

Херсонський державний університет  
кафедра ботаніки

# Archaeplastida

доктор біологічних наук,  
професор  
Олександр Ходосовцев

Херсон - 2020

# План лекції

1. Характеристика архепластид
2. Glaucocystophyta – група першого рангу
3. Rhodophyceae – група першого рангу
4. Chloroplastida – група першого рангу

# 1. Характеристика Archeplastida

## Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes

Sina M. Adl<sup>a,\*</sup> , David Bass<sup>b,c</sup> , Christopher E. Lane<sup>d</sup>, Julius Lukeš<sup>e,f</sup> , Conrad L. Schoch<sup>g</sup>, Alexey Smirnov<sup>h</sup>, Sabine Agatha<sup>i</sup>, Cedric Berney<sup>j</sup> , Matthew W. Brown<sup>k,l</sup>, Fabien Burki<sup>m</sup>, Paco Cárdenas<sup>n</sup> , Ivan Čepička<sup>o</sup>, Lyudmila Chistyakova<sup>p</sup>, Javier del Campo<sup>q</sup>, Micah Dunthorn<sup>r,s</sup> , Bente Edvardsen<sup>t</sup> , Yana Eglit<sup>u</sup>, Laure Guillou<sup>v</sup>, Vladimír Hampl<sup>w</sup>, Aaron A. Heiss<sup>x</sup>, Mona Hoppenrath<sup>y</sup>, Timothy Y. James<sup>z</sup>, Anna Karnkowska<sup>aa</sup>, Sergey Karpov<sup>h,ab</sup>, Eunsoo Kim<sup>x</sup>, Martin Kolisko<sup>e</sup>, Alexander Kudryavtsev<sup>h,ab</sup>, Daniel J.G. Lahr<sup>ac</sup>, Enrique Lara<sup>ad,ae</sup> , Line Le Gall<sup>af</sup> , Denis H. Lynn<sup>ag,ah</sup> , David G. Mann<sup>ai,aj</sup>, Ramon Massana<sup>q</sup>, Edward A.D. Mitchell<sup>ad,ak</sup> , Christine Morrow<sup>al</sup>, Jong Soo Park<sup>am</sup> , Jan W. Pawlowski<sup>an</sup>, Martha J. Powell<sup>ao</sup>, Daniel J. Richter<sup>ap</sup>, Sonja Rueckert<sup>aq</sup>, Lora Shadwick<sup>ar</sup>, Satoshi Shimano<sup>as</sup>, Frederick W. Spiegel<sup>ar</sup>, Guifré Torruella<sup>at</sup> , Noha Youssef<sup>au</sup>, Vasily Zlatogursky<sup>h,av</sup>  & Qianqian Zhang<sup>aw</sup>

© 2018 The Authors *Journal of Eukaryotic Microbiology* published by Wiley Periodicals, Inc. on behalf of International Society of Protistologists  
*Journal of Eukaryotic Microbiology* 2019, **66**, 4–119

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Archaeplastida Adl et al. 2005

Photosynthetic plastid with chlorophyll type-*a* from an ancestral primary endosymbiosis with a cyanobacterium; plastid with two membranes without periplastid endoplasmic reticulum; plastid reduced in some; usually with cell wall or other extracellular covering; flat mitochondrial cristae; starch storage product.

### Ознаки:

хлорофіл а,

первинно симбіотичні пластиди

платівчасті кристи в мітохондріях

часто містять целюлоза в клітинних оболонках

## 2. Glaucocystophyta – група першого рангу

20 видів

### Головні ознаки:

1. Целюозна клітинна оболонка (амфієсмоподібний клітинний покрив).
2. Джгутики: два гетероконтні з простими мастигонемами, які пірчасто розташовані, субапикальні.
3. Мітоз відкритий, центріолі відсутні.
4. **Первинно-симбіотичні ціанопласти з 2 оболонками (між мембранами є шар муреїну).**
5. Пігменти: хлорофіл а та фікобіліни, запасуюча речовина – крохмаль (в цитоплазмі).
6. Морфологічні типи: монадний та гемімонадний.

● **Glaucophyta** Skuja 1954 [Glaucocystaceae West 1904 Glaucocystophyta Kies and Kremer 1986]

Unicellular or colonial algae; plastid in the form of a cyanelle, which is distinct from the chloroplasts of other organisms in that, like cyanobacteria, it has a conspicuous peptidoglycan wall between its two membranes; chlorophyll type-a only, with phycobiliproteins and other pigments; ciliated and non-ciliated species or life cycle stages; without cellulosic cell wall except *Glaucocystis*. Reported only in freshwater. *Cyanophora*, *Cyanoptyche*, *Glaucocystis*, *Gloeochaete*.



*Glaucocystis*

29.03.2020

(Φoto I.Ю. Κοστίκοβα)<sub>6</sub>



# Gloeochaete

### 3. Rhodophyceae – група першого рангу

● **Rhodophyceae** Thuret 1855, emend. Rabenhorst 1863 [Rhodophyta Wettstein 1901, Rhodoplantae Saunders and Hommersand 2004] emend. Adl et al. 2005

Red algae without ciliated stages, and without centrioles, or basal bodies, or other 9 + 2 microtubular structures—presence of polar rings instead; two-membraned simple chloroplasts, unstacked thylakoids with phycobilisomes, and chlorophyll *a* only, lacking external endoplasmic reticulum; cytoplasmic carbohydrate reserve floridean starch; chromosomal and interzonal microtubules not converging towards polar rings, so spindle poles very broad; telophase spindle and nuclear envelope persisting with closed mitosis surrounded by perinuclear endoplasmic reticulum; cell wall of cellulose; cells in filamentous forms linked by pit plugs, formed between cells after incomplete cell division; sexual reproduction typically oogamous; triphasic life history common.



## Головні ознаки:

Клітинна оболонка целюозна, але має специфічні фікоколоїди (агар-агар, карагенін).

Джгутики відсутні.

Мітоз закритий з утворенням перинуклеарної ЕПС.

Тип платид: первинно симбіотичні родопласти з 2 мембранами.

Пігменти: хлорофіл а та фікобіліни, запасуюча речовина – багрянковий крохмаль (в цитоплазмі).

Морфологічні типи: кокоїдний, трихальний, гетеротрихальний, псевдопарехіматозний, паренхіматозний.



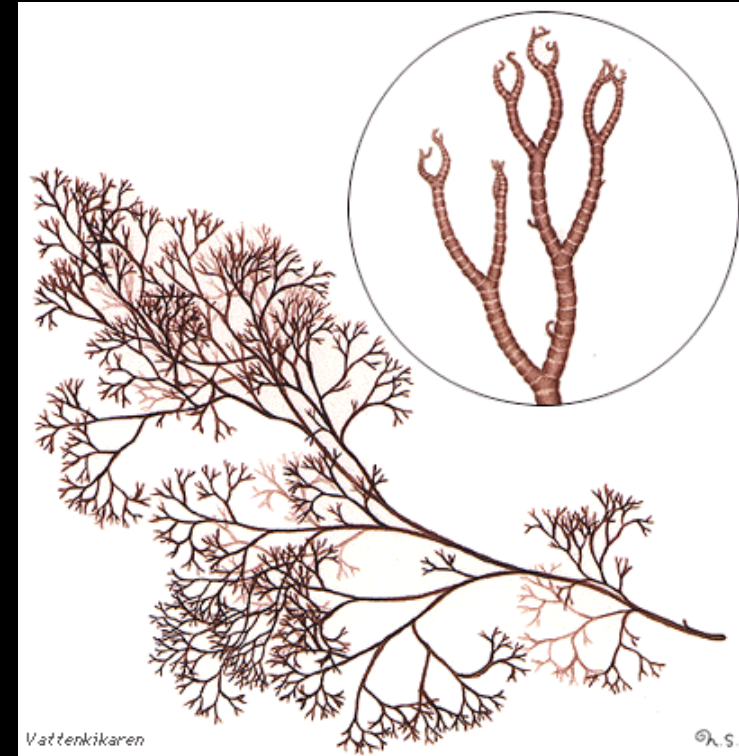
*Porolithon* sp.



*Porphyra*



*Corallina*



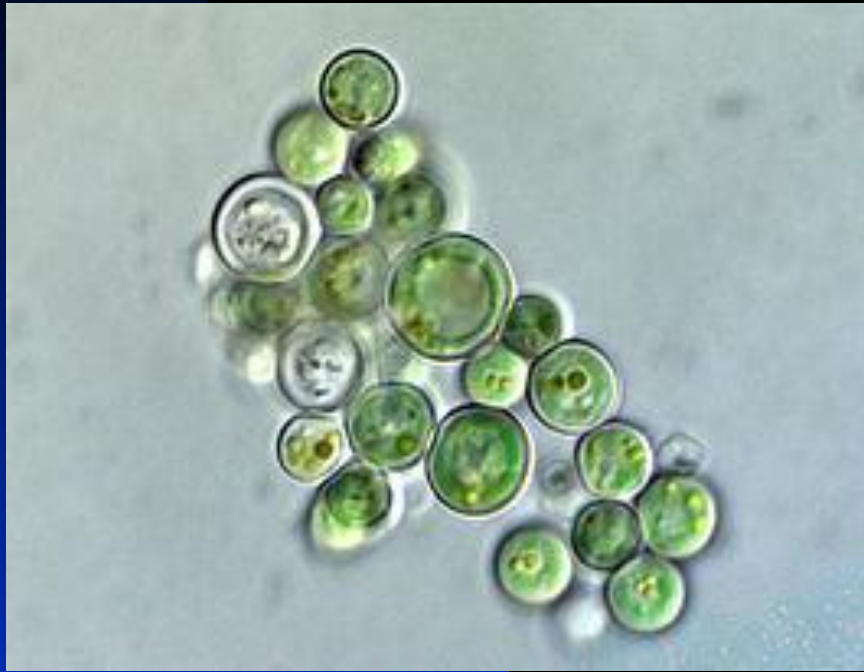
*Ceramium*

# \*\*Cyanidiales T. Christensen 1962 [Cyanidiophyceae Merola et al. 1981, Cyanidiophyta Moehn ex Doweld 2001

Одноклітинні червоні водорості, сферичні, еліпсоїдні, факультативні гетеротрофи або облігатні фотоавтотрофи, можуть утворювати ендоспори, існують в дуже кислих середовищах та при високих температурах

Cyanidioschyzon, Cyanidium, Galdieria.

●● Cyanidiales T. Christensen 1962 [Cyanidiophyceae Merola et al. 1981, Cyanidiophyta Moehn ex Doweld 2001]  
Unicellular, spherical or elliptical in shape; thick cell wall or lack of cell wall; facultative heterotrophs or obligate photoautotrophs; cell division or endospore formation; inhabiting acidic and high temperature environments. *Cyanidioschyzon*, *Cyanidium*, *Galdieria*.



## Суанидиум

Широко распространённый вид, известный из кислотных термических источников по всему миру, не обнаруженный в Африке и Антарктиде. Обитает в кислотных термальных источниках с естественными значениями рН от 0,05 до 5,0 и температурой от 13 до 57 °С. Образует слизистые налёты на камнях. Оптимальное значение рН — 2—3; температурный оптимум — 45 °С.



shutterstock

IMAGE ID: 57825580  
www.shutterstock.com

## Колонії Cyanidales в Йеллоустонському національному парку

29.03.2020

# \*\*Proteorhodophytina Muñoz-Gomez et al. 2017

Одноклітинні або багатоклітинні (переважно трихальні) фотосинтезуючі організми, які утворюють чотири групи першого рангу.

## ●● Proteorhodophytina Muñoz-Gómez et al. 2017 (R)

Clade consisting of Compsopogonales, Porphyridiophyceae, Rhodellophyceae, Stylonematales, based on phylogenetic analysis.

### ●●● Compsopogonales Skuja 1939 [Compsopogonophyceae G. W. Saunders and Hommersand 2004]

Pluricellular with monosporangia and spermatangia usually cut out by curved walls from ordinary vegetative cells; Golgi-ER association; encircling thylakoids in the plastid; life history biphasic if known; inhabiting freshwater or marine environment. *Boldia*, *Compsopogon*, *Erythrotrichia*, *Rhodochaete*.

### ●●● Porphyridiophyceae H. S. Yoon et al. 2006

Unicellular with a single branched or stellate plastid, with or without pyrenoid; Golgi association with mitochondria and ER; cells with floridoside as a low molecular-weight carbohydrate; reproduction by cell division; inhabiting marine, freshwater and even moist terrestrial areas. *Erythrolobus*, *Flintiella*, *Porphyridium*.

### ●●● Rhodellophyceae Cavalier-Smith 1998 [Rhodellophytina Cavalier-Smith 1998]

Unicellular; single highly lobed plastid with eccentric or centric pyrenoid; Golgi association with nucleus and ER; contains mannitol; reproduction by cell division; inhabiting marine and freshwater habitats. *Dixoniella*, *Glaucosphaera*, *Rhodella*.

### ●●● Stylonematales K. Drew 1956 [Stylonematophyceae H.S. Yoon et al. 2006]

Unicellular or pseudofilamentous or filamentous; various plastid morphologies with or without pyrenoid; Golgi association with mitochondria and ER; reproduction by cell division or monospores; inhabiting freshwater, brackish and marine environment. *Bangiopsis*, *Chroodactylon*, *Chroothese*, *Purpureofilum*, *Rhodosorus*, *Rhodospira*, *Rufusia*, *Stylonema*.



# Glaucosphaera vacuolata

29.03.2020



KORSHIKOV, A.A. (1930) "*Glaucosphaera vacuolata*, a new member of the Glaucophyceae". *Arkiv für Protistenkunde* 70: 217–222.

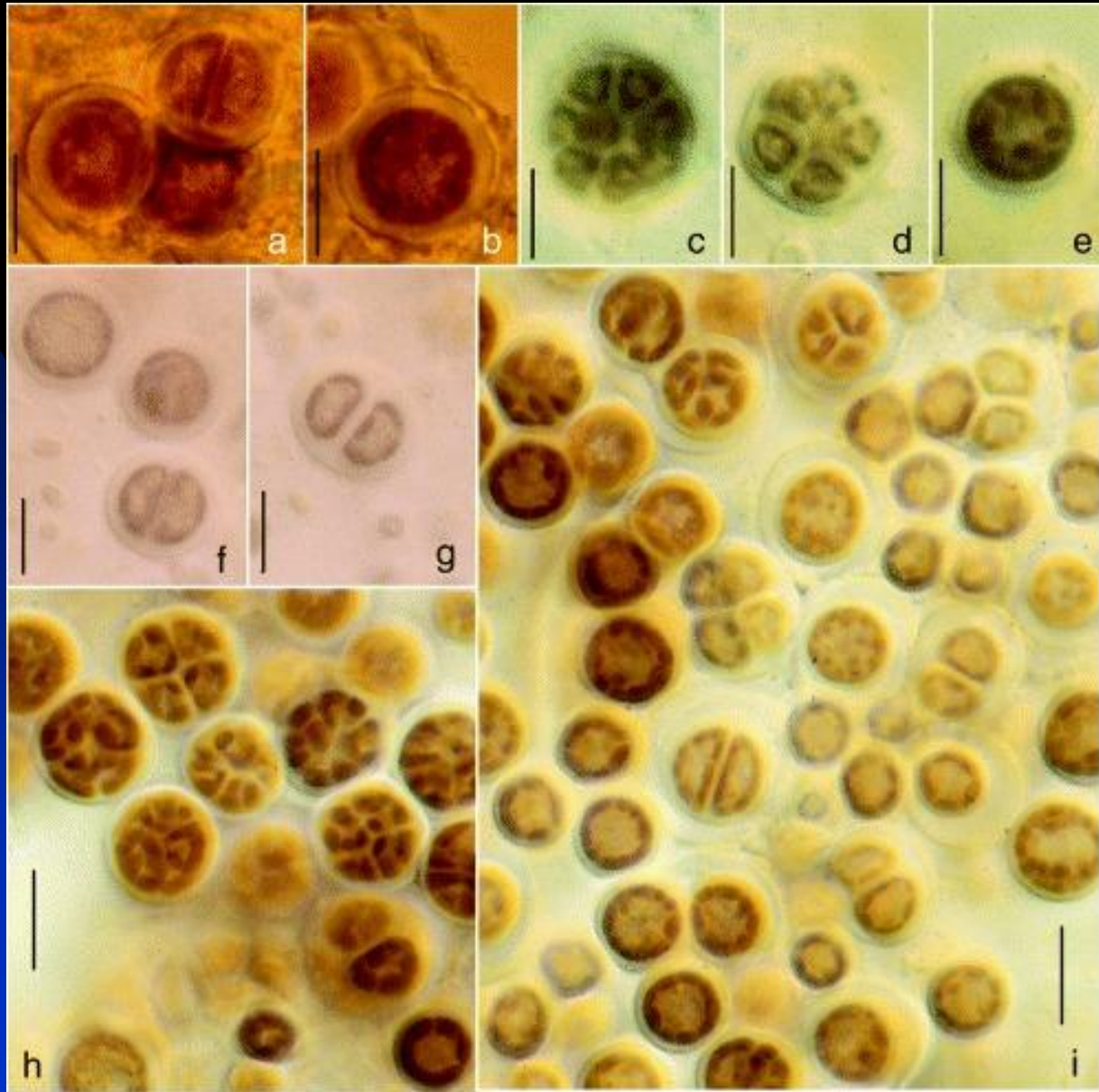


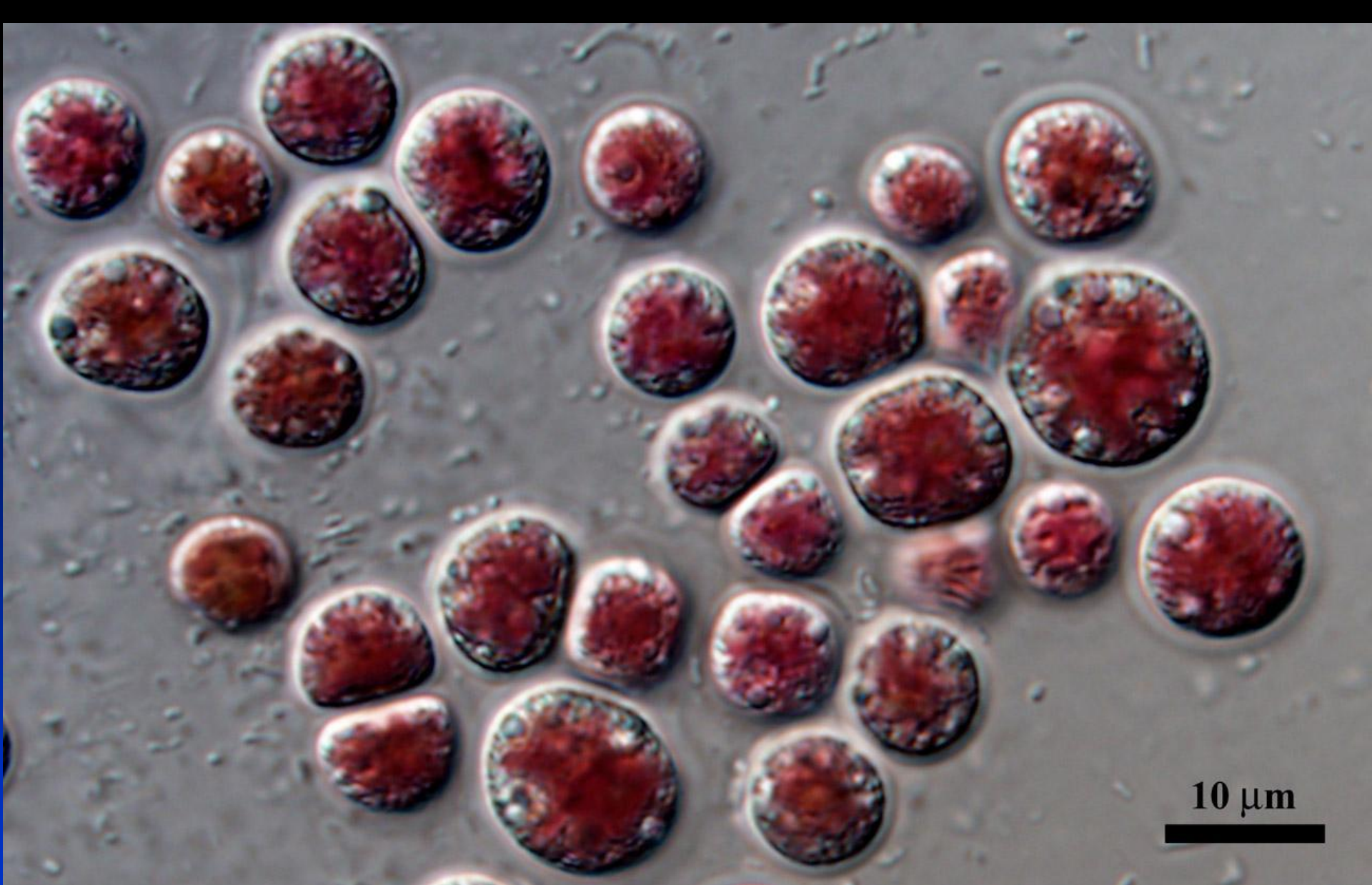
З 1930 р. А. А. Коршиков працював директором науково-дослідного інституту ботаніки Харківського державного університету.

Доктор біологічних наук без захисту дисертації. Займався дослідженнями водоростей України, Нижньгородської області, Кольського півострова.

Александр Аркадійович Коршиков був заарештований у 1942 році німецькими окупантами за участь у партизанському русі. Перебував у концтаборі Дора-Мітельбау, де і загинув у 1945 році при вибуху підземного заводу.







10 μm

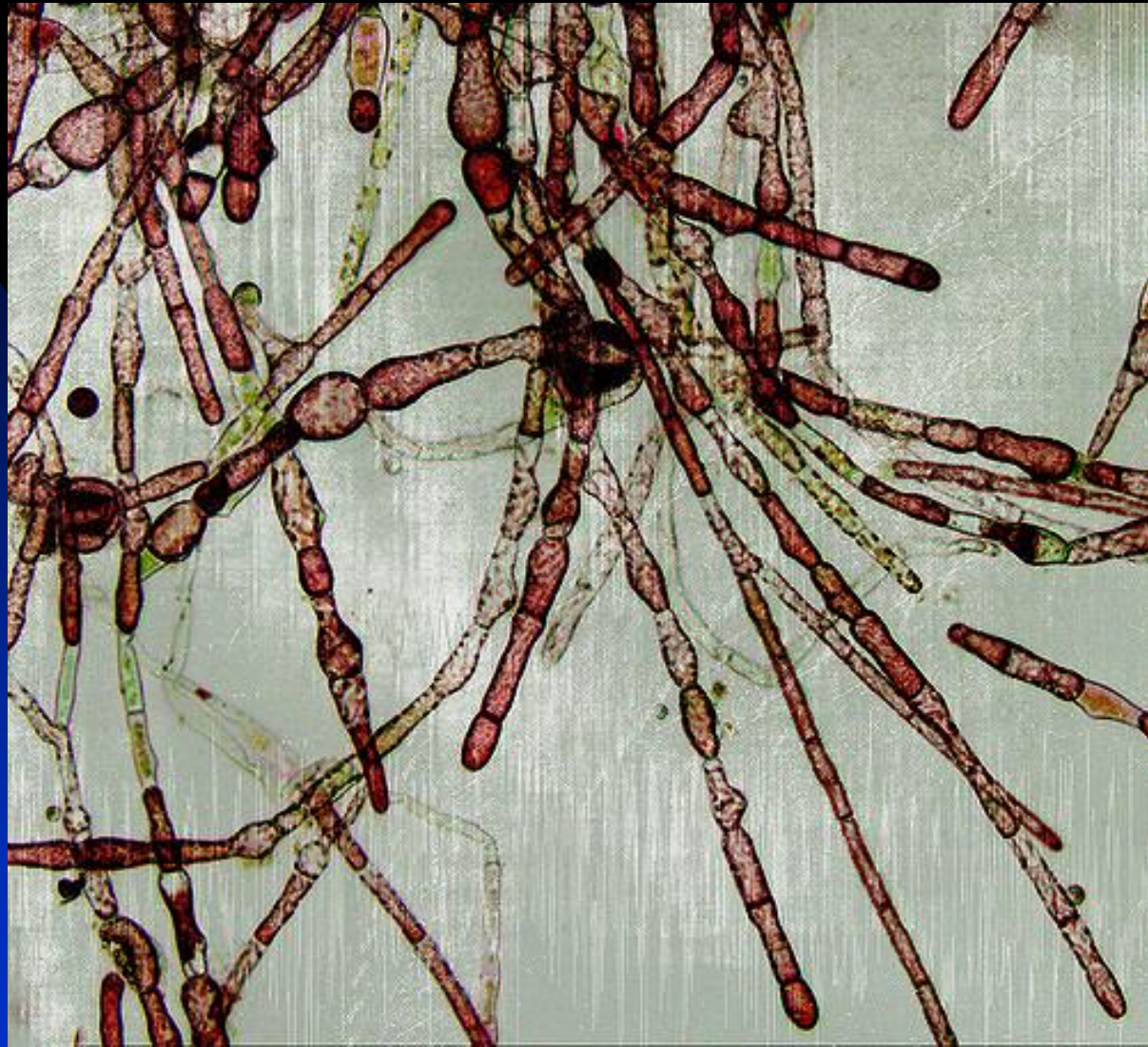
# Porphiridium

(джерело полісахаридів)

29.03.2020



# Boldia



Rhodochaete

# \*\*Eurhodophytina G.W. Saunders & Hommersand 2004

Виділена на основі молекулярних даних та містить дві групи третього рангу, переважно багатоклітинних фотосинтезуючих організмів (червоних водоростей).

## ●● Eurhodophytina G.W Saunders & Hommersand 2004 (R)

Clade containing Bangiales and Florideophycidae, based on phylogenetic analysis.

### ●●● Bangiales Nägeli 1847 [Bangiophyceae A. Wettstein 1901]

Pluricellular with Golgi–ER/mitochondrion association; life history biphasic, heteromorphic, gametophyte macroscopic, initially uniseriate, becoming pluriseriate or foliose by diffuse growth; carposporangia and spermatangia produced in packets by successive perpendicular divisions; sporophyte filamentous, with pit plugs with a single cap layer, but lacking membranes; typically forming conchospores in fertile cell rows; inhabiting mostly marine environment. *Bangia*, *Bangiomorpha*, *Boreophyllum*, *Dione*, *Minerva*, *Porphyra*, *Pyropia*, *Pseudobangia*.

### ●●● Florideophycidae Cronquist 1960

Pluricellular with Golgi–ER/mitochondrion; growth by means of apical cells and lateral initials forming branched filaments in which the cells are linked throughout by pit connections; life history fundamentally triphasic consisting of gametophytic, carposporophytic and tetrasporophytic phases; reproductive cells (monosporangia, spermatangia, carposporangia, tetrasporangia) generally terminal or lateral on the filaments; carpogonia terminal or lateral, bearing an apical extension, the trichogyne, to which the spermatangia attach; carposporophyte developing directly from the carpogonium or its derivative; inhabiting mostly marine environment.

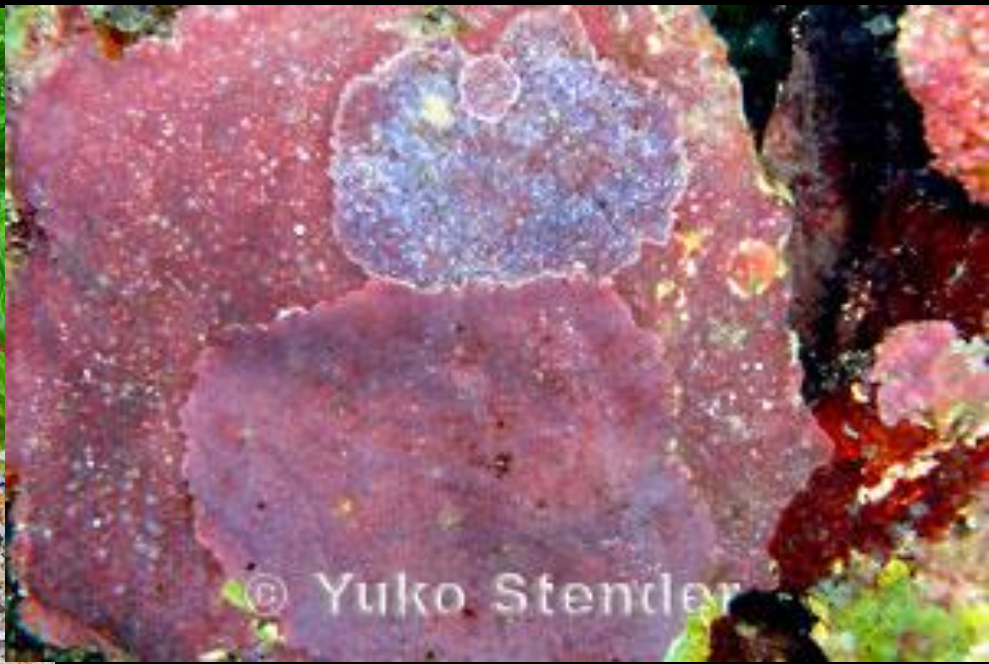


# Bangia fuscopurpurea

29.03.2020



Nemalion



Sporoliton



Ceramium

# 4. CHLOROPLASIDA - ГРУПА ПЕРШОГО РАНГУ

Пластиди з хлорофілом *a* та *b*. клітинні стінки з целюлозою, центріолі присутні.

● **Chloroplastida** Adl et al. 2005 [Viridiplantae Cavalier-Smith 1981; Chlorobionta Jeffrey 1982, emend. Bremer 1985, emend. Lewis and McCourt 2004; Chlorobiota Kendrick and Crane 1997]

Plastid with two membranes without periplastid endoplasmic reticulum; plastid with chlorophyll *a* and *b*; starch inside plastid; cell wall often with cellulose, or scaly extracellular covering; swimming cells with cilia in multiples of two, or rarely single cilium, with stellate structure linking nine pairs of microtubules at basal body transition zone; with centrioles; Rubisco small subunits encoded in the nuclear genome.



●●● Ulvophyceae Mattox & Stewart 1984 (P)

Swimming cells with one or two pairs of cilia, without mastigonemes; basal bodies with four microtubular rootlets in cruciate arrangement, and smaller roots of two sizes, alternating between two and more microtubules; cilia with scales and rhizoplasts; cell wall more or less calcified; cell division by furrowing with mitotic spindle closed, centric and persistent; phycoplast absent; thallus can be branched or unbranched, mono- or distromatic sheet (phyllose), or cushiony forms of compacted tubes; thallus often multinucleate and siphonous; free-living diplobiontic life cycle, iso- or heteromorphic. *Acetabularia*, *Caulerpa*, *Chladophora*, *Codium*, *Pithophora*, *Pseudonochloris*, *Rhizoclonium*. Note: The inclusion of *Oltmannsiellopsis* in Ulvophyceae causes instability in phylogenies, and the monophyly is questioned.

# \*\*\*Ulvophyceae Mattox and Stewart 1984

## ●●● Ulvophyceae Mattox & Stewart 1984 (P)

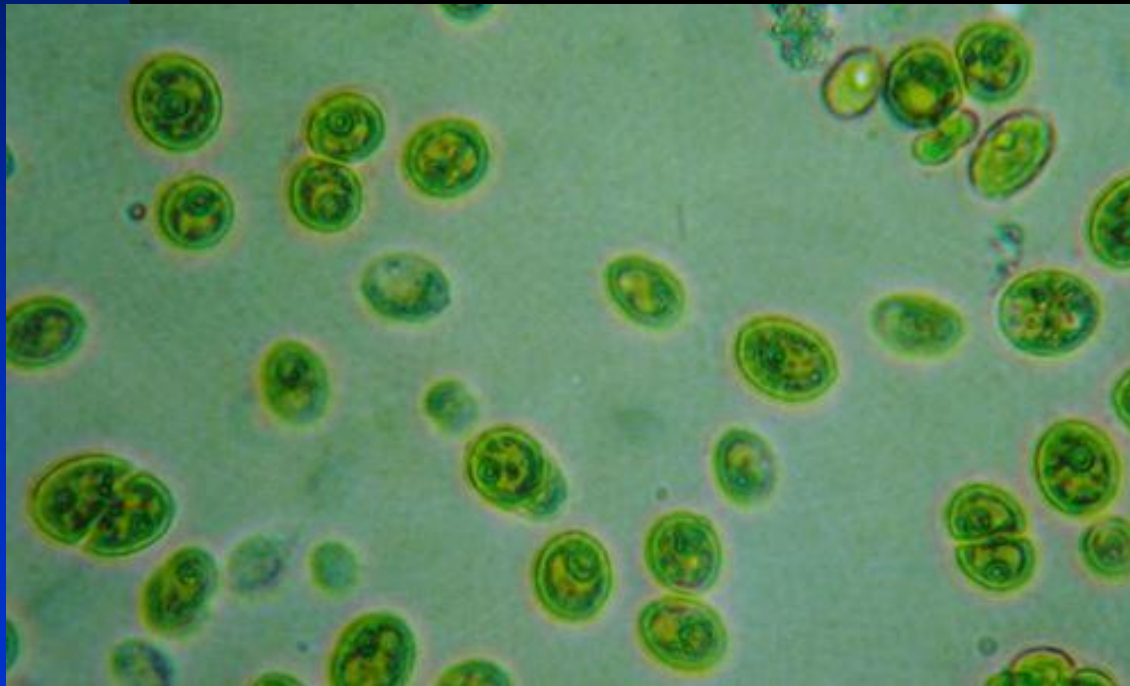
Swimming cells with one or two pairs of cilia, without mastigonemes; basal bodies with four microtubular rootlets in cruciate arrangement, and smaller roots of two sizes, alternating between two and more microtubules; cilia with scales and rhizoplasts; cell wall more or less calcified; cell division by furrowing with mitotic spindle closed, centric and persistent; phycoplast absent; thallus can be branched or unbranched, mono- or distromatic sheet (phyllose), or cushiony forms of compacted tubes; thallus often multinucleate and siphonous; free-living diplobiontic life cycle, iso- or heteromorphic. *Acetabularia*, *Caulerpa*, *Chladophora*, *Codium*, *Pithophora*, *Pseudonochloris*, *Rhizoclonium*. Note: The inclusion of *Oltmannsiellopsis* in Ulvophyceae causes instability in phylogenies, and the monophyly is questioned.





# \*\*\*Trebouxiophyceae Friedl 1995

●●● Trebouxiophyceae Friedl 1995 [Pleurostrophyceae Mattox et al. 1984, Microthamniales Melkonian 1990] (P?)  
Swimming cells with one or two pairs of cilia, without mastigonemes; basal bodies with four microtubular rootlets in cruciate arrangement, including a multilayered structure, and a smaller root, alternating between two and more microtubules; basal bodies with prominent rhizoplast, cruciate, displaced counterclockwise and counterclockwise basal body orientation; closed mitosis with metacentric spindle, semi-closed mitosis; cytokinesis with phycoplast; asexual reproduction by autospores or zoospores; sexual reproduction reported but not observed; lichenose and free-living forms; most with cell walls; osmotrophy and autotrophy. *Botryococcus*, *Chlorella*, *Choricystis*, *Coccomyxa*, *Microthamnion*, *Nannochloris*, *Oocystis*, *Pabia*, *Prasiola*, *Prototheca*, *Trebouxia* (P).



# *Is Chlorella a* **SUPERFOOD?**

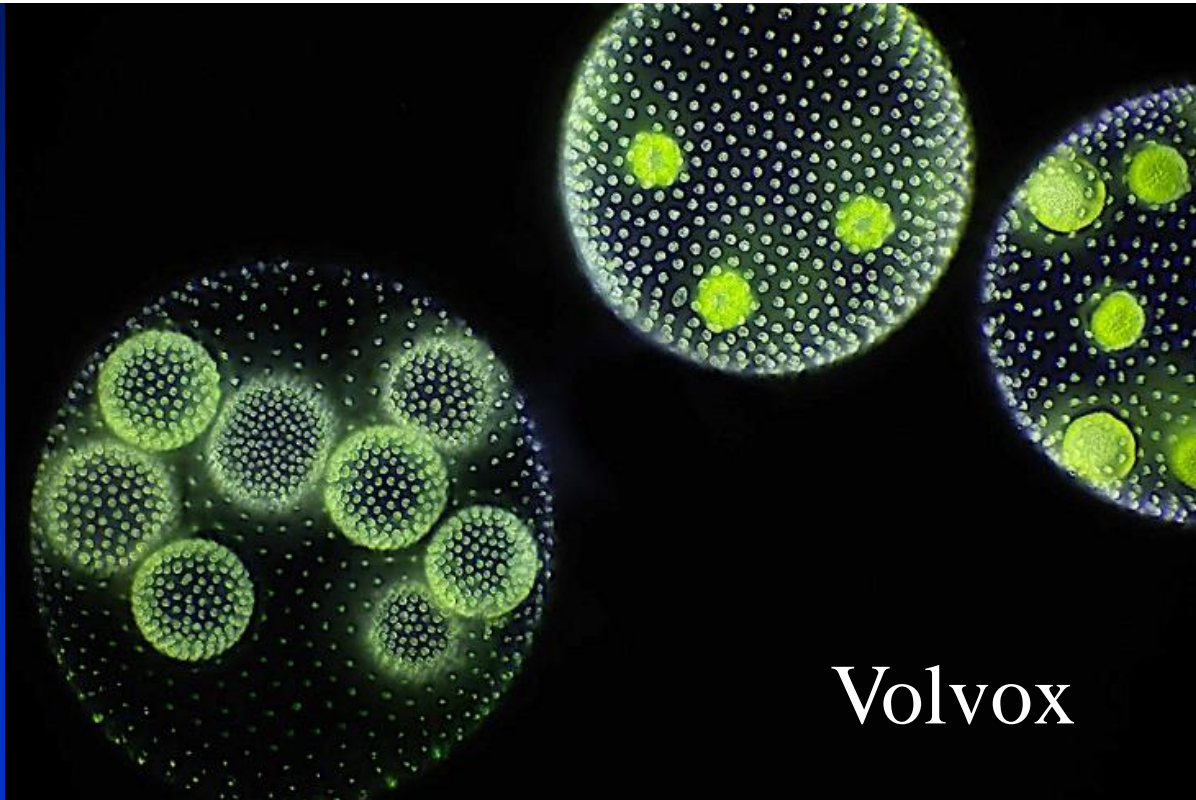


# \*\*\*Chlorophyceae Christensen 1994

## ●●● Chlorophyceae Christensen 1994

Swimming cells with one to hundreds of cilia, without mastigonemes; when two or four cilia, basal bodies with four microtubular rootlets in cruciate arrangement, alternating between two and more microtubules; basal bodies displaced clockwise or directly opposed; rhizoplast connects basal bodies and extends to nucleus; in colonial forms, basal bodies reoriented to face outside of colony; closed mitosis; cytokinesis has phycoplast with microtubules, sometimes with furrowing, with formation of plasmodesmata cell-cell connections; haplobiontic life cycle; sexual reproduction by isogamy, anisogamy, or oogamy; asexual reproduction by aplanospores, akinetes, or autospores; osmotrophy and autotrophy. *Bracteacoccus*, *Chlamydomonas* (P), *Desmodesmus*, *Floydiella*, *Hydrodictyon*, *Oedogonium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Volvox*.

Incertae sedis Chlorophyceae: *Carteria*, *Cylindrocapsa*, *Hafniomonas*, *Mychanastes*, *Treubaria*, *Trochiscia*.



Volvox

# \*\*\*Palmophyllophyceae Leliaert et al. 2016

## ●●● Palmophyllophyceae Leliaert et al. 2016

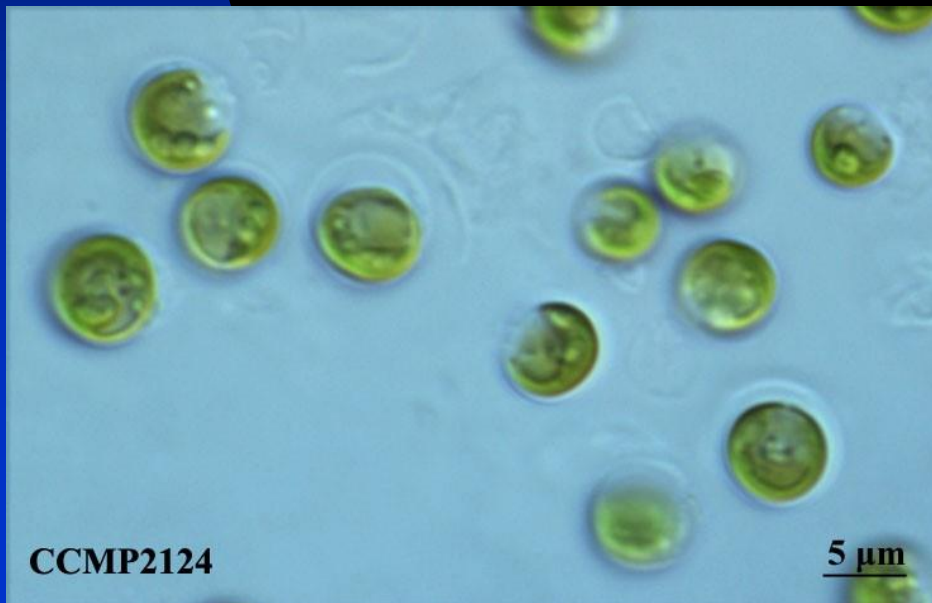
Marine; solitary, in loose colonies, or cells grouped in gelatinous matrix; strongly supported in plastid multigene and nuclear ribosomal DNA phylogenies.

## ●●●● Palmophyllales Zechman et al. 2010

Thallus macroscopic, crustose or erect; subspherical cells in gelatinous matrix make up thallus; cell diameter 6–10  $\mu\text{m}$ ; each cell with single cup-shaped chloroplast lacking pyrenoids; benthic marine. *Palmophyllum*, *Palmoclathrus*, *Verdigellas*.

## ●●●● Prasinococcales Guillou et al. 2004, as in Leliaert et al. 2016

Marine; planktonic; solitary or forming loose colonies; no cilium; without scaly covering; with cell wall; chloroplast cup-shaped and with pyrenoid; cell division by unequal binary fission in which one of the daughter cells retains the parent wall, while the other is released with a newly produced cell wall. Treated as prasinophyte clade VI (Fawley et al. 2000). *Prasinococcus*, *Prasinoderma*.



# \*\*Streptophyta Bremer & Wanntorp 1981

●● Streptophyta Bremer & Wanntorp 1981 [Charophyta Migula 1897, emend. Karol et al. 2009; Charophyceae Smith 1938; Jeffrey 1967; Streptophyta, Mattox and Stewart 1984]

Asymmetric motile cells, when present, with pair of cilia without mastigonemes; basal bodies with distinctive multilayered structure of microtubular rootlet and cytoskeletal anchor; thylakoids stacked; open mitosis; usually with phycoplast, but some with phragmoplast and cell plate; with primary plasmodesmata between adjacent cells in filamentous forms; filaments branching or nonbranching; with non-motile vegetative phase; some with multinucleate cells; with or without sexual reproduction; sexual species with haplobiontic life cycle; with desiccation-resistant cysts (zygospores); glycolate oxidase in peroxisomes; Cu/Zn superoxide dismutase; ciliary peroxisome.

●●● *Chlorokybus* Geitler 1942 [Chlorokybophyceae Lewis and McCourt 2004] (M)

Sarcinoid packets of cells; subaerial; biciliated zoospores; cilia with hairs; multilayered structure (MLS) at ciliary root. *Chlorokybus atmophyticus*.

●●● *Mesostigma* Lauterborn 1894 [Mesostigmatophyceae Marin and Melkonian 1999, emend. Lewis and McCourt 2004; Mesostigmata Turmel et al. 2002] (M)

Asymmetrical cell with pair of lateral cilia without mastigonemes, emerging from a pit; presence of multilayered structures adjacent to the ciliary basal bodies; with glycolate oxidase; ciliary peroxisome present; cell wall of cellulose; organic scales cover cell wall and cilia. *Mesostigma viride*.

●●● Klebsormidiophyceae van den Hoek et al. 1995

Cocoid or unbranched filaments; one or two chloroplasts with one pyrenoid; most chloroplasts parietal; cleavage furrow during cell division but no cell plate or phragmoplast; sexual reproduction unknown. *Entransia*, *Interfilum*, *Klebsormidium*.

●●● Phragmoplastophyta Lecointre & Guyander 2006

Cell division by way of some form of phragmoplast; some oogamous, others anisogamous with nonmotile female gamete and motile male gamete.



\*\*\* Klebsormidiophyceae van den Hoek et al. 1995



# \*\*\*Phragmoplastophyta Lecointre & Guyander 2006

## ●●● Phragmoplastophyta Lecointre & Guyander 2006

Cell division by way of some form of phragmoplast; some oogamous, others anisogamous with nonmotile female gamete and motile male gamete.

### ●●●● Zygnematophyceae van den Hoek et al. 1995, emend. Hall et al. 2009

Without ciliated stages; sexual reproduction via conjugation; thalli unicellular or filamentous; no centrioles. *Spirogyra*, *Staurastrum*.

### ●●●● Coleochaetophyceae Jeffrey 1982

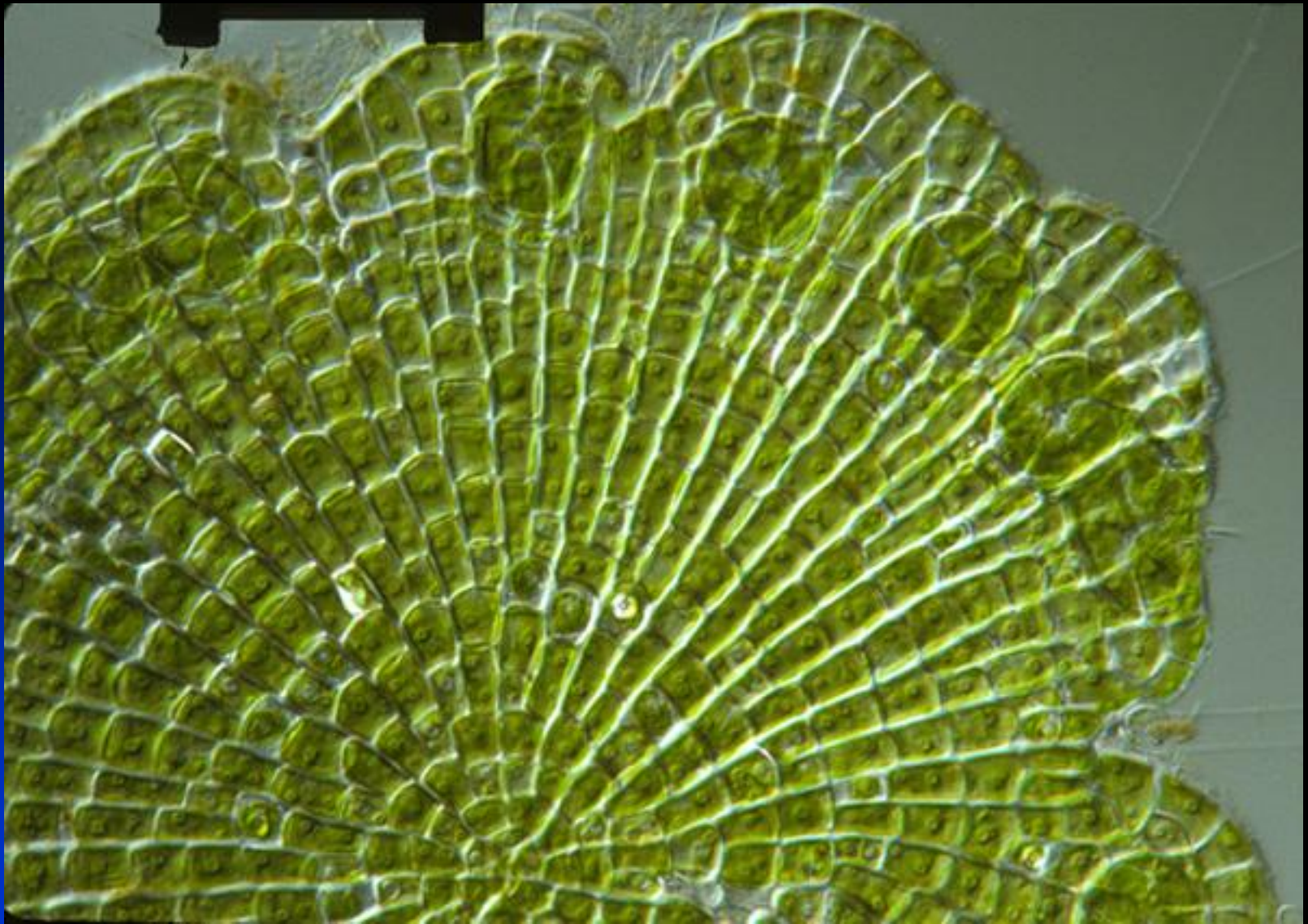
Thalli discs of cells or branched filaments; sheathed hairs as extensions of the cell wall. *Coleochaete*, *Chaetosphaeridium*.

### ●●●● Charophyceae Smith 1938, emend. Karol et al. 2009 [Charales Lindley 1836; Charophytae Engler 1887]

Thallus attached to substrate with rhizoids; thallus a central axis of multinucleate internodal cells, with whorls of branchlets radiating from mononucleate cells at nodes; calcium carbonate accumulates in cell wall of many species; haplobiontic life cycle; sexual reproduction oogamous with sperm cells; differentiated sperm and egg producing organs; antheridium with several shield cells and a manubrium that gives rise to spermatogenous filaments; primarily in fresh water. *Chara*, *Nitella*, *Tolypella*.

### ●●●● Embryophyta Engler 1886, emend. Lewis and McCourt 2004 [Cormophyta Endlicher 1836; Plantae Haeckel 1866]

Ciliated basal bodies, when present, with distinctive multilayered structure of microtubules and cytoskeletal anchor; open mitosis with phragmoplast at cytokinesis; plasmodesmata and other characteristic cell-cell junctions; diplobiontic life cycle, with vegetative propagation possible in many; alternation of generations with fertilization of egg by sperm inside protective test; embryology with tissue differentiation coordinated by hormones; differentiated sperm and egg cells, may be on different sexual individuals, on different organs of the same individual or in the same organ. Subdivisions not shown.





29.03.2020

Chara

36

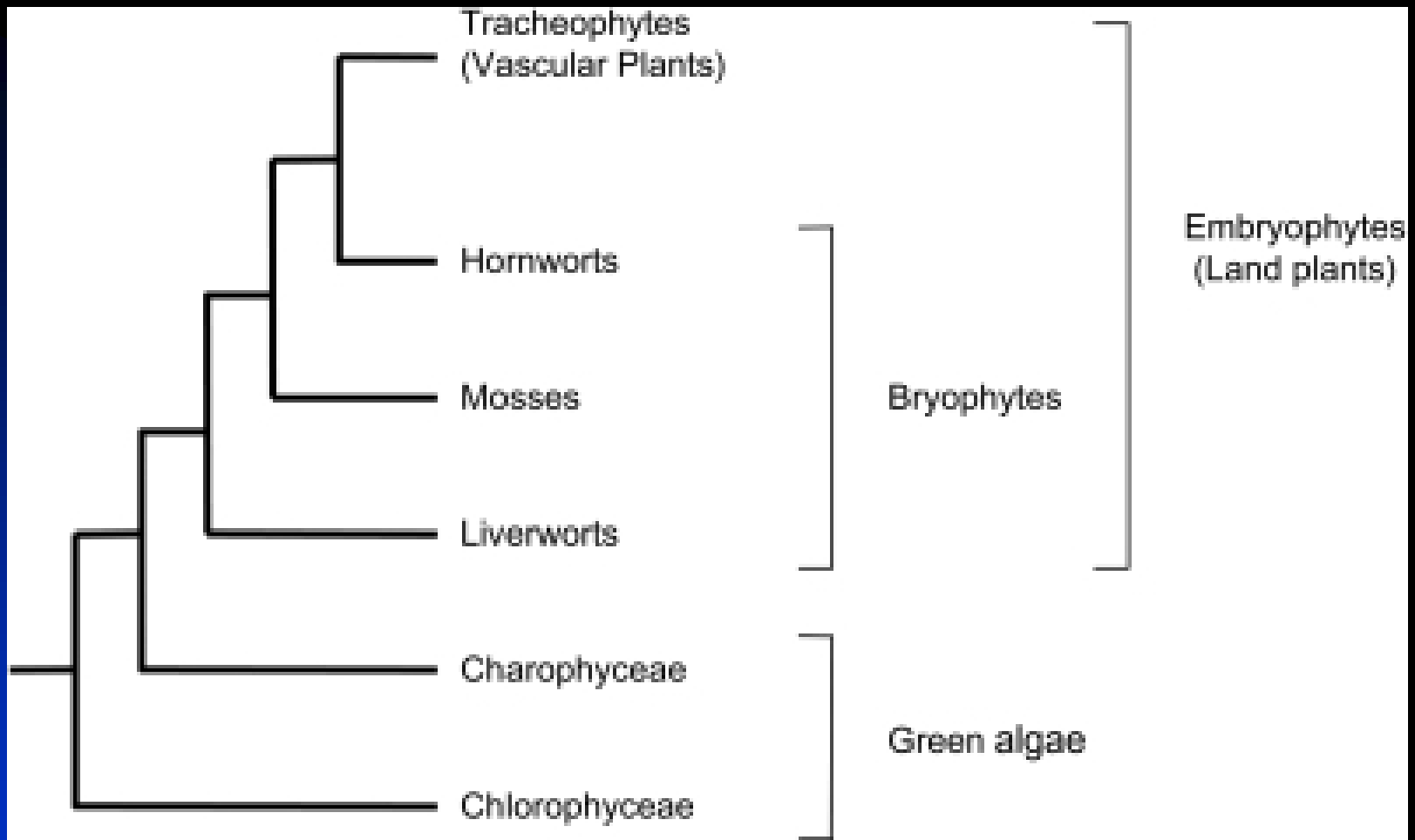
\*\*\*\*\*Embryophyta Engler 1886, emend. Lewis & McCourt 2004 [Cormophyta Endlicher 1836; Plantae Haeckel 1866]



Polytrichum



Metasequoia<sup>37</sup>



## Філогенетичне дерево наземних рослин

# Рекомендована література:

## Основна:

Adl S.M. et al. Revision to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukariotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 2019, 66, 4–119.

Леонтьев Д. В. Система органічного світу. Історія та сучасність. — Харків : Вид. група «Основа», 2018. — 112 с.

Масюк Н.П., Костіков І.Ю. Водорості в системі органічного світу. — К.: Академперіодіка, 2002. — 178 с.

*Додаткова (Chloroplastida):*

Fawley, M.V., Yun, Y., & Qin, M. 2000. Phylogenetic analyses of 18S rDNA sequences reveal a new coccoid lineage of the Prasinophyceae (Chlorophyta). *J. Phycol.*, 36: 387-393.

Fucikova, K., Leliaert, F., Cooper, E.D., Skaloud, P., D'Hondt, S., De Clerk, O., Gurgel, C.F.D., Lewis, L.A., Lewis, P.O., Lopez-Bautista, J.M., Delwiche, C.F., Verbruggen, H. 2014. New phylogenetic hypotheses for the core Chlorophyta based on chloroplast sequence data. *Frontiers Ecol. Evol.*, 2: 67.

Leliaert, F., Tronholm, A., Lemieux, C., Bhattacharya, D., Karol, K.G., Fredericq, S. 2016. Chloroplast phylogenomic analyses reveal the deepest-branching lineage of the Chlorophyta, Palmophyllophyceae class. nov. *Sci. Rep.*, 6: 25367.

Lopes Dos Santos, A., Pollina, T., Gourvil, P., Corre, E., Marie, D., Garrido J.L., Rodriguez, F., Noël, M.H. & Vaultot, D., Eikrem W. 2017. Chloropicophyceae, a new class of picophytoplanktonic prasinophytes. *Sci. Rep.*, 25: 14019.



*Додаткова* (Chloroplastida):

Nakayama, T., Marin, B., Kranz, H.D., Surek, B., Huss, V.A., Inouye, I. & Melkonian, M. 1998. The basal position of scaly green flagellates among the green algae (Chlorophyta) is revealed by analyses of nuclear-encoded SSU rRNA sequences. *Protist*, 149: 378-380.

(Rhodophyceae):

Munoz-Gomez, S.A., Mejia-Franco, F.G., Durnin, K., Colp, M., Grisdale, C.J., Archibald, J.M. & Slamovits C.H. 2017. The New Red Algal Subphylum Proteorhodophytina Comprises the Largest and Most Divergent Plastid Genomes Known. *Curr. Biol.*, 27: 1677–1684.

(Glaucophyta):

Chong, J., Jackson, C., Kim, J. I., Yoon, H. S. & Reyes-Prieto, A. 2014. Molecular markers from different genomic compartments reveal cryptic diversity within glaucophyte species. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 76:181–188.

## Додаткова (Glaucophyta):

Jackson, C., Clayden, S. & Reyes-Prieto, A. 2015. The Glaucophyta: The blue-green plants in a nutshell. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 84:149–165.

Jackson C.J., Reyes-Prieto A. 2014. The Mitochondrial Genomes of the Glaucophytes *Gloeochaete wittrockiana* and *Cyanoptyche gloeocystis*: Multilocus Phylogenetics Suggests a Monophyletic Archaeplastida. *Gen. Biol. Evol.*, 6: 2774–2785.

Price, D.C., Chan, C.X., Yoon, H.S., Yang, E.C., Qiu, H., Weber, A.P.M., Schwacke, R., Gross, J., Blouin, N.A., Lane, C., Reyes-Prieto, A., Durnford, D.G., Neilson, J.A.D., Lang, B.F., Burger, G., Steiner, J.M., Loffelhardt, W., Meuser, J.E., Posewitz, M.C., Ball, S., Arias, M.C., Henrissat, B., Coutinho, P.M., Rensing, S.A., Symeonidi, A., Doddapaneni, H., Green, B.R., Rajah, V.D., Boore, J. & Bhattacharya, D. 2012. *Cyanophora paradoxa* genome elucidates origin of photosynthesis in algae and plants. *Science*, 335:843–847.

Takahashi, T., Sato, M., Toyooka, K., Matsuzaki, R., Kawafune, K., Kawamura, M., Okuda, K. & Nozaki, H. 2014. Five *Cyanophora* (Cyanophorales, Glaucophyta) species delineated based on morphological and molecular data. *J. Phycol.*, 50: 1058–1069.

Додаткова (Glaucophyta):

Takahashi, T., Nishida, T., Tuji, A., Saito, C., Matsuzaki, R., Sato, M., Toyooka, K., Yasuda, H. & Nozaki, H. 2016. Delineation of six species of the primitive algal genus *Glaucocystis* based on in situ ultrastructural characteristics. *Sci. Rep.*, 6:29209.

## Питання для самостійної роботи:

1. Підґрунття для виділення супер-групи Archaeplastida.
2. Особливості положення в системах Adl et al., 2005, Adl et al., 2019.
3. Характеристика Archaeplastida.
4. Характеристика Glaucophyta, як групи першого рангу.
5. Положення групи Glaucophyta в класичних таксономічних системах.
6. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Glaucophyta на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.
7. Характеристика Rhodophyceae, як групи першого рангу.
8. Положення групи Rhodophyceae в класичних таксономічних системах.

10. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Cyanidales на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.

11. Коротка характеристика Proteorhodophytina та місце цієї групи в класичних таксономічних системах.

12. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Proteorhodophytina на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.

13. . Коротка характеристика Eurhodophytina та місце цієї групи в класичних таксономічних системах.

14. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Eurhodophytina на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.

15. Загальна характеристика Chloroplastida.

16. Положення представників Chloroplastida в класичних таксономічних системах.

17. Загальна характеристика Trebouxiophyceae та їх місце в системі органічного світу.

18. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Trebouxiophyceae на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.

19. Загальна характеристика Ulvophyceae та їх місце в системі органічного світу.

20. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Ulvophyceae на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.

21. Загальна характеристика Chlorophyceae та їх місце в системі органічного світу.

20. Знайти оригінальні відомості в інтернет просторі про одного представника Chlorophyceae на основі публікацій з урахуванням молекулярних даних. Надати коротку характеристику, яка б включала: морфологічний тип, специфічні морфологічні або біохімічні особливості, екологічні особливості, місце в системі та реальне або ймовірне використання.

21. Прогрес у виділенні груп третього рангу серед Chloroplastida: Chlorodendrophyceae Fritsch 1917, Pedinophyceae Moestrup 1991, Chloropicophyceae Lopes dos Santos & Eikrem 2017, Picocystophyceae Lopes dos Santos & Eikrem 2017, Pyramimonadales Chadeffaud 1950, Mamiellophyceae Marin & Melkonian 2010, Nephroselmidophyceae Cavalier-Smith 1993, emend. Yamaguchi 2011, Rynococcaceae Guillard 1991, Palmophyllophyceae Leliaert et al. 2016. Місце представників цих груп в класичних системах органічного світу.

22. Загальна характеристика Streptophyta та їх місце в системі органічного світу. Місце представників цих груп в класичних системах органічного світу.

23. Загальна характеристика *Streptophyta* та місце представників групи в системі органічного світу.
24. Роди *Coleochaete* та *Chara*, як представники анцесторної групи в еволюції мохоподібних та судинних рослин.
25. Характеристика групи *Embriophyta*. Місце представників групи в сучасних таксономічних схемах.
25. Співставте обсяг царства *Plantae* Haekel 1866 та супер-групи *Archaeplastidae* Adl et al. 2005.