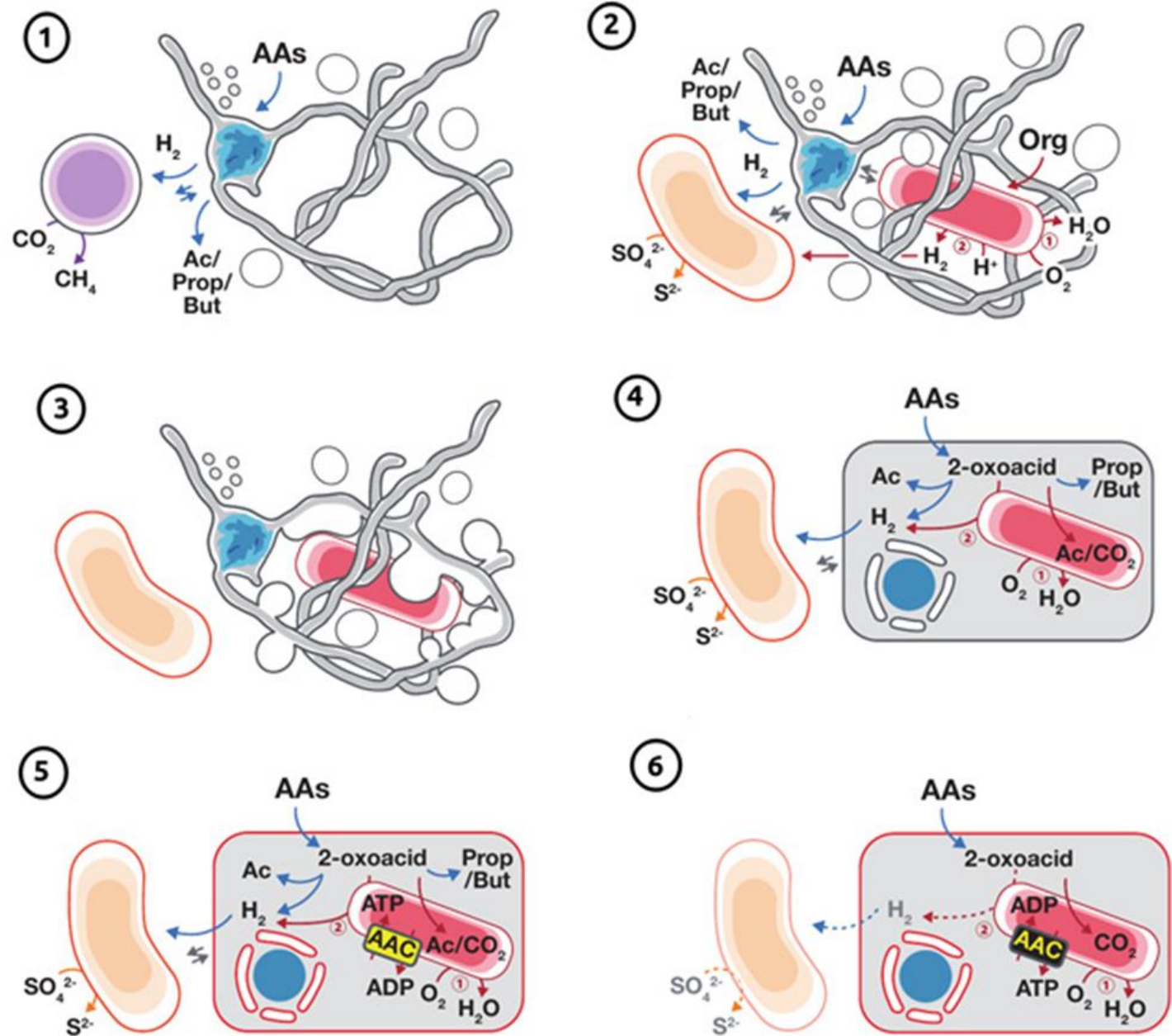
Теории происхождения ядра обычно основаны на:

- **впячиваниях**
- **цитоплазматической мембраны в прокариоте;**
- **эндосимбиозе археи в бактериальном хозяине;**
- **автогенном происхождении новой мембранной системы, включающей ядерную оболочку, в архее после приобретения митохондрий.**

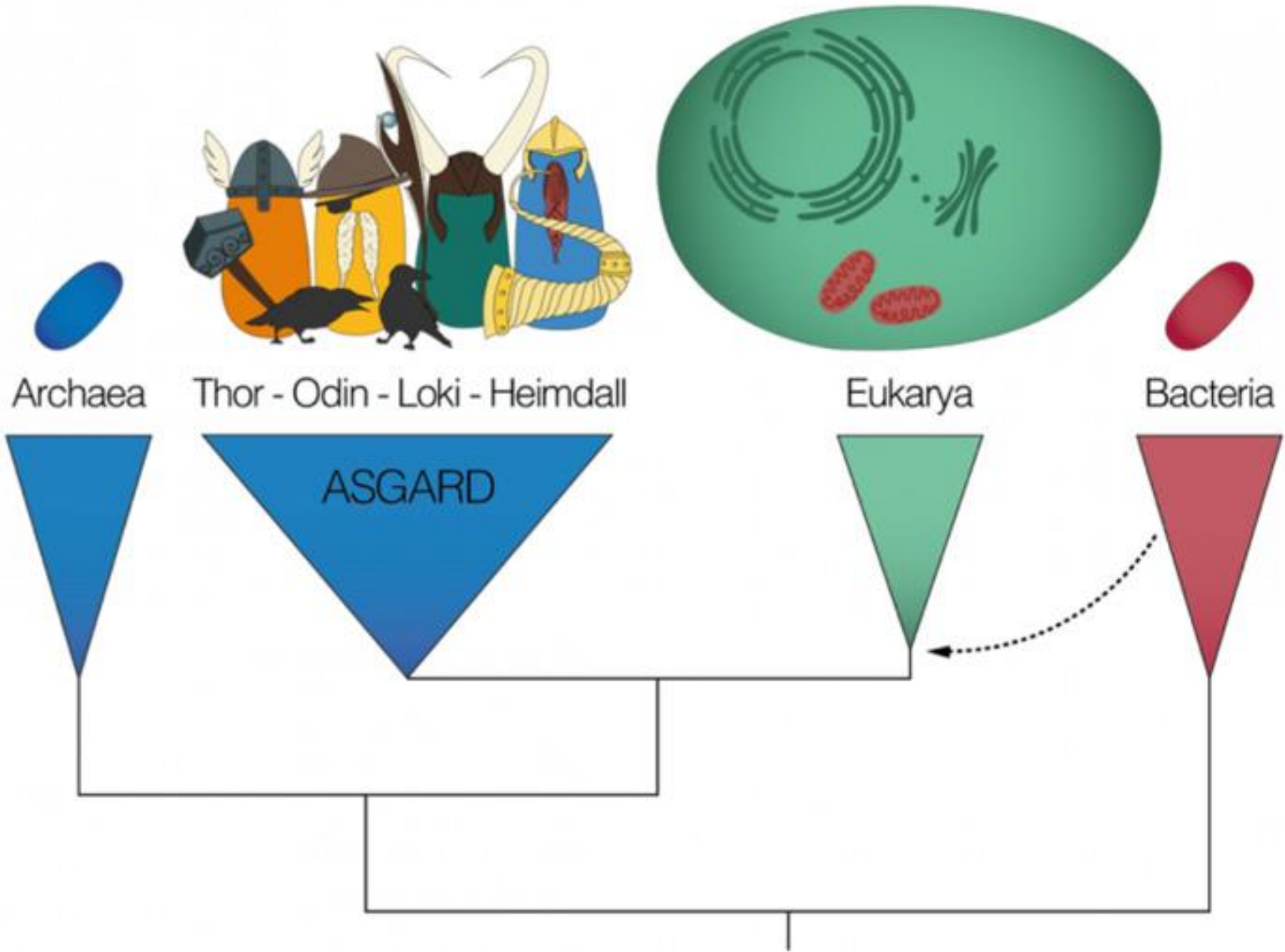
Происхождение ядра

Prometheoarchaeum syntrophicum





асгардархейя
 метаногенная архейя
 сульфатредуцирующая бактерия
 альфа-протеобактерия
 метаболический обмен



Морфологические признаки, используемые для построения современной системы

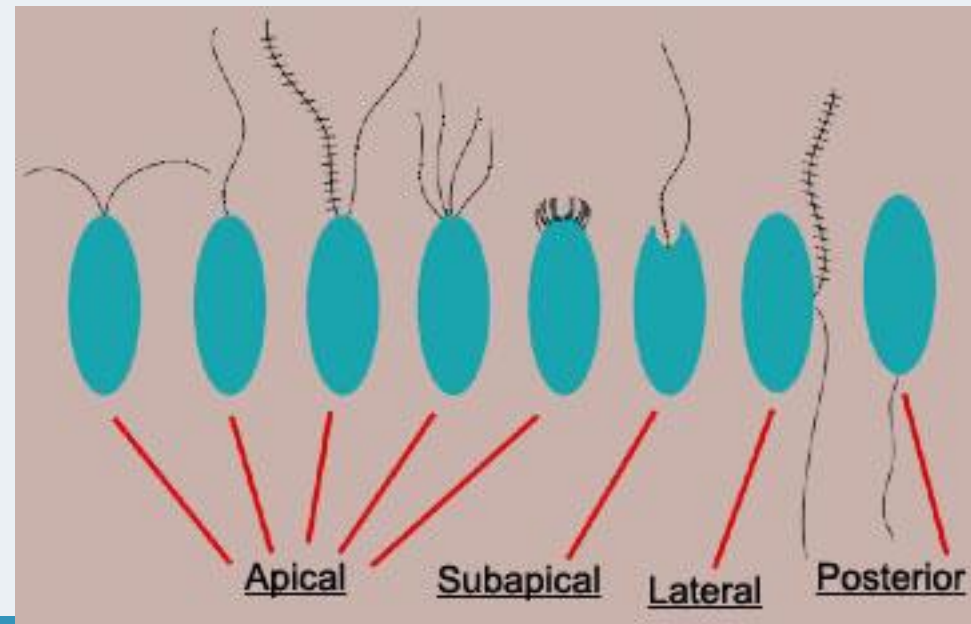
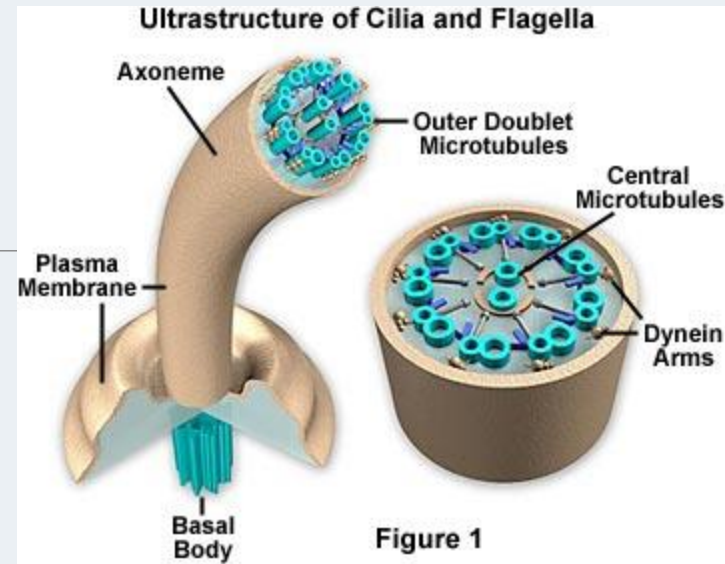
- 1. Особенности строения жгутикового аппарата**
- 2. Строение митохондрий**
- 3. Происхождение пластид**

Морфологические признаки, используемые для построения современной системы

1. Особенности строения жгутикового аппарата

2. Строение митохондрий

3. Происхождение пластид



Морфологические признаки, используемые для построения современной системы

1. Особенности строения жгутикового аппарата

2. Строение митохондрий

3. Происхождение пластид

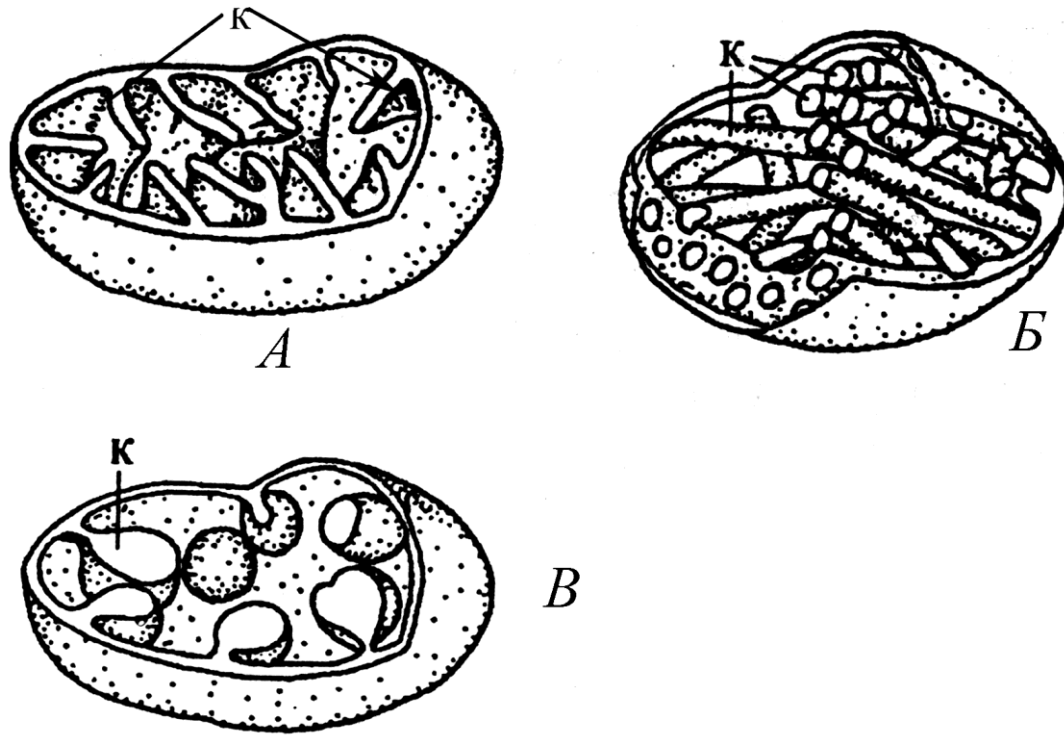
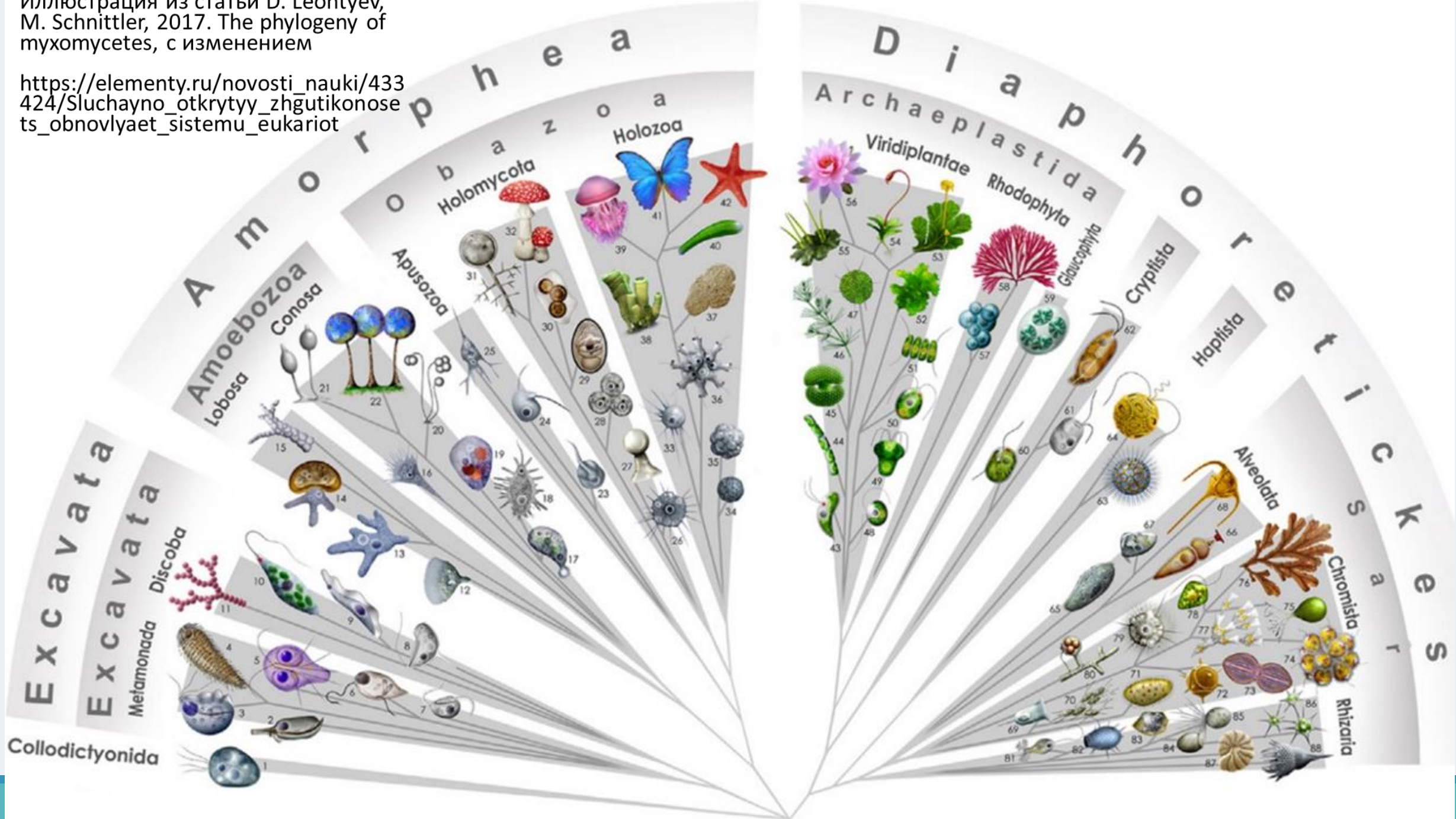


Рис. 22. Различные типы крист (к) митохондрий (по: Кусакин, Дроздов, 1994). *A* - пластинчатые или гребневидные; *B* - трубчатые; *B* - дисковидные.

Иллюстрация из статьи D. Leontyev, M. Schnittler, 2017. The phylogeny of мухомусетес, с изменением

https://elementy.ru/novosti_nauki/433424/Sluchayno_otkrytyy_zhgutikonose_ts_obnovlyayet_sistemu_eukariot

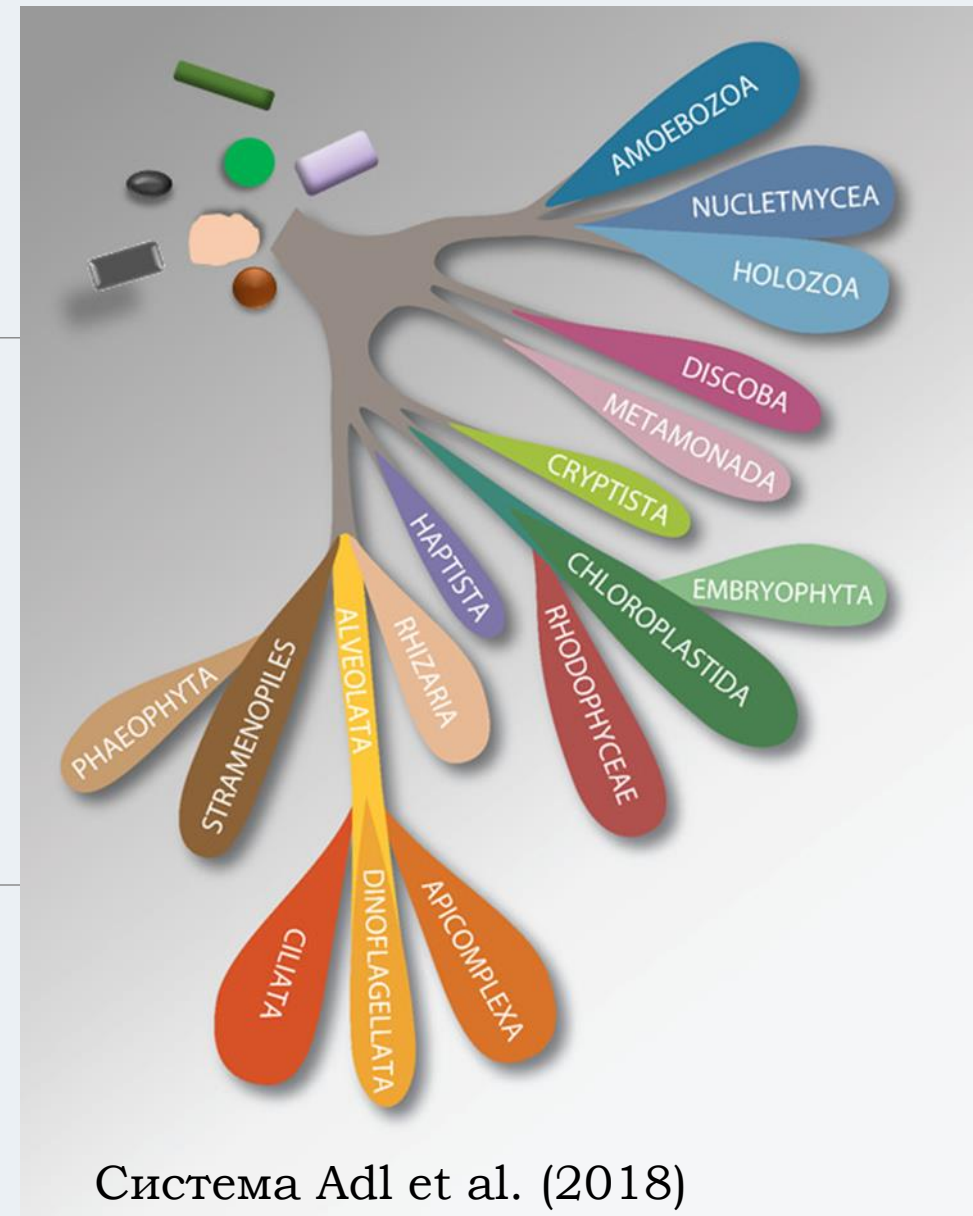


Мегагруппа Amorphea

Амoebozoa

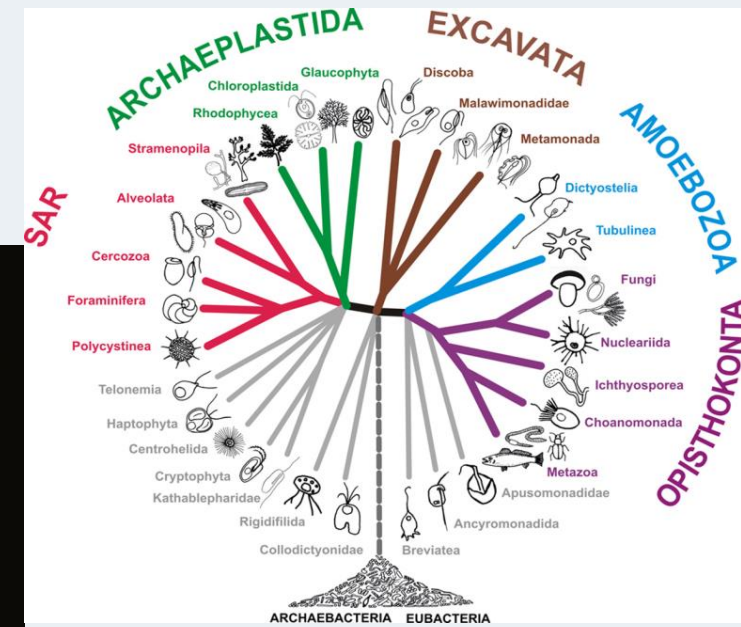
Обазоа

Характерные черты этого мегаствола — склонность к образованию ложноножек и отсутствие фотосинтеза, то есть гетеротрофность



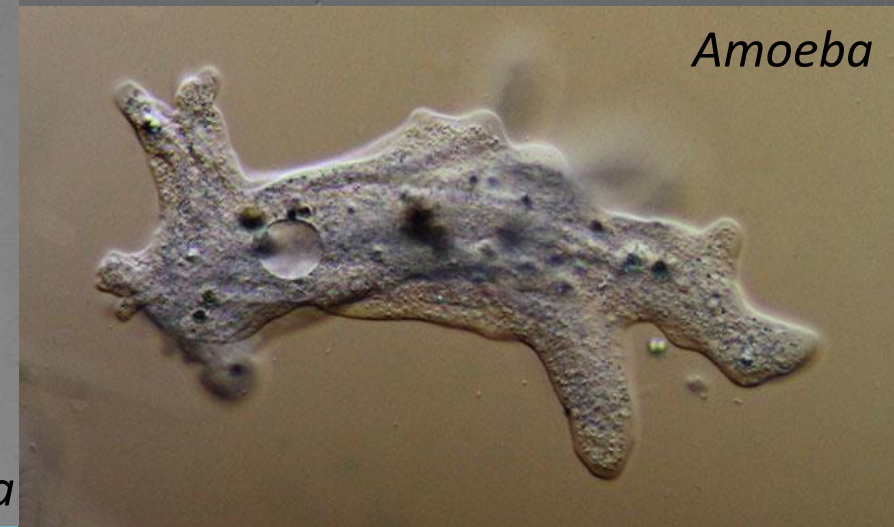
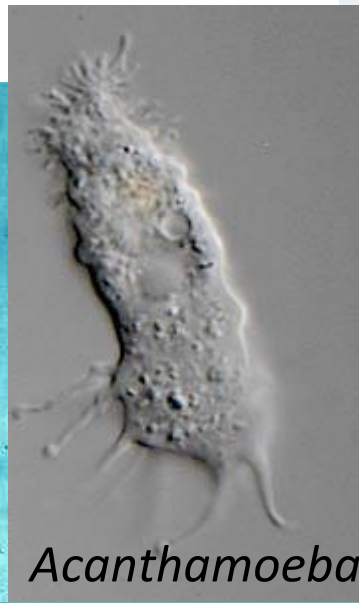
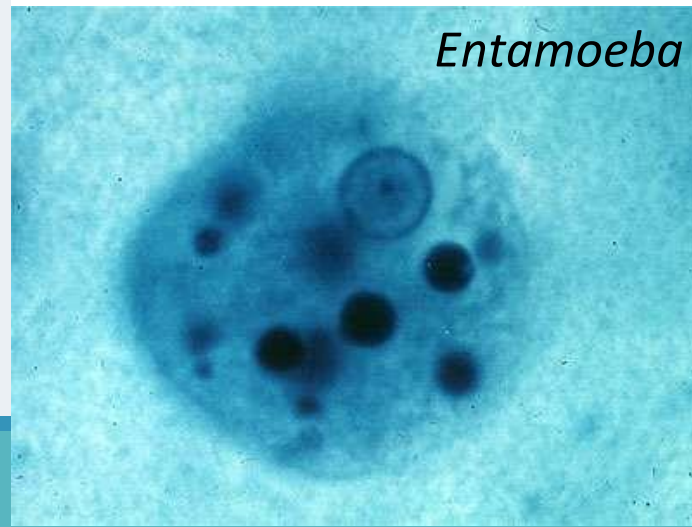
Супергруппа Амебозои (Amoebozoa)

Включает организмы, которые из-за постоянного образования ложноножек лишены постоянной формы клетки — они передвигаются, в той или иной степени «перетекая»;
в клетках митохондрии с трубчатыми кристами.



Лобозные амебы и Миксомицеты

Супергруппа Амёбозои



Супергруппа Obazoa

-
- выделена по молекулярным данным

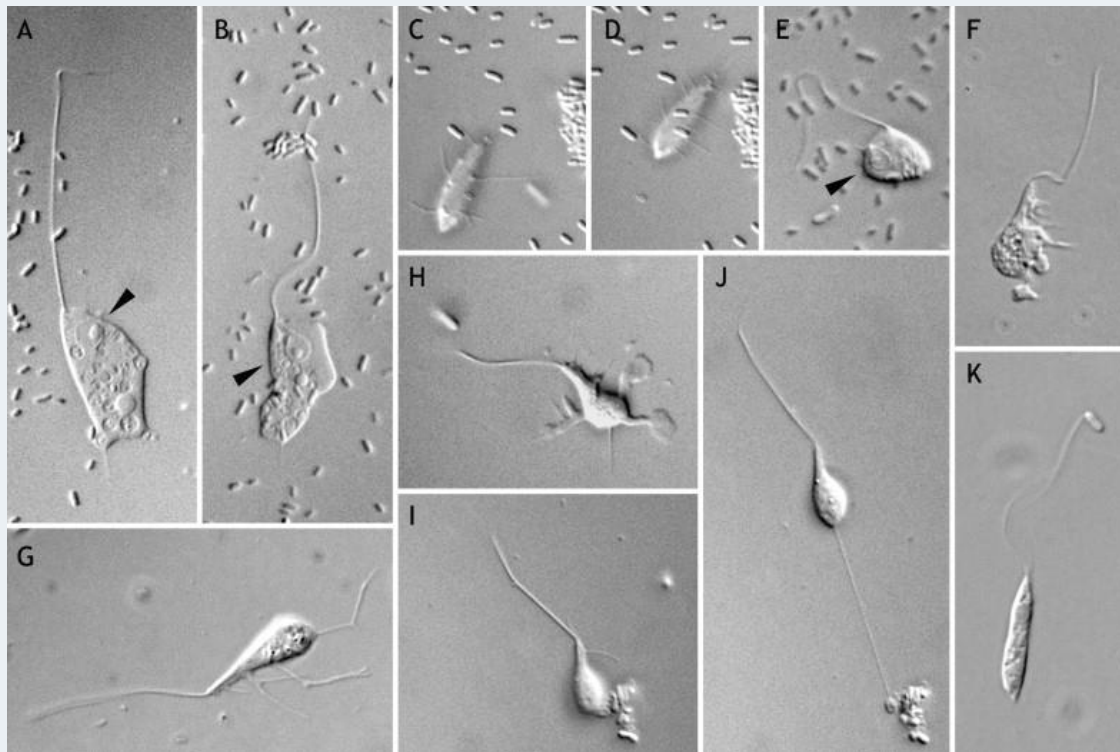
Opisthokonta

Breviatea

Apusomonadida

Breviatea

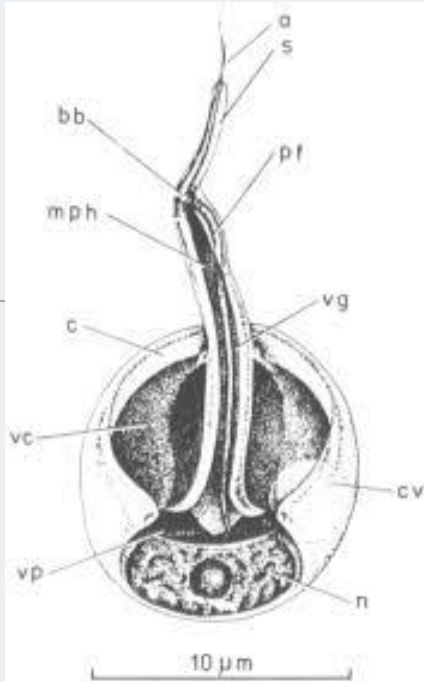
- амебоидные формы с фило- и ламеллоподиями
- имеется 1 передний жгутик
- бактериоворы
- анаэробы и микроаэрофилы



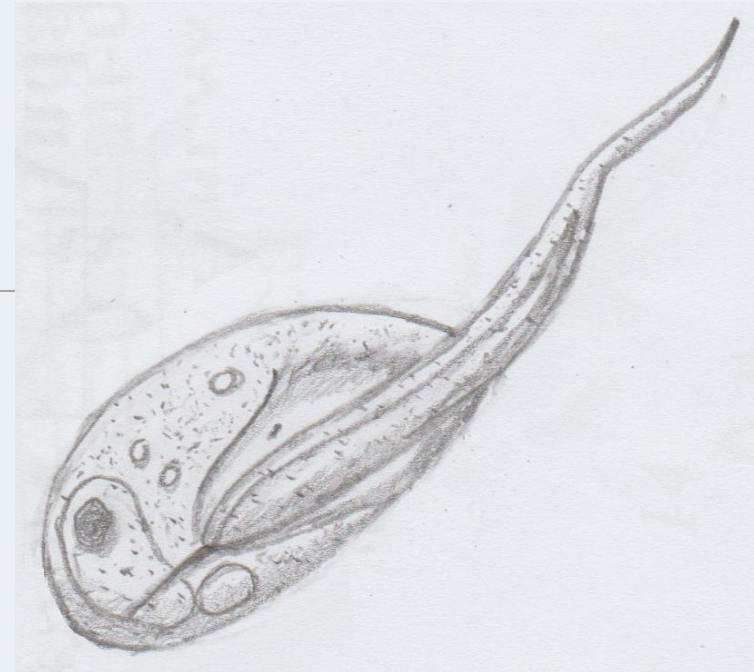
Breviatea anathema

Apusomonadida

- имеется 2 складки, отграничивающие ventральную часть клетки, образующую псевдоподии
- 2 жгутика, передний прикрыт цитоплазматическим «хоботком»
- трубчатые кристы митохондрий
- бактериоворы

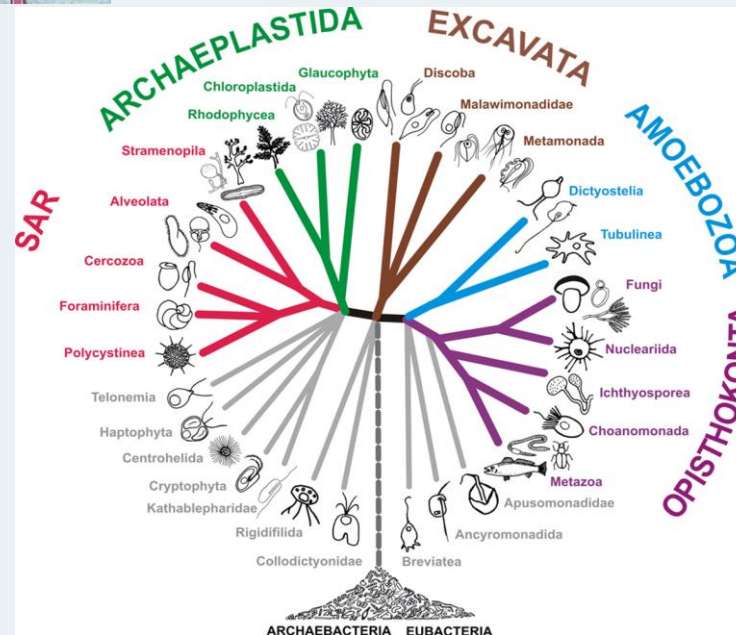


Apusomonas



Царство Грибы (Mycota)

Царство многоклеточные животные (метазои) (Metazoa)



Супергруппа заднежгутиковые

Супергруппа Opisthokonta (Заднежгутиковые)

- **пластинчатые** кристы митохондрий
- типичен 1 задний жгутик
- нет фотосинтезирующих представителей

Holozoa (все животные)

Holomycetes (Nucleomyces) (все грибы):

некоторые амебы (нуклеарииды),

несколько ветвей специализированных

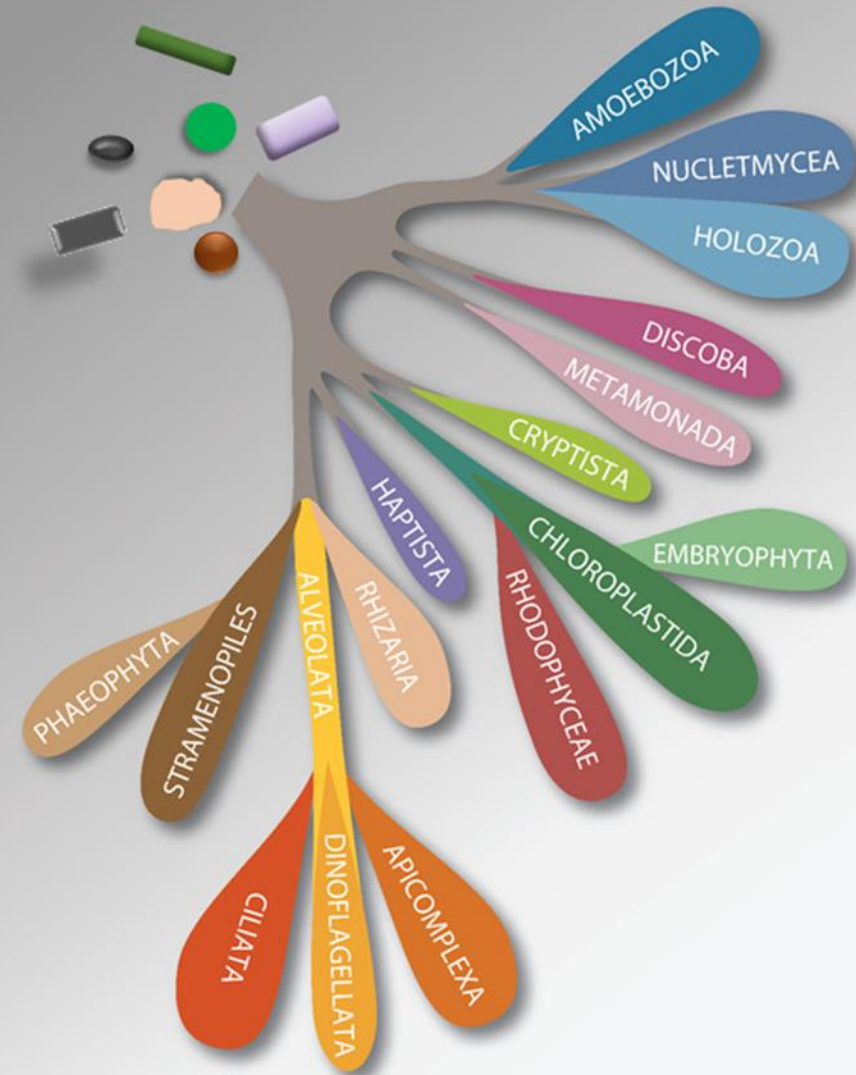
внутриклеточных паразитов (афелиды,

микроспоридии, криптомицеты);

хитридиевые грибы; безжгутиковые грибы

и «собственная» группа слизевиков

(фонтикулиды).



Мегагруппа Diaphoretickes

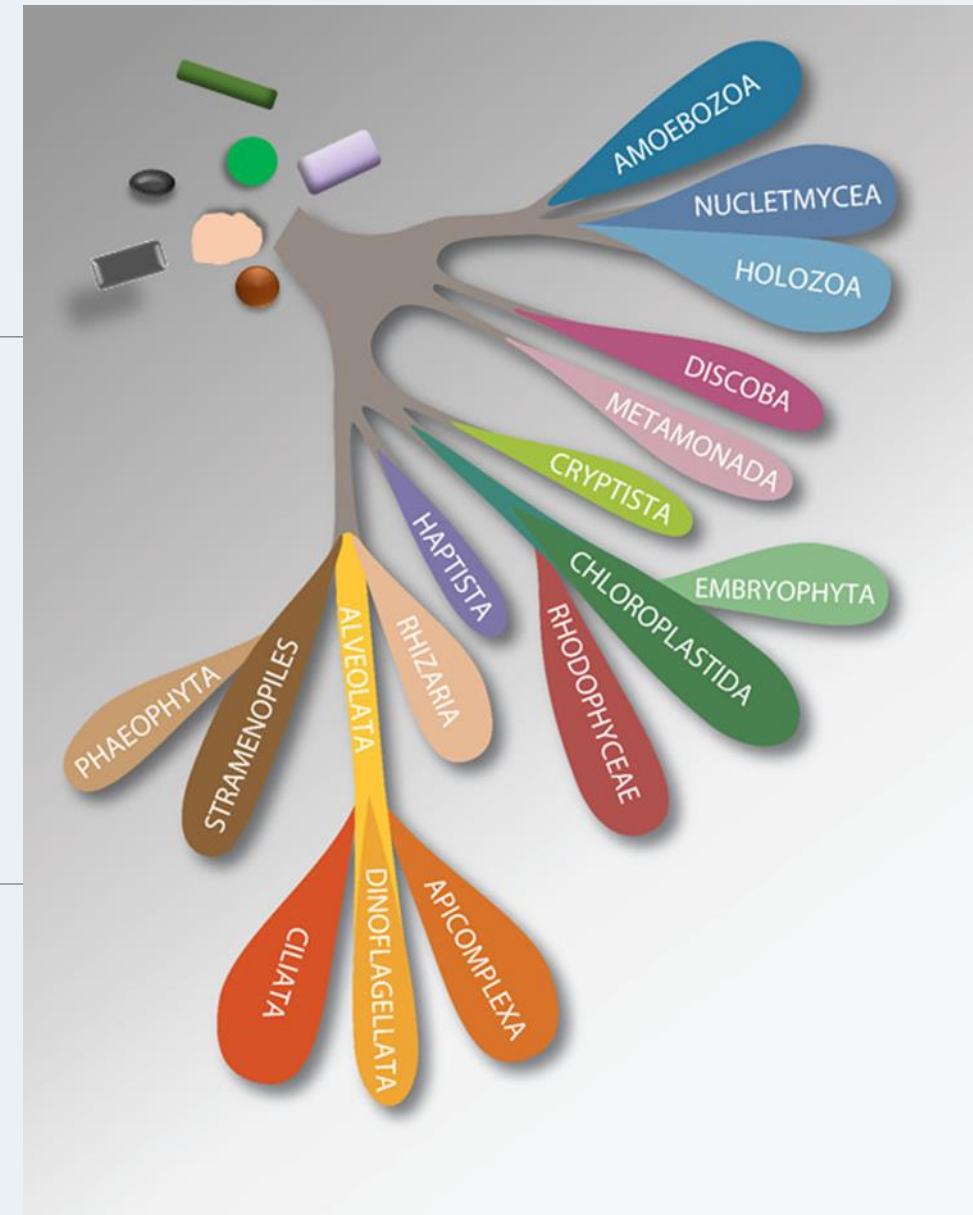
Объединена на основе молекулярных данных.

Его представители склонны к освоению толщи воды и к приобретению фотосинтеза (причем некоторые от него потом успели отказаться).

Archaeplastida (включая Cryptista)

SAR

Haptista



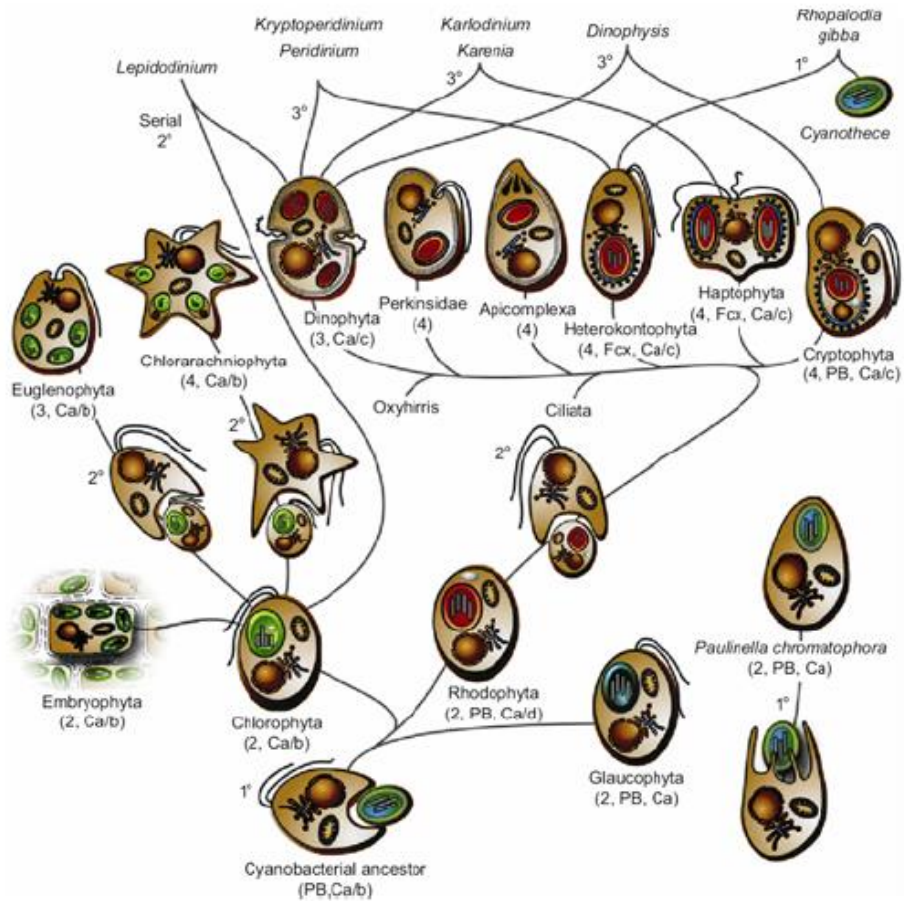
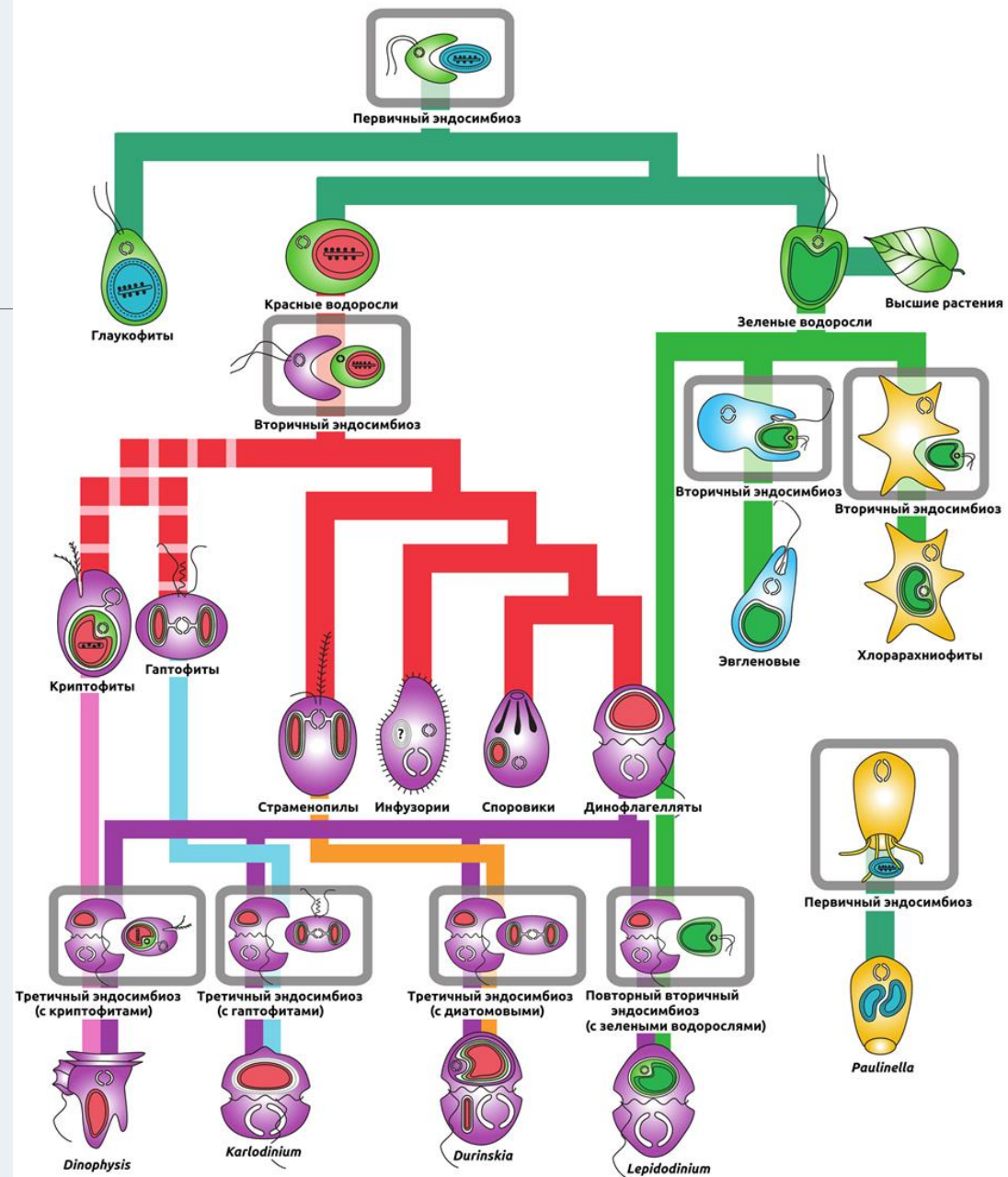


Figure 6. Evolutionary relations of plastids. The main branches diverging from the primary endosymbiotic event are those going to Chlorophyta (the 'green line') and Rhodophyta (the 'red line'), but even before their divergence the Glaucophyta plastids branch-off. For an explanation of other relationships, see text. From Gould *et al.*⁵⁹. Reprinted, with permission, from the *Annual Review of Plant Biology*, vol. 59. © 2008 by Annual Reviews <http://www.annualreviews.org/>.

CURRENT SCIENCE, VOL. 96, NO. 11, 10 JUNE 2009

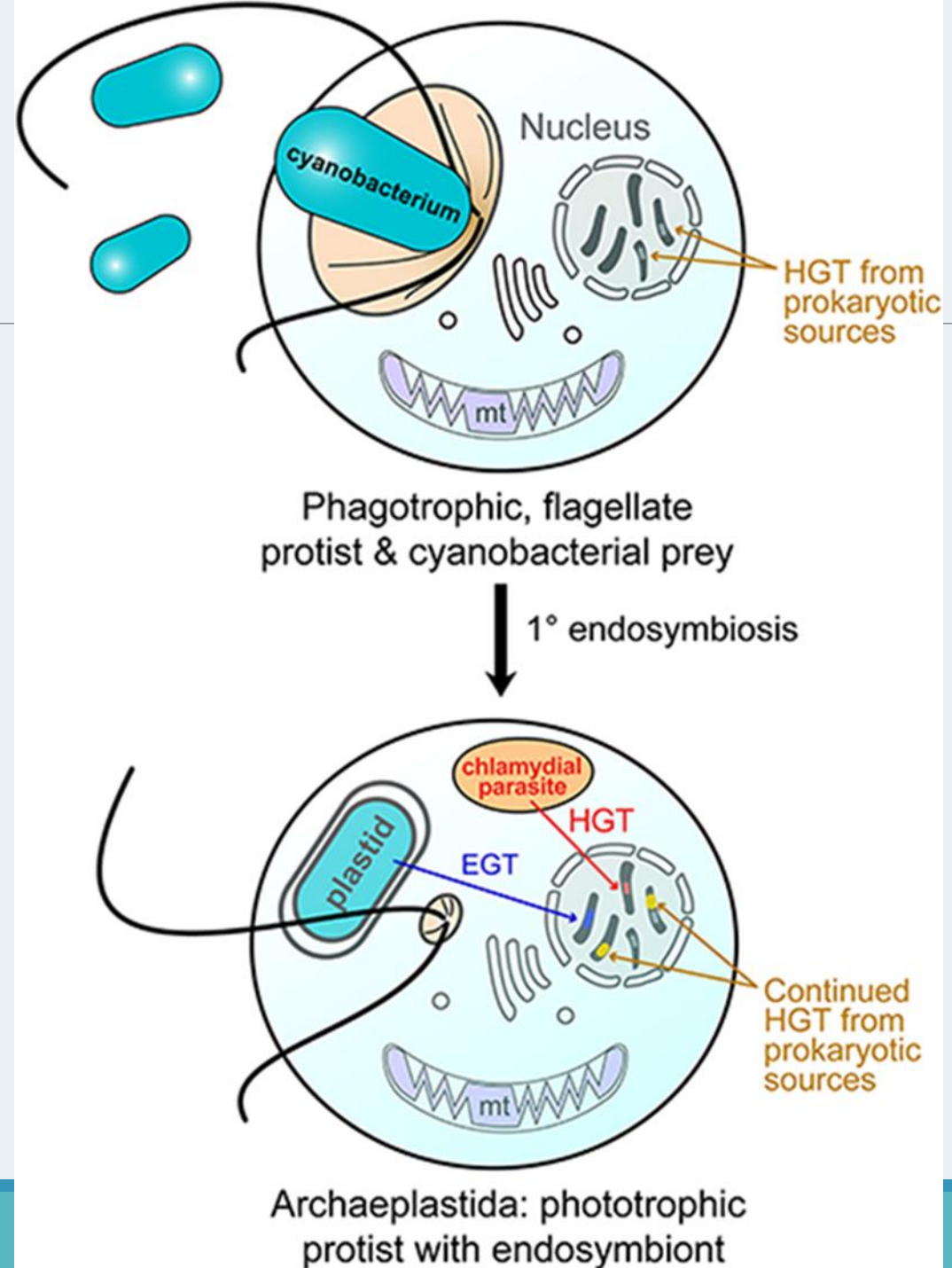


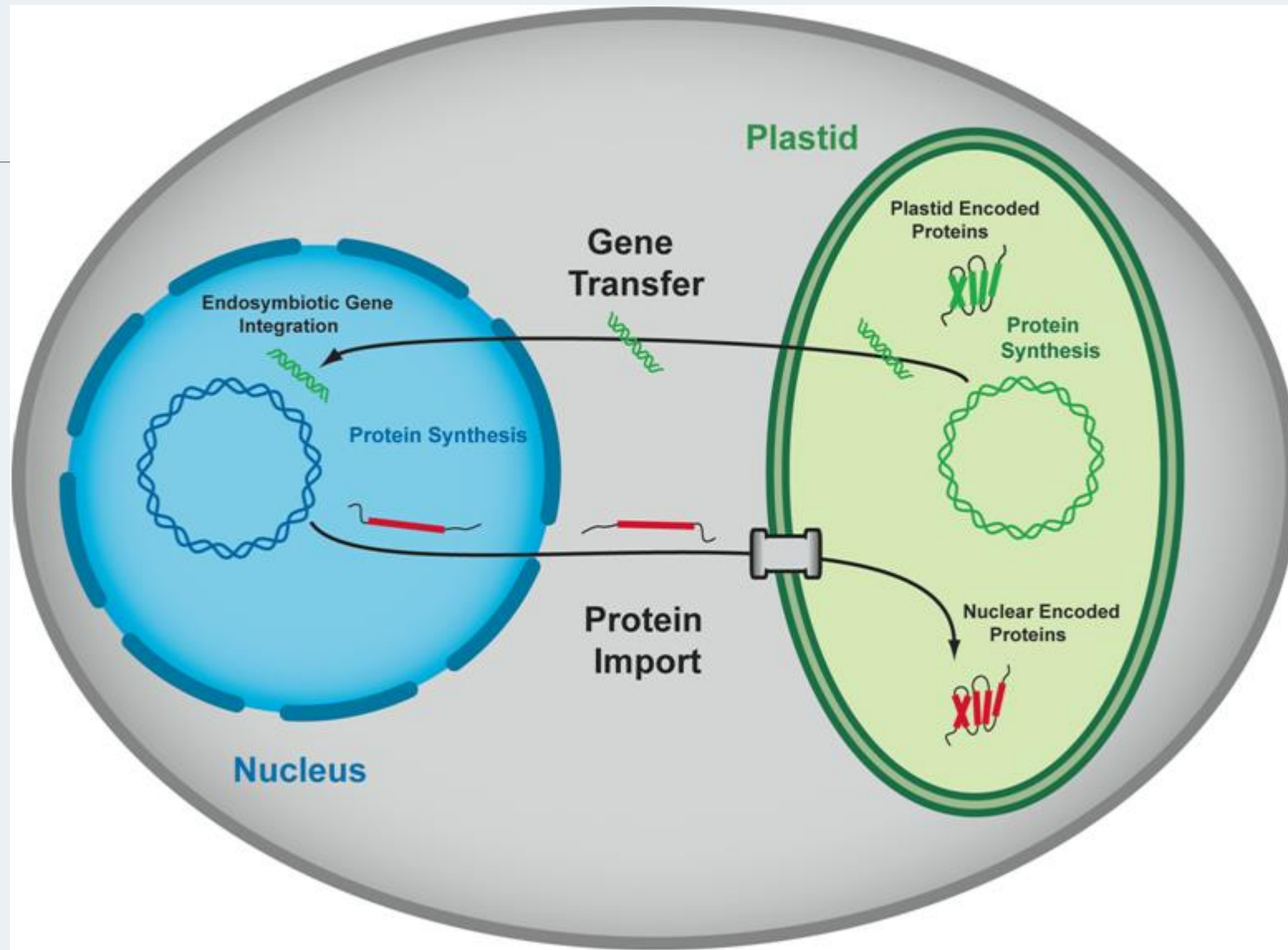
Происхождение пластид

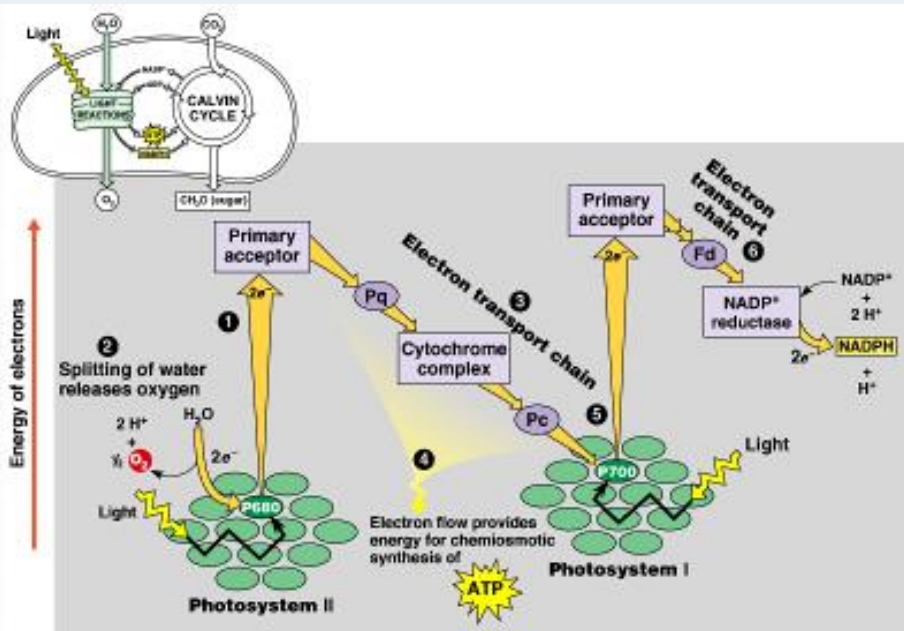
Происхождение пластид

Front. Ecol. Evol., 17 October 2014 |
doi: 10.3389/fevo.2014.00066

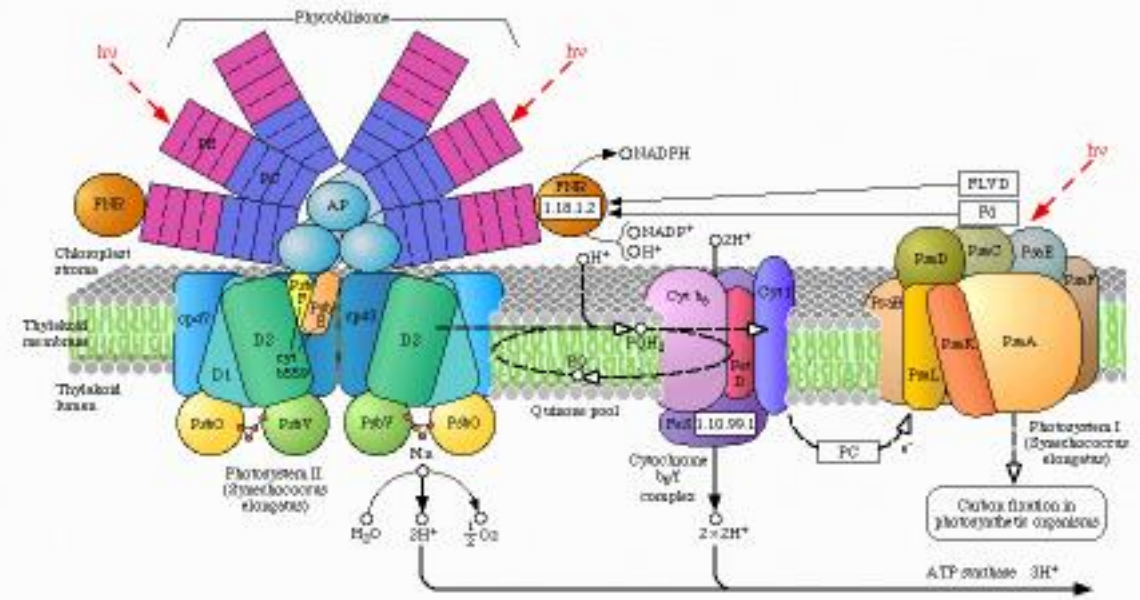
Primary endosymbiosis and the
evolution of light and oxygen sensing
in photosynthetic eukaryotes



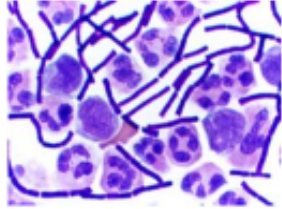




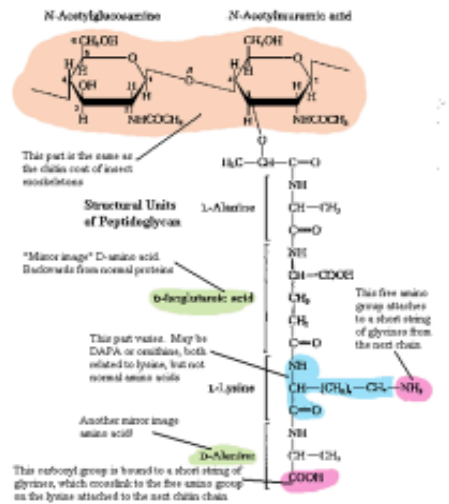
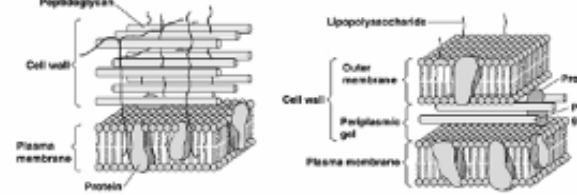
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



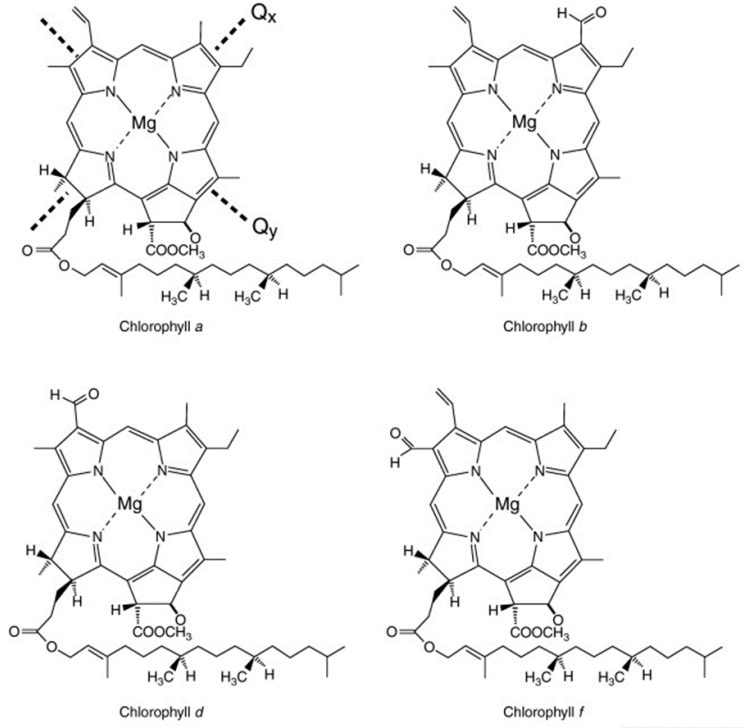
Строение клеточной стенки

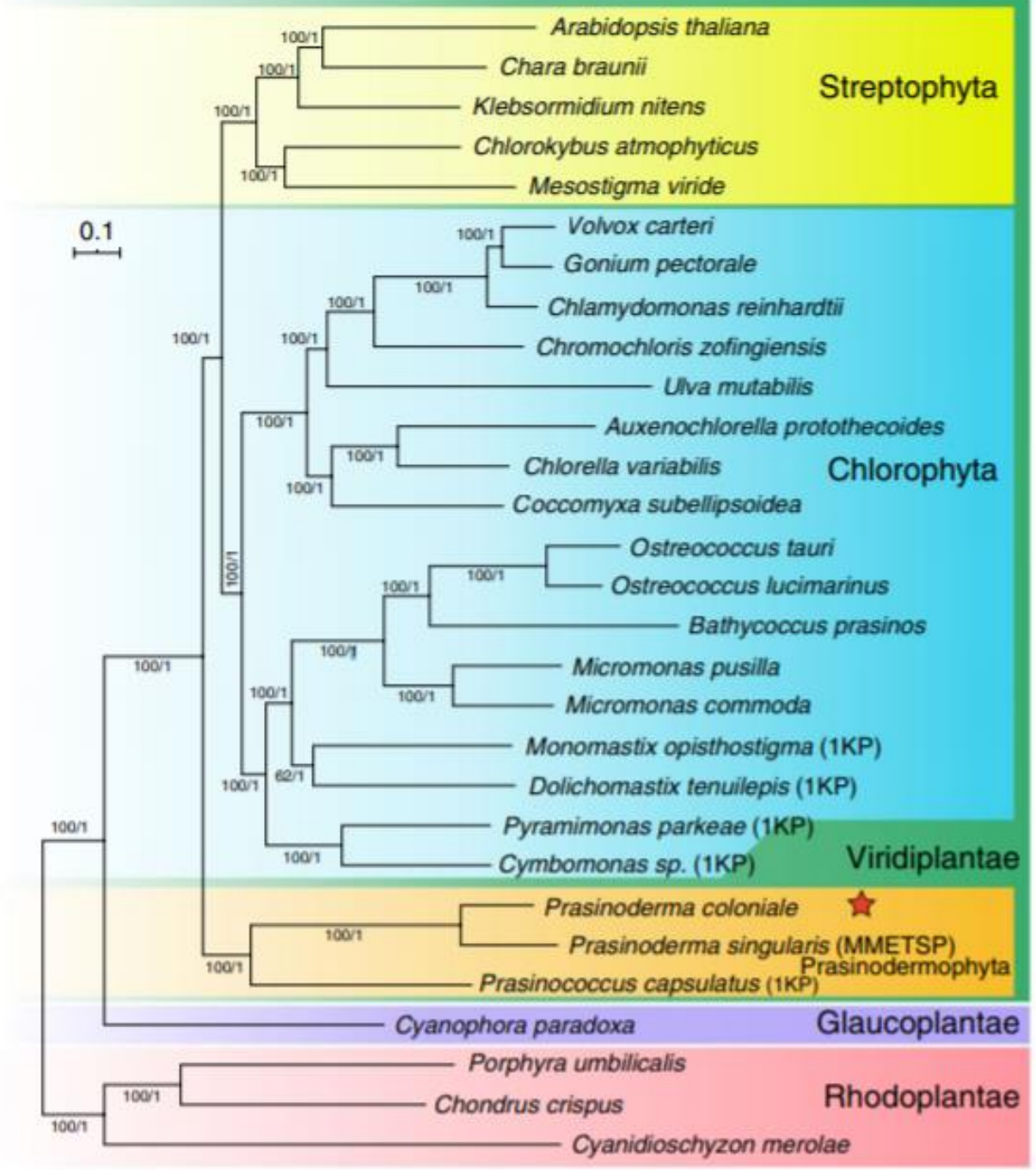
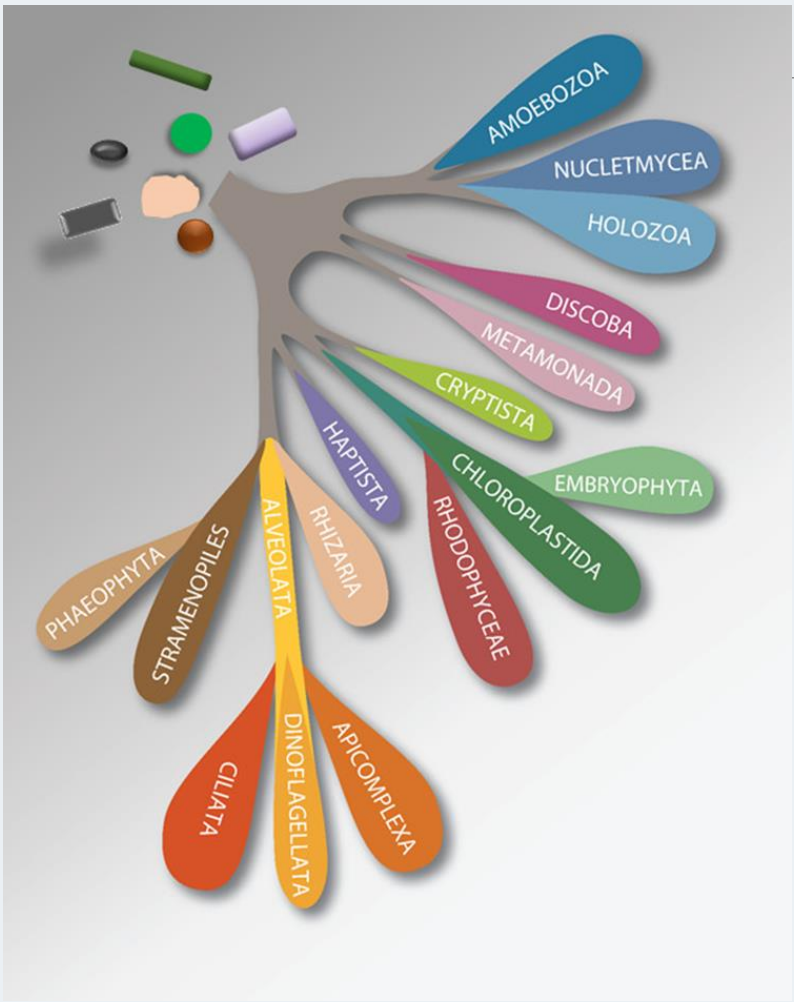


Грамположительные бактерии связывают основной краситель (метиленовый синий, генциановый фиолетовый и др.), а после обработки иодом, затем спиртом или ацетоном сохраняют комплекс иод-краситель.

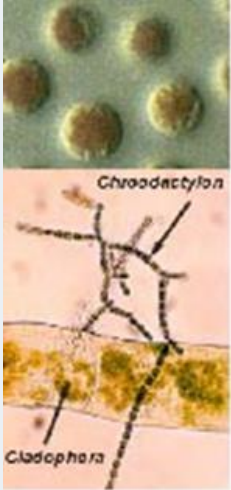


Структурная часть клеточной стенки состоит из муреина. Муреин расположен между двумя мембранами.

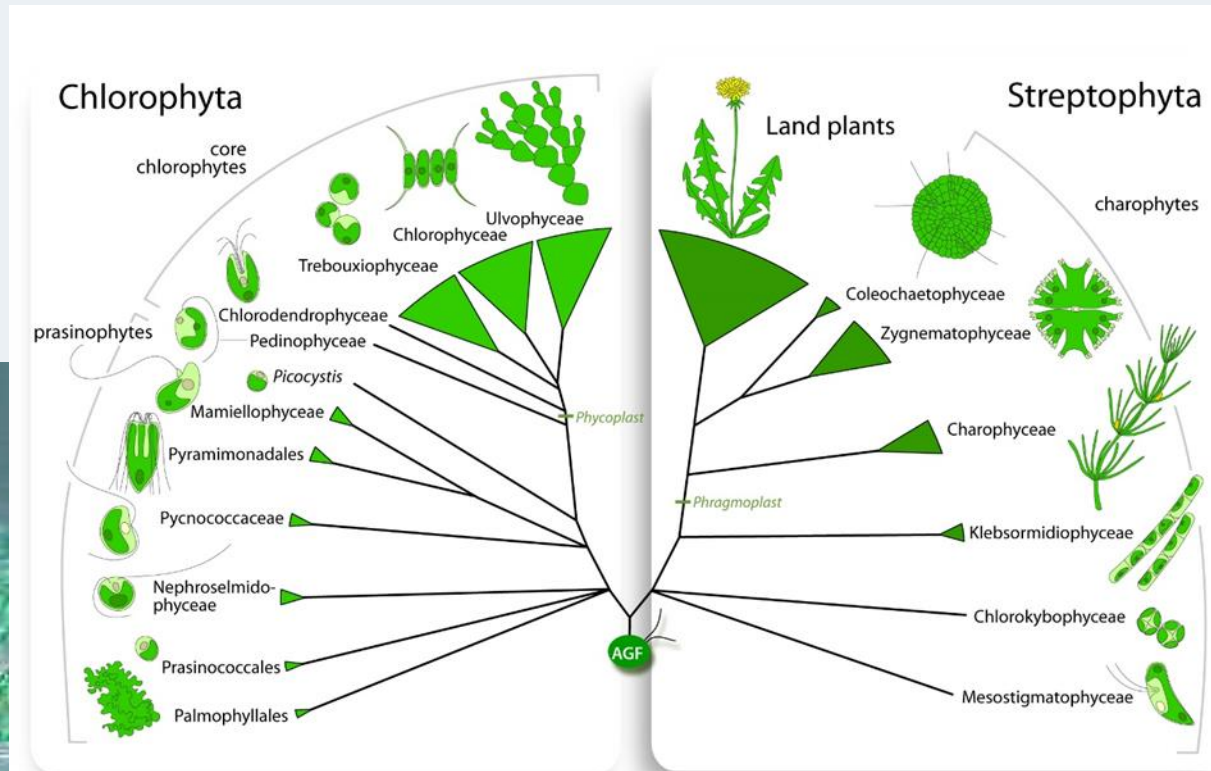
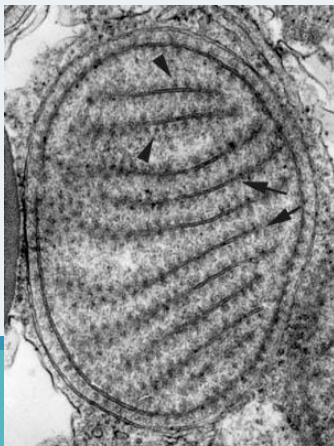
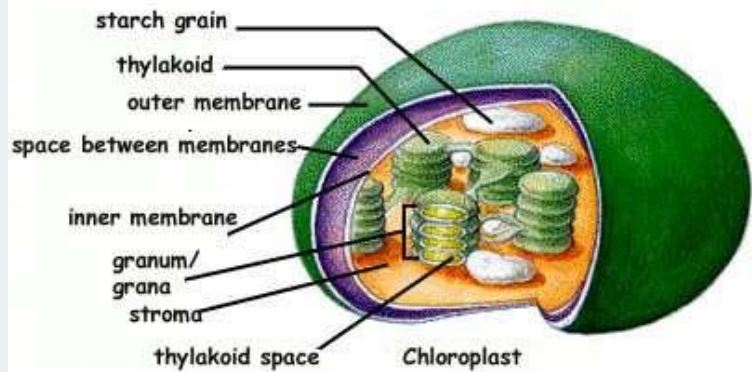




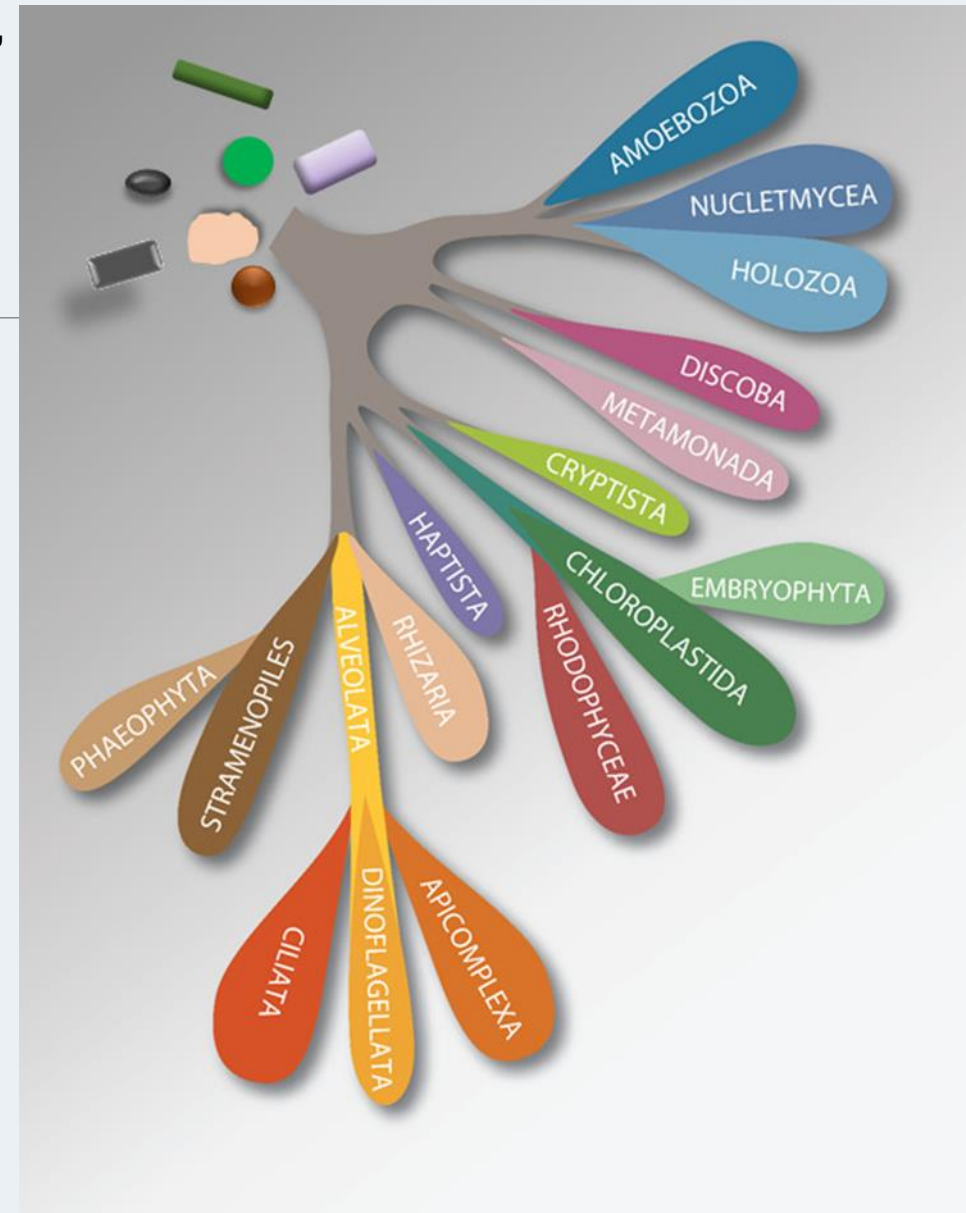
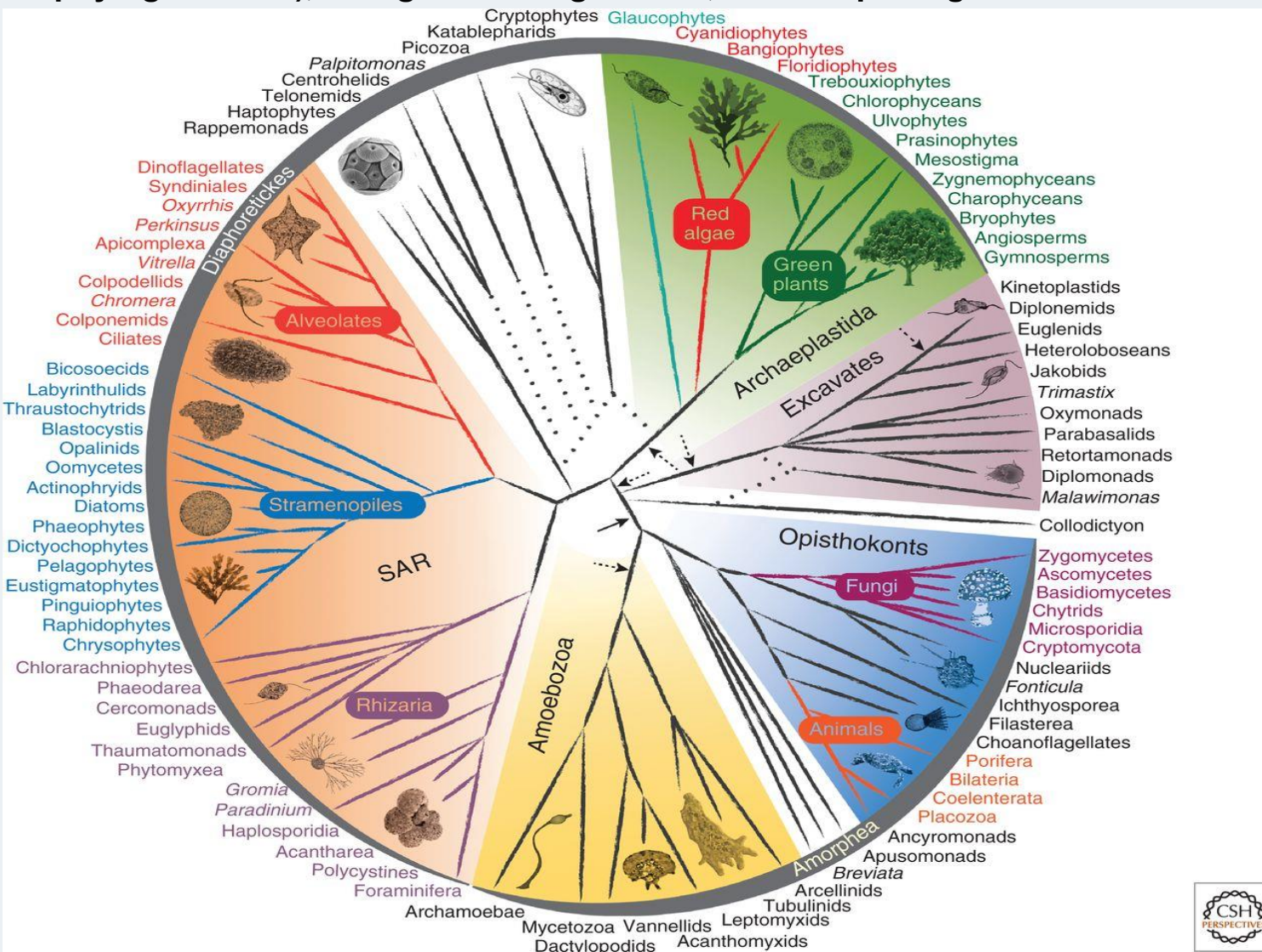
Супергруппа Археопластидные



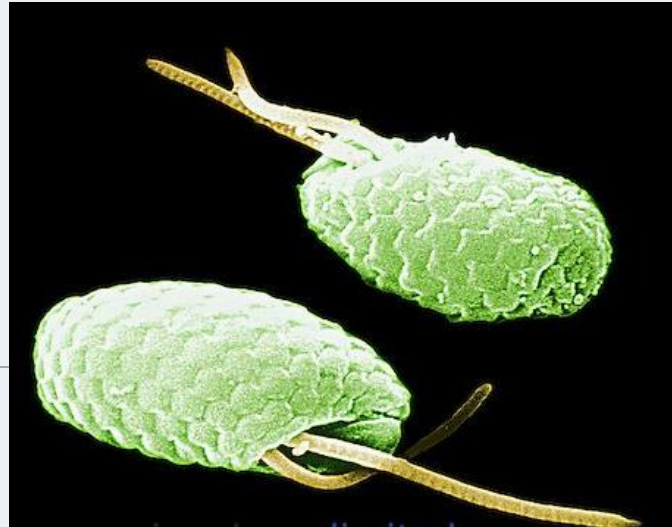
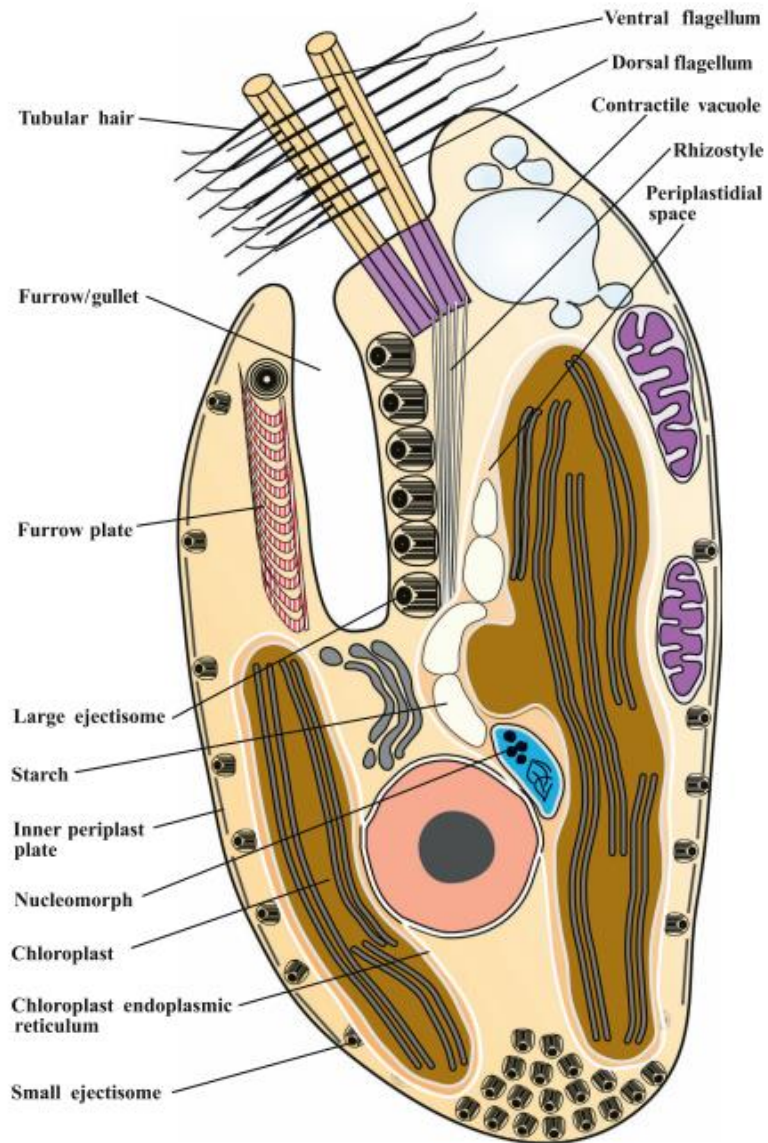
большинство подвижных клеток с двумя передними жгутиками;
митохондрии с пластинчатыми кристами;
пластиды произошли от цианобактерий



Global tree of eukaryotes from a consensus of phylogenetic evidence (in particular, phylogenomics), rare genomic signatures, and morphological characteristics.



Cryptysta



Супергруппа SAR (SAR) (Хромальвеоляты)

подвижные клетки чаще с двумя передними жгутиками;

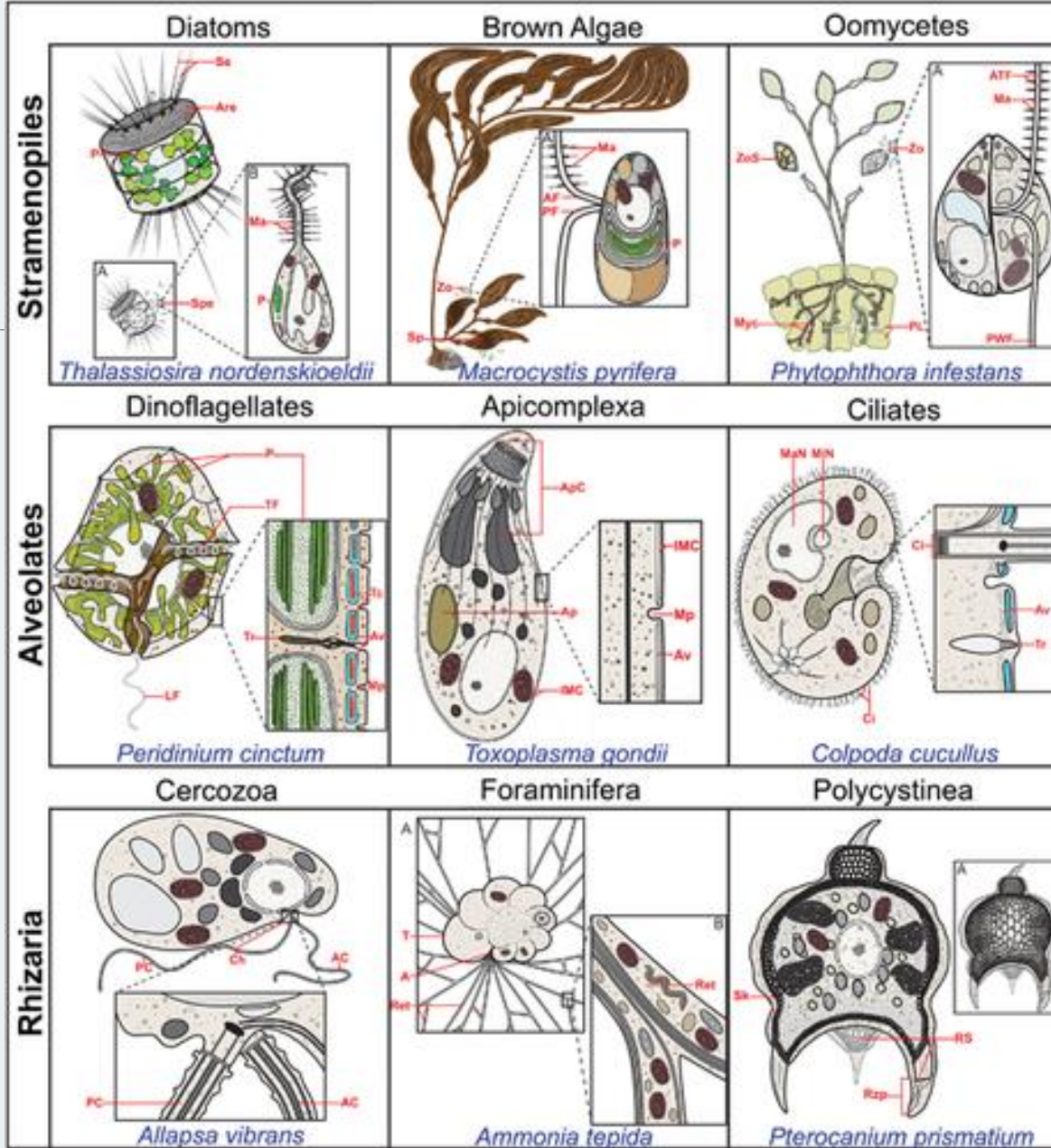
кристы в митохондриях трубчатые

пластиды произошли в результате вторичного эндосимбиоза.

Царство **С**траменопилы (Stramenopila)

Царство **А**львеоляты (Alveolata)

Царство **Р**изарии (Rhizaria)



Царство Ризарии (Rhizaria)

Одноклеточные организмы с филозными псевдоподиями;

жгутики передние;

кристы в митохондриях трубчатые;

пластиды произошли или от цианобактерий,

или от зеленых водорослей

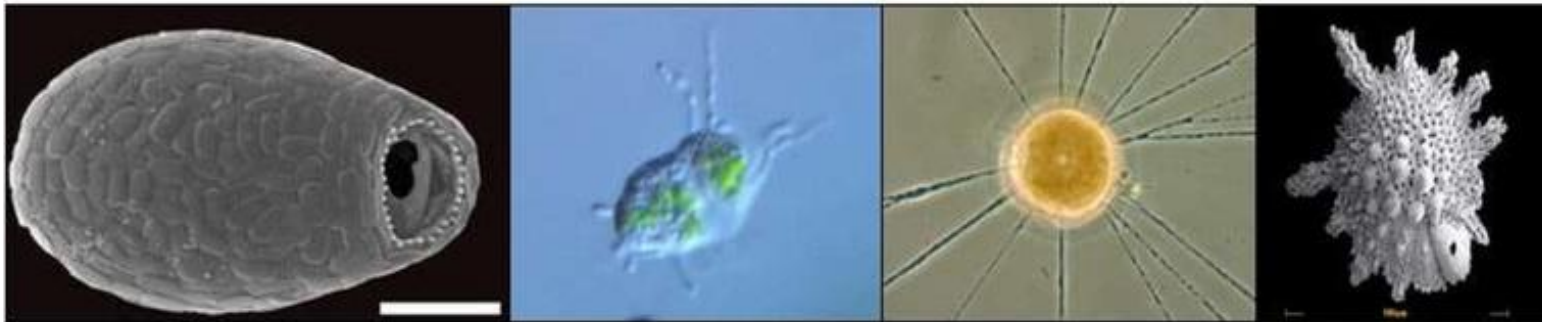
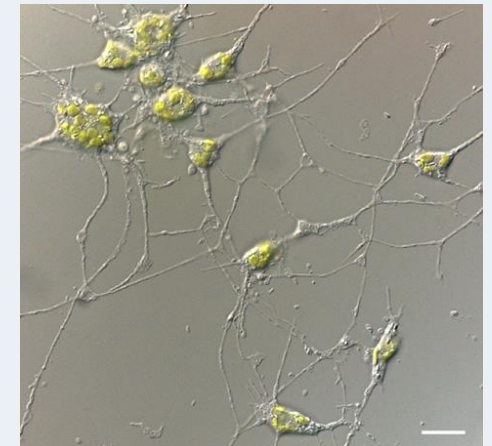


Fig. 10. Some examples of Rhizaria. From left to right: the euglyphid amoeba *Corythion dubium* (© Edward Mitchell), the chlorarachniophyte *Gymnochlora* (© Patrick Keeling), the foraminiferans *Allogromia* (© Jan Pawłowski and José Fahrni) and *Calcarina spengleri* (© 2008 Michael).



Паразитические миксомицеты, Хлорарахниофитовые водоросли,
раковинные амебы, радиолярии, фораминиферы

Ризарии

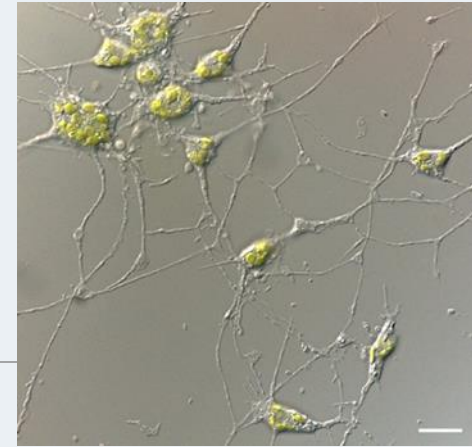
Euglypha



фораминифера



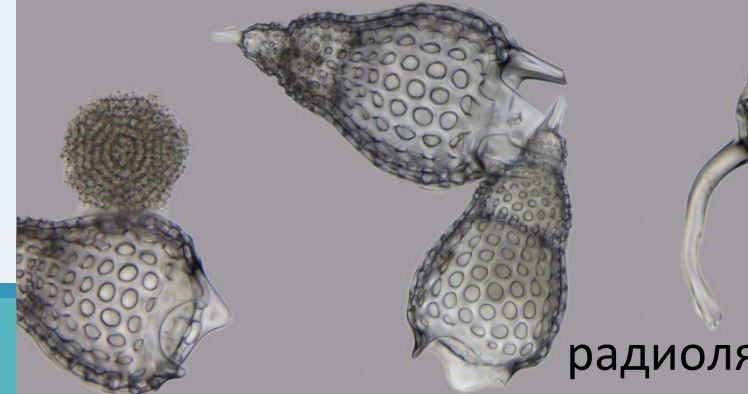
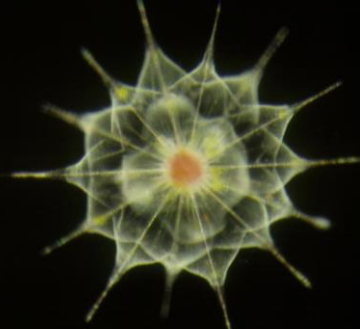
Paulinella



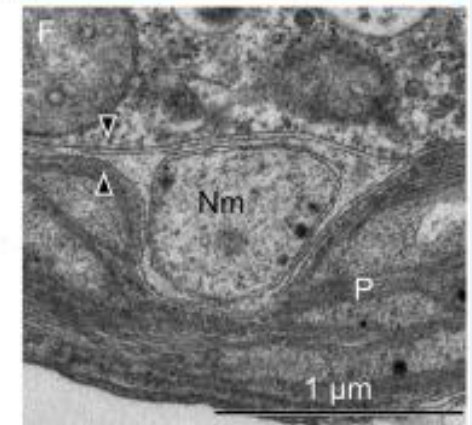
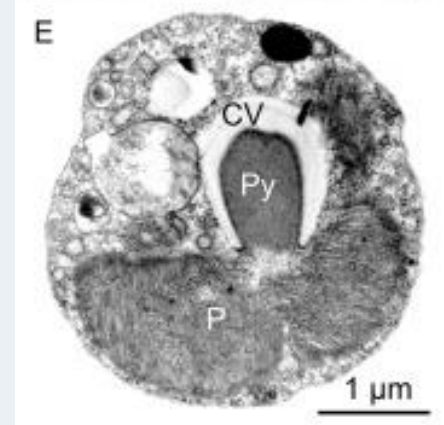
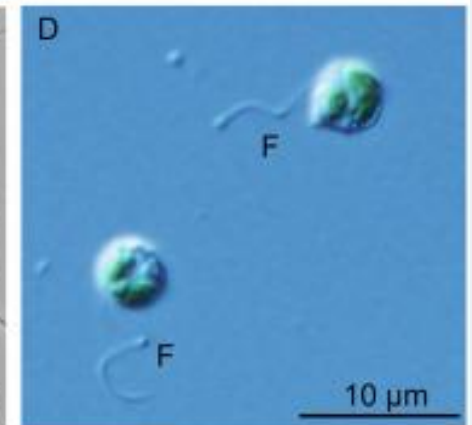
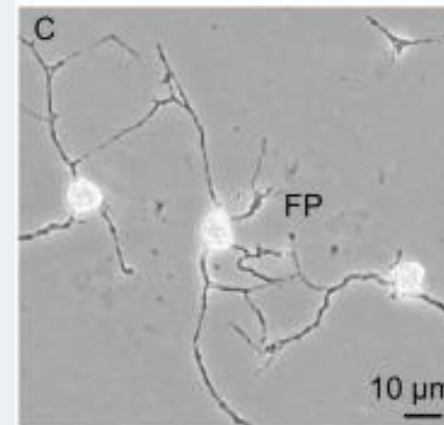
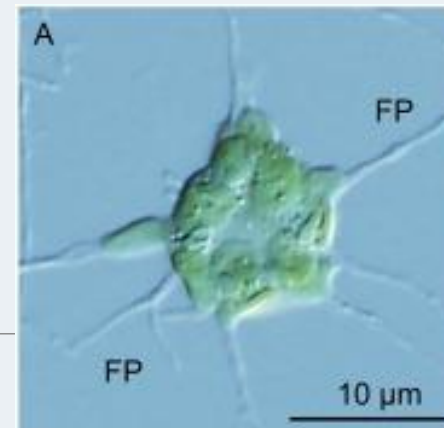
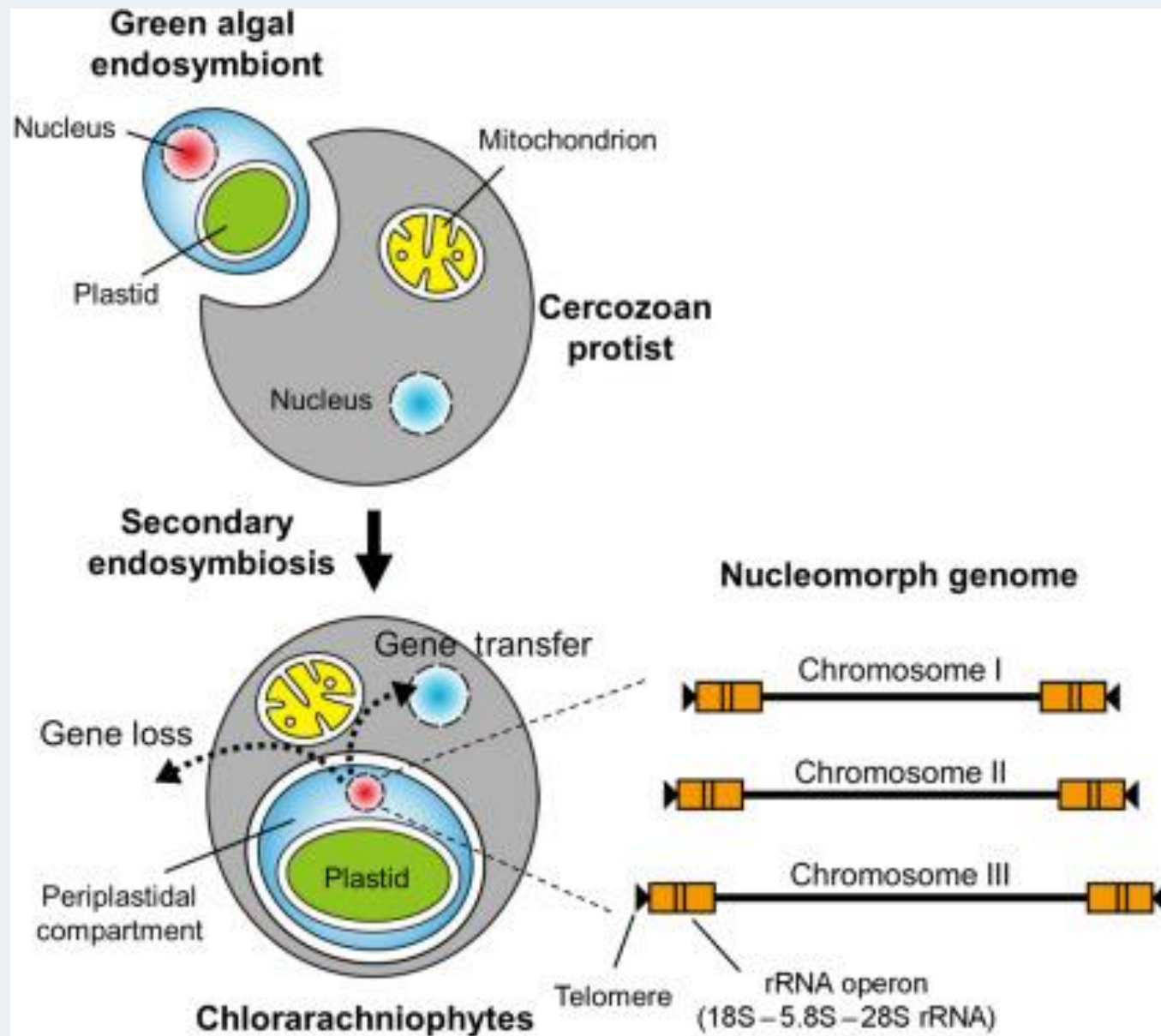
феодария



акантария



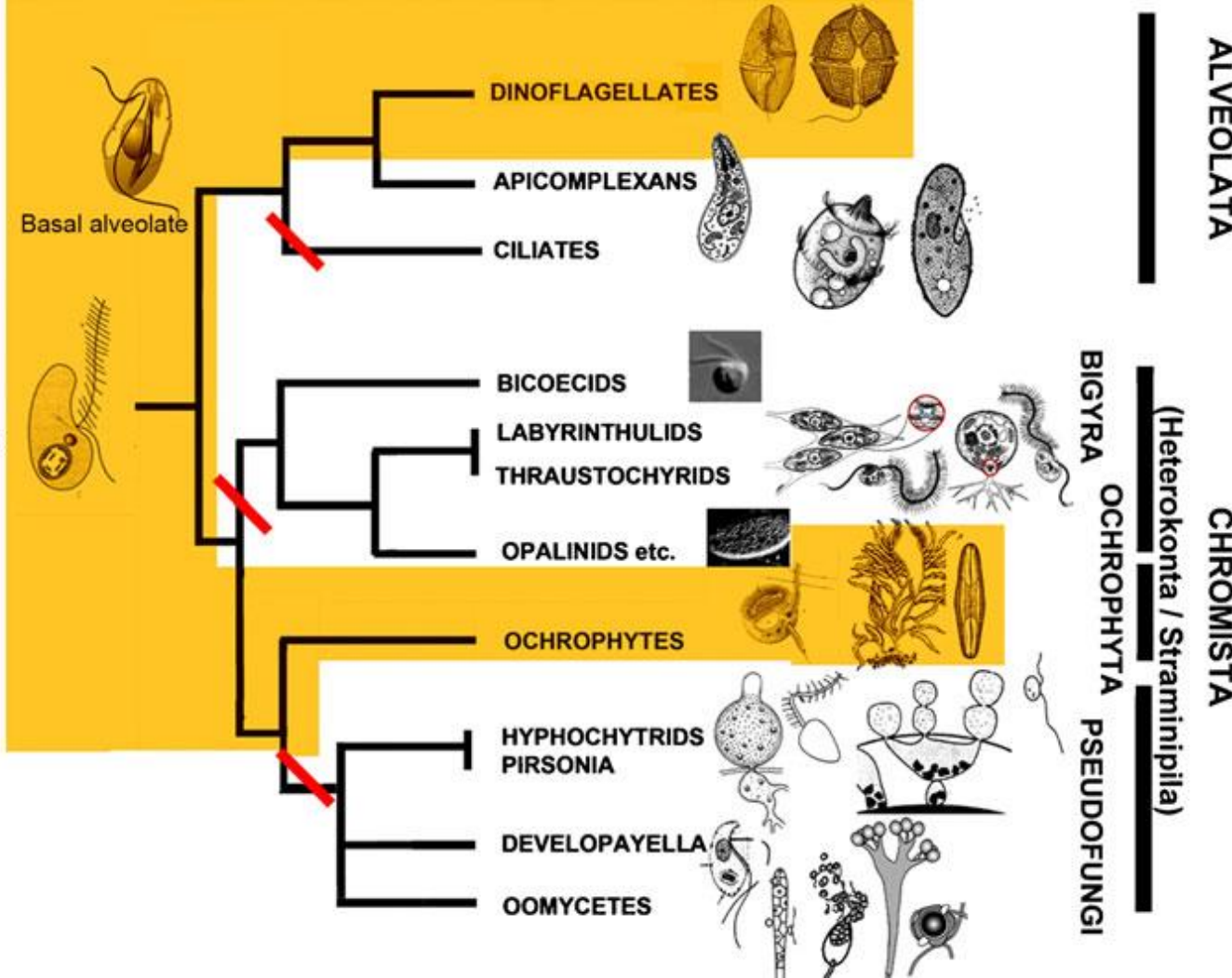
радиолярия



1

Photosynthetic organisms containing chlorophyll a+c
Plastid losses

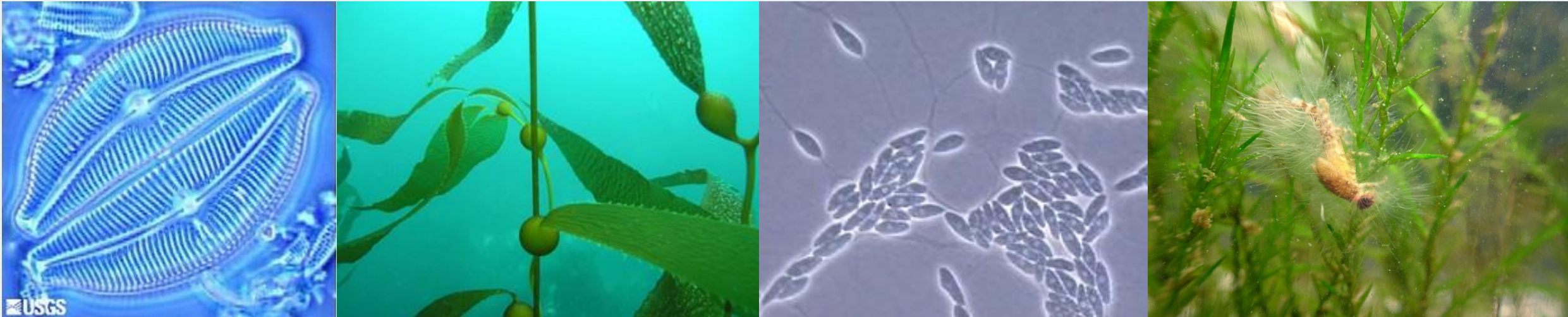
ANCESTRAL HETEROKONT FLAGELLATE



Диафоретики = Двужгутиковые (Bikonta)
Супергруппа SAR (SAR)

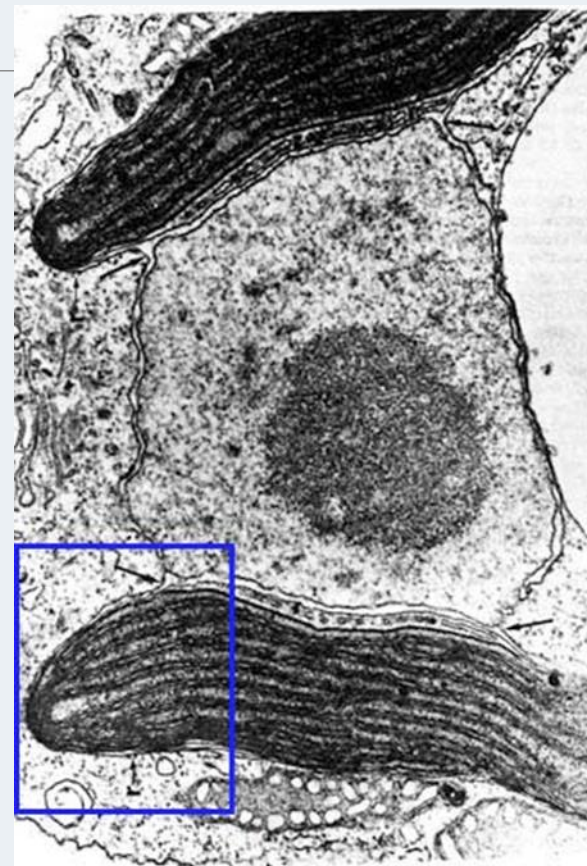
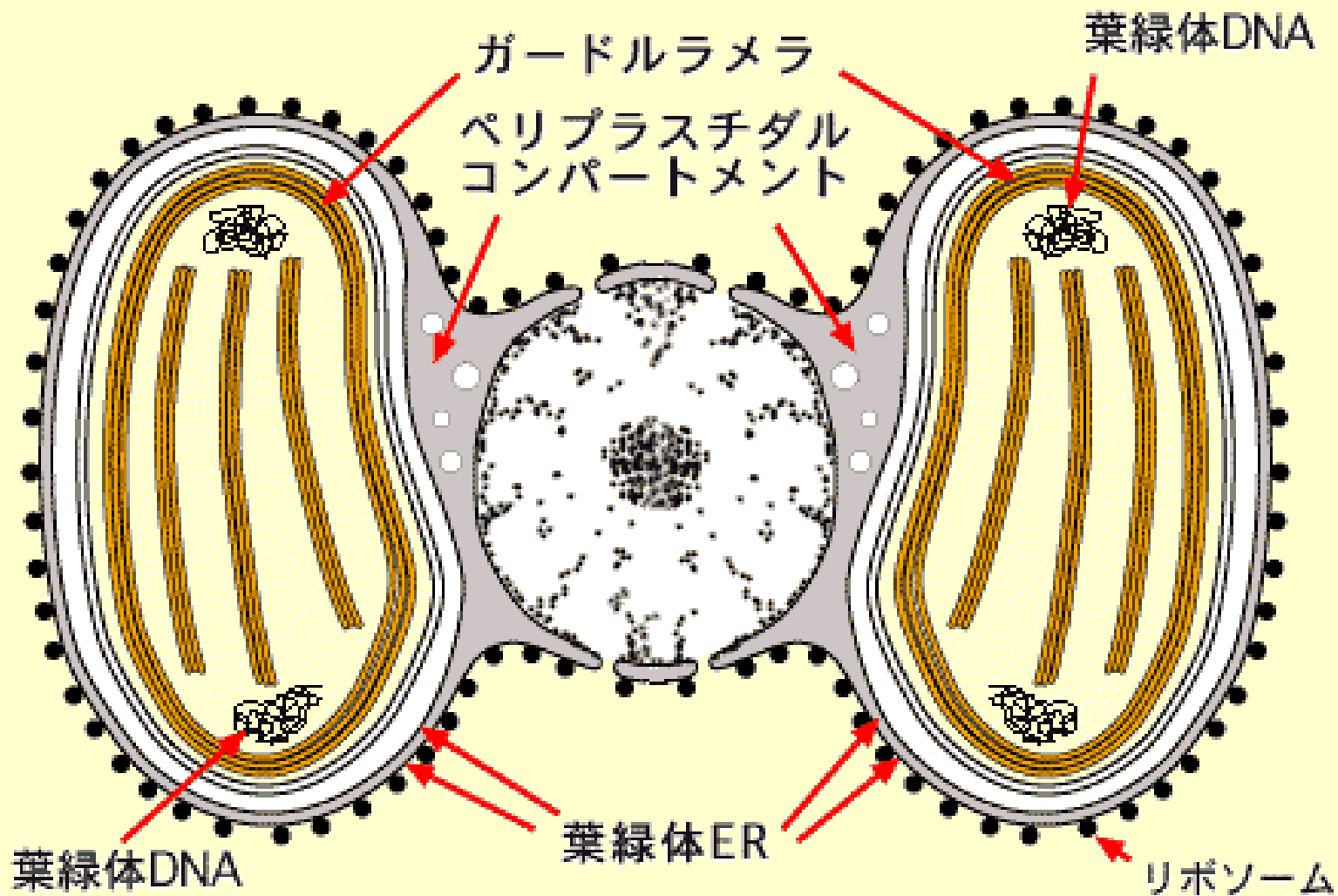
Царство Страменопилы (Stramenopila)

На одном жгутике в два ряда расположены трехчастные мастигонемы



Охрофитовые водоросли, оомицеты,
сетчатые миксомицеты

黄色植物の葉緑体



Диафоретики = Двужгутиковые (Bikonta)
Супергруппа САР (SAR)

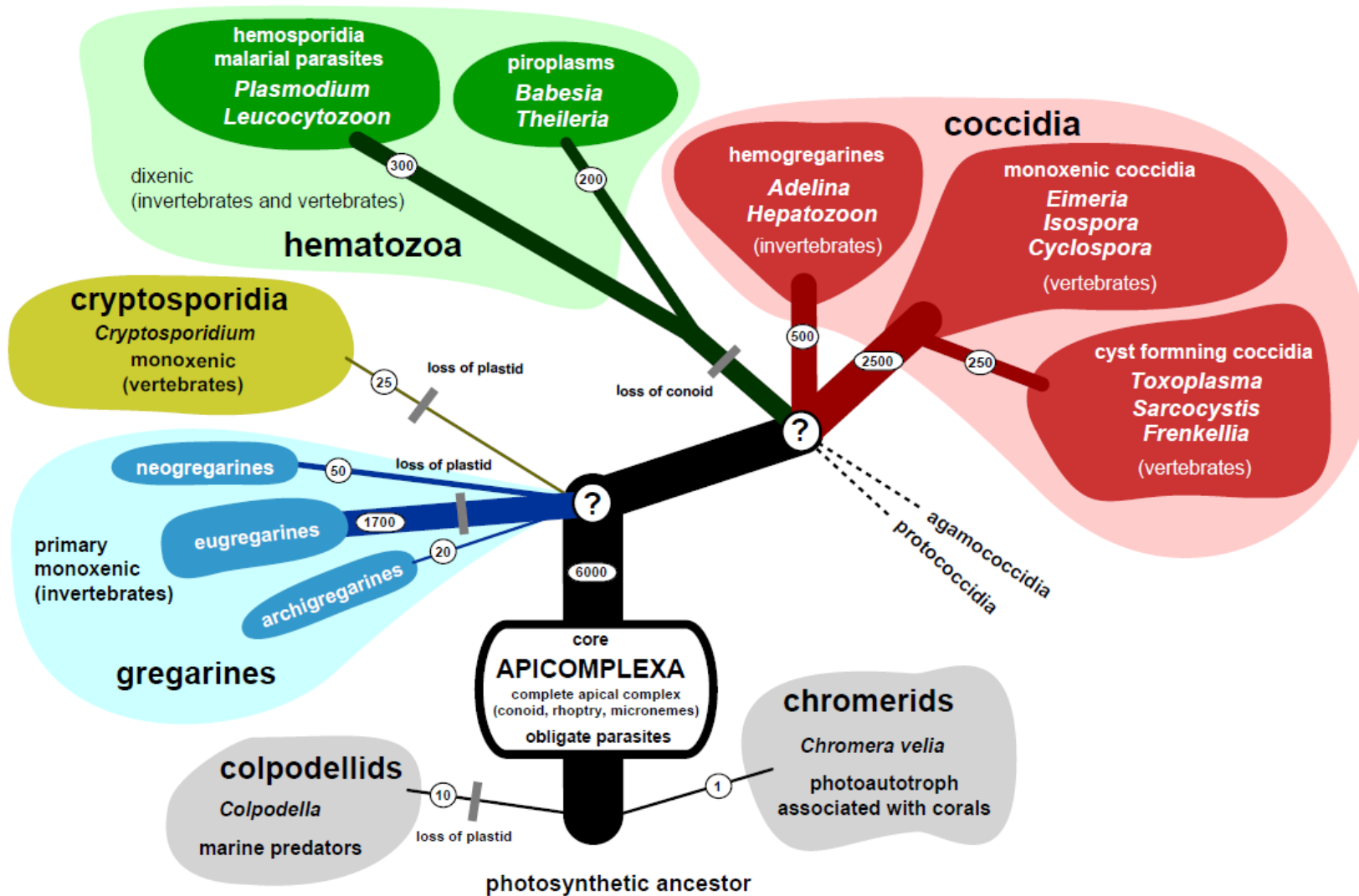
Царство Альвеоляты (Alveolata)

Под цитоплазматической мембраной находятся альвеолы
(пузырьки, покрытые мембраной)

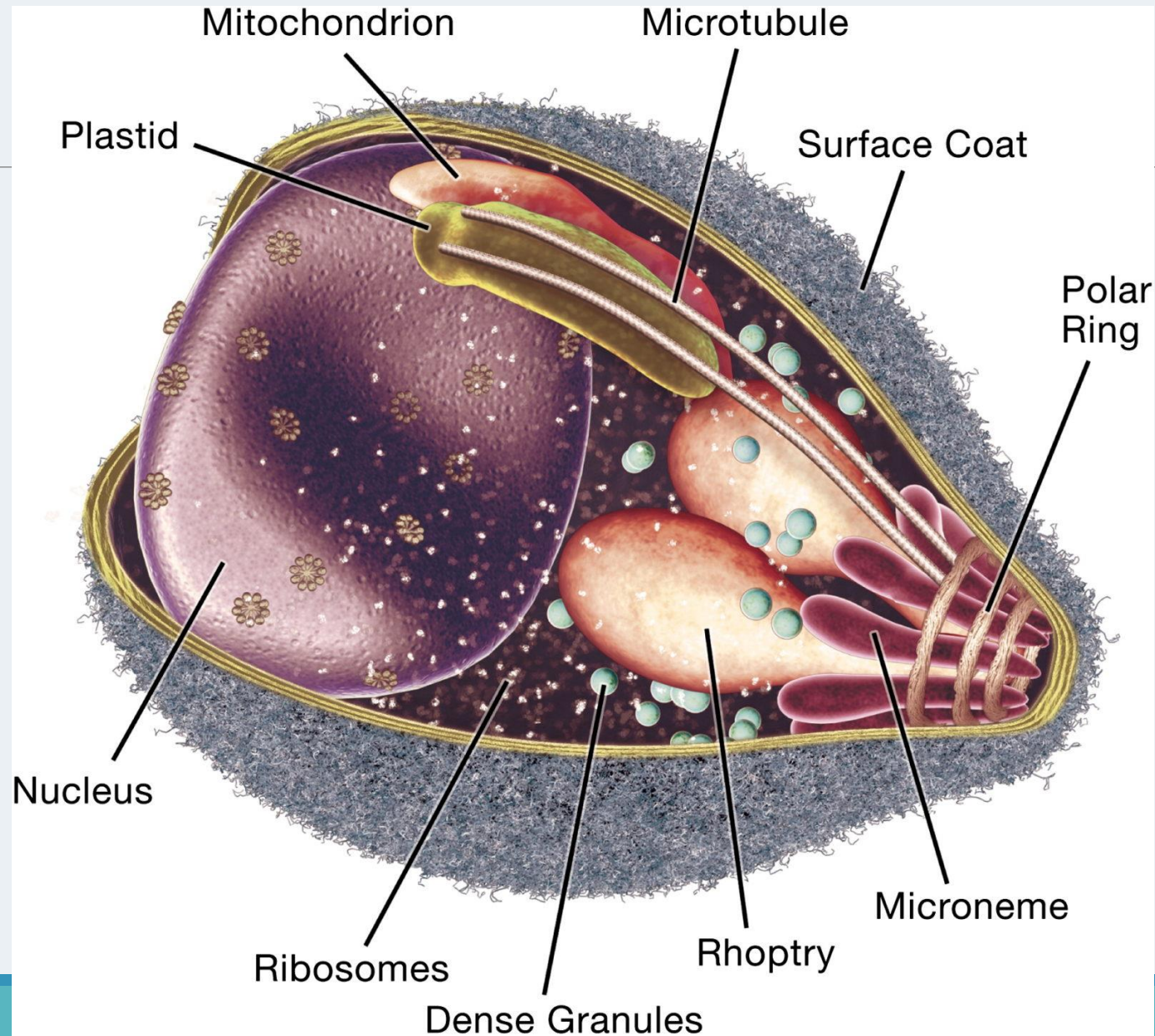


Инфузории, Апикомплексы, Динофиты

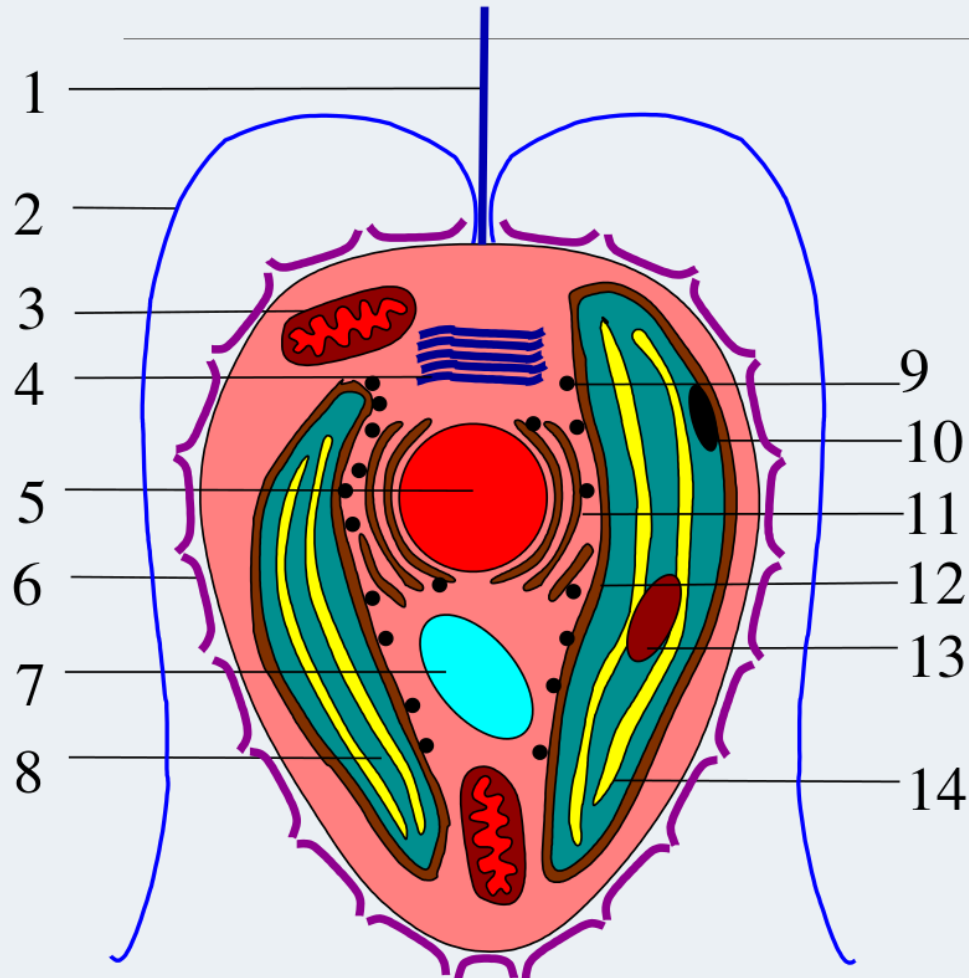
Царство Альвеолаты (Alveolata)



Мерозоит возбудителя малярии



Супергруппа Haptista



Подвижные клетки чаще с двумя передними жгутиками, между которыми имеется придаток - гаптонема;
кristы в митохондриях трубчатые
Сложные пластиды



Мегагруппа Экскаваты

- на вогнутой (= брюшной) стороне клетки имеется **борозда**
 - борозда участвует в формировании пищеварительных вакуолей [часто мелкая и называется **клеточной глоткой**]
 - митохондрии при наличии с **дисковидными кристами**
 - половой процесс **неизвестен**
 - жгутики в числе 1-8, различного строения
 - группа расформирована в 3 царства
-

Metamonada

Discoba

Malawimonadidae

? Супергруппа Экскавата (Excavata)

Одноклеточные организмы с бороздой;
жгутиков чаще 2;
кристы могут быть дисковидными;
пластиды произошли от зеленых водорослей.

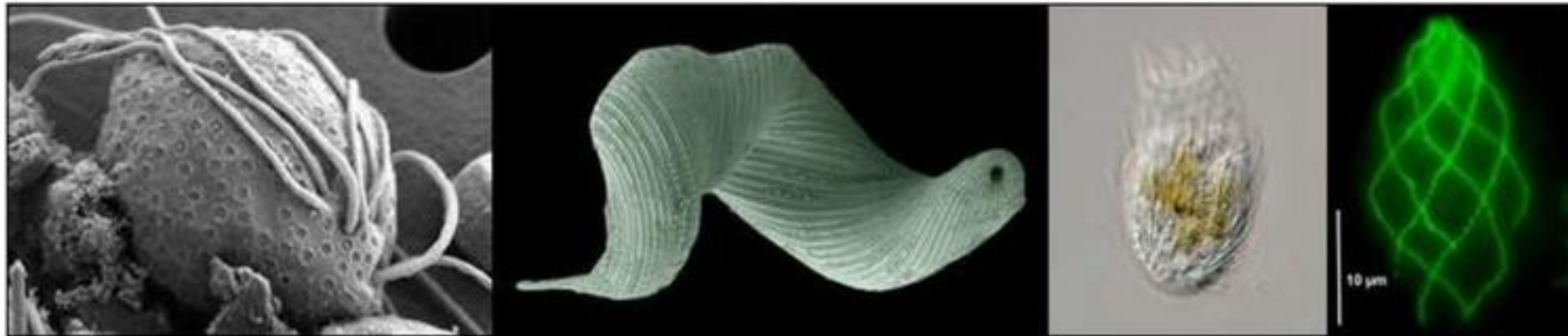


Fig. 8. Some examples of Excavata. From left to right: an SEM of the oxymonad *Saccinobaculus minor* (© Kevin Carpenter and Patrick Keeling), an SEM of the photosynthetic euglenid *Lepocinclis spirogyra* (© 2003 Brian S. Leander), a DIC light micrograph of the heterolobosean *Stephanopogon minuta* (© Naoji Yubuki and Brian S. Leander) and a fluorescence micrograph of the parabasalid *Holomastigotes elongatum* (© Guy Brugerolle).

Царство Metamonada

- анаэробы/микроаэрофилы
- митохондрии редуцированы и лишены генома или отсутствуют
- базальные тела жгутиков в типе собраны в **кинетиды** по 4

Fornicata

Parabasalia

Preaxostyla

Царство Discoba

-
- чаще сохраняются митохондрии с дисковидными кристами
 - предковая форма 2-жгутиковая

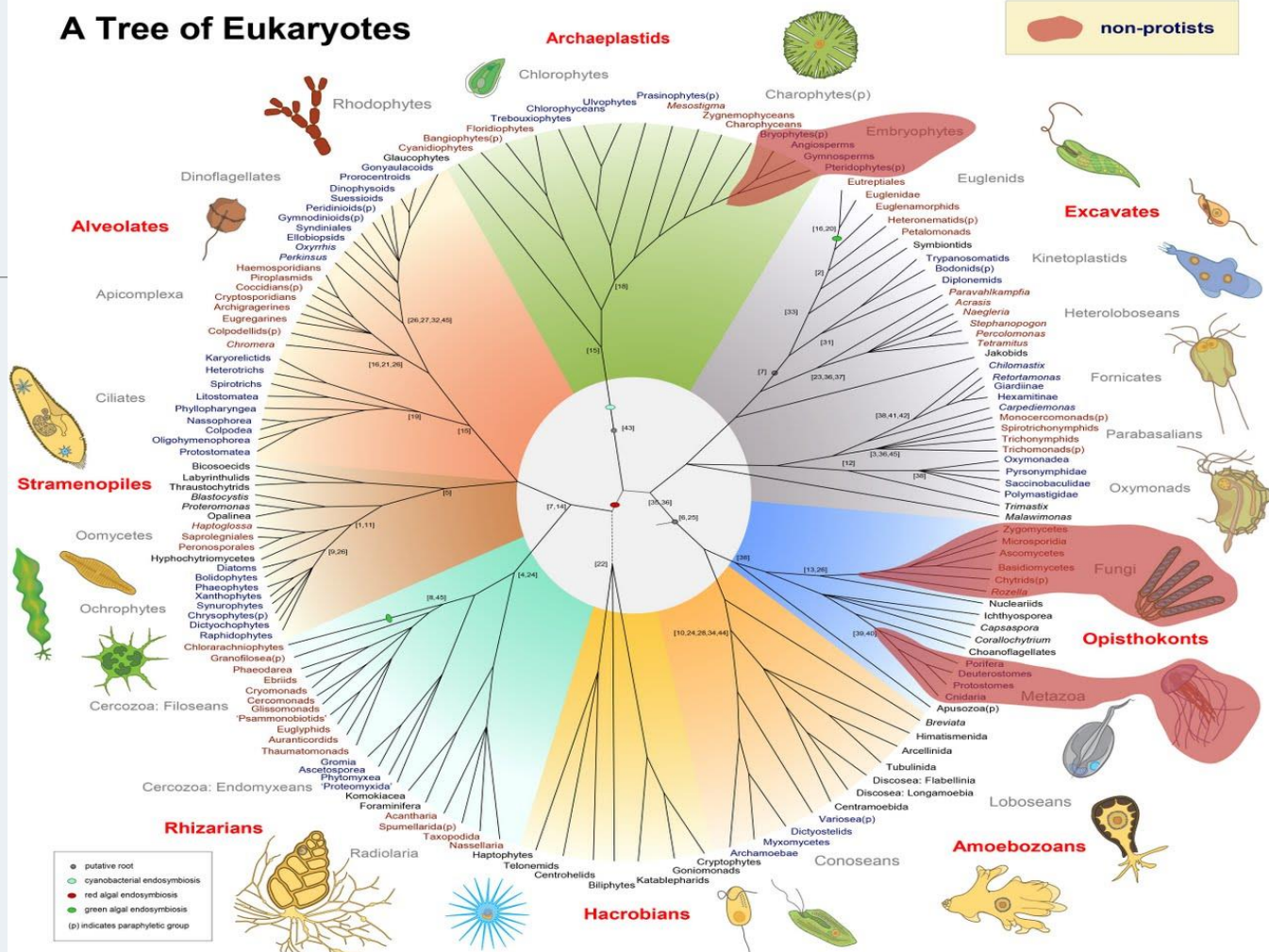
4 клады, в т.ч.

Jakobida

Heterolobosea

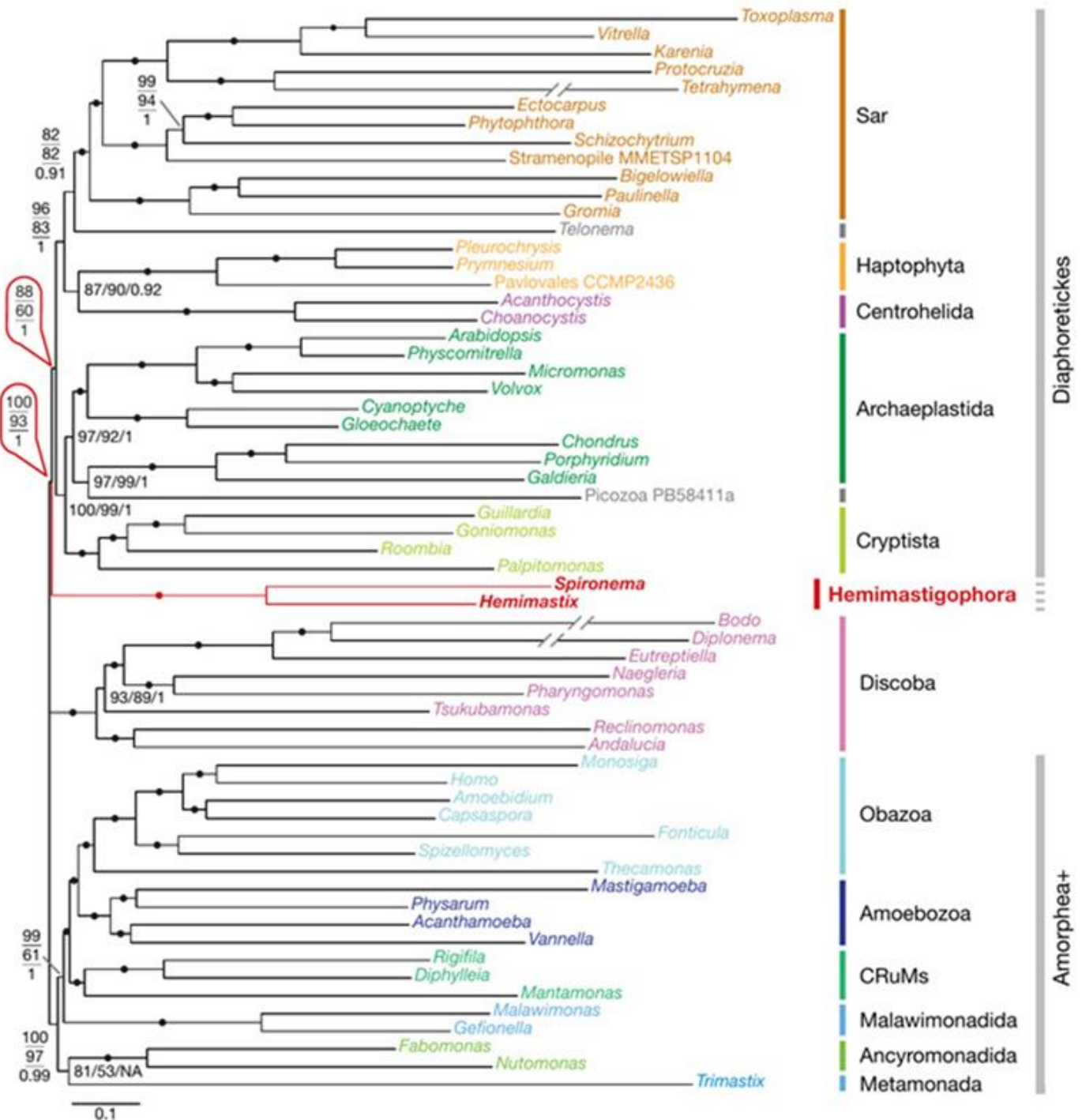
Euglenozoa

A Tree of Eukaryotes



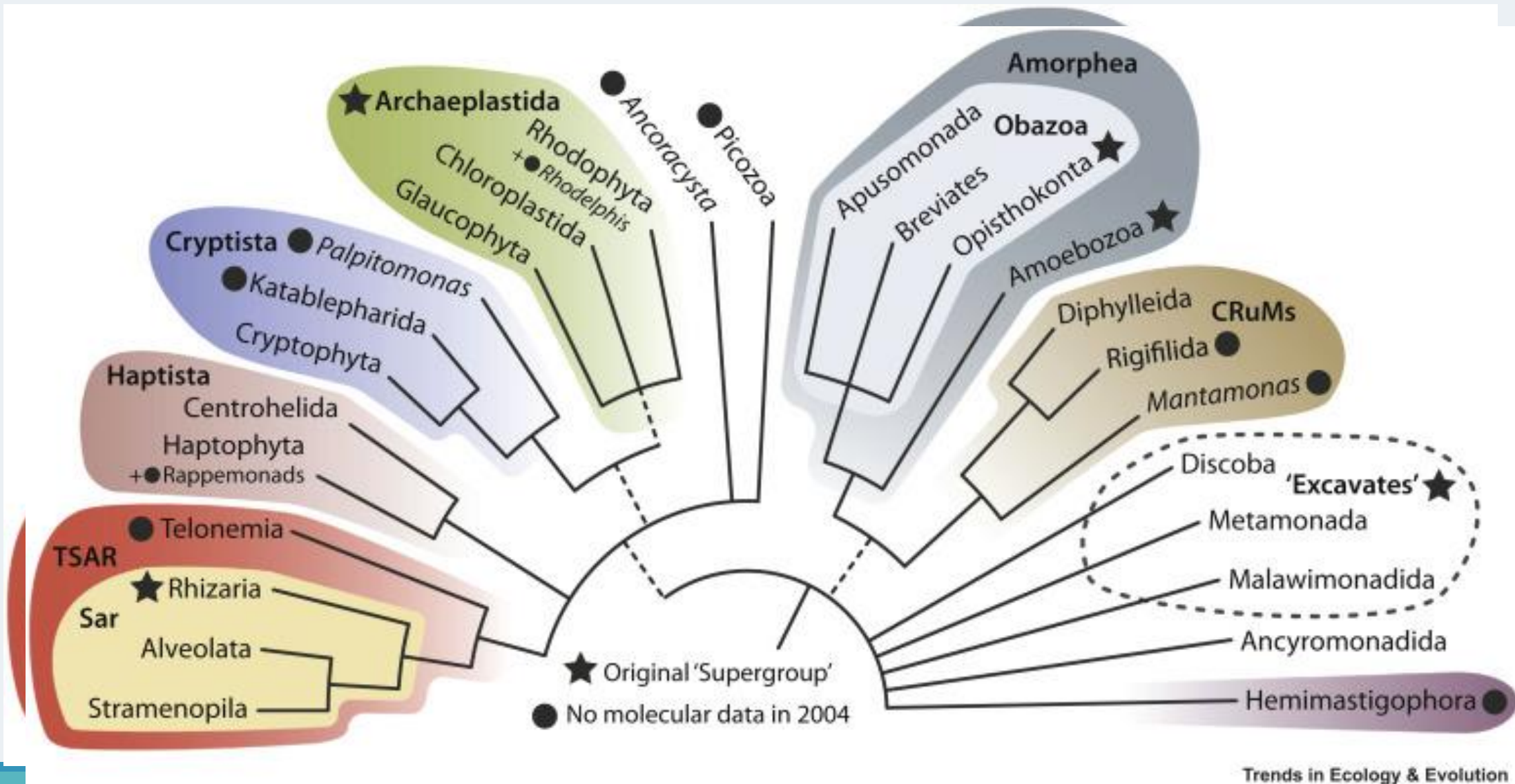
References:

- Beakes & Sekirnjak 2003 The evolutionary phylogeny of oomycetes: insights gained from studies of Holocarpic parasites of algae and invertebrates. *in* Oomycetes Genetics and Genomics eds. Lemarié & Kienast
- Breglia et al. 2007 Phylogeny of phagotrophic Euglenids (Euglenozoa) is inferred from Hsp90 gene sequences. *J. Euk. Microbiol.* 54: 98-102
- Caricote & Keeling 2007 Molecular Phylogeny and Phylogenetic Position of *Ectocarpus* (Phaeophyceae, Heterokontophyta). *J. Euk. Microbiol.* 54: 263-270
- Cavalier-Smith & Chao 2003 Phylogeny and classification of phylum cercozoa. *Protist* 154: 341-359
- Cavalier-Smith & Chao 2003 Phylogeny and Molecular Phylogeny of Phagotrophic Cercozoa. *J. Mol. Evol.* 62: 388-420
- Cavalier-Smith 2009 Megaphylogeny, Cell Body Plans, Adaptive Zones, Causes and Timing of Eukaryote Basal Radiations. *J. Euk. Microbiol.* 56: 28-33
- Cavalier-Smith 2010 Kingdoms Protista and the eozoa root of the eukaryotic tree. *Biol. Lett.* 6: 1-6
- Chantirapri et al. 2009 Morphology and molecular phylogeny of a marine interstitial tetractinellid with putative endosymbionts: *Auranticoecia quadricornis* n. gen. et sp. nov. (Cercozoa, BMC Microbiol) 9: 123
- Eikem et al. 2004 *Pleurocystis parvula* gen. et sp. nov. (Dictyochophyceae, Heterokontophyta), a small flagellate isolated from the English Channel. *Protist* 153: 455-464
- Flore-Dorno et al. 2009 Deep Phylogeny and Evolution of Slime Moulds (Mycetozoa). *Protist* 161: 55-70
- Hatakeyama et al. 2007 A molecular phylogeny of Haptophyta species, terrestrial perennating oomycetes (oomycetes) endoparasitic on nematodes. *Mycoecologia* 48: 169-175
- Hesse & Keeling 2006 The Phylogenetic Position of the Cystonoid *Saccinobaccharis* Based on SSU rRNA. *Protist* 157: 335-344
- James et al. 2006 Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. *Nature* 443: 818-822
- Keeling 2009 Chromatids and the Evolution of Plastids by Secondary Endosymbiosis. *J. Euk. Microbiol.* 56: 1-8
- Keeling et al. 2005 The tree of eukaryotes. *Trends Ecol. Evol.* 20: 870-876
- Leander 2009 Marine green algae and the origin of the apicomplexans? *Trends Parasitol.* 28: 60-67
- Leander et al. 2007 Macroevolution of complex cytoskeletal systems in Euglenids. *BioEssays* 29: 987-1000
- Lynn & McCall 2004 Green algae and the origin of land plants. *Am. J. Bot.* 91: 1551-1556
- Lynn 2003 Morphology of molecules: How do we identify the major lineages of ciliates (Phylum Ciliophora)? *Eur. J. Protistol.* 39: 356-364
- Stitt et al. 2003 Phylogeny and Taxonomic Revision of Plastid-Containing Euglenophytes based on SSU rDNA Sequence Comparisons and Synapomorphic Signatures in the SSU rDNA Secondary Structure. *Protist* 154: 99-142
- Marion 2005 Eukaryotic evolution: where are we now? *Trends Parasitol.* 28: 375-382
- Chantirapri et al. 2009 Molecular Phylogeny and Description of the Novel Katabalapharid *Romboida truncata* gen. et sp. nov., and Establishment of the Nucleoid Taxon nov. *PLoS ONE* 4: e7070
- Park et al. 2009 Ultrastructure and Molecular Phylogeny of two Heterolobosean Amoebae, *Euplastidobrya hyperborea* gen. et sp. nov., and *Tubulinoida perennans* gen. et sp. nov., Isolated from an Extremely Hypersaline Habitat. *Protist* 160: 285-293
- Pavlovskis & Burki 2009 Untangling the phylogeny of amoeboid protists. *J. Euk. Microbiol.* 56: 16-25
- Roberts & Cavalier-Smith 2005 Myxozoa: evolution and the primary divergence of eukaryotes. *Nature* 436: 1113-1118
- Salazar JF (personal comm. 2010)
- Salazar JF et al. 2004 Molecular data and the evolutionary history of dinoflagellates. *Eur. J. Protistol.* 40: 85-111
- Shadloo et al. 2009 Eumycetozoa = Amoebozoa? SSU rDNA Phylogeny of Protistoid Slime Moulds and Its Significance for the Amoebozoan Supergroup. *PLoS ONE* 4: e4774
- Simpson 2003 Cytoskeletal organization, phylogenetic affinities and systematics in the contentious taxon Excavata (Eukaryota). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53: 1758-1777
- Simpson et al. 2006 Comprehensive Multigene Phylogenies of Excavate Protists Reveal the Evolutionary Positions of "Primitive" Eukaryotes. *Mol. Biol. Evol.* 23: 1515-1523
- Simpson et al. 2006 The evolution and diversity of kinetoplastid flagellates. *Trends Parasitol.* 22: 168-174
- Taylor et al. 2007 Dinoflagellate diversity and distribution. *Biol. Cons.* 17: 407-418
- Yubuki et al. 2009 Ultrastructure and molecular phylogeny of *Calcinus aureus*: cellular identity of a novel class of deep-sea Euglenids with symbiotic bacteria. *BMC Microbiol.* 9: 16
- Barney et al. 2009 XI Int. Congress of Protists, Armaço do Boato, Brazil (poster)
- Hartl et al. 2009 Phylogenomic analyses support the monophyly of Excavata and resolve relationships among eukaryotic "supergroups". *PLoS ONE* 4: e7070
- Simpson AOB (personal comm. 2010)
- Yubuki & Leander 2008 Ultrastructure and molecular phylogeny of *Steganoophora minuta*: an enigmatic microeukaryote from marine interstitial environments. *Eur. J. Protistol.* 44: 241-253
- Huys AA (personal comm. 2010)
- Dunn et al. 2008 Broad phylogenomic sampling improves resolution of the animal tree of life. *Nature* 452: 745-749
- Gilmer et al. 2004 Bayesian Inference of the Metazoan Phylogeny: A Combined Molecular and Morphological Approach. *Curr. Biol.* 14: 1644-1649
- Capella et al. 2008 Non-monophyly of Retromonadida and high genetic diversity of the genus *Chlamydomonas* suggested by analysis of SSU rDNA. *Mol. Phylogenet. Evol.* 48: 770-775
- Rogers et al. 2009 Molecular phylogeny of diplomonads and entamoebids based on SSU rRNA, alpha-tubulin and HSP90 genes: implications for the evolutionary history of the double karyomastigont diplomonads. *BMC Evol. Biol.* 9: 205
- Rogers et al. 2009 Analysis of Rare Genomic Changes Does Not Support the Unikont-Bikont Phylogeny and Suggests Cyanobacterial Symbiosis as the Point of Primary Radiation of Eukaryotes. *Genome Biol. & Evol.* 2009: 99-113
- Liu DCC (personal comm. 2011)
- Keeling PJ (personal comm. 2011)



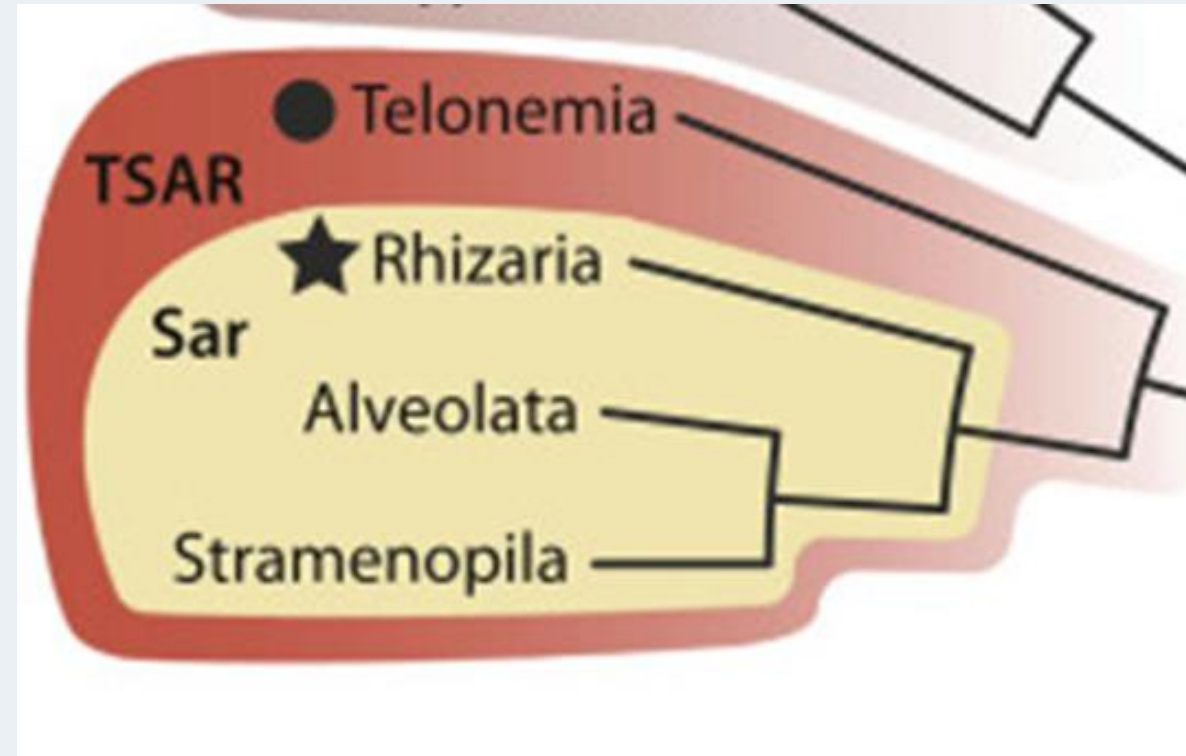
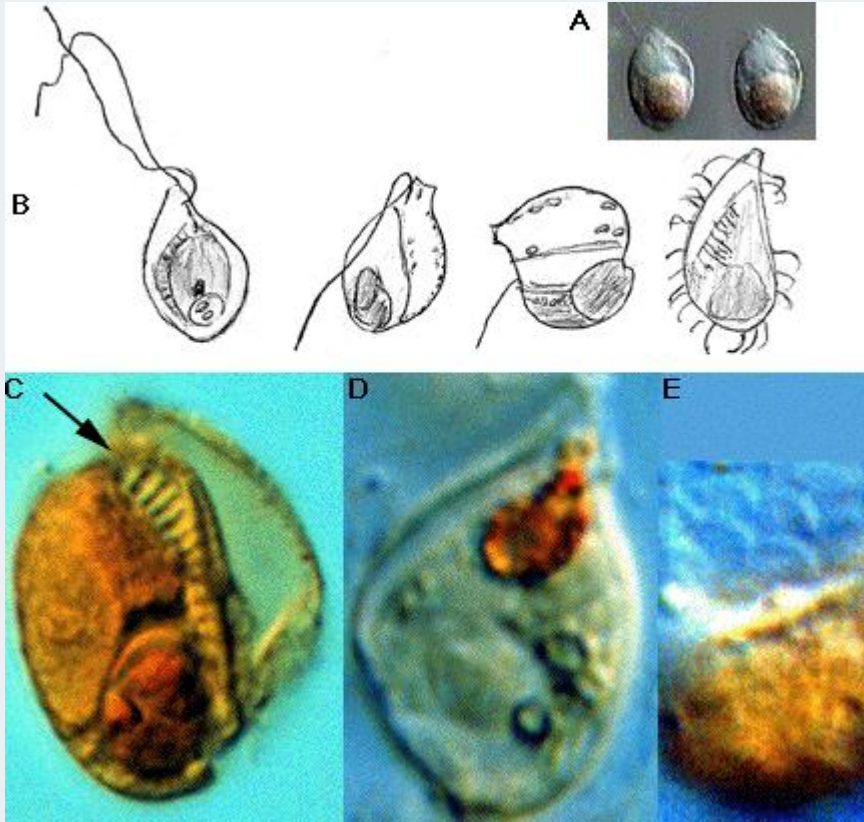
На рисунке приведено эволюционное древо, полученное в результате анализа транскриптомов эукариот. Длина ветвей соответствует числу нуклеотидных замен, цифры обозначают уровни поддержки. Иллюстрация из Nature, 2018. V. 564. № 7736. P. 410–414.

Дерево 2020



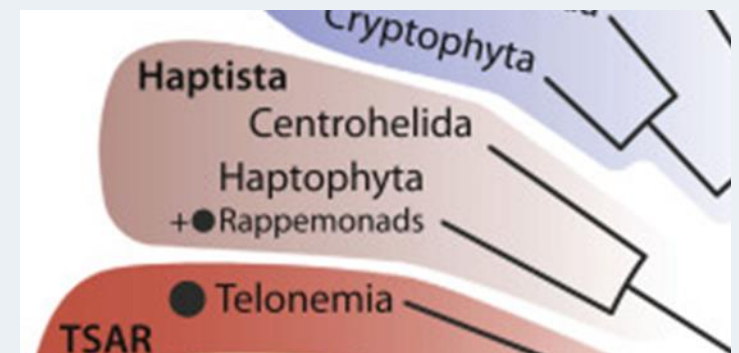
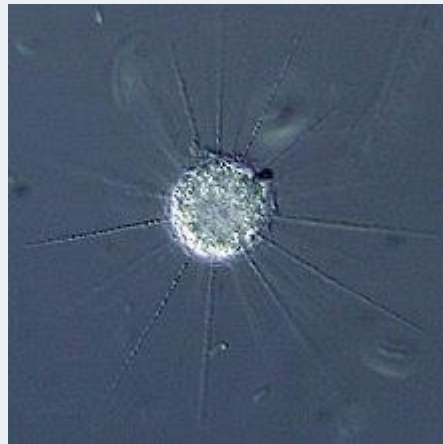
Telonema

TCAP



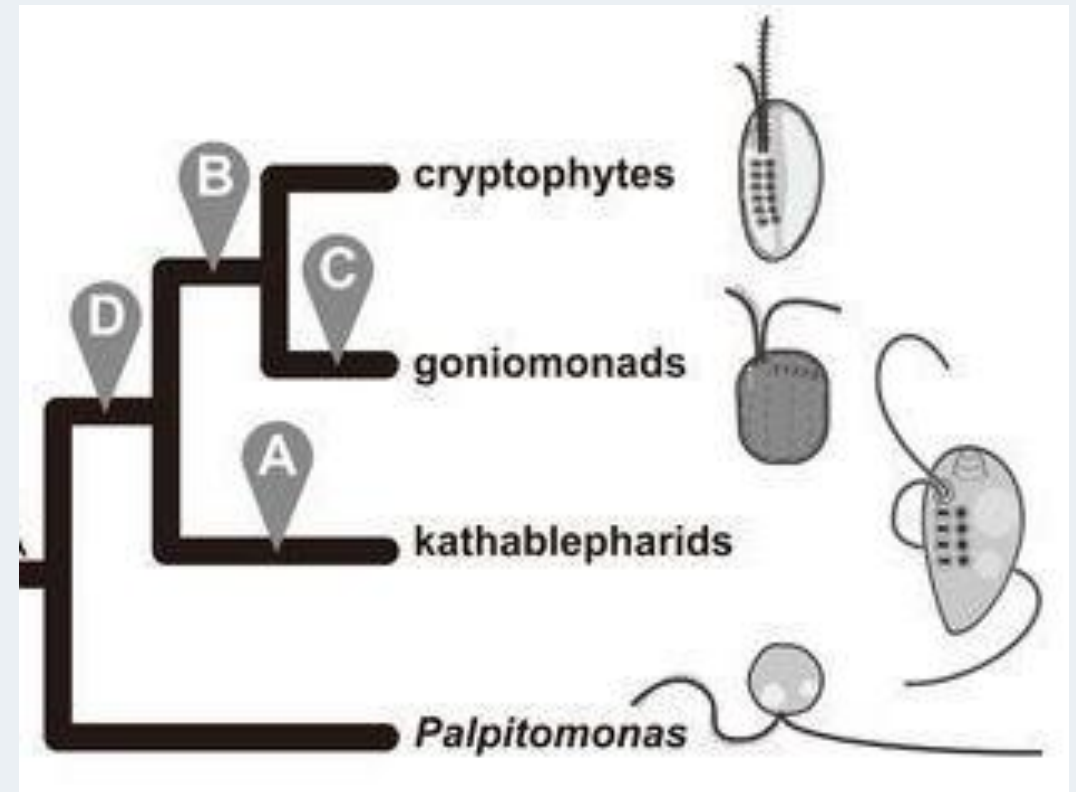
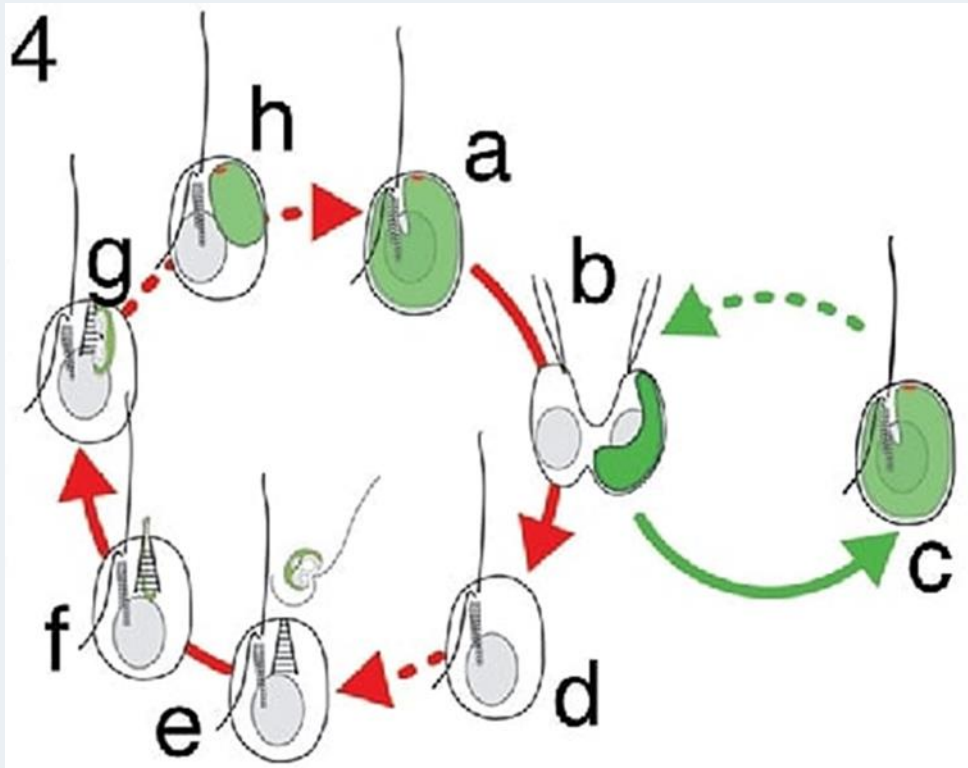
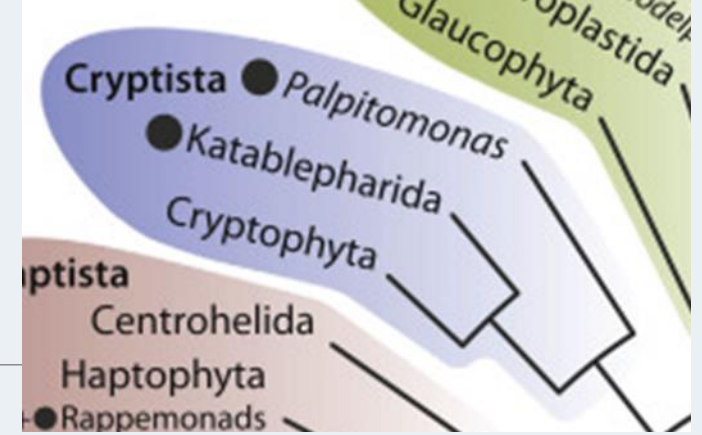
ГАПТИСТА

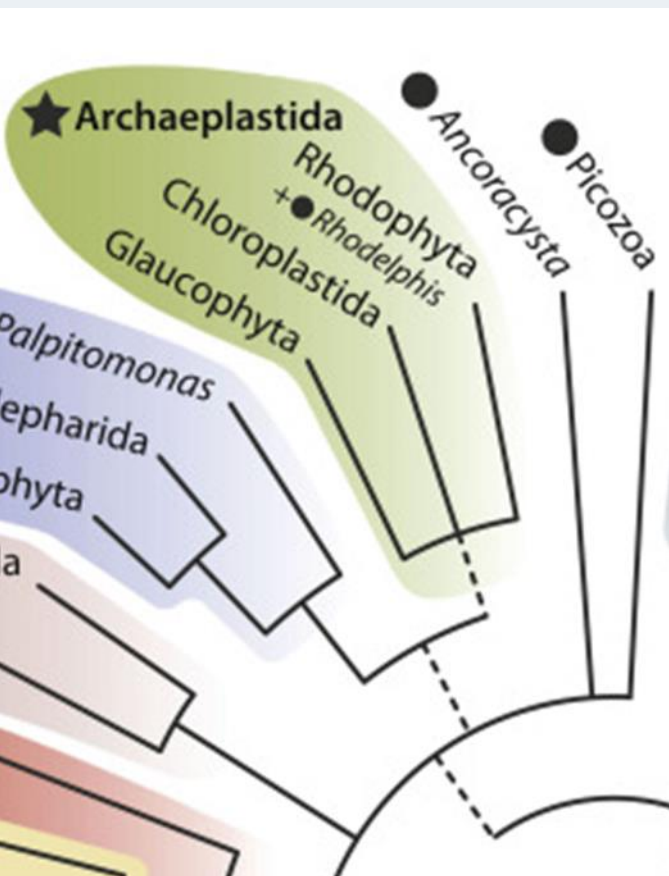
Haptista включает водоросли-гаптофиты и центрохелиды. Гаптофиты, особенно кальцифицирующие кокколитофориды (например, *Emiliana huxleyi*), играют решающую роль в морских экосистемах и глобальных биогеохимических циклах. Центрохелиды - свободноживущие простейшие с лучеподобными псевдоподиями, поддерживаемыми микротрубочками (аксоподиями), которые исходят от сферического тела клетки. Раппемонады – небольшая группа простейших, описанная в 2011 г с неясным филогенетическим родством. Раппемонады - это уникальные, широко распространенные, предположительно фотосинтезирующие водоросли, которые отсутствуют в современных моделях экосистем.



КРИПТИСТА

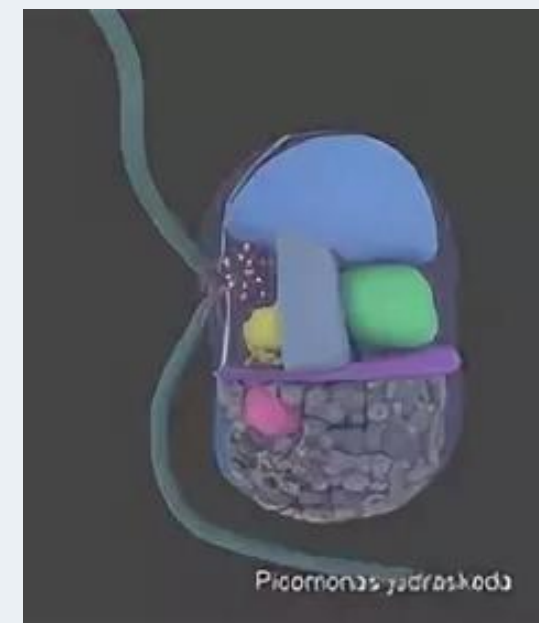
Cryptista содержит криптомонады, каталефариды и недавно обнаруженные *Palpitomonas* (обе линии - загадочные гетеротрофные жгутиконосцы).





Недавно была открыта новая группа - *Rhodelphis* - и в филогеномном анализе показано, что она является сестринской красным водорослям. *Родельфис* - гетеротрофный жгутиконосец, но данные о последовательности генов предполагают, что он имеет нефотосинтетическую первичную пластиду.

Пикозоа - тип морских планктонных протистов неясного систематического положения. По состоянию на 2015 год, в типе описан один вид *Picomonas judraskeda*. Кроме того, к данной группе относят большое количество последовательностей генов рибосомных РНК, полученных с помощью методов метагеномики.



CRuM

CRuMs представляет собой новую предложенную супергруппу, названную аббревиатурой ее составляющих членов: коллодиктиониды (син. Дифиллеиды) + ригифилида + мантамонас. Эти три свободноживущих таксона простейших имеют очень разные базовые морфологии (плавающие жгутиковые, амебоидные клетки с филозными псевдоподиями и крошечные скользящие клетки, соответственно)

