

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
Природно-математички факултет – Скопје
Институт за биологија



ПРАКТИКУМ

ПО

ВОВЕД ВО ФИКОЛОГИЈА



Проф. д-р Светислав Крстиќ
Асс. м-р Борис Алексовски

Скопје, 2024

Име и презиме: _____

Број на индекс: _____

Насока: _____

Генерација: _____

Година: _____

Соработник одговорен за вежбите: _____

КОДЕКС ЗА ОДНЕСУВАЊЕ ВО МИКРОСКОПСКА ЛАБОРАТОРИЈА

1. Во лабораторијата е строго забрането внесување на храна и пијалак и најстрого забрането јадење и пиење (на работниот простор не смее да има **ниту шише вода**; при потреба, водата од мијалникот може да се искористи за пиење).
2. На почетокот од вежбите, на секој студент му се доделува работно место и микроскоп, за кој студентот е одговорен до завршувањето на вежбите. Секој студент е должен **да се грижи за своето работно место**. Студентот може да го промени работното место само со дозвола на асистентот.
3. Задолжително е носење на **лабораториски мантил** и **практикум** на вежбите.
4. При влегување во микроскопската лабораторија, личните работи (ташни, ранци...) се сместуваат во шкафчињата под работната маса, а јакните се закачуваат на закачалките на крајот од просторијата; на работниот простор не смее да има ништо друго освен практикум и прибор за работа (молив, пенкало, боички, гума, материјал за анализа). Микроскопот кој се наоѓа на крајот на масата студентот го доближува до потребното растојание во текот на работата.
5. Секој студент на почеток на вежбата е должен да го провери микроскопот со кој ќе работи и да пријави доколку има недостатоци на истиот (недостасуваат делови и сл.).
6. Во текот на микроскопирањето и при проверка на микроскопската опсервација од страна на асистентот, **избегнувајте поместување на микроскопот и вртење на окуларот**. Асистентот е одговорен да дојде на вашето место и да го провери препаратот и, притоа не се потребни дополнителни манипулации и поместување на микроскопот.
7. При промена на зголемувањето, се придвижува револверот, а не објективот.
8. Внимателно ракувајте со микроскопите, со цел да се избегнат оштетувања. **Особено внимавајте при работа со жилетите! Работната површина и лабораторискиот прибор не треба да бидат оштетени.**
9. За време на пауза, студентите ја напуштаат лабораторијата и просторијата **се заклучува**. Исклучок од ова правило може да настане само доколку некој студент одлучи времето за пауза да го искористи за дополнителна микроскопска опсервација или цртање во практикумот.
10. При напуштање на лабораторијата, предметните и покровните стакла се мијат, се забришуваат со марамчиња и се оставаат кај асистентот (**посветете внимание пастеровите пипети да се вратат чисти**, со цел да се избегне контаминација на материјалот). Сите отпадоци се фрлаат во корпата за отпадоци (**не во мијалникот**); работната површина треба да се остави чиста. Потоа, **микроскопот се остава на најмало зголемување**, објективите се чистат со чисто марамче (само во случај доколку се користела имерзија; инаку не е потребно!), микроскопот **се покрива со навлака, се враќа назад на крајот од масата и паралелно со столчето** и **се враќа столчето под работната маса**. Асистентот е должен да провери дали секој студент го оставил своето работно место уредно и, го оставил микроскопот во исправна состојба. Дури потоа студентот смее да ја напушти лабораторијата.
11. Особено е значајно да се обрне внимание при чистење на пластичниот материјал (пример, пластични петријеви садови), бидејќи истите може лесно да се изгребат и оштетат.

Останати правила

Студентот нема право да полага практичен и теоретски испит доколку не се запише на истакнатата листа за испитот.

Не е дозволено задоцнување на вежбите. Вежбите почнуваат во дадениот термин од асистентот и, влегување по асистентот *не е дозволено* (студентот чека до првата пауза надвор).

Практикумот е наменет за студентите од студиските програми Биохемија и физиологија и Молекуларна биологија со генетика, каде дозволени се само две отсуства од вежбите по предметот.

Дозволено е употреба на мобилни телефони само и само за целите на добивање на микрофотографии (сликање на препаратите); секое друго користење на мобилните телефони е забрането.

Консултацијата со предметниот асистент се изведува исклучиво преку e-mail (не преку социјални мрежи!). Доколку асистентот испрати важно известување кон студентите преку e-mail, се очекува студентите **да вратат одговор дека e-mail-от е примен и информацијата е проследена на колегите.**

- АЛГИ -

Царство Eubacteria

1. Тип **Cyanophyta** (прокариотски алги)

Царство Chromista

-Супергрупа Alveolata

2. Тип **Dinophyta** (мезокариоти; секундарна и терцијарна ендосимбиоза)

-Супергрупа Stramenopila (секундарна ендосимбиоза со црвени алги)

3. Тип **Chrysophyta**

4. Тип **Bacillariophyta**

5. Тип **Phaeophyta**

6. Тип **Xanthophyta**

-Супергрупа Excavata

7. Тип **Euglenophyta** (секундарна ендосимбиоза со зелена алга)

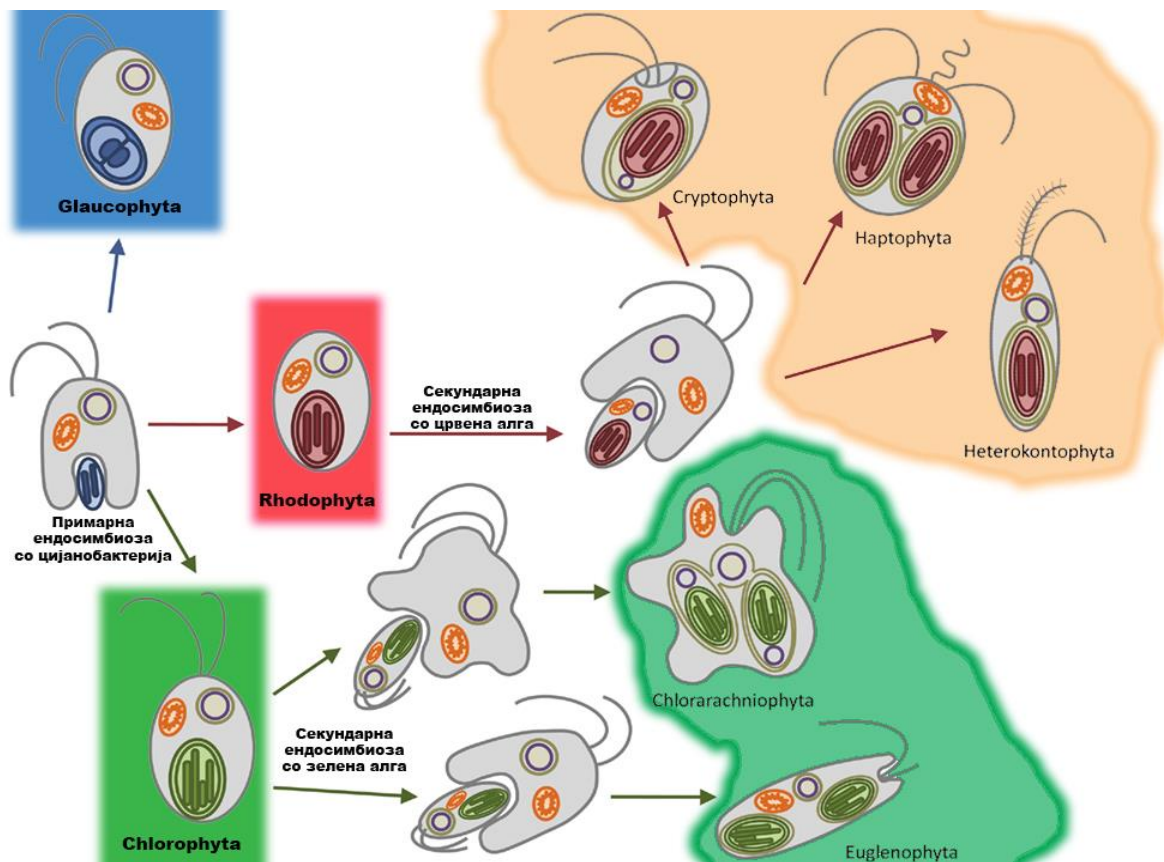
Царство Plantae sensu lato

-Супергрупа Archaeplastida

7. Тип **Rhodophyta** (примарна ендосимбиоза со цијанобактерија)

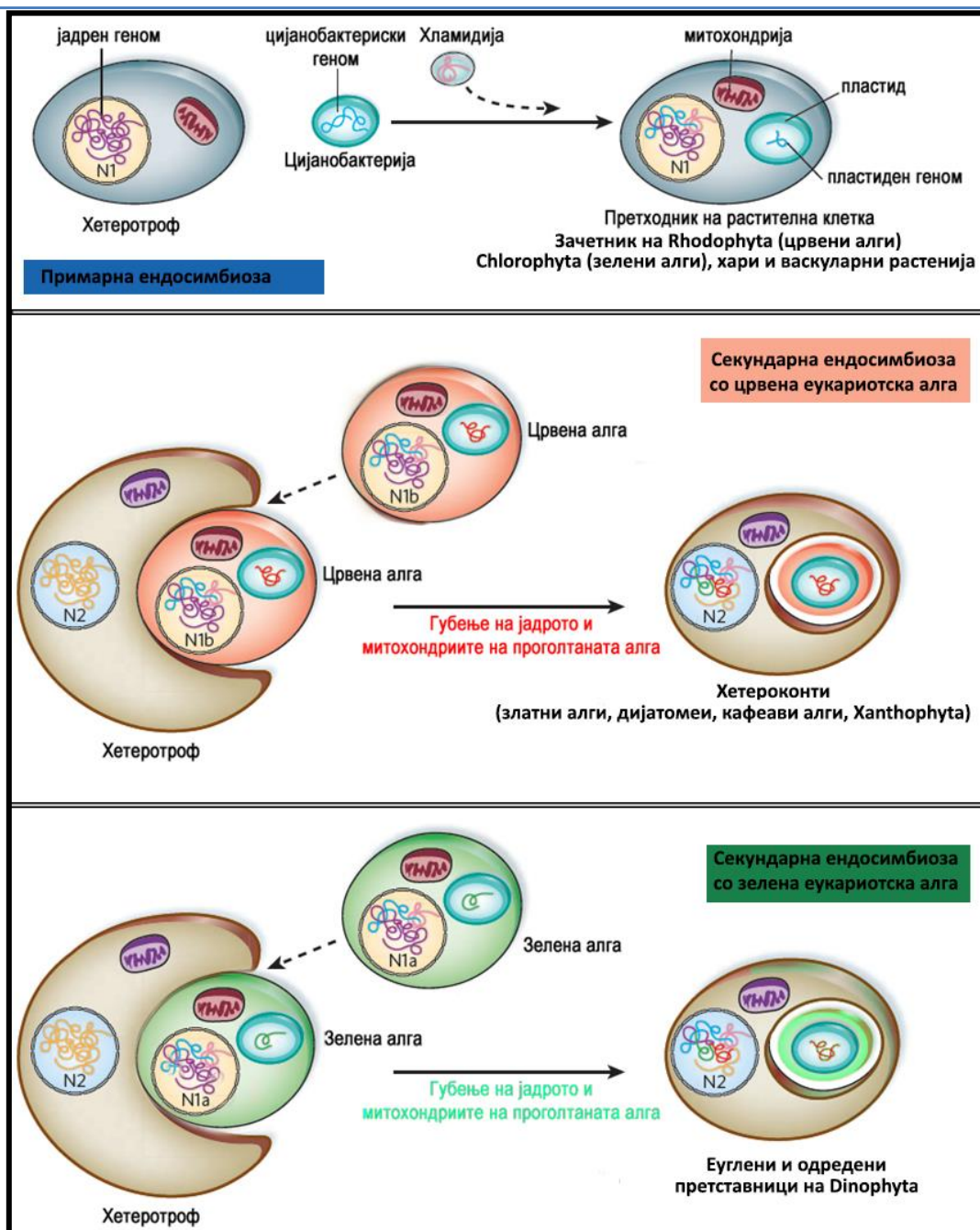
8. Тип **Chlorophyta** (примарна ендосимбиоза со *Prochloraceae*)

9. Тип **Streptophyta** (примарна ендосимбиоза со *Prochloraceae*)



Предговор.

Што се алги? Теорија за ендосимбиоза.



Алгите се полифилетска, исклучително **хетерогена** група на фотосинтетски активни организми, во која претставниците меѓусебно филогенетски *не се поврзани*, и кои настанале како резултат на независни еволутивни настани кои вклучуваат примарна, секундарна или терцијарна ендосимбиоза, при кои **различни хетеротрофни домаќини** инкорпорирале во себе **различни ендосимбионти**. Имајќи предвид дека домаќините кои филогенетски не се поврзани инкорпорирале во себе различни ендосимбионти (кои исто така не се филогенетски поврзани), следува дека алгите претставуваат „неприродна“ група на организми. Затоа, и самиот термин алга нема таксономско значење, бидејќи освен ендосимбиотското потекло кое е заедничко за

сите нив, не постои заеднички биолошки и филогенетски карактер кој ги обединува. Спротивно на тоа, имињата на останатите групи на организми (бактерии, праживотни, фунги, растенија животни) имаат *и таксономско и систематско значење*, бидејќи за секој од нив може да се дефинира заеднички карактер кој ги обединува. Оттаму доаѓа и провизорната „дефиниција“ дека сè што не е растение, животно, габа, бактерија или праживотно е алга, но биолошки и филогенетски гледано, таквата „дефиниција“ е неисправна, бидејќи не може да се врши систематика и класификација врз база на принципот на исклучување. Од ова, се истакнува дека **терминот алга е вештачки поим** кој опфаќа организми кои не претставуваат природна група и кои меѓусебно не се сродни. Алгите како група на организми се настанати без заеднички предок и оттаму, *не може да бидат класифицирани заедно*.

Всушност, поисправно е да се каже дека *алга* претставува **збирен термин за животен стил** на организми кои живеат најчесто во вода, имаат генетска способност да вршат фотосинтеза, имаат талус, а никогаш корен, стебло и лист, поседуваат едноставни репродуктивни органи, имаат полифилетско потекло и, се исклучително важни за екосистемите и за животот на Планетава.

Зашто е потребно да се проучуваат алгите кога се смета дека истите не претставуваат „природна“ група. Одговорот лежи во фактот дека, доколку сакаме да го разбереме диверзитетот и филогенијата на растенијата, како и потеклото на растителната клетка и потеклото на хлоропластите, од огромно значење е всушност, да се познаваат алгите. Така на пример, доколку се анализираат цитолошки зелените алги и „вишите“ васкуларни (копнени) растенија, може да се каже дека сите виши растенија се во суштина зелени (попрецизно, стрептофитни) алги кои е приспособени за копнен начин на живот.

Според ендосимбионтската теорија, хлоропластите кај еукариотските организми водат потекло од цијанобактериите. Во почетокот, цијанобактериите живееле како слободни симбионти во рамките на клетката домаќин, а потоа постепено се трансформирале во органели - хлоропласти. Постојат бројни докази кои ја потврдуваат оваа теорија. Така на пример, хлоропластите на одредени алги задржале повеќе карактеристики на цијанобактеријата-ендосимбионт, во однос на „типичните“ хлоропласти и поради тоа се сметаат како интермедиерни форми помеѓу хлоропластите и цијанобактериите. На пример, хлоропластите на слатководните алги *Glaucocystis* и *Cyanophora* наликуваат на едноклеточни цијанобактерии до степен да долго време биле сметани за модрозелени алги кои живеат во клетките на хетеротрофниот домаќин.

Според ендосимбионтската теорија за потеклото на хлоропластот, првите автотрофни фотосинтетски еукариоти настанале со инкорпорација на фотоавтотрофни прокариоти.

Така, еволутивно најстарите *еукариотски алги се црвените алги (Rhodophyta)*, кои настанале со **примарна ендосимбиоза**, односно во себе имаат внесено *прокариотска цијанобактерија* како примарен ендосимбионт, која со текот на еволуцијата се трансформирала во родопластите кои ги сретнуваме кај овие алги. Како доказ за примарната ендосимбиоза кај црвените алги е фактот дека нивниот хлоропласт поседува две мембрани – една по потекло од цијанобактеријата, а втора по потекло од хетеротрофниот домаќин. Црвените алги се еволутивно многу стари и претставуваат посебна група, врз основа на бројни „архаични“ цитолошки карактери, како што е отсуството на било каков подвижен стадиум,

отсуството на центриоли, центрозоми и типично делбено вретено, како и присуство на митоза од затворен тип, што ги прави да бидат комплетно различни од сите останати групи на алги.

Сепак, подоцна настанале други типови на фотосинтетски еукариотски организми преку инкорпорирање на различни *еукариотски алги*. Претставниците од супергрупата **Stramenophila** (или **“хетероконтни алги”**, односно, златните алги - Chrysophyta, дијатомеите - Bacillariophyta, кафеавите алги - Phaeophyta и Xanthophyta) настанале преку втор еволутивен настан, односно преку **секундарна ендосимбиоза** во која хетеротрофен еукариот со два хетероконтни флагелуми „проголта“, односно во себе внел **црвена алга**. Бидејќи ваквиот домаќин во себе вклучил еукариотска клетка (од црвените алги), ендосимбиозата се означува како *секундарна*. Како доказ за секундарната ендосимбионтска теорија е присуството на 4 мембрани на нивниот хлоропласт: внатрешниот пар од две мембрани потекнуваат од хлоропластната мембрана на црвената алга, додека надворешниот пар мембрани претставуваат обвивка од ендоплазматичниот ретикулум. Бидејќи хлоропластот кај овие алги е обвиткан дополнително и со мембрана од ЕР, истиот се означува како **хлоропластен ЕР**.

Исклучителната хетерогеност на алгите како група може да се евидентира посебно кај типот Dinophyta (огнени алги), во кои се сретнуваат различни претставници со различно потекло на нивните хлоропласти (секундарна или терцијарна ендосимбиоза). Кај огнените алги откриени се три типа на хлоропласти. Првиот тип содржи обвивка од 3 мембрани (карактеристичен за *Peridinium cinctum*). Но, кај **втор вид од истиот род** (*Peridinium balticum*) е откриен сосема различен тип на хлоропласти, каде **хлоропластот претставува редуциран хетероконтофитен ендосимбионт**, што укажува дека ваквиот хлоропласт е настанат како резултат на **терцијарна ендосимбиоза на хетеротрофен домаќин со хетероконтна алга**. Ендосимбионтот сè уште содржи плазмалема, неколку хлоропласти, митохондрии, голџи апарат, па дури и **јадро**. Најмалку три други вида од Dinophyta имаат хлоропласти кои покажуваат структурни карактеристики на хетероконтни алги (*Peridinium quinquecorne* како ендосимбионт содржи пенатна дијатомеја, *Kryptoperidinium* spp. како ендосимбионт содржи центрична дијатомеја, *Gymnodinium acidotum* содржи криптофит како ендосимбионт).

Исто така, кај одредени видови на Dinophyta, бил откриен и трет тип на хлоропласти кој претставува **редуциран хлорофитен ендосимбионт**, што укажува дека овие претставници на Dinophyta настанале со **секундарна ендосимбиоза со зелена алга**. Хлоропластот кај овие претставници е обвиткан со мембрана од динофитскиот домаќин (веројатно претставува мембрана на хранителната вакуола), плазмалема на ендосимбионтот, слој на ендосимбионтската цитоплазма и две мембрани на хлоропластот на ендосимбионтот. За нештата да бидат уште покомпликувани, кај *Noctiluca scintillans* утврдено е дека зелената алга *Pedinomonas* како ендосимбионт слободно живее (плива) во вакуолата на домаќинот.

Овие фасцинантни откритија потврдуваат дека хлоропластите кај Dinophyta, всушност потекнуваат од различни ендосимбионти од различни алгални групи, а со тоа двата претставника од родот *Peridinium* (*Peridinium cinctum* и *Peridinium balticum*) филогенетски гледано треба да припаѓаат на два сосема различни типа.

Со откривањето на цијанобактеријата *Prochloron*, која содржи хлорофил *a* и *b*, се смета дека сите зелени алги, стрептофитни алги, хари, како и васкуларните (виши) растенија настанале како резултат на **примарна едносимбиоза со некои од претставниците на цијанобактериската**

фамилија Prochloraceae. Еуглените пак, настанале како резултат на секундарна ендосимбиоза со зелена алга.

Како заклучок на изнесениот предговор, ние се надеваме дека со изучувањето на алгите ќе добиете нови сознанија за диверзитетот и филогенијата на организмите на Планетава, како и ќе стекнете нови сознанија за нивното фундаментално значење за живиот свет, нивната примена во еколошкиот мониторинг на водите како биоиндикатори, како и нивните детриментални ефекти врз водните екосистеми, при развојот на опасни „водни цветови“.

Од авторите.

Воведна вежба: колекционирање и фиксација на алгален материјал

Зборот алга потекнува од латинскиот збор *alga* кој генерално се однесува на макроскопските морски претставници, а најчесто се однесувал на видот *морска салата* (*Ulva lactuca* Linnaeus). Поимот „алга“ се среќава и во поезијата на римскиот поет Virgil (30 години п.н.е.) кој во една своја поема напишал: „*Nihil vilior alga*“ (нема ништо полошо од алги) бидејќи не му се допаѓал мирисот на распаднатите морски алги на крајбрежјето на Јадранското Море.

Алгите како организми кои главно ги населуваат водните станишта се сретнуваат во различни водни екосистеми како што се мориња, езера, реки, потоци, бари, мочуришта, тресетишта, канали, па и привремени водни површини (бари, локви). Голем број од претставниците на алгите се *микроскопски* форми. Тоа најчесто се едноклеточни, колонијални или повеќеклеточни организми составени од релативно мал број на клетки. Но сепак, особено во летните месеци, често се забележуваат значителни зелени маси на дното на слатководните екосистеми кои се составени од бројни, разгранети или неразгранети, често слузести конци. Не сите алги се со зелена боја, односно во водните екосистеми се сретнуваат видови со сино-зелена, жолта, црвена, виолетова, светло и темно кафеава до црна боја, што е во зависност од количината и комбинацијата на пигментите присутни во клетките.

Дефинитивно погрешно е да се бараат алгите само во водната средина, бидејќи истите се сретнуваат и на влажни карпи, влажна кора од дрва, скали, сидови, на површината на почвата, снег и мраз и слично, односно – алгите како група на организми се **убиквисти** (имаат широка еколошка валенца и можат да се најдат на речиси сите станишта, односно од водните екосистеми – до влажните почви, од термоминералните извори до ледниците на Арктикот и Антарктикот). Сепак, треба да се има предвид дека со разрешување на таксономските проблеми принципот за космополитско распределување на видовите е ставен под знак прашање. Обидите за расчистување на таксономските проблеми, особено врзани со одредени видови комплекси, го поставува прашањето *дали постои космополитската дистрибуција на слатководните алги*. Денес се смета дека, **иако алгите како група на организми се убиквисти, не постојат видови кои се убиквисти, односно еколошките потреби се специфични за секој вид и затоа, мора да се вклучат во таксономската евалуација (пример, еден вид кој развива биофилмови во Антарктикот сосема е нелогично да се најде во планктонот на Дојранското Езеро).**

Постојат неколку еколошки типови на алгални заедници кои се среќаваат во природата:

- **Аерофитни алги** – под овој поим подразбираме видови кои се развиваат во услови на воздушна средина на места каде има доволно влага – кора од дрва, влажно земјиште, влажни карпи и камења, влажен мов, влажни скали, сидови и сл. Бројот на видовите кои ги населуваат овие заедници е мошне мал поради суровите услови кои владеат и кои овозможуваат само мал број видови да опстанат.
- **Планктон** – видови кои ја населуваат слободната водна маса на различни водни екосистеми (мориња, езера, бари, делови од реки со спор тек и др.). Оваа заедница е доста богата со видови кои се приспособени за активно или пасивно одржување во водата. Активното одржување опфаќа употреба на органели за движење (флагелуми, цилии), додека пасивното најчесто е претставено со намалување на специфичната тежина (гасни вакуоли, продолжетоци, израсстоци итн.). Сепак, алгите ја населуваат

слободната површина само до одредена длабочина што е резултат на недостатокот на светлина во длабоките слоеви на водата. Колкав ќе биде слојот кој го населуваат алгалните заедници (означен како **фотичка зона**) зависи од низа физичко-хемиски карактеристики на водата – просирност, количина на растворливи и нерастворливи органски и неоргански материји во водата и др. Во овој дел, важно е да се наспомене дека одредени планктонски претставници се способни масовно да се размножат и да формираат т.н. „**воден цвет**“ во планктонот, а масовната продукција на алгални водни цветови и нивно распаѓање може да доведе и до појавата на т.н. „**скрами**“ (ang. **Scums**) на површината на водата (дискутирано во подробности низ натамошните вежби).

- **Неустон** – претставува заедница на организми кои ја населуваат самата површина на водата (површината на делување на површинскиот напон). Оваа заедница е составена од мал број специјализирани видови алги.
- **Бентосни алги** – видови кои ја населуваат подлогата на екосистемот. Поимот бентос е збиен термин кој во себе опфаќа низа специфични алгални заедници:
 - **Епифитон** (*epi* – над, *fito* – растение) – видови кои се прикрупени за вишите водни растенија и крупните (макрофитски) алги. Во овој дел, треба да се спомене и терминот **перифитон** – кој означува алгална заедница на потопени објекти во водата (не нужно само на растенија; на пример, алгални заедници кои се развиваат на потопени јажиња од бродовите, пристаништа, и сл.)
 - **Епицитон** (*lithos* – камен) – видови кои се прикрупени за каменитата подлога (карпи, крупни и ситни камења). Треба да се истакне дека голем број на алги знаат да формираат заедници во вид на т.н. **биофилм** (комплексен збир од микроорганизми кои се прилепени за камениот супстрат) на површината од камењата и карпите во реките и стоечките водни екосистеми.
 - **Епицсамон** (*psamos* – песок) – видови кои се прикрупени за ситни неоргански частикули од песокот на подлогата.
 - **Епицелон** (*pelos* – мил) видови кои ја населуваат површината на органскиот седимент (мил).

Како резултат на големиот број на станишта кои ги населуваат алгите, не е возможно да се примени иста метода за нивно колекционирање. Сепак, постојат одредени генерални правила. Така на пример, потребно е при излегување на терен, истражувачот да биде соодветно опремен со **теренска облека** (вклучувајќи гумени чизми) и со себе да носи ранец во кој е сместен **теренскиот дневник**, помошни алатки за собирање на материјал, фиксатив, маркер, етикети за означување и молив. При колекционирањето на материјалот на терен, секој податок (датум, време: сончево/ врнежливо...), карактеристиките на локалитетот на кој сме го собрале материјалот (поточно, точниот опис на локалитетот со некои значајни карактеристики, како што се: GPS координати, геолошка подлога, надморска висина, тип на вегетација, физичко-хемиски и метеоролошки услови – температура на водата и воздухот, pH, турбидност и кондуктивност на водата, брзина на проток, длабочина, провидност, количина на растворен кислород и др.) **задолжително** се запишуваат во теренскиот дневник. Одредени специфични запазувања кои евентуално можат да бидат од корист за понатамошната интерпретација на резултатите исто така се запишуваат. Колекционираниот материјал исто така се етикетира со етикета која би требала да содржи назив на локалитетот, испитувана точка (T1, T2, T3...), датум, супстрат, број на проба (T1.1, T1.2...) и базичен опис на материјалот (планктон, перифитон, зелени алги на камен, кафеав биофилм на камен...).

Колекционирањето на сите претходно означени алгални заедници се одвива *одделно* и со помош на различни помошни *алатки*. **Аерофитните** алги најлесно се колекционираат со помош на стругање на подлогата со помош на остар нож (на тој начин се отстранува оној дел од супстратот на кој се наоѓаат алгите; најчесто тој дел има поинаква боја и е слузав). Доколку се работи за влажен мов, истиот директно го земаме и го колекционираме.

За колекционирање на **планктонот и неустонот**, се користи **планктонска мрежа** со отвор на порите од 20 μm (оптимално, 5 μm со цел да се колекционира и **пикопланктонот** – организмите помали од 10 μm). Доколку станува збор за поголем екосистем, се користи чамец. Чамецот треба да се движи бавно, при што се пушта планктонската мрежа хоризонтално да се влече низ слободната фотичка водна маса. Притоа, како што чамецот патува, водата се *филтрира* низ малите пори: истата истекува, а организмите се задржуваат во мрежата. Планктонската мрежа на крајот има конусовидна чашка каде се *концентрираат* колекционираните организми.

Доколку сакаме да собереме планктон во континуираниот вертикален столб од една иста точка на водниот екосистем (т.н. „**вертикален**“ **планктон на интегриран примерок вода**), се користи **Ruttner-ово шише**, при што се колекционира вода на секои 0,5 m; дополнително, може да се искористи и црево со голем пречник кое на дното има врзано тег (со цел цревата да остане во вертикална позиција; т.н. *hosepipe* - integrated water sampler). Потоа, во лабораторија, водата се филтрира низ планктонска мрежа со цел да се добие концентриран примерок од фитопланктон. На ваков начин, користејќи го вториот принцип (Ruttner-ово шише или пак црево), може да се измери волуменот на колекционираната вода и на концентратот, што би овозможило покрај идентификација и **квантификација на фитопланктонот** (број на алги/mL примерок вода).

Собирањето на **еপিфитонските** заедници всушност претставува собирање на растението или негови делови, на кои се прикрупени микроскопските алги. Вишите растенија и макрофитските алги кои се развиваат во крајбрежјето се собираат рачно, додека растенијата на поголема длабочина се собираат со помош на багер или кука. **Епилитонските** заедници се собираат со помош на остар нож со гребење на површината на каменот, или пак, се користи четка. **Епипелонот и еписамонот** во крајбрежните региони едноставно се собираат со помош на лажица со колекционирање на површинскиот слој од 0,5 – 1,0 cm. Доколку сакаме да собереме материјал од подлабоките делови на литоралот и од профундалот неопходна е примена на соодветни багери, како што е **Ekman-овиот багер**.



Планктонска мрежа



Црево за вертикален планктон



Ruttner-ово шише



Ekman-ов багер



Биофилм од дијатомеи

Садот во кој ќе биде сместен колекциониранитот материјал мора да ги има следните карактеристики:

- широк отвор низ кој би се ставил и извадил материјалот;
- Садот мора **херметички** добро да се затвора, со цел истиот да се зачува, да се избегне испарување на формалинот (доколку истиот се користи за фиксатив) и да се овозможи соодветно архивирање во алголошката збирка;
- Волуменот на садот треба да биде до 100 mL (оптимално, флакон од 50 mL) доколку се колекционира вода од планктон или мил од бентосот. Доколку се колекционира материјал од аерофити, садот би требало да има поголеми димензии со цел да се собере што повеќе материјал.

Шишенцата за складирање на материјалот можат да бидат стаклени (често со затемнети сидови) или пак пластични. Во одредени случаи собраниот материјал (макрофити или мил) може да се постави и во соодветни пластични кеси.

При собирање на алголошкиот материјал особено треба да се внимава на целта на собирањето. Во колку е потребно анализа на алгите во жива состојба во тој случај од моментот на собирање до моментот на набљудување на материјалот не би требало да измине повеќе од два часа, бидејќи за ова време дел од еноклеточните и колонијалните алги може да изумрат.

Заради спречување на процесот на распаѓање на алгите, по собирањето, на терен се врши **фиксација на материјалот** со помош на различни хемиски агенции. Најчесто користени хемиски средства за фиксирање се раствор од формалдехид (формалин), етаформ и смеса од јод и калиум јодид (Луголов раствор). **Формалинот** се додава во вид на 2 – 4 % раствор (финална концентрација во материјалот); при фиксирање на видови кои немаат дебел клеточен сид или панцир мора да се води сметка неговата концентрација да не надминува 2,5% бидејќи при фиксирањето со формалин доаѓа до морфолошки промени на ниво на клеточни структури, односно контракција на протопластот. **Етаформот** претставува смеса (еден дел 40% формалин и три дела 96% етанол), при што добиената смеса се додава на суспензијата на алги во однос

1:5. Формалинот (како и етаформот кој содржи формалин) не се оптимални фиксативи, бидејќи формалдехидот е исклучително канцероген. Формалинот и етаформот исто така вршат екстракција на хлорофилот од алгите, по што истите по долготраен престој во алголошката колекција избледуваат. Доколку сакаме да искористиме средство за фиксација со кое се задржува бојата на алгите, се подготвува посебен фиксатив (**смеса од р-формалдехид и глутаралдехид**).

За фиксација на сино-зелените алги, може да се користи **Луголовиот раствор** (смеса од јод и калиум јодид), со цел да се избегне канцерогеното дејство на формалдехидот. Луголовиот раствор дополнително може да изврши обојување и истакнување на одредени структури кои се значајни од таксономски аспект за цијанобактериите. Сепак, треба да се има предвид дека **Луголовиот раствор ги разрушува гасните вакуоли** кај овие претставници, и затоа по фиксацијата со Лугол, не можеме да детерминираме дали дадениот вид имал аеротопи (гасни вакуоли). Луголовиот раствор исто така е погоден и за фиксација на еуглените, бидејќи истите немаат клеточен сид (само пеликула) и, по додавањето на формалин честопати изумираат. Луголовиот раствор може да се користи и за фиксација на дијатомеите. Сепак, оваа смеса многу ретко се користи за фиксирање на други алги бидејќи јодот реагира со скробот или неговите аналози, обојувајќи ја клетката и на таков начин ја менува првичната обоеност на видот.

Покрај наведените фиксативи, постојат и специфични фиксативи за секоја група алги одделно:

- За фиксирање на претставниците на сино-зелените алги (Cyanophyta) најпогоден фиксатив е т.н. Pfeifer-ов фиксатив кој е сочинет од еднакви делови од формалин, метанол и оцетна киселина. Може да се користи и Луголовиот раствор за специфично обојување на одредени структури, како и смеса од р-формалдехид и глутаралдехид.
- За претставниците на огнените алги (Dinophyta) особено погоден е т.н. Fleming-ов реагенс составен од 5 mL 10% раствор од хромна киселина, 1 mL 10% глацијална оцетна киселина, 5 mL 2% осмиумска киселина и 96 mL дестилирана вода.
- При фиксирањето на претставниците на златните алги (Chrysophyta) мошне често се користи Луголов раствор при што на 1 L проба се додава 20 mL реагенс.
- За фиксирање на претставниците на силикатните алги (Bacillariophyta) поради присуството на цврст панцир од SiO_2 можат да се користат сите фиксативи, па дури и најагресивните.
- Видовите од типот Xanthophyta (жолто-зелени алги) најчесто се фиксираат со помош на мешавина од два дела 96% етанол и еден дел 40% формалин во однос 1:5 во однос на колекционираниот материјал.
- За претставниците на еуглените (Euglenophyta) кои не поседуваат цврст клеточен сид за фиксирање најчесто се користи 2% формалин, но сепак кај значаен дел од единките доаѓа до морфолошки промени како резултат на контракција на протоплазмата. Оттаму, позгодно е користењето на Луголовиот раствор како фиксатив.
- Поради големата разновидност на видови која се јавува во типот на зелени алги (Chlorophyta) се применуваат различни фиксативи. За понежните форми се применуваат истите како и за формите од Euglenophyta и Xanthophyta, додека за видовите кои имаат цврст клеточен сид се користат формалинот и етаформот.
- За претставниците на харите (Charophyta), поради присуството на добро развиен клеточен сид, сосема задоволителни резултати се постигнуваат со формалинот и етаформот.

Макроскопските алги (макрофити) се хербаризират по принцип сличен на препарирањето на вишите растенија. Доколку талусот на макрофитската алга е нежен, во тој случај хербаризирањето започнува уште во самата средина во која алгата живее. Под алгата која е во вода се подметнува бел лист или тенок бел картон, при што истата се поставува во саканата положба, по што внимателно листот се вади од водата така што алгата би останала прилепена за него. Потоа листот со алгата се остава кратко време да се исцеди, по што се поставува меѓу два листа дебела хартија и се пресува со рамна подлога.

По колекционирањето на алголошкиот материјал, тој соодветно се обележува. Најисправен начин на одбележување на пробите е преку етикетање на садот при што на етикетата би се напишало: името на екосистемот, името на локалитетот, типот на супстратот, ден на собирање. По трансфер на материјалот во лабораторија, секој флакон потоа ќе добие соодветен број, при што истиот ќе биде архивиран во алголошката колекција со отпечатена етикета која ги содржи сите информации за истиот.

Анализата на колекционираниот материјал најчесто се врши под микроскоп, независно од димензиите на талусот, односно за прецизна детерминација дури и на макроскопските алги најчесто се користат некои микроскопски карактеристики на вегетативниот дел од талусот или органите за размножување.

Препаратите кои се користат за набљудување на алгите според времетраењето на нивната употреба се делат на нативни, полутрајни и трајни. **Нативните** препарати се наједноставни за припремање бидејќи процедурата се состои од нанесување на една капка од материјалот на предметно стакло и потоа истата се покрива со покривно стакло. Вака припремениот препарат најчесто се набљудува на објективно зголемување од 40 пати.

Процедурата за припрема на **полутрајните** препарати се состои од нанесување на една или неколку капки на глицерин на предметното стакло, каде се нанесува материјалот за анализа. Предметното стакло внимателно се затоплува со цел да испари водата внесена со материјалот. По испарувањето, предметното стакло се покрива со покривно стакло и препаратот е спремен за набљудување на сите објективни зголемувања.

Доколку по ивиците на покривното стакло внимателно се нанесе слој смола и со истото се покрие предметното стакло со што би се спречил контактот на глицеринот со околната средина, ќе се добие **траен препарат**. По покривањето на предметното стакло со покривно, неопходно е внимателно загревање на препаратот со што би се постигнала хомогенизација на смолата. Вака припремените препарати можат да се набљудуваат на сите зголемувања на објективите.

За микроскопска анализа на дијатомеите, алголошкиот материјал неопходно е најпрвин да се *согори* и на тој начин да останат само фрустулите на дијатомеите (без нивната внатрешна содржина). Собраниот и фиксиран материјал, во лабораторија се согорува со KMnO_4 и концентрирана HCl , по што се дотерува до pH вредност од 7 и се подготвува во форма на **трајни препарати со медиум за вклопување (смола)**, од типот на Naprax или Entellan new. Медиумот за вклопување се додава меѓу предметното и покривното стакло кое содржи согорен материјал од дијатомеи. Трајните препарати исто така се архивираат во алголошката збирка.

Задача 1: Нацртајте ги набљудуваните материјали од различни алгални заедници или пак, залепете слики од фотографии од набљудуваниот материјал.



Материјал од казанче

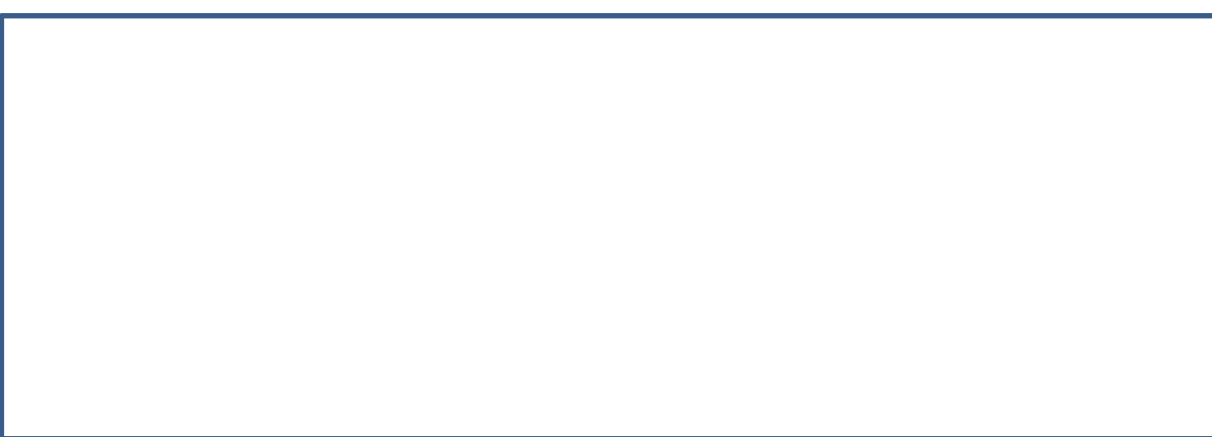


Микроскопски приказ

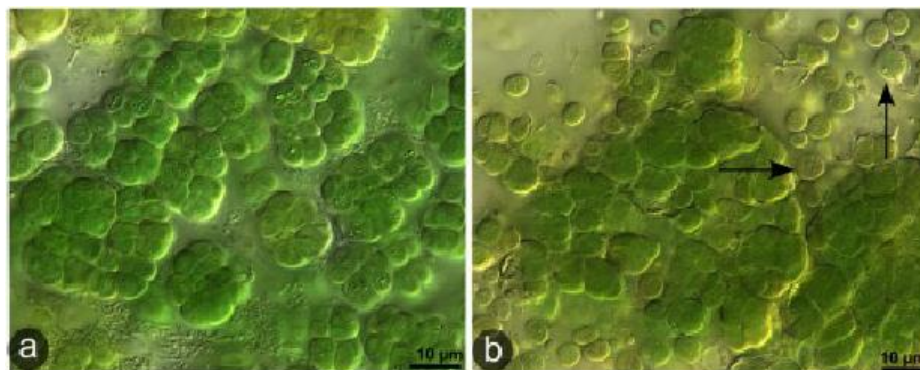
Водни цветови:



Други материјали



Задача 2: Наведете го називот на соодветните алги претставени на сликите подолу. По што се тие специфични?



Датум:

Прегледал:

Домен Bacteria

Царство Eubacteria

Потцарство Negibacteria

Тип Cyanophyta (Cyanobacteria)

Типот Cyanophyta (или **сино-зелени алги**, **модрозелени алги**; синоним **Cyanobacteria**, **Cyanobacteriota**) опфаќа едноклеточни, колонијални или многуклеточни (мултицелуларни, т.н. *филаментозни*) фотоавтотрофни организми со **прокариотска градба**, кои претставуваат *убиквисти* (имаат мошне широка еколошка валенца). Поради нивната бактериолошка природа и прокариотска градба, истите припаѓаат во доменот **Bacteria** и царството **Eubacteria** (потцарство **Negibacteria**, односно грам-негативни бактерии) и оттаму, микробиолозите оваа група на алги ја поставуваат во групата Оксифотобактерии (грам-негативни бактерии), под името Cyanobacteriota. Сепак, поради способноста да вршат фотосинтеза и нивниот специфичен начин на живот, нивната таксономска класификација во главно се базира на сетот од **цитоморфолошките карактери** кој е карактеристичен за секој таксон, односно се базира на *Интернационалниот код за номенклатура на алги, габи и растенија* – *ICN* (порано познат како *Интернационален код за ботаничка номенклатура*, (*ICBN*), со што овие организми имаат третман на *прокариотски алги*. Во контекст на ова, познатиот фиколог Jiří Komárek истакнува: „It is not because we prefer the *botanical concept of cyanobacteria* above the **bacteriological nature of this group**, but the *nomenclatural code for bacteria is not suitable for modern cyanobacterial classification and no cyanobacterium has been satisfactory described according to ICNB (International Code of Nomenclature of Bacteria).*”

Сино-зелените алги се исклучително значајна компонента на слатководните, бракични и морски екосистеми ширум светот, но исто така, треба да се истакне дека цијанобактериите можат да се најдат и на почвите, како и во екстремни услови, односно цијанобактериски заедници постојат и на Поларните краишта (Арктик и Антарктик, пример, *Stenomitos frigidus*), на снег и мраз, во пустините (*Oculatella mojaviensis*), како и во геотермални извори (пример, *Mastigocladus laminosus*). Цијанобактериите често претставуваат доминантна компонента на фитопланктонот во бројни екосистеми (до 70% од тоталната биомаса на фитопланктонот) и истите се одговорни за повеќе од 30% од продукцијата на кислород на Планетава. Нивната исклучително висока абундантност во планктонот на одредени водни екосистеми станува еклатантна имајќи го предвид фактот дека Црвеното Море е именувано поради обојувањето кое е резултат на црвената планктонска цијанобактерија *Trichodesmium erythraeum* (Oscillatoriales). Во специфични еколошки услови, најчесто при зголемена концентрација на фосфор и азот (еутрофна средина), сино-зелените алги имаат способност масовно да се развијат и пропагираат доведувајќи до појава на т.н. **цијанобактериски „воден цвет“**. Одредени видови на сино-зелени алги се дефинирани како „*опасни*“ (анг. *harmful cyanobacterial blooms*), бидејќи развојот на нивниот воден цвет води до негативни последици по животната средина, нестабилност на екосистемот и, продукција на токсични соединенија, познати како **цијанотоксини**, кои се

токсични и за човекот. Проценето е дека отприлика 75% од водните екосистеми кои содржат цијанобактерии исто така содржат и токсични цијанобактериски метаболити.

Од цитолошки аспект, клетката на цијанобактериите е изградена од клеточен сид, клеточна мембрана и протоплазма. Клеточниот сид кај цијанобактериите соодветствува на градбата на клеточниот сид кај грам-негативните еубактерии, но исто така поседува и свои специфики; тој е *значително подебел* од клеточниот сид на повеќето типични грам-негативни бактерии и е составен од 4 слоја (означени како L_I, L_{II}, L_{III} и L_{IV}). Како и кај бактериите, главната структурна компонента на клеточниот сид на сино-зелените алги претставува *муреинот* (пептидоглюкан), кој е присутен во L_{II} слојот. На површината од клеточниот сид се наоѓаат и бројни пори низ кои преку *микроплазмодезмите*, се врши комуникација меѓу соседните клетки кај многуклеточните филаментозни претставници.

Во протоплазмата, се разликува периферен дел кој на светлосен микроскоп е обоен и е означен како **хроматоплазма** и, централен дел означен како центроплазма или **нуклеоплазма**. Во хроматоплазмата се сместени бројни *тилакоиди* во вид на мали, молекуларни врекички, кои може да имаат различна позиција, односно да бидат поставени во *паралелни редови* блиску до клеточниот сид (**т.н. париетален распоред**) или пак да имаат ирегуларен распоред низ целата клетка. На тилакоидната мембрана се сместени *пигментите*, од кои како фотосинтетски активен пигмент е само **хлорофилот а**, додека останатите пигменти кои се сретнуваат во клетките се од групата на **каротени, ксантофили и фикобилини**. Како специфични пигменти за оваа група организми се јавуваат с-фикоцијанин (син) и с-фикоеритрин (црвен), а кај некои и алофикоцијанин (син), кои честопати се организирани во специфични макромолекулски комплекси кои на електронски микроскоп наликуваат на гранули на тилакоидната мембрана, означени како **фикобилизоми** или **цијанозоми**. Фикобилизомите се однесуваат како еден вид на „антени“ за апсорпција на светлината. Во зависност од количинските односи на пигментите во фикобилизомите, бојата на цијанобактериите може да варира од темно-сина до сино-зелена (од каде потекнува и нивното име; видовите со сина или сино-зелена боја предоминантно содржат с-фикоцијанин и алофикоцијанин). Како и да е, одредени цијанобактерии предоминантно содржат големи количества на с-фикоеритрин, па оттаму нивната боја е црвена, пурпурно-виолетова, а кај некои дури и црна.

Во нуклеоплазмата е сместена циркуларната, гола DNA молекула околу која никогаш не се формира јадрена мембрана и нуклеолус. Вака градената DNA се смета за еквивалент на хромозомот кај еукариотските организми (**„цијанобактериски хромозом“**). Некои цијанобактерии може да поседуваат и неколку копии од својот геном. Како и кај бактериите, во нуклеоплазмата можат да се најдат и мали, циркуларни, екстрахромозомски DNA молекули (**плазмиди**). Во овој дел, интересно е да се спомене дека цијанобактерискиот геном поседува бројни сличности со хлоропластниот геном кај еукариотите.

Во протоплазмата како единствени диференцирани „органели“ се присутни рибозомите (од 70S тип). Кај некои видови се сретнуваат т.н. **гасни вакуоли** кои се исполнети со азот, при што е забележано дека тие главно се јавуваат кај видовите кои живеат во планктонските заедници и служат за заштита од светлина, како и за одржување во планктон – „лебдење“. Гасните вакуоли најчесто се групирани во клетката во целина која морфолошки се забележува на светлосен микроскоп како темна структура, означена како **аеротоп**. Други структури кои се

сретнуваат се **карбоксизомите** (т.н. „полиедрални тела“ кои го содржат ензимот RuBisCO и служат како „фабрики“ за CO₂ фиксација). Во протоплазмата на клетките се присутни и различни гранули со резервни материи (полифосфатни гранули, липидни гранули), како и **цијанофицински гранули** (содржат полимери од аргинин и аспарагин) и **α-гранули** (цијанофицејски скроб, кој претставува α-1,4 глукан, со слична структура на гликогенот и амилопектинот).

Размножувањето кај едноклеточните претставници од Cyanophyta најчесто се врши со проста делба (бинарна фисија), а додека кај многуклеточните филаментозни претставници, со фрагментација на трихомите. Кај некои претставници е присутно и бесполово размножување со помош на **егзоспори** или **ендоспори**. Половото размножување или формирањето на подвижни спори (зооспори) не е констатирано кај ниеден претставник. Сепак, процесите на парасексуално размножување (трансформација и коњугација, при што настанува размена на цијанобактериските плазмиди) можат да доведат до мала генетска рекомбинација.

Cyanophyta ги населуваат главно слатководните екосистеми, поретко морските. Често се сретнуваат надвор од водните екосистеми, односно на почви, карпи, камења. Сепак свој максимум имаат во топли, стагнантни или споротечечки води, особено ако тие води се оптоварени со органски материи. Одреден број претставници се јавуваат и во геотермални извори (на 50°C), каде градат специфични заедници во асоцијација со термофилни видови од црвените алги, зелените алги и термофилните бактерии.

При поволни услови, како што е повисока температура (15 - 39°C), отсуство на ветер, pH 6.0 – 9.0, висока концентрација на хранителни материи (фосфорни и азотни соединенија), доаѓа до **масовен развој** и **доминација на сино-зелените алги** во водните екосистеми. Ваквата состојба е позната како **еутрофна состојба**. Поимот *еутрофикација* означува збогатување на водните екосистеми со хранителни материи, што доведува до интензивен развој на примарните продуценти (алги и васкуларни растенија). Еутрофикацијата во изворна смисла претставува природен процес на стареење на езерото, и ваквата појава се означува како „природна еутрофикација“. Зголемената еутрофикација како резултат на човеково влијание се означува како „културна еутрофикација“.

Еутрофикацијата најчесто претставува значаен биолошки и економски проблем. Поради пореметување на физичко-хемиските карактеристики на водата, доаѓа до нарушување на биолошката рамнотежа во екосистемот. Настануваат бројни промени во составот на живиот свет, со постепена доминација на модрозелените алги, додека популациите од останатите алги кои се поосетливи се намалуваат или, целосно исчезнуваат. Намалувањето на квалитетот на водата ја ограничува нејзината искористливост за различни човекови потреби (вода за пиење, рекреација, техничка вода, наводнување итн.)

Дополнителен проблем при појавата на модрозелените алги (особено при нивната масовна пролиферација во воден цвет) е и нивната способност за продукција на токсини. Генерално, постојат две групи на токсини:

- Токсини кои предизвикуваат летално труење – невротоксини и хепатотоксини
- Токсини кои се високо летални, но покажуваат поизразена биоактивна селективност – цитотоксини.

Според модерната класификација на сино-зелените алги (Hoffmann и сор., 2005, Komárek и сор., 2014), типот содржи една единствена класа **Цианопхyceae**, која ги вклучува следните **5** поткласи: **Gloeobacteriophycidae**, **Цианопхyceidae**, **Synechococcophycidae**, **Oscillatoriohphycidae** и **Nostocophycidae**; поделбата на цијанобактериите во 5 поткласи е генерално базирана на ултраструктурата (попрецизно, *позицијата на тилакоидите во клетката*), *типот на клеточната делба*, како и на нивната *филогенетска поврзаност*. Од интерес за овој практикум се поткласите Цианопхyceidae, Synechococcophycidae, Oscillatoriohphycidae и Nostocophycidae.

1.

Класа Цианопхyceae

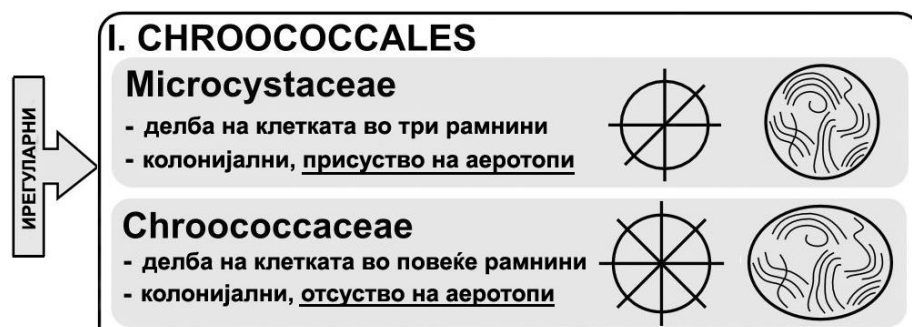
1.1

Поткласа Цианопхyceidae

Во поткласата Цианопхyceidae се сместени едноклеточни и колонијални форми кој поседуваат **најпримитивна градба** и, кои најчесто се појавуваат како галертасти слузави превлаки на влажните карпи и сидови. Клетки не се поларно морфолошки диференцирани, па затоа генерално клетките кај голем дел од претставниците од оваа поткласа се сферични – односно **со кокална морфологија (коки)**. Повеќето колонијални форми имаат добро развиена обвивка од слуз (мукус), но во колонијата недостасува било каква организација на клетките (клетките се ирегуларно распоредени). Во клетките, **тилакоидите се безредно распоредени**, односно **имаат ирегуларен распоред**. Се делат со проста бинарна фисија и не образуваат егзоспори, ендоспори, ниту хетероцити. Оваа поткласа опфаќа само со еден ред Chroococcales со повеќе фамилии.

1.1.1 Ред Chroococcales

Во овој ред се опфатени повеќе фамилии со повеќе родови кои поседуваат **ирегуларни тилакоиди во клетките**. Од нив како позначајни ги издвојуваме фамилиите **Microcystaceae** и **Chroococcaceae**. Таксономската сепарација на овие фамилии се базира на рамнините на делба на клетката, како и присуството или отсуство на аеротопи, кое е сумирано на следниов приказ:



Фам. *Microcystaceae*

Главни дијакритични карактери за оваа фамилија се: **делба на клетката во три рамнини**, при што се добиваат **волуминозни колонии**, **присуството на аеротопи** и **ирегуларната позиција на тилакоидите** во клетката.

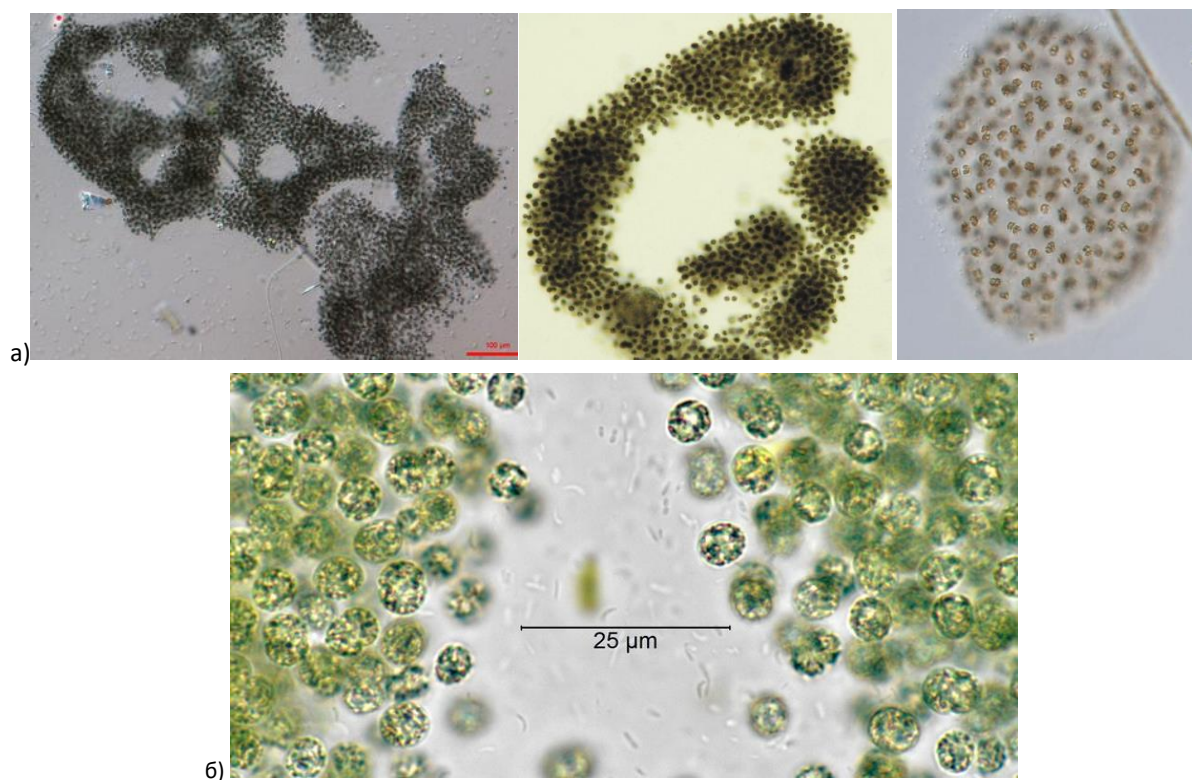
Microcystis Kützing

Колониите се волуминозни, сферични до издолжени или пак со неправилна форма, со микроскопски димензии или видливи со голо око (макроскопски колонии) (слика 1). Клетките се сферични (**кокални**), поретко издолжени, без сопствена обвивка и се расположени безредно во општата слузеста обвивка на колонијата (изградена од безбоен полисахариден слуз, мукус, англ. *mucilage*). Во клетките се присутни **гасни вакуоли**, кои се групирани во протоплазмата и на светлосен микроскоп се забележуваат во форма на црни точки (**аеротопи**). Клетките се делат во 3 заемно нормални оски на делба.

Овој род е карактеристичен за планктонските заедници на слатководните стоечки екосистеми (езера, резервоари, блата, мочуришта, рибници и сл.). Некои видови од овој род се предизвикувачи на т.н. „**воден цвет**“. Ваквата појава, особено доколку цијанобактериите се масовно развиени, воопшто не е пожелна, бидејќи по завршувањето на животниот циклус на алгите тие се таложат на дното, каде под дејство на аеробните микроорганизми се врши нивно разградување и, доаѓа до појава на факултативна или облигатна анаеробија на дното на водниот екосистем. Ова пак, доведува до масовно изумирање на аеробните хидробионти кои го населуваат бентосот. Во крајниот стадиум на својот масивен развој, претставниците од родот *Microcystis* можат да формираат и **скрама (scum)** на површината на водниот систем. Најголем број видови од овој род синтетизираат токсини (**микроцистини**) кои дополнително доведуваат до изумирање на хидробионтите, како и на животните кои ја консумираат оваа вода; *микроцистините се застапени во највисока концентрација во цијанобактериските скрами (scums)*, при масивен развој на нивниот воден цвет. Овие превлаки се исклучително токсични за човекот и, акутната експозиција кон нив доведува до јасно изразени хепатотоксични и невротоксични ефекти. Хроничната администрација на микроцистините пак, е асоцирана со примарен карцином на хепарот и невродегенерација.

За Македонија, познати се **9 вида на *Microcystis***, од кои **најчест е *Microcystis aeruginosa* Kützing**, а во последниве години се јавува доминација на **пантронскиот *Microcystis protocystis* W.B.Crow**.

Додека присуството на аеротопи претставува главниот дијакритичен карактер за родот *Microcystis*, таксономската детерминација на различните видови од овој род е базирана на градбата на колонијата (нејзината форма и градбата на слузестата обвивка, за што често е потребно боење со туш), како и дијаметарот на клетките.



Слика 1. Микрофотографии на *Microcystis aeruginosa*.
 а) Глобален приказ на различни форми на колониите. б) Изглед на поединечните клетки.

Дополнителен визуелен концепт: воден цвет од *Microcystis* spp.



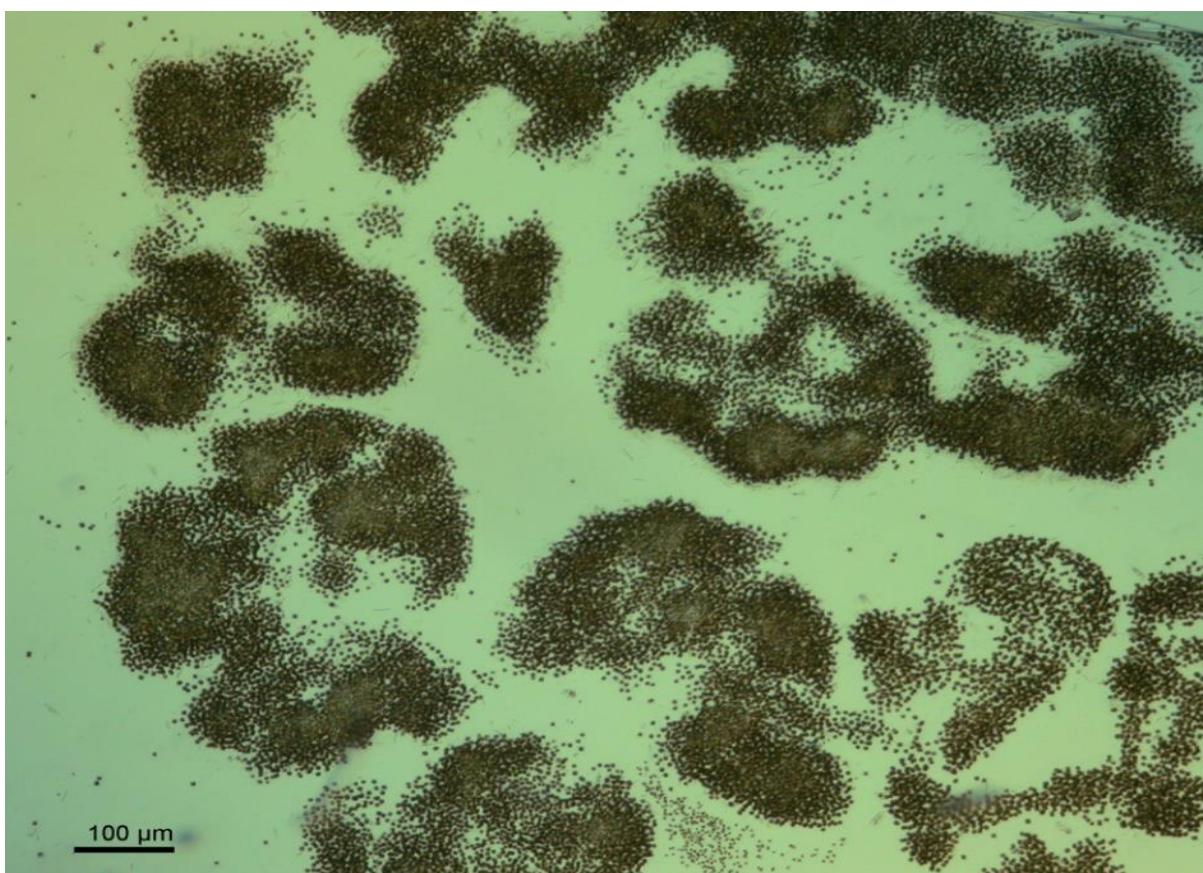
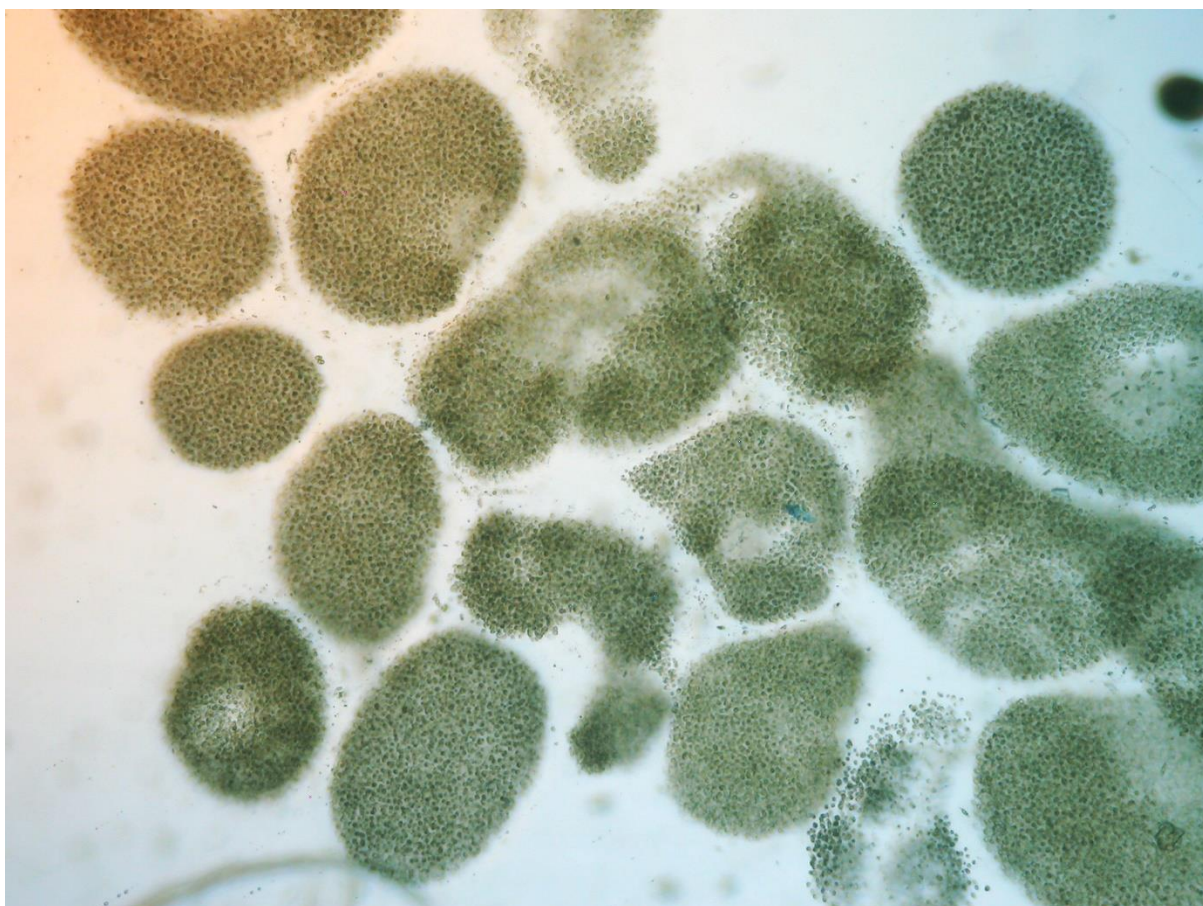
Колекциониран материјал од воден цвет на *Microcystis* spp. (Глобочица 2017, 11839)



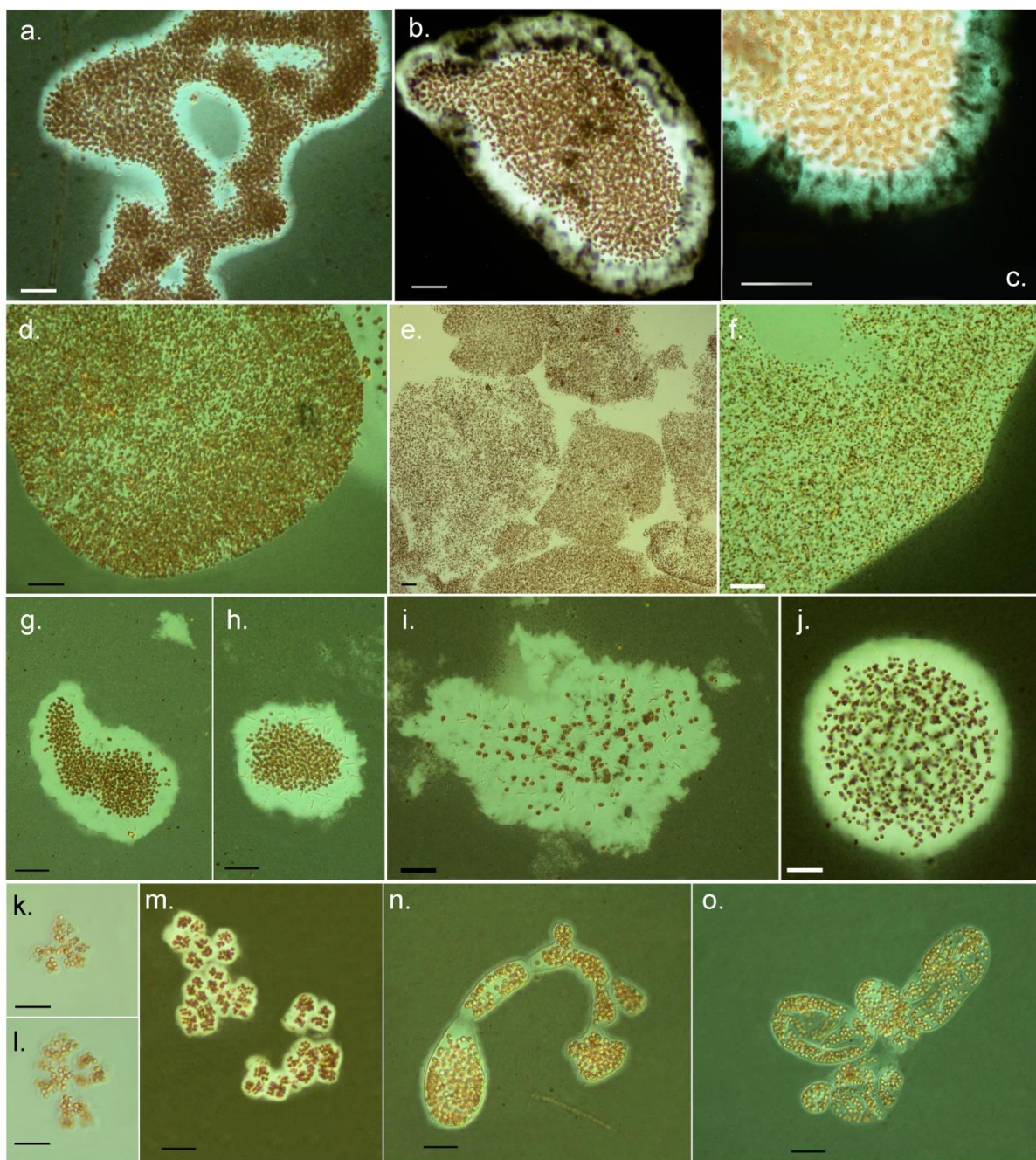
Колекциониран материјал од воден цвет на *Microcystis* spp.
(Глобочица Октомври 2018, литорална зона)



Макроскопска колонија на *Microcystis ichthyoblabe* (Дојран, 2015)



Воден цвет од *Microcystis* sp. во Дојранското Езеро, 2015 (број на материјал 10651).



Scale bar = 50 µm

Присуство на 9 вида на *Microcystis* во Дојранското Езеро во 2015-тата година (Krstić и Aleksovski, 2016).

a. *Microcystis aeruginosa*; b. *Microcystis botrys*; c. *Microcystis botrys*, детал на слузта; d. *Microcystis flosaquae*; e. *Microcystis ichthyoblabe*, фокус на формата на колонијата; f. *Microcystis ichthyoblabe*; g-h. *Microcystis novacekii*; i. *Microcystis protocystis*; j. *Microcystis smithii*; k-m. *Microcystis viridis*; n-o. *Microcystis wesenbergii*.



Последици од еутрофикацијата и водниот цвет од *Microcystis*, Дојран, 2015 (материјал 10651).

Задача: Нацртајте го вашиот набљудуван препарат од *Microcystis aeruginosa* и означете ги неговите карактери. Потоа, користејќи го визуелниот концепт на страна 27 на кој се претставени 9-те вида на *Microcystis*, пробајте да детерминирате и други видови во вашиот материјал.

Microcystis aeruginosa

Градба на колонија (x10)

Изглед на клетките (x40)

Објаснување на градбата на аеротопот (TEM)

Други детерминирани видови:

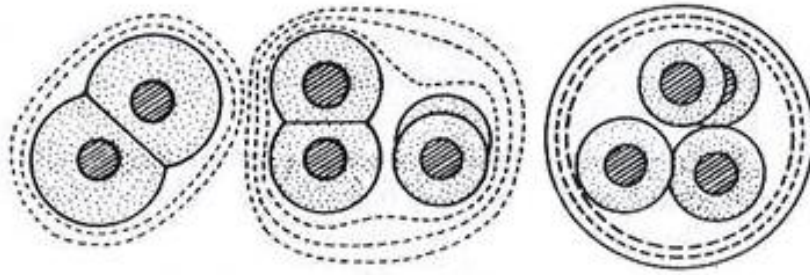
Фам. Chroococcaceae

Главни дијагностички карактери за оваа фамилија се: **делба на клетката во повеќе од 3 рамнини**, при што се добиваат *волуминозни* колонии кои најчесто обвиткани во **обвивки**, **отсуството на аеротопи** и **ирегуларната позиција на тилакоидите** во клетката.

Gloeocapsa Kützing et Hollerbach

Колониите се колбаси, елипсовидни или се без форма, единечни или собрани во широки слузести маси. Колониите содржат по 2-8 или повеќе на број сферични (**кокални**) клетки (слика 2, а), со јасно забележливи **обвивки** кои се безбојни или различно обоени: жолто, црвено, сино или виолетово. Бојата на обвивката може да се менува во зависност од варирањето на еколошките фактори (интензитетот на светлината и pH). Обвивките најчесто се **стратифицирани, концентрично наслоени и јасно забележливи**. Клетките се делат во повеќе од три заемно нормални рамнини. По клеточната делба ново образуваните единки се обвиткуваат во заедничка обвивка, која најчесто е **слоевита**.

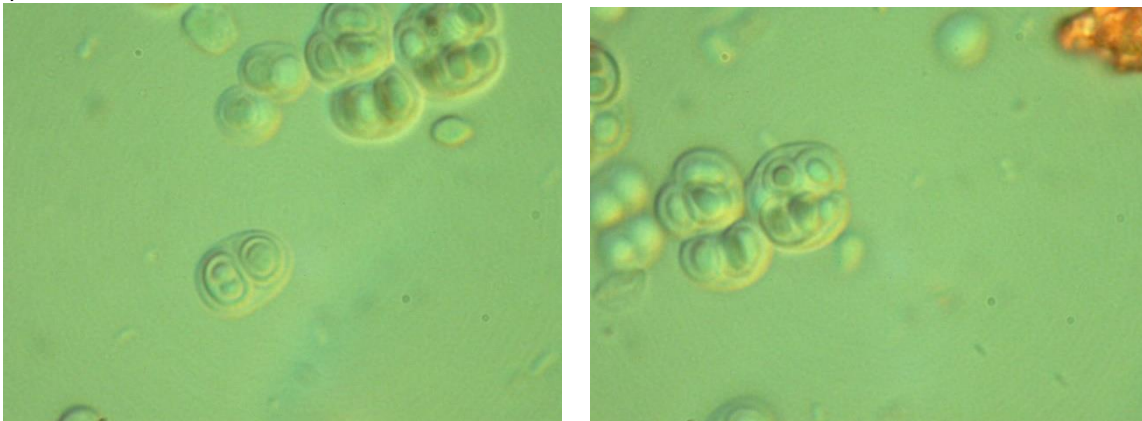
Повеќето од видовите се **аерофити** при што градат *дебели слузести наслаги* кои многу лесно можат да се соберат, но се сретнуваат и во водни екосистеми. Досега за Македонија се познати 25 таксони (17 видови, два вариетета и шест форми).



а)



б)



в)

Слика 2. Приказ на *Gloeocapsa*

- а) Различни стадиуми на клеточна делба и формирање на колонијата.
- б) Микроскопски приказ на колониите на *Gloeocapsa* sp.
- в) Микроскопски приказ на колониите на *Gloeocapsa* sp.
(наши микрофотографии; термоминерални извори)

Задача:

Нацртајте го вашиот набљудуван препарат од *Gloeocapsa* и означете ги неговите карактеристики.

1.2

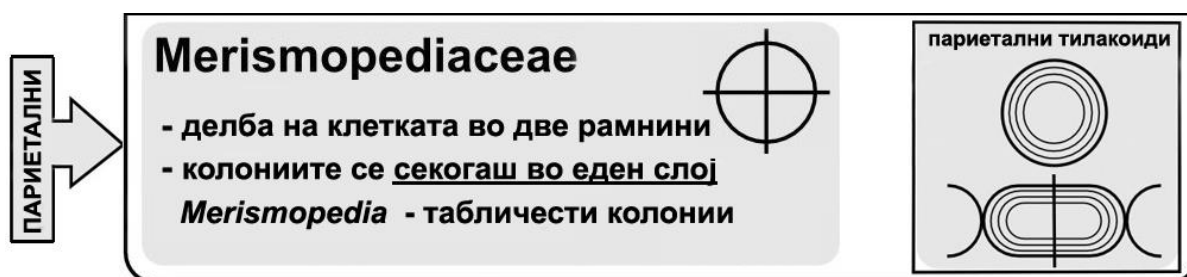
Поткласа *Synechococcophycidae*

Во оваа поткласа сместени се едноклеточни и колонијални форми со посложена градба од претходната поткласа, видови со зачеток на филаментозна градба и претставници кои имаат најпроста филаментозна градба. Овие претставители, иако различни во својот хабитус, се групирани заедно поради молекуларно-генетската сличност, како и мошне специфичниот и уникатен карактер – присуство на **париетални тилакоиди** (односно тилакоиди поставени паралелно на клеточниот сид), кој се сретнува кај сите претставници од оваа поткласа, а отсуствува кај останатите цијанобактерии. Поткласата опфаќа два реда: *Synechococcales* (едноклеточни и колонијални цијанобактерии) и *Pseudanabaenales* (прости филаментозни претставници); низ систематиката од оваа поткласа може да се следи преодот од прости кокални цијанобактерии, издолжеи цијанобактерии, издолжени цијано бактерии како зачеток на филаменти – сè до појавата на најпростите филаментозни формации.

1.2.1 Ред *Synechococcales*

Овој ред е еволутивна групација на форми од сино-зелени алги кои имаат едноклеточна издолжена форма на талусот (фам. *Synechococcaceae*), создаваат колонии (фам. *Merismopediaceae*) или поседуваат талуси кои се зачеток на кончести форми (фам. *Chamaesiphonaceae*). За сите нив карактеристична е париеталната позиција на тилакоидите. Во интерес на овој практикум се последните две фамилии.

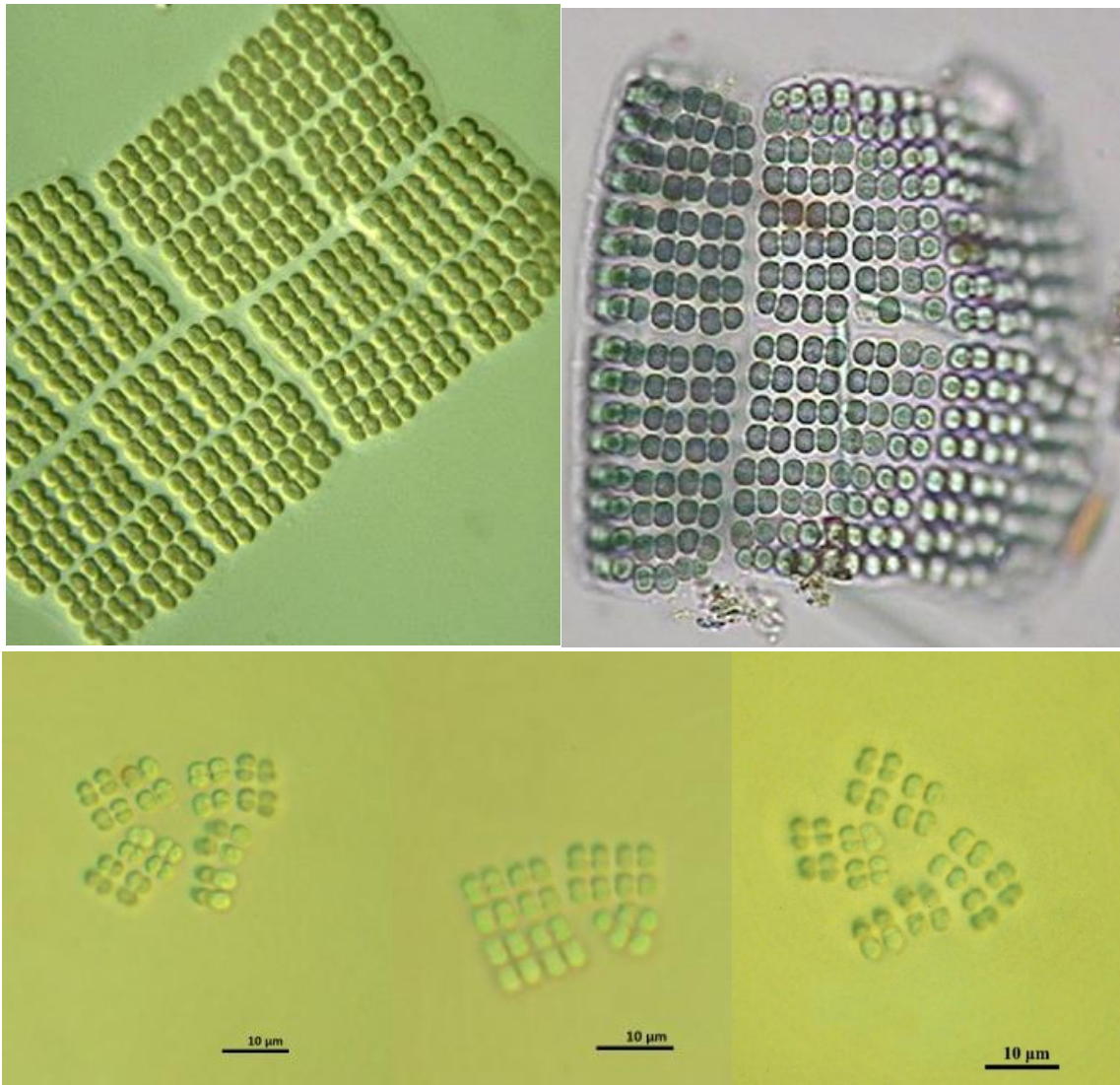
Фам. *Merismopediaceae*: колонијални форми со париетални тилакоиди



Merismopedia Meyen

Колониите се спласнати до листовидни, во млада состојба се со квадратна или правоаголна форма (слика 3) и секогаш се составени од **еден слој** на клетки (**формираат табличести колонии**). Клетките се сферични, елипсовидни до цилиндрични и се со или без сопствена обвивка. Клетките се делат во две заемно нормални рамнини. Најчесто по 4 клетки (тетради) се поставени заедно во општата обвивка.

Претставниците по родот *Merismopedia* се сретнуваат во слатководните екосистеми, во планктонските заедници (поретко во приобалниот регион како *епифити* и *метафити* – околу водните растенија). Само некои видови се сретнуваат во бракични и морски води.



Слика 3. Микроскопски приказ на *Meristopedia*

Задача:

Нацртајте го вашиот набљудуван препарат од *Meristopedia*.

Фам. Chamaesiphonaceae: еволутивен преод кон филаментозните форми



Претставниците кои се опфатени во оваа фамилија генерално се едноклеточни организми, чии клетки се **издолжено поларизирани**, а со тоа, иако се едноклеточни, тие „наликуваат на трихоми“. Овие цијанобактерии се сметаат за зачеток (или еволутивен преод) кон филаментозните форми.

Попрецизно, клетките на овие едноклеточни организми се **поларно диференцирани (хетерополярни)**, така што на нив може да се разликува **базален** и **врвен (апикален)** дел. Видовите од оваа фамилија се **сесилни** и, со својот **базален дел се прикрепуваат за супстратот**, населувајќи ги површините на карпи, камења, растенија или други макрофитски алги. Главно ги населуваат горните текови на речните екосистеми, во брзи и чисти води. Како важен дијагностичен карактер за претставниците од фамилијата Chamaesiphonaceae е размножувањето со **егзоспори**.

Chamaesiphon A. Braun et Grunow

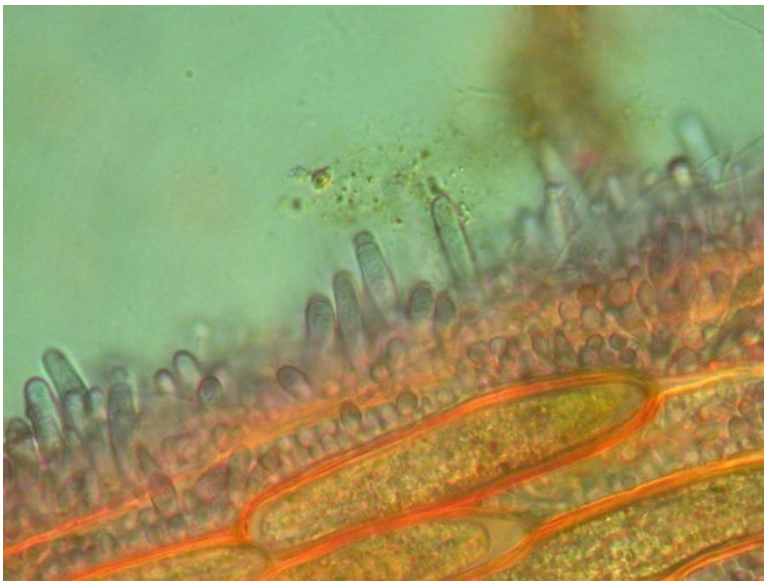
Едноклеточни алги со диференцирана основа и врв. Прикрепени се за супстратот (**сесилни**) директно или со кратка пивтиеста дршка (слика 4, а). Живеат единечно или во групи или образуваат колонии. Клетките се слабо или јасно **издолжени со конусовидна форма**. Клеточната мембрана на врвот распукува формирајќи на тој начин т.н. **лажно влагалиште (псеудовагина)**. Се размножуваат со **егзоспори** (слика 4, б) кои настануваат како резултат на асиметрична делба на клетката и, се ослободуваат од врвниот дел. Кај некои видови егзоспорите се одделуваат од мајката клетка, додека кај други видови тие се прикрепуваат на крајот од лажното влагалиште. Видовите од овој род главно ги населуваат горните текови на реките, во ладни, брзи и чисти реки и потоци. Најзастапени се видовите *C. incrustans* и *C. confervicola*.



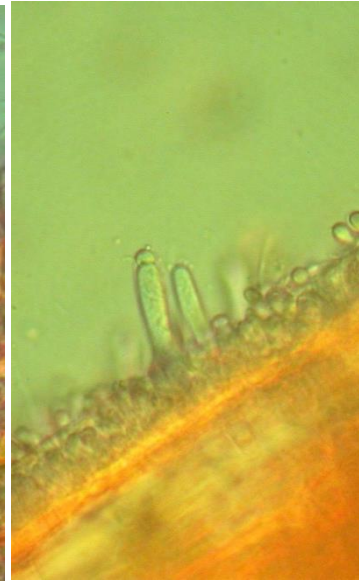
а)



б)



в)



Слика 4. Микроскопски приказ на *Chamaesiphon* sp.

а) Глобален приказ на растот на *Chamaesiphon* sp. на супстрат.

б) Карактеристики на клетките на *Chamaesiphon* sp.

в) Наши микрофотографии (*Chamaesiphon carpaticus* епифит на васкуларно растение, Беличка река, број на материјал 10636)

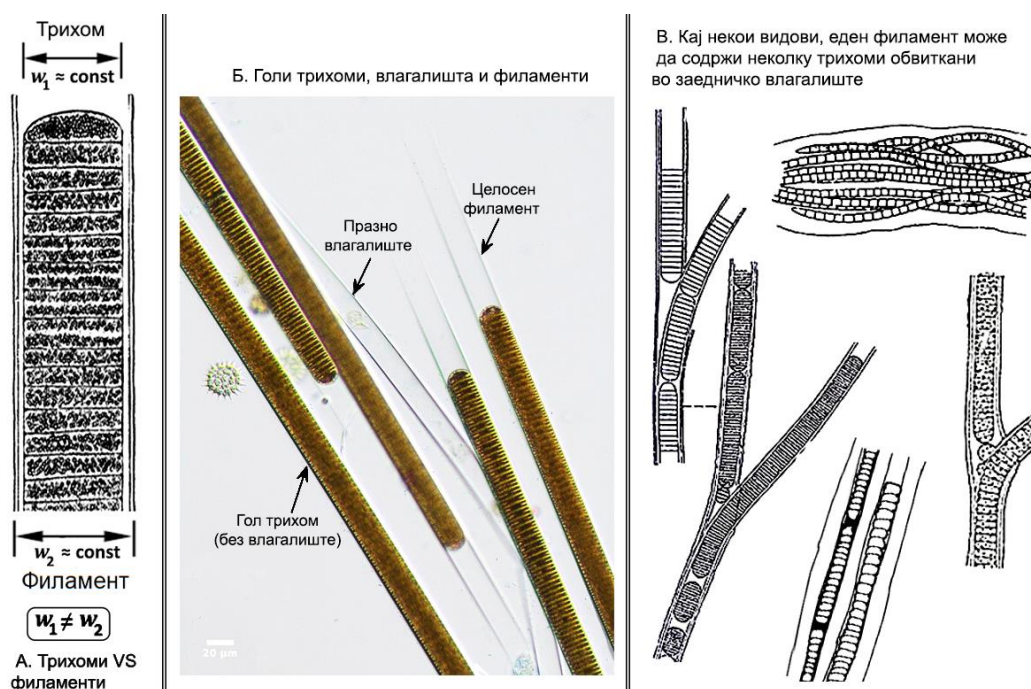
Задача:

Нацртајте го вашиот набљудуван препарат од *Chamaesiphon* и означете ги неговите карактеристики на самиот цртеж, но и на сликата погоре.

Вовед кон филаментозните цијанобактерии

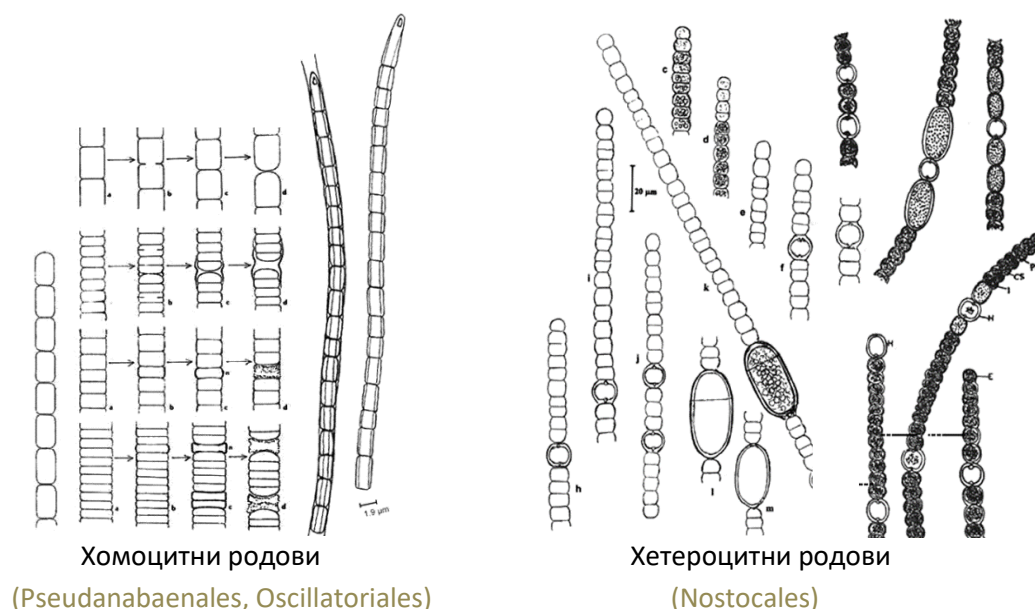
Најголемиот број на цијанобактерии всушност претставуваат **многоклеточни (мутицелуларни) организми** кои формираат **филаментозни формации**. Имено, овие претставници се изградени од низа на едно до друго **поврзани** клетки, која се нарекува **трихом**. Напречната преграда на клеточниот сид помеѓу соседните клетки е исперфорирана и содржи **пори**, од кои излегуваат **микроплазмодезми кои директно ги поврзуваат клетките од трихомот** (30-40 микроплазмодезми ги поврзуваат соседните клетки кај хомоцитните претставници, додека кај хетероцитните, 100-250 микроплазмодезми), така што секој трихом во морфолошки и **физиолошки** поглед претставува **целина** (секој трихом е **еден мултицелуларен организам**).

Постои разлика помеѓу термините **трихом** и **филамент**. Голем дел од трихомите кај овие претставници не се „голи“, односно истите се сместени (вметнати) во футроли означени како **влагалиште** (анг. **sheath**), кое е изградено од мрежа на полисахаридни фибрили (во микробиолошката литература, честопати влагалиштето е означено како **гликокаликс**). Трихомот, заедно со влагалиштето е означен како **филамент**. Секако, не сите трихални цијанобактерии содржат влагалиште и кај таквите **голи** трихоми (слика 5, Б), изразите трихом и филамент можат наизменично да се користат. Сепак, најголем дел од филаментозните цијанобактерии се изградени од трихоми кои се сместени во влагалишта, па оттаму, изразите трихом и филамент кај овие претставници не треба да се користат наизменично. Овие посочувања стануваат важни имајќи предвид дека ширината на трихомот и ширината на филаментот не се исти (слика 5, А), особено кај претставниците со мошне дебели футроли (влагалишта). Разликите помеѓу термините филамент и трихом стануваат најочигледни имајќи предвид дека, кај одредени видови, **еден филамент може да содржи неколку трихоми** обвиткани во заедничко влагалиште (слика 5, В); во тој случај велиме дека филаментот содржи неколку мултицелуларни организми.



Слика 5. Трихоми, филаменти и влагалишта

Трихомите кај филаментозните цијанобактерии можат да бидат различно градени, односно истите може да бидат сочинети само од еден тип на истородни клетки слични по димензија и форма (вегетативни клетки), и таквите трихоми се нарекуваат **хомоцитни**. Спротивно пак, кај многу филаментозни претставници, трихомите се составени од различни по форма и големина клетки – **хетероцитни трихоми** (слика 6). Кај хетероцитните трихоми, покрај вегетативните клетки, присутни се и **високоспецијализирани** клетки означени како **хетероцити** (во постарата литература, *хетероцисти*) и спори (**акинети**).



Слика 6. Хомоцитни и хетероцитни родови

Филаментозните цијанобактерии најчесто формираат **дебели превлаки** (анг. *maths*) на површината на камењата и карпите во реките и во литоралната зона на езерата, но исто така често можат да се сретнат и на влажни карпи и супстрати надвор од водата, како и на почвите. Дел од нив можат да се најдат и во планктонот, каде одредени видови се способни за формирање на **водни цветови**.

Во однос на размножувањето, најголем дел од филаментозните цијанобактерии се размножуваат со помош на фрагментација на трихомот (мали делови од трихомот, т.н. **хормогонии**, се одвојуваат од филаментот, а од нив се добива нов долг филамент). Кај хетероцитните видови, се јавува и размножување со користење на нивните спори (акинети).

Во зависност од типот на трихомот (хомоцитен и хетероцитен) е извршена основната поделба на филаментозните цијанобактерии. Така, сите хетероцитни филаментозни цијанобактерии се опфатени во редот Nostocales, кој припаѓа кон последната поткласа (Nostocophycidae) и ќе биде разгледан последен. Хомоцитните цијанобактерии пак, покажуваат две сосема одделени еволутивни линии (Pseudanabaenales и Oscillatoriales), кои филогенетски се разликуваат, а исто така се разликуваат и по позицијата на тилакоидите, како и по сложеноста на градбата на нивните клетки.

Врз основа на нивната филогенија, ширината на трихомот, позицијата на тилакоидите и цитоморфолошката сложеност, хомоцитните родови се класифицирани во два реда:

1. *Pseudanabaenales* – хомоцитни родови чии трихоми имаат ширина помала од 4 μm и имаат париетална организација на тилакоидите, со едноставна цитоморфологија
2. *Oscillatoriales* – хомоцитни родови чии трихоми се пошироки од 4 μm и имаат радијална или ирегуларна организација на тилакоидите, со посложена цитоморфологија.

Редот *Pseudanabaenales* припаѓа кон еволутивната линија на оваа поткласа (*Synechococcophycidae*), и ги опфаќа најпростите хомоцитни претставници. Посложените хомоцитни цијанобактерии со радијална или ирегуларна организација на тилакоидите (*Oscillatoriales*), се класифицирани во посебна поткласа - *Oscillatoriothycidae*, која ќе биде разгледана подоцна.

1.2.2 Ред *Pseudanabaenales*



Слика 7. Цитоморфолошки карактери на *Pseudanabaenales*

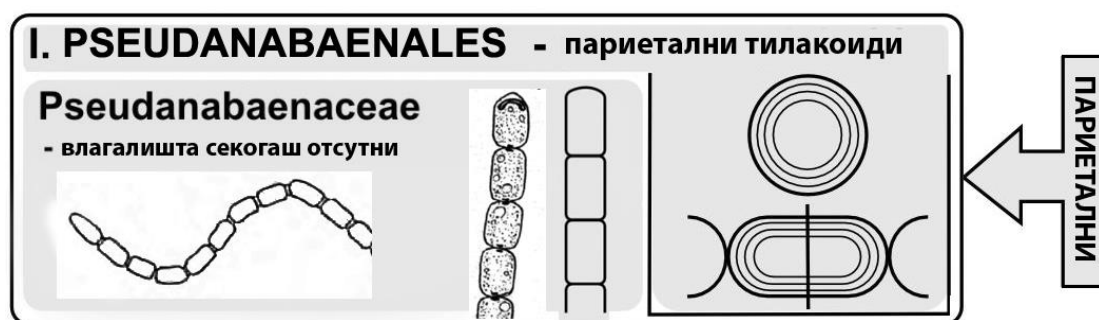
Во овој ред се опфатени *првите* и *најпримитивните* вистински трихални сино-зелени алги чии трихоми се хомоцитни (филаментозни цијанобактерии без хетероцити и акинети), кои и исклучително тенки, со минијатурна ширина на трихомот (максимум до 4 μm) и, кои имаат париетална организација на тилакоидите (тилакоиди поставени паралелно на клеточниот сид). Овие претставници имаат повеќе или помалку едноставна морфологија. Поради нивната минијатурна ширина на трихомот, како и поради ограничениот, мал број на јасни, лесно препознатливи дијакритични карактери на светлосен микроскоп, многу видови едноставно наликуваат еден на друг, што ја прави нивната микроскопска идентификација базирана само на цитоморфолошките карактери доста компликувана и честопати придружена со долг и напорен процес на опсервација.

Сите претставници се изградени од една низа на истородни клетки. Како специјални морфолошки диференцирани клетки, освен вегетативните, можат да се јават само **некридичните** клетки, кои помагаат во фрагментацијата на трихомот (тие се однесуваат како еден вид на „сепарациони дискови“). Честопати, врвната (апикална) клетка, може да има различна морфологија од останатите, па затоа нејзиниот изглед е мошне важен при таксономската детерминација на видовите. Кај голем број претставници се јавува влагалиште, кое може да биде тенко и слузаво (незабележително на светлосен микроскоп) или пак да биде подебело, јасно забележително. Кај различни родови, влагалиштата можат да бидат

факултативни (односно да се појавуваат во зависност од еколошките услови; најчесто при услови на стрес), *облигаторно присутни* (како стабилен карактер) или пак комплетно да отсуствуваат..

Поради нивната униквистичка дистрибуција, од тропските предели (*пустини*) до поларните краишта, каде населуваат широк дијапазон на еколошки ниши, односно слатководни, почвени и морски екосистеми, овие претставници се мошне значајни и заслужуваат посебно внимание. Редот опфаќа повеќе фамилии, кои се дефинирани врз база на цитоморфолошки и молекуларни (филогенетски) карактери: Pseudanabaenaceae, Leptolyngbyaceae, Osculatellaceae, Prochlorotrichaceae и Trichocoleaceae. Во рамките на овој практикум ќе ги разгледаме фамилиите Pseudanabaenaceae и Leptolyngbyaceae.

Фам. Pseudanabaenaceae

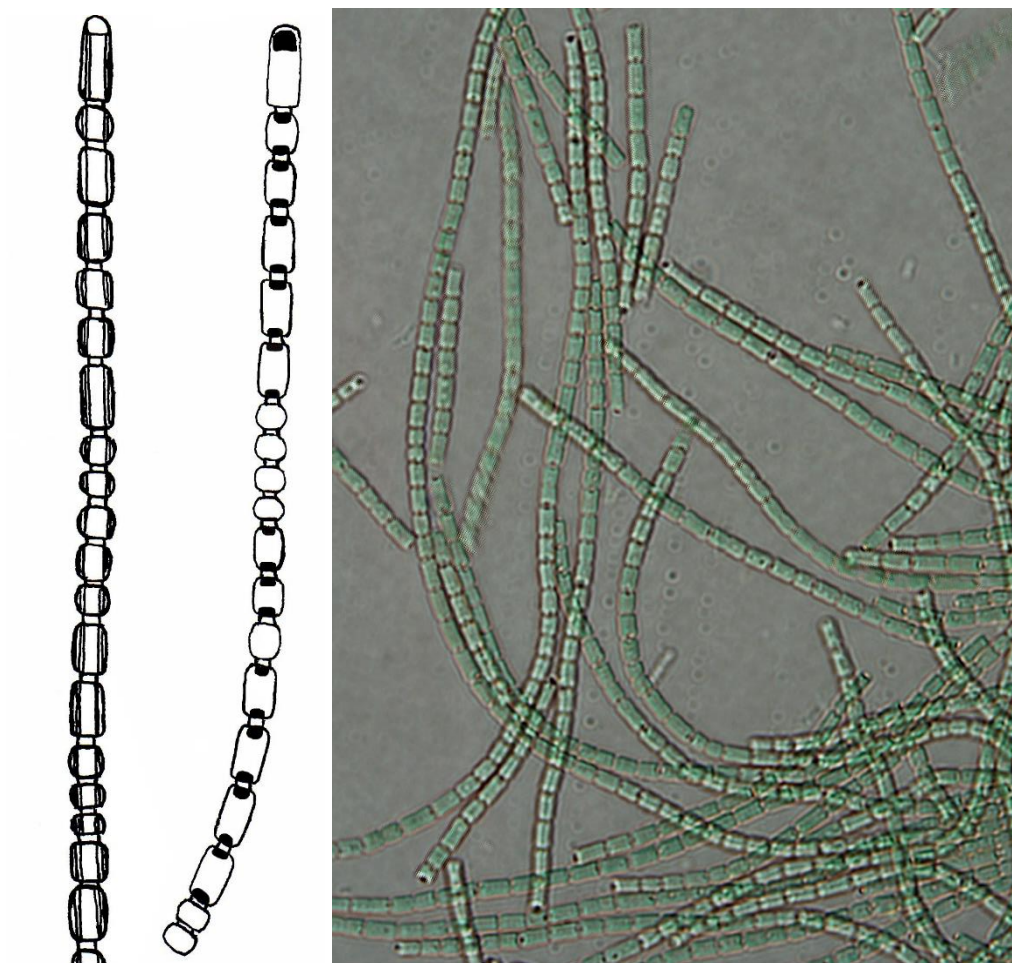


Во оваа фамилија опфатени се мошне тенките филаментозни цијанобактерии кај кои секогаш отсуствува влагалиште. Карактеристичен род од фамилијата е родот *Pseudanabaena*.

Pseudanabaena galeata Böcher

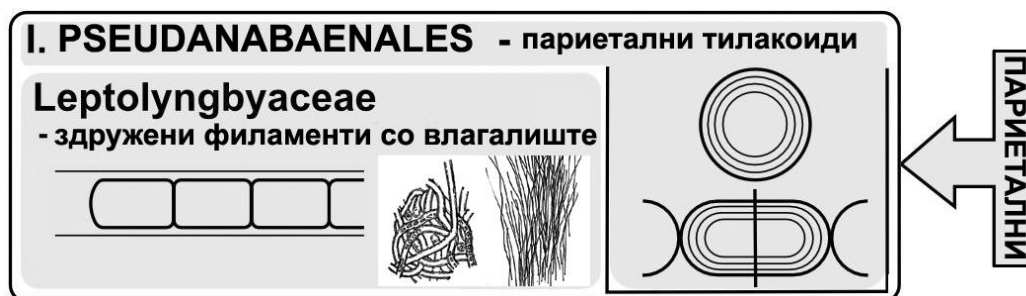
Овој вид е претставен со мошне тенки хомоцитни трихоми кои секогаш се без влагалишта, и со видливи констрикции на трихомот, кои се резултат на самата форма на клетката. Имено, клетките се најчесто цилиндрични, но овални на краевите (во форма на буре), со што трихомот наликува на бисери наредени на ѓердан. Трихомите најчесто се куси (5 до 20 клетки). На двата краја од секоја клетка присутен е по еден аеротоп (**поларни аеротопи**) кои се забележуваат на микроскоп. Апикалната клетка пак, е посебно опремена со **мошне голем, галеатен аеротоп кој има изглед на капа или хемисферен лак на врвот од клетката**. Присуството на ваквиот галеатен аеротоп е дијагностичен карактер за видот, по што го добил и своето име. Како и останатите претставници од овој род, клетките поседуваат мошне подебели клеточни прегради од муреин во однос на периферниот клеточен ѕид, па затоа клетките на светлосен микроскоп наликуваат како да се разделени една од друга со **транслуцентни зони** (во постарата литература „**хијалински мостови**“; овие транслуцентни зони и изгледот на клетките како да се одделени една од друга во трихомот се главниот карактер на родот.

Pseudanabaena galeata е мошне чест слатководен претставник во бентосот на езерските екосистеми, во самата мил, но исто така се сретнува и меѓу виши водни растенија, како и во слузта на одредени видови од родот *Microcystis*.



Слика 8. Цртеж и микроскопски приказ на *Pseudanabaena galeata*

Фам. Leptolyngbyaceae

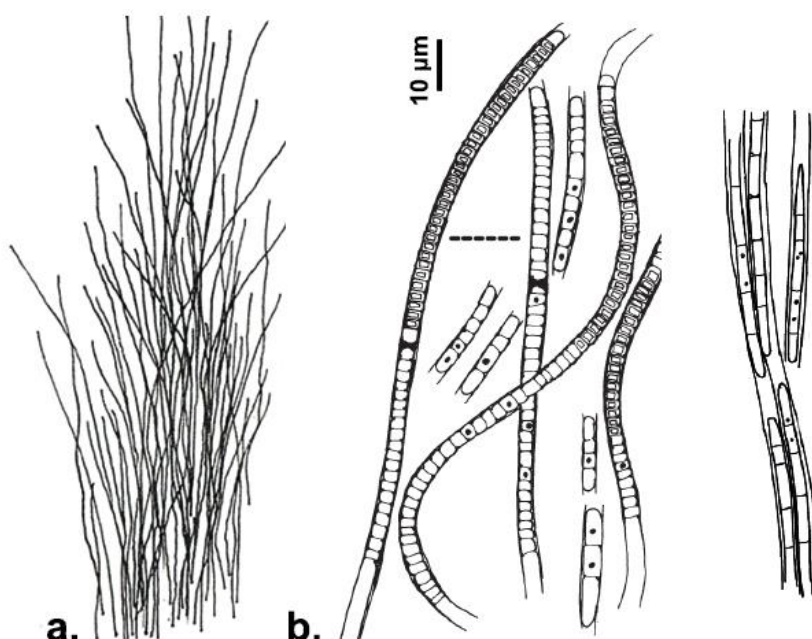


Leptolyngbya Anagnostidis & Komárek

Претставниците од овој род имаат долги, извиткани филаменти кои никогаш не се јавуваат како поединечни (солитарни), односно филаментите речиси секогаш се **здружени во кластери, макроскопски формирајќи дебели и густы превлаки** (анг. *mats*) на различни супстрати. Филаментите се **изополарни**, со константна ширина и **исклучително тенки** (0,5-3,5 μm ширина). Еден од главните дијакритични карактери е присуството на **цврсти, јасно забележителни влагалишта**, кои се блиску слепени до самиот трихом (секогаш опфаќаат *само* по еден трихом). Трихомите не се подвижни. Вегетативните клетки во трихомот се најчесто

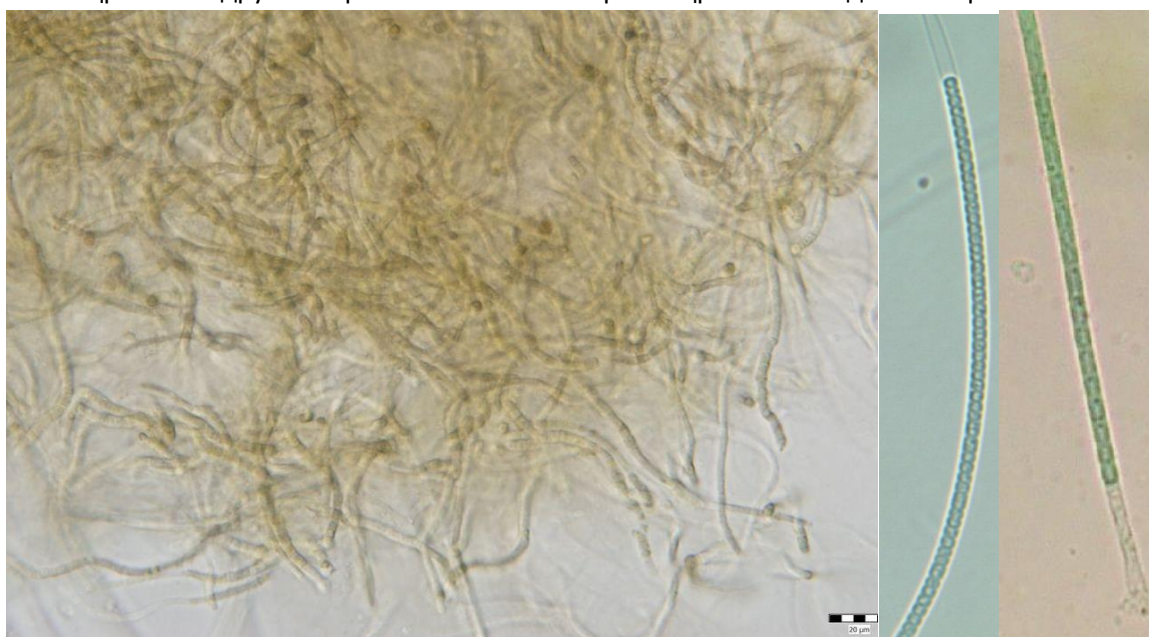
изодијаметрични или подолги од ширината на трихомот, со цилиндрична форма и хомоген изглед, сегогаш без аеротопи и мошне ретко со фина гранулација. Трихомите може да имаат сино-зелена, сива, зелена, жолта или црвена боја. Апикалните клетки се тркалезни или конични. Размножувањето се врши по пат на формирање на хормогонии, во одредени случаи помогнато од страна на *ирегуларни некридични клетки*.

Овој род е мошне богат со видови (157 видови опишани досега). Претставниците од родот *Leptolyngbya* се мошне чести на почвите, во перифитонските и епилитонските заедници на слатководните и морските биотопи каде градат *дебели превлаки*, но исто така опишани се и видови од термоминерални извори. Доста чести се и како аерофити на влажни карпи, сидови, чешми и сл.



Слика 9. Приказ на *Leptolyngbya* sp.

а. Цртеж на здружени филаменти во кластери. б. Цртеж на поединечни филаменти.



Слика 10. Микрофотографии од *Leptolyngbya* sp.

Задача: нацртајте ги набљудуваните препарати од *Pseudanabaena galeata* и *Leptolyngbya boryana* и означете ги нивните карактеристики.

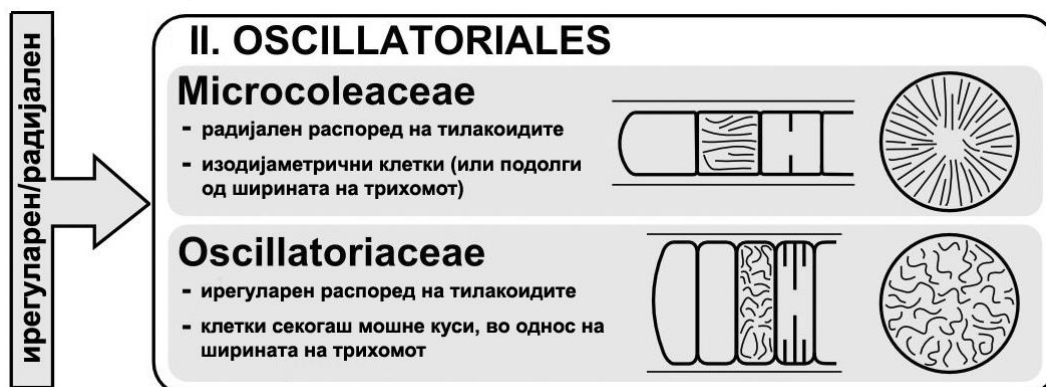
1.3

Поткласа Oscillatoriophycidae

Оваа поткласа ја опфаќа еволутивната линија на посложено градените хомоцитни цијанобактерии, односно на редот Oscillatoriales.

1.3.1 Ред Oscillatoriales

Во овој ред се опфатени хомоцитни цијанобактерии чија **ширина на трихомот е поголема до 4 μm** , кои имаат **покомплицирана цитологија** во однос на филаментозните таксони со мошне тесни трихоми (опфатени во редот Pseudanabaenales), каде **тилакоидите имаат повисок степен на организација, и заземаат радијален, фасцикуларен или ирегуларен распоред низ целиот протоплат**, на што е базирана и нивната класификација во различни фамилии (прикажано на следната шема).



Како најважни дијагностички карактери за таксономската детерминација на хомоцитните родови од поткласата Oscillatoriophycidae се земаат следниве: ширината на трихомот (најголем број на претставници имаат т.н. **изополарни трихоми**, односно трихоми со константна ширина по целата должина на трихомот), распоредот на тилакоидите, присуството или отсуството на

влажалиште, типот на влажалиштето (факултативно/облигаторно/секогаш отсутно; потоа, слузаво и тенко *или* цврсто и јасно видливо), ширината на филаментот (кај претставниците кои имаат влажалиште), односот помеѓу ширината на трихомот и должината на клетките во него (клетки куси или подолги од ширината на трихомот), присуството или отсутството на аеротопи и нивната позиција во клетките, како и морфологијата на апикалната клетка.

Голем број од хомоцитните родови на поткласата Oscillatoriothycidae исто така можат да вршат азотофиксација. Бидејќи овие претставници немаат хетероцити (клетки во кои се врши азотофиксацијата кај хетероцитните претставници), азотофиксацијата кај нив се врши во вегетативните клетки, но само под специфични, анаеробни услови. Кај хомоцитните родови, постои стратегија на **временско раздвојување на фотосинтезата и азотофиксацијата**. Тие фотосинтетизираат во текот на денот, додека азотофиксацијата се одвива кон крајот на денот и во текот на ноќта, придружена со деградација на фикобилините, стопирање на фотосистемот II и фаворизирање на анаеробија.

Вегетативното размножување, кое е карактеристично за овие претставници, се врши со помош на фрагментација на трихомот и одвојување на негови мали делови (**хормогонии**). Фрагментацијата на трихомот најчесто е помогната од страна на **типични некридични клетки**. Една од главните карактеристики на претставниците од овој ред е способноста на алгите да прават одредени движења и да се движат *лизгајќи се по супстратот* (анг. *gliding*).

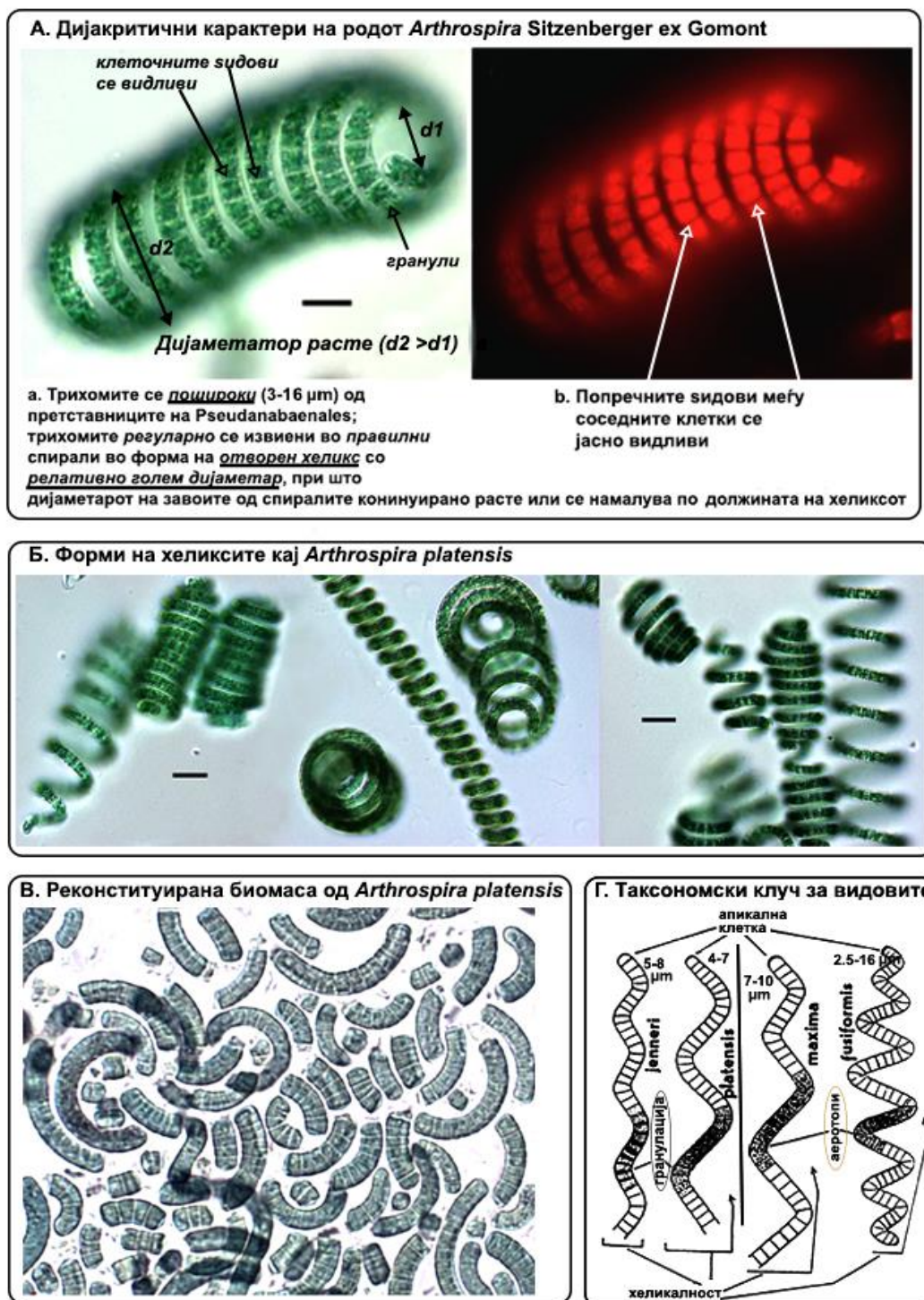
Фам. Microcoleaceae

Кај претставниците од оваа фамилија, тилакоидите се организирани радијално во клетките. Ширината на трихомот е од 4 до 12 μm , а клетките најчесто се изодијаметрични или подолги од ширината на трихомот.

Arthrospira Sitzenberger ex Gomont

Филаментите на претставниците од родот *Arthrospira* се најчесто поединечни (солитарни) и се јавуваат како слободно пливачки во планктонот, а поретко можат да се најдат здружени во форма на превлаки со различна боја на талусот (светло сино-зелена до маслинесто зелена). Главните дијакритични карактери за родот *Arthrospira* се типичниот распоред на нивните мултицелуларни трихоми во вид на **отворен хеликс со релативно голем дијаметар (15 – 60 μm)**, како и **јасно видливите клеточни прегради помеѓу соседните клетки**. Со други зборови, главна карактеристика на овој род е тоа што **трихомите се регуларно свиткани во правилни хеликси (спирали)** по целата должина, најчесто **со континуирана промена на дијаметарот на завоите од спиралите** (кој може да се зголеми или намалува по должината на трихомот). Влажалиштата најчесто отсутнуваат, односно истите факултативно можат да се појават само при услови на стрес. Трихомите се неразгранети, изополарни (со константна ширина), 3-16 μm широки, составени од цилиндрични, изодијаметрични клетки или клетки кои се малку подолги од ширината на трихомот, со преградни сидови меѓу соседните клетки кои се јасно забележливи на светлосен микроскоп. Трихомите се подвижни (лизгање по супстратот како резултат на ротации околу надолжната оска). Клетките се исполнети со гранули, а кај оние видови кои се јавуваат во планктонот присутни се и аеротопи. Апикалните клетки се широко овални и најчесто со задебелен клеточен сид или со калиптра (кај добро развиените трихоми). Размножувањето се врши преку фрагментација на трихомот во подвижни хормогонии, со помош на некридични клетки.

Претставниците од овој род најчесто живеат во планктонот на халофилни биотопи (чести во вулкански езера и резервоари со висок салинитет), но се сретнуваат и неколку видови кои се бентосни во слатководни биотопи. *Arthrospira maxima* Setchell & N.L.Gardner и *Arthrospira platensis* Gomont се мошне значајни организми во во алгалната биотехнологија за продукција на биомаса. Сувата биомаса од *A. platensis* и *A. maxima* комерцијално е позната под називот „Spirulina“.



Слика 11. Приказ на *Arthrospira*. Дијакритични карактери за родот, изглед на ресуспендирана биомаса од *Arthrospira platensis* („Spirulina“) и приказ за таксономска идентификација на видовите.

Таксономска забелешка: најважните организми од овој род, порано биле сместени во родот *Spirulina Turpin ex Gomont*, односно под називот *Spirulina platensis* и *Spirulina maxima*, па затоа и до ден денес биомасата и суплементите од *A. platensis* и *A. maxima* таксономски неисправно се продаваат под називот „*Spirulina*“. Како и да е, денес постои јасна сепарација помеѓу родот *Spirulina* и родот *Arthrospira*. Иако и претставниците од родот *Spirulina* иако исто така поседуваат трихоми завиени во регуларни спирали, тие морфолошки и ултраструктурно се мошне поразлични од оние на *Arthrospira*. Претставниците од родот *Spirulina* имаат можне тесни трихоми (0,5-3 μm) со париетална организација на тилакоидите, врз основа на што припаѓаат во сосема друг ред (односно, соодветствуваат на *Pseudanabaenales*) и филогенетски се разликуваат од *Arthrospira*. Други важни дијагностички карактери за родот *Spirulina* по кои се разликува со родот *Arthrospira* се следниве: спиралите се можне тесни и се скоро затворени, со многу мал дијаметар; спиралите се доста густы, односно соседните навои во спиралниот трихом најчесто се допираат еден до друг; спиралите се исто така униформни (со еднаков дијаметар по целата должина); аеротопи и гранули секогаш отсуствуваат; напречните клеточни сидови меѓу соседните клетки не се видливи на светлосен микроскоп; фрагментацијата на трихомот се врши без некротични клетки.

Врз основа на изнесеното, постојат јасни филогенетски, морфолошки и ултраструктурни разлики меѓу претставниците од родовите *Spirulina* и *Arthrospira*. Комерцијално важните „*Spirulina platensis*“ и „*Spirulina maxima*“ се мошне различни од оригиналниот концепт за родот *Spirulina* (*Pseudanabaenales*, *Spirulinaceae*) и истите припаѓаат родот *Arthrospira* (*Oscillatoriales*, *Microcoleaceae*).

Дополнителен визуелен концепт: „*Spirulina*“ како суплемент во исхраната



Фам. Oscillatoriaceae

Кај претставниците од оваа фамилија, тилакоидите се поставени ирегуларно, низ целиот волумен на протопластот. Трихомите се изополарни, со ширина од 6 до 70 μm , а значаен дијакритичен карактер е должината на клетките, односно клетките се секогаш **јасно потесни од ширината на трихомот**. Трихомите не се разгрануваат, а можат да бидат со или без влагалиште (влагалиштето најчесто е присутно само при услови на стрес, при што секогаш опфаќа само по еден трихом).

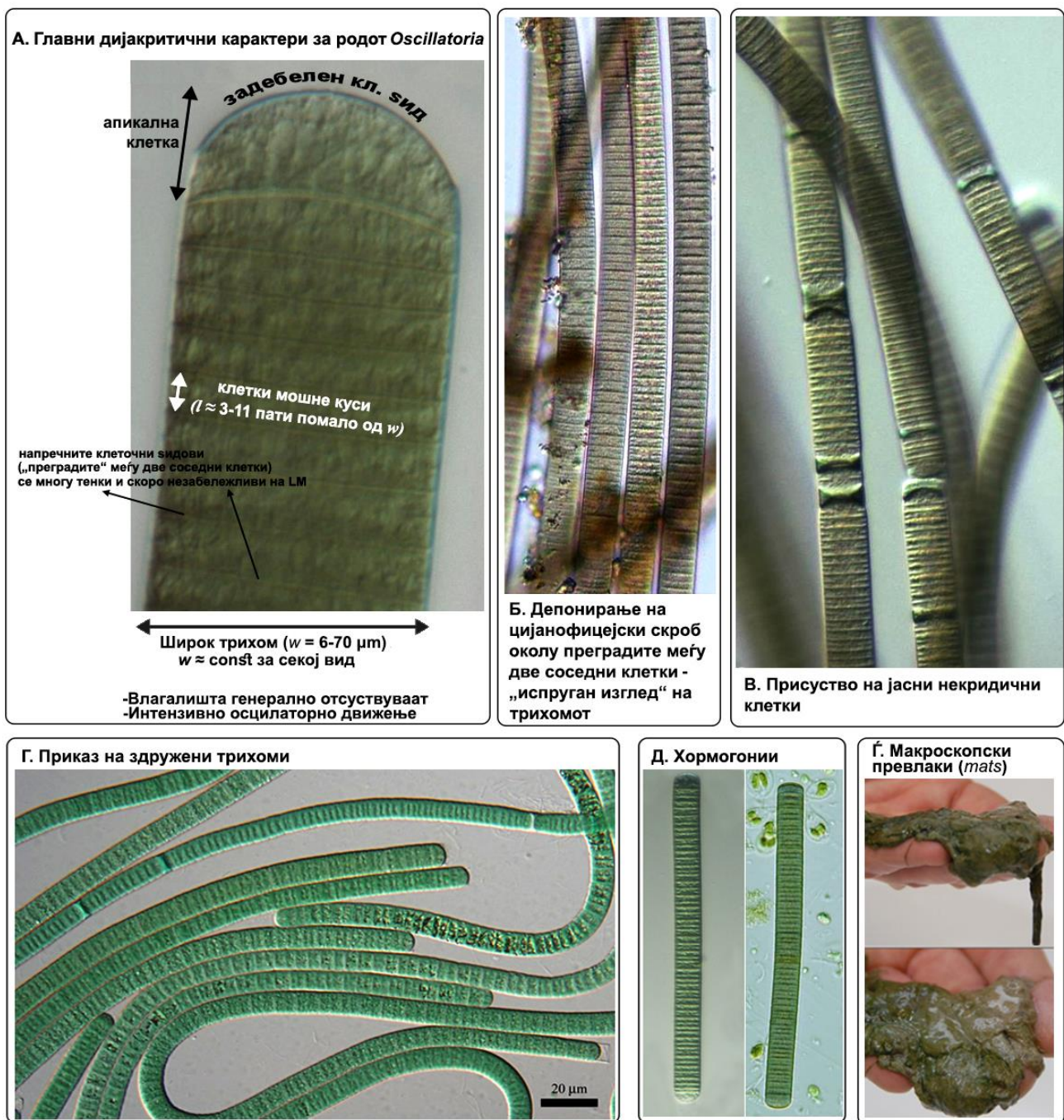
За претставниците од оваа фамилија карактеристично е интензивното движење на нивните трихоми во форма на осцилации, ротации и треперења околу својата надолжна оска, по што и го добиле своето име.

Oscillatoria Vaucher ex Gomont

Изополарните филаменти кај претставниците од родот *Oscillatoria* се речиси секогаш здружени во **макроскопски, мазни или „кожести“ превлаки** (анг. *mats*) или дебели слоеви (анг. *strata*) на површината од супстратот, кои се често мошне компактни и *повеќеслојни*. Трихомите се цилиндрични, изградени од морфолошки идентични вегетативни клетки по димензии, градба и функција (хомоцитен трихом, како и кај целиот ред Oscillatoriales), со ширина 6-70 μm . Клетките се дискоидални, секогаш неколкукратно покуси (најчесто 3 – 11 пати) од ширината на трихомот. **Влагалиштата генерално отсуствуваат**, односно истите можат факултативно да се појават само при субоптимални услови на стрес. Апикалната клетка кај целосно развиените трихоми честопати има задебелен клеточен сид или пак, може да биде прекриена со специфична творба наречена *калиптра*. Со вртење и треперење околу надолжната оска, единките можат *интензивно* да се движат, појава која е означена како *осцилаторно движење*. Размножувањето кај видовите од овој род се врши исклучиво преку фрагментација на трихомот во *хормогонии* (слика 12, панел Д), за што помагаат **некридичните клетки**.

Иако трихомите се повеќеклеточни, напречните клеточни сидови („преградите“ меѓу две соседни клетки) се многу тенки и често не се забележуваат на светлосен микроскоп. Сепак, кај голем број видови во близина на напречните клеточни сидови се депонираат **цијанофицејски зрна**, така што при набљудување на микроскоп трихомите изгледаат „испругани“ со „линии“ од едно до друго поставени цијанофицејски зрна.

Претставниците од *Oscillatoria* населуваат главно стагнантни водни екосистеми (формираат превлаки во бентосот на езерата и акумулациите, а поретко во реките; во подоцнежниот стадиум од нивниот развој, овие превлаки можат да се ослободат од супстратот и да пливаат на површината од водниот биотоп). Мал дел од претставниците се морски (описани видови од Индија и Шри Ланка). Во моментов, опишани се 306 вида од овој род, кои се таксономски прифатени. Некои видови (особено *Oscillatoria formosa*) се способни за продукција на токсини, од кои најпознат за оваа група е невротоксинот (**хомо)анатоксин-а**. Исто така, треба да се спомене дека бројни видови се способни и за синтеза на **бутилиран хидрокситолуен (ВНТ)**, мошне потентен **антиоксидант**, кој често се користи денес како адитив во исхраната.



Слика 12. Микрофотографии од *Oscillatoria* sp.

Дијакритични карактери за родот, напластувања од цијанофицијски скроб, некритични клетки и хормогонии. Прикажани се и превлаки од *Oscillatoria*.

Задача: Нацртајте ги вашите набљудувани препарати од *Arthrospira* и *Oscillatoria* и означете ги нивните карактеристики. Означете на сликите каде се наоѓаат **некридични** клетки!!

1.3

Поткласа Nostocophycidae

Оваа поткласа ги опфаќа хетероцитните родови, филаментозните цијанобактерии со хетероцити и акинети, систематизирани во единствениот род Nostocales.

1.3.1 Ред Nostocales

Во овој ред е опфатена голема монофилетска група на филаментозни цијанобактерии кои имаат диференциран талус, односно поседуваат специфични истакнати клетки (хетероцити, акинети). Оттаму, нивниот трихом е означен како хетероцитен. Редот содржи во главно изополарни и неразгранети претставници, но се јавуваат и фамилии чии претставници имаат лажно или вистинско разгранување на трихомот, како и фамилии со хетерополарни трихоми.

Хетероцитите кај хетероцитните трихоми се клетки кои се разликуваат од вегетативните клетки по бојата, формата, големината и содржината, односно тие се *покрупни, со прозрачна, светло жолтеникава цитоплазма, без присутна гранулација* во нив и, на светлосен микроскоп имаат **хомоген изглед**. Друга забележителна особина на хетероцитите е нивниот **задебелен клеточен сид**, кој дури е уште подебел на едниот или двата краја на клетката каде формира структура означена како **поларна нодула**. Нивната функција е азотофиксација, односно тие содржат ензимски комплекси од нитрогенази, кои катализираат редукција на атмосферскиот азот (N_2) до амонијак.

Вториот вид на специјализирани клетки во хетероцитните трихоми се акинетите. Тие настануваат од една вегетативна клетка или со фузионирање на повеќе клетки. Акинетите најчесто се покрупни од вегетативните клетки и имаат подебел, континуиран клеточен сид без пори. Во внатрешноста на спората се наоѓаат зголемени концентрации на резервни материи и 20-30 пати повеќе DNA. Како резултат на градбата на клеточниот сид и нејзината содржина, овие

клетки се адаптирани да издржат подолг временски период во неповолни еколошки услови. Така на пример, акинетите на некои видови од *Dolichospermum* можат да преживеат и до 64 милиони години во седиментите.

Сумарно, кај хетероцитните трихоми сретнуваме *своевидна примитивна диференцијација*, во која стратегијата е **просторно одвојување на процесите на N₂ фиксацијата и фотосинтезата во различни компартмани**. Вегетативните клетки се високоспецијализирани клетки кои вршат CO₂ фиксација, фотосинтеза и продукција на цијанофицејски скроб, додека хетероцитите вршат фиксација на азот и негова трансформација до амонијак, со цел продукција на аминокиселини. Бидејќи сите клетки од трихомот се поврзани со микроплазмодезми, добиените продукти од овие специјализирани клетки циркулираат низ трихомот, со цел вршење на метаболизам кај мултицелуларниот организам.

Во рамките на овој практикум, ќе разгледаме две фамилии од хетероцитните претставници.

Фам. Nostocaceae

Талусот на претставниците од оваа фамилија главно е со слузеста конзистенција. Трихомите се едноредни, еднакво широки по целата должина или поретко потенки на врвот завршувајќи со четинковиден врв. Вегетативните клетки на крајот понекогаш можат да се разликуваат од останатите клетки. Влагалиштата (доколку се присутни) се дебели, при што во секое влагалиште има само еден трихом. Хетероцитите се наоѓаат меѓу вегетативните клетки (интеркаларно) или пак се на краевите на трихомот (терминално). Спорите се без определено место, но често до хетероцитите.

Nostoc Adanson

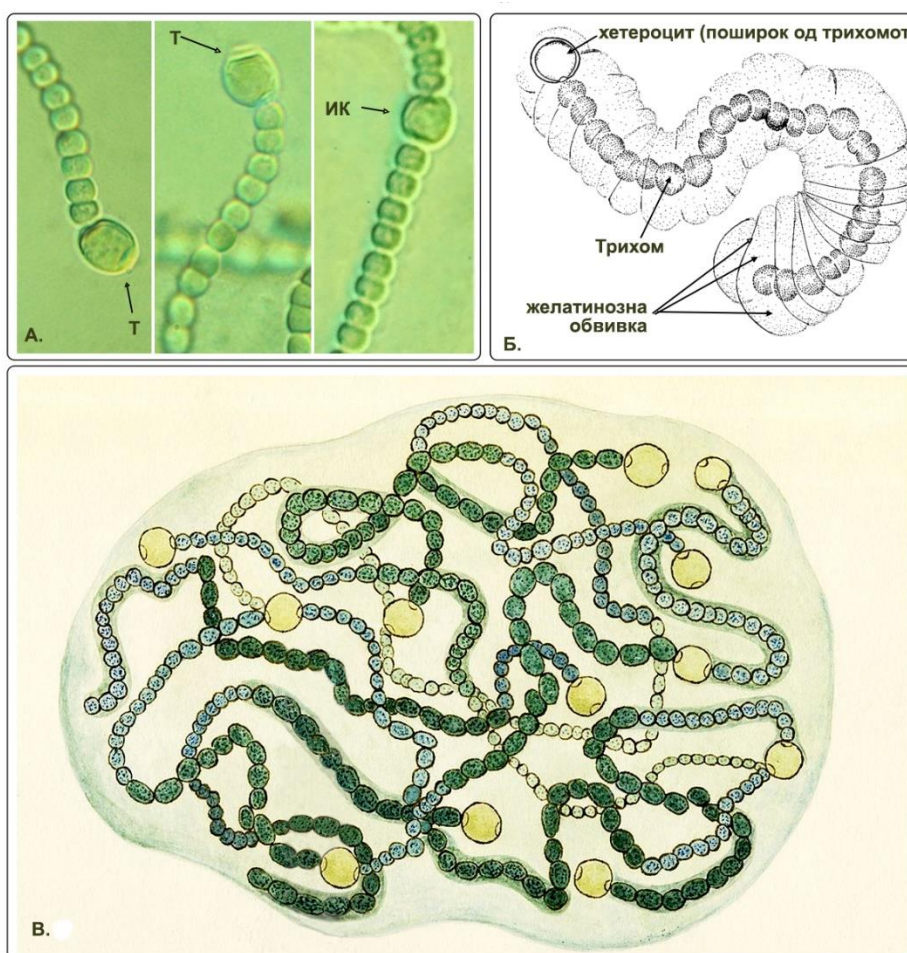
Трихомите кај овие претставници никогаш не се слободни, односно истите неправилно се „испреплетуваат“ и мошне густо се агрегираат во склоп на големи, макроскопски **желатинозни колонии** кои поседуваат цврст **периферен перидерм** (како обвивка на целата колонија). Колониите се со топчеста или неправилна форма, а нивната големина се движи од неколку 10-тина μm – до 5 cm (слика 14, А). Колонијата е составена од поголем или помал број на трихоми кои се дистрибуирани и испреплетени ирегуларно низ заедничкиот внатрешен слуз. Трихомите се со **хетероцитна градба** (слика 14, Б), *неразгранети*, изополарни и мониформни (со длабоки констрикции, односно наликуваат на „бисери на ѓердан“), *неправилно извиени*. Влагалишта генерално отсутствуют. Вегетативните клетки се најчесто во форма на буре (анг. *barrel shaped*), при што крајната клетка не е диференцирана и, најчесто е заоблена. Клетките се **без способност за продукција на гасни вакуоли (аеротопи секогаш отсутствуют)** и затоа овие претставници никогаш не живеат во планктонот (единствен исклучок е *N. kihlmanii*). Вегетативните клетки можат да бидат силно гранулирани како резултат на присуството на разни инклузии (пример, цијанофицејски зрна).

На одредени места меѓу вегетативните клетки се развиваат спори (**акинети**) кои настануваат од вегетативните клетки и од нив се разликуваат по големината (најчесто двапати поголеми) и бојата (потемни поради зголемена содржина на цијанофицејски скроб). Акинетите се развиваат **апохетероцитно** (односно тие се развиваат во средината помеѓу два оддалечени хетероцита, и потоа се појавуваат сукцесивно во долги редови; сукцесивниот развој на

акинетите продолжува од првата акинета до хетероцитот и затоа, *понекогаш сите клетки во трихомот можат последователно да се преобразат во акинети*). Овој тип на развој на акинетите е карактеристичен за родот *Nostoc*, како и за родот *Trichormus*. Притоа, акинетите се максимум 2× поголеми од вегетативните клетки и најчесто се овални, елипсоидни, ретко речиси сферични. Претставниците од останатите фамилии кои се опфатени во овој практикум (како *Dolichospermum*, *Aphanizomenon* и сл.) се карактеризираат со *парахетероцитен* развој.

Релативно поретко од спорите, со интеркаларна или терминална позиција, во трихомот присутни се и **хетероцитите** кои се **пошироки од вегетативните клетки**, имаат подебел клеточен сид и како резултат на отсуство на цијанофицејски зрна **тие се прозрачни** (слика 13). На двата краја кај нив се забележуваат *поларните нодули*. Раскинувањето на трихомот најлесно се одвива на местото на поврзување на вегетативната клетка со хетероцитата, па како резултат на тоа може во одредени случаи хетероцитата да биде поставена на крајот од трихомот, т.е. во вид на *терминална хетероцита*. Покрај оваа функција на хетероцитата (раскинување на трихомот и формирање на хормогонија) истата има важна улога во процесот на азотофиксација.

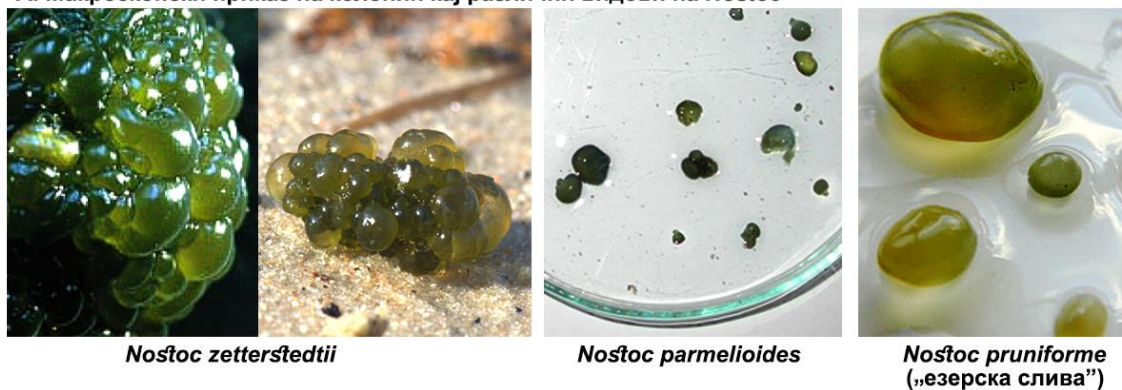
Видовите од родот *Nostoc* ги населуваат стагнантните или споро течечките слатководни екосистеми. Чести се како *аерофити на влажни станишта*.



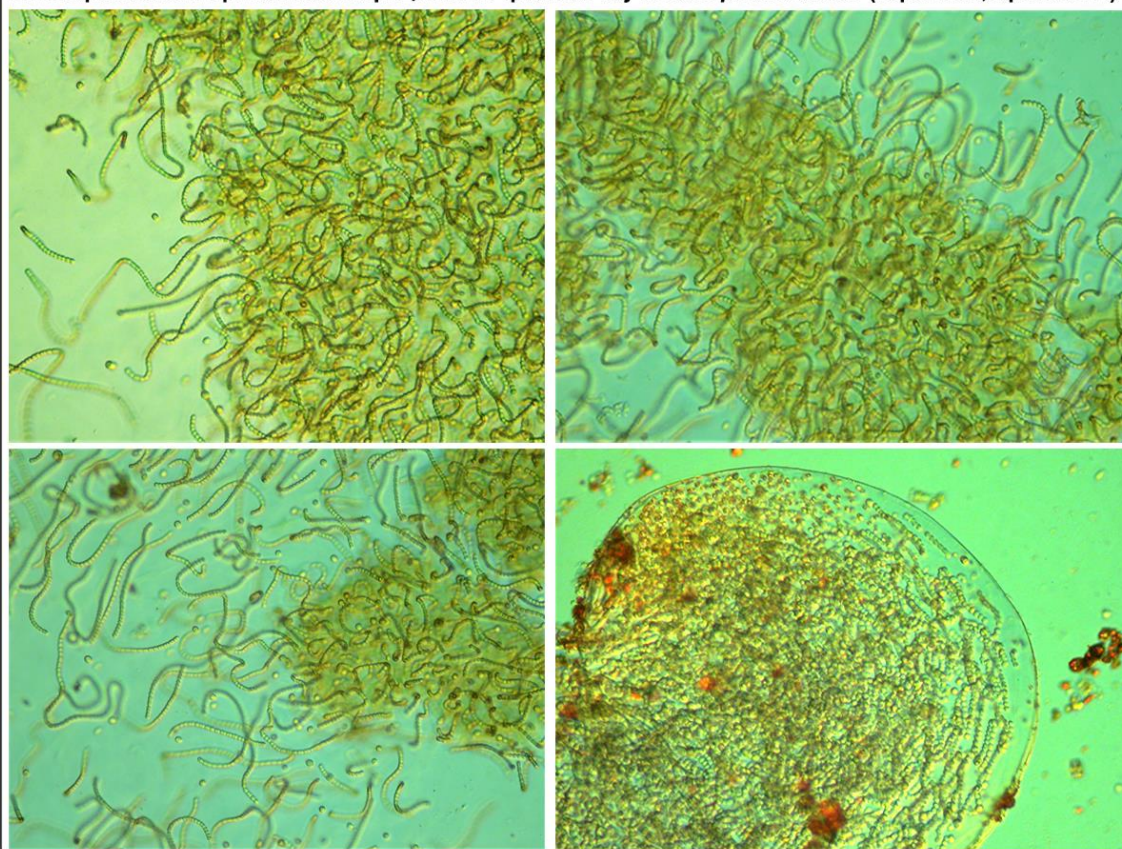
Слика 13. Хетероцити кај *Nostoc*.

А. Микрофотографији. Т – терминални хетероцити, ИК – интеркаларни хетероцити. Забележете ги поларните нодули. Б. Приказ на дијаκριчните карактери на трихомот кај *Nostoc*. Забележете дека хетероцитите се секогаш поголеми од ширината на трихомот (односно, со поголем дијаметар од вегетивните клетки). В. Илустрација на *Nostoc*.

А. Макроскопски приказ на колонии кај различни видови на *Nostoc*



Б. Микроскопски приказ на хетероцитните трихоми кај *Nostoc parmelioides* (горен тек, Кранска Р.)



Слика 14. Макроскопски изглед и микроскопски приказ на *Nostoc* sp.

Задача:

Нацртајте го вашиот набљудуван препарат од *Nostoc* и означете ги неговите карактеристики (хетероцити, вегетативни клетки). На сликите означете каде има хетероцита!!

Макроскопски приказ:

x10

x40 (x100)

Фам. Aphanizomenonaceae

Претставниците од оваа фамилија се разликуваат од претставниците од претходната фамилија по тоа што никогаш не создаваат галертасти колонии. За разлика од родот *Nostoc*, чии галертасти колонии се прикрупени за подлогата во бентосот, *претставниците од Aphanizomenonaceae живеат во планктонот, во вид на слободни поединечни или здружени трихоми, честопати правилно или неправилно извиени во спирали*. Втора важна карактеристика е фактот дека вегетативните клетки на претставниците на Aphanizomenonaceae содржат крупни, јасно видливи **аеротопи**.

Dolichospermum (Ralfs ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek

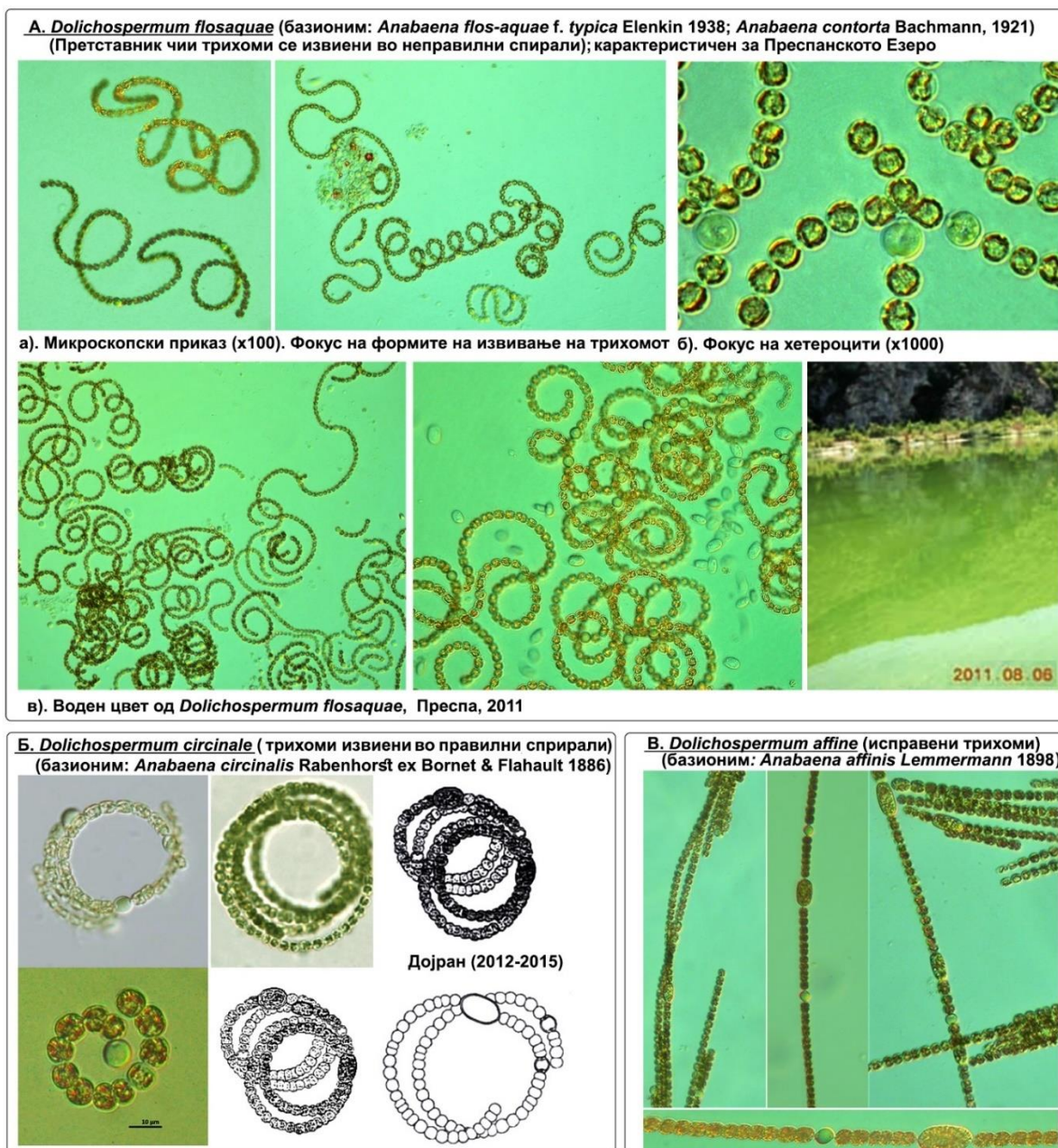
Трихомите кај претставниците од родот *Dolichospermum* се слободно лебдечки (конституенти на фитопланктонот); истите се долги, исправени или пак многу почесто неправилно или правилно извиени во спирала (во зависност од видот). Трихомите се *поединечни, без влагалишта*, но некогаш обвиеени со мошне тенка, безбојна и дифузна слуз. Вегетативните клетки се правилно **сферични**, со јасни констрикции на трихомот (трихомот наликува на „топчести бисери на ѓердан“), имаат еднаков дијаметар по должината на трихомот и, облигаторно продуцираат **гасни вакуоли** кои се групирани во јасно видливи **аеротопи** на LM. Спорите се единечни или пак распоредени по неколку во низ со интеркаларна поставеност, често до хетероцитите.

Важна карактеристика на трихомот на *Dolichospermum* е неговата **метамерна структура**, односно *хетероцитите се појавуваат на приближно регуларни растојанија по должината на трихомот*, на таков начин формирајќи неколку перпендикуларни оски кои можат да го поделат трихомот на неколку речиси идентични сегменти. За разлика од претставниците на *Nostoc*, **хетероцитите се со приближно ист дијаметар како и вегетативните клетки**.

Претставниците од овој род се најчесто планктонски, распространети во еутрофни, стагнантни слатководни екосистеми, но можат да се јават и како аерофити. Многу од видовите од овој род учествуваат во формирање на **водни цветови**, кои се опасни, како резултат на капацитетот на овие организми за масивно умножување и синтеза на **невротоксини** (означени како **анатоксини**). Карактеристичен претставник во водните цветови формирани од планктонски хетероцитни цијанобактерии е *Dolichospermum flosaquae* (базионим *Anabaena flos-aquae*, види подолу). Бројни видови од *Dolichospermum* се способни да продуцираат различно потентни невротоксини (анатоксин-а, анатоксин-а(S), сакситоксини, цилиндроспермопсини), како и хепатотоксини од групата микроцистини.

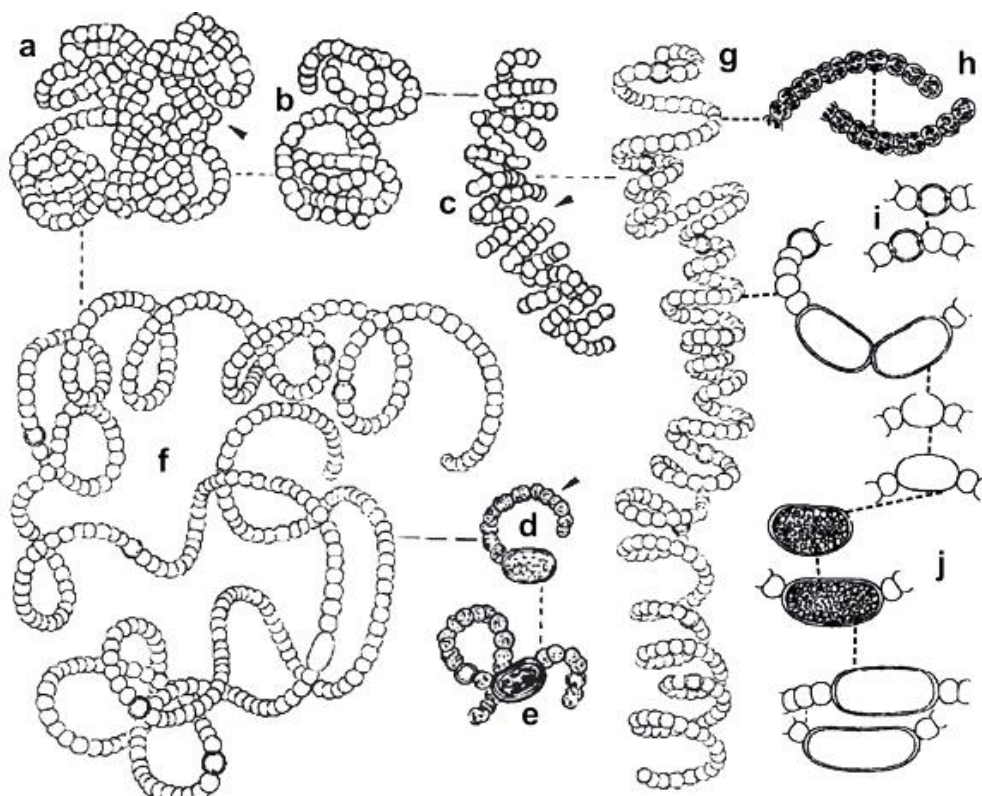
Главни дијагностички карактери за родот *Dolichospermum* (во однос на родот *Nostoc*): поединечни, слободно пливачки трихоми (никогаш не се здружени во колонии), живеат во планктон, клетките се *правилно сферични* (кај *Nostoc*, клетките имаат неправилно сферична форма налик на буре – *barrel shaped*), задолжително поседуваат крупни аеротопи (кои не се сретнуваат кај *Nostoc*), хетероцитите се појавуваат на приближно регуларни растојанија, **хетероцитите имаат иста големина како и вегетативните клетки, односно не се со поголем дијаметар од ширината на трихомот**.

Таксономски забелешки: треба да се напомене дека родот *Dolichospermum* беше мошне скоро издвоен од родот *Anabaena* Bory ex Bornet & Flahault, па поради тоа, честопати претставниците од овој род можат да се сретнат и со нивните базииноми, особено во постарата литература (пример *Anabaena flos-aquae* и *Anabaena contorta* за *Dolichospermum flosaquae*). Во суштина, сите претставници кои живеат во планктонот на слатководните екосистеми со способност да формираат аеротопи, да се размножуваат во форма на водни цветови и да синтетизираат анатоксини денес се сместени во родот *Dolichospermum* (*Dolichospermum flosaquae*, *Dolichospermum circinale*, *Dolichospermum affine* итн). Спротивно пак, денес родот *Anabaena sensu stricto* содржи бентосни видови кои не формираат аеротопи и генерално, не синтетизираат анатоксини.



Слика 15. Приказ на најзначајните видови од родот *Dolichospermum*

Цртеж на дијакритичните карактери на *Dolichospermum flosaquae*



Задача:

Нацртајте ги вашите набљудувани препарати од *Dolichospermum* и направете разлика помеѓу видовите со неправилни спирали, правилни спирали и оние со исправен трихом.

Dolichospermum flosaquae

Dolichospermum circinale

Dolichospermum affine

Трихомите кај претставниците од *Aphanizomenon* се ретко поединечни, односно **тие имаат тенденција да се групираат во густе снопиња од паралелно поставени трихоми** (кои понекогаш се забележуваат дури и како **макроскопски колонии**). Трихомите се прави (ретко слабо извиени), **без констрикции** (или со слаби констрикции, *но трихомот не е монилиформен*, во споредба со оној кај *Dolichospermum*, односно **нема изглед на „бисери на ѓердан“**), секогаш се **без влагалишта** и со **јасно издолжени и цилиндрични терминални клетки**.

Веgetативните клетки кај овие претставници генерално се **цилиндрични**, најчесто изодијаметрични или слабо издолжени, кој **облигаторно** содржат **гасни вакуоли** (групирани во **аеротопи**). Во средината на трихомот клетките се кратки и цилиндрични, а додека кон периферијата се **поиздолжени**. Крајните клетки се **јасно издолжени и хијалински (прозрачни)**. Хетероцитите се јавуваат само интеркаларно, и истите се слабо **издолжено цилиндрични**, со **иста ширина како и вегетативните клетки**. Кај *Aphanizomenon* се јавуваат мал број на хетероцити, најчесто само 1 (поретко 2 – 4) во склоп на еден трихом; затоа, спротивно на *Dolichospermum* (*Anabaena*), трихомот кај претставниците од *Aphanizomenon* има **субсиметрична градба**, односно тој содржи мал број на хетероцити кои **не** се сместени на симетрични позиции. Во секој трихом **облигаторно се јавува една паракхетероцитна** (поретко две) **цилиндрични, силно издолжени акинети** (неколку пати подолги од вегетативните клетки), кои се поставени интеркаларно.

Претставниците на *Aphanizomenon* живеат во планктонот на еутрофни слатководни екосистеми, односно се јавуваат во води кои се богати со фосфати, каде што брзо се размножуваат. Некои видови од овој род учествуваат во формирање на **водни цветови** (како што е *Aphanizomenon flos-aquae*) и имаат способност за продукција на токсини (ВМАА, анатоксин-а, сакситоксини, микроцистини, цилиндроспермопсини). Во нашата држава, претставниците од родот *Aphanizomenon* **најчесто се сретнуваат како поединечни трихоми** во асоцијација со други планктонски цијанобактерии (најчесто, *Dolichospermum affine* и *Microcystis* spp.), односно мошне ретко се детектирани во развој на макроскопски колонии од здружени трихоми. Интензивно се присутни во планктонот на акумулацијата Глобочица, а додека во акумулацијата Турија градат воден цвет во мошне специфична асоцијација со планктонската дијатомеја *Aulacoseira granulata*.

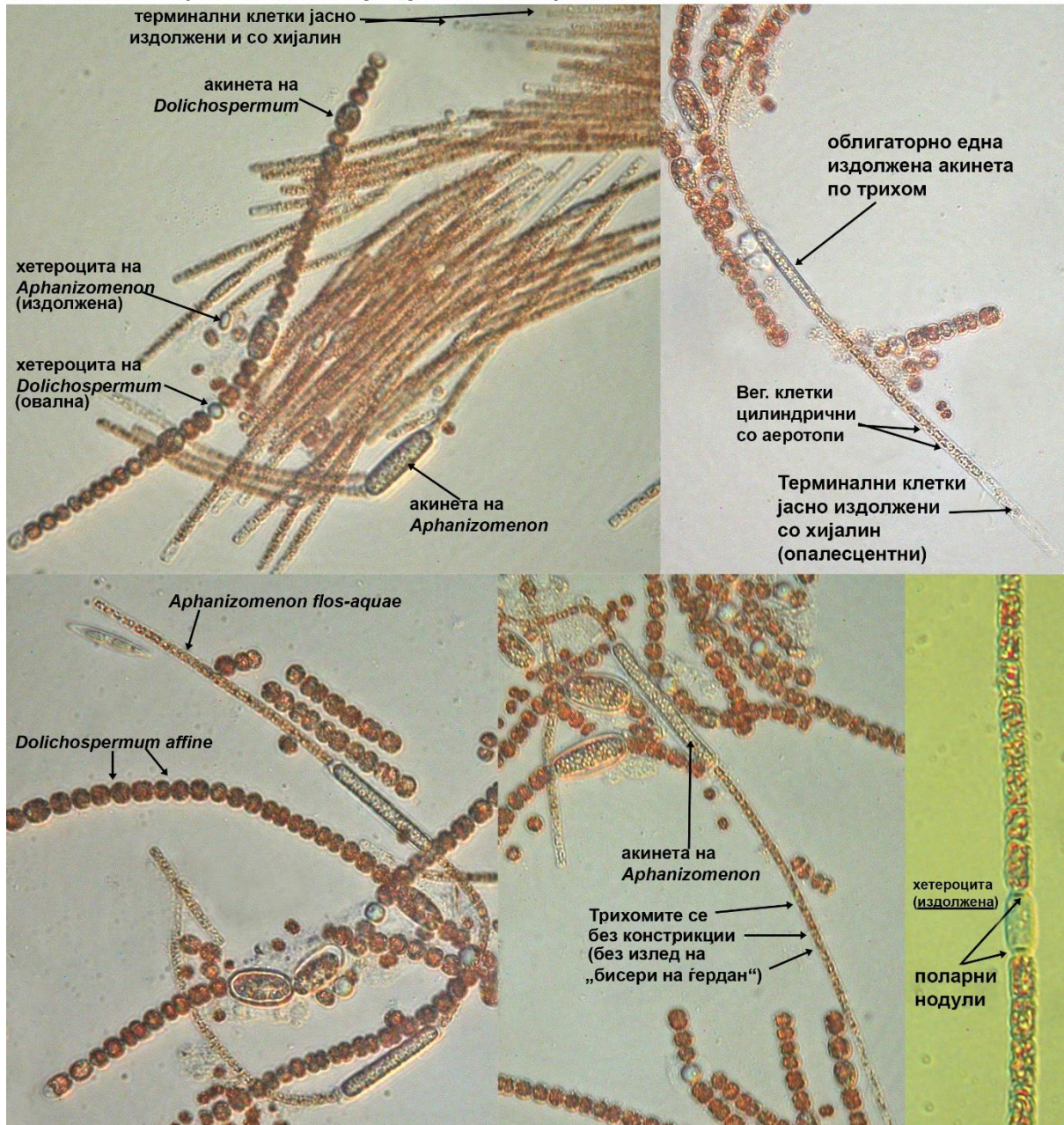
Главни дијагностички карактери во однос на *Dolichospermum affine*: трихомите се мошне потенки, без констрикции (без монилиформен изглед), клетките се цилиндрични (не сферични), акинетите се силно издолжени и цилиндрични, хетероцитите се издолжени, терминалните клетки се издолжени и хијалински.

Задача: Нацртајте го вашиот набљудуван препарат од *Aphanizomenon* и означете ги неговите карактери.

А. Трихоми со тенденција да се групираат во густе снопчиња во вид на макроскопски колонии

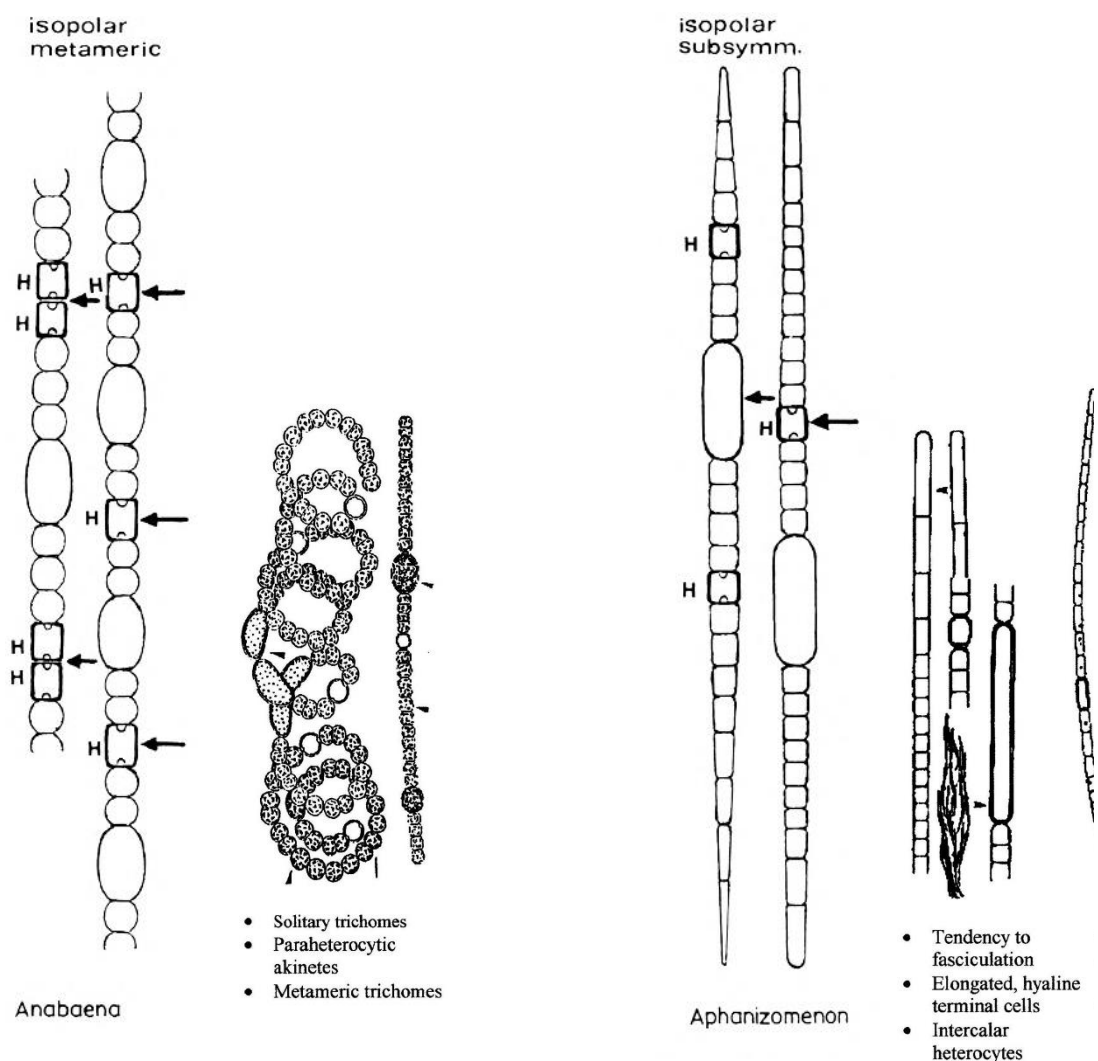


Б. Поединечни трихоми во асоцијација со *Dolichospermum affine*



Слика 16. Приказ на *Aphanizomenon flos-aquae*

Дополнителен визуелен концепт: споредба на трихомите од *Anabaena* и *Aphanizomenon*



Дополнителен прилог: Летална доза (LD₅₀ (µg/kg)) на одредени цијанотоксини и нивна споредба со познати не-алгални токсини

Цијанотоксини	LD ₅₀	Не-алгални ТОКСИНИ	LD ₅₀
Сакситоксин	9	Рицин	0.02
Анатоксин-а(s)	20	Токсин од кобра	20
Микроцистин LR	50	Кураре	500
Анатоксин-а	50	Стрихнин	2000

Датум:

Прегледал:

Царство Chromista

Супергрупа Alveolata - мезокариоти

Тип Dinophyta (огнени алги)

Најголем дел од претставниците на типот Dinophyta (тип Pyrrophyta според Blažencić, 1990), односно таканаречените **симбиотски** и **огнени алги** (од грчкиот назив *pyrros* – оган) се **едноклеточни флагелатни организми**, додека само мал број претставници се колонијални или филаментозни. Дополнително, неколку еволутивни линии се јавуваат и како **високоспецијализирани хетеротрофни форми**, кои во текот на еволуцијата ја изгубиле способноста за фотосинтеза. Голем дел од претставниците на Dinophyta се способни за формирање на т.н. „**црвена плима**“ во морињата, дел од нив содржат **луциферин** и се способни за **биолуминисценција**, а додека голем дел од овие претставници се јавуваат како **ендосимбионти со коралите**.

Од морфолошки аспект, главна карактеристика за типот Dinophyta е **дорзовентралната градба** и присуството на клеточен сид во облик на **цврст дорзовентрален целулозен панцир („оклоп“ или тека)** во кој е сместена клетката. Панцирот е изграден од **споени полигонални плочки**, кои се **рамни и цврсти** и се слепуваат по ивиците (треба да се напомене дека *не сите* претставници од Dinophyta имаат целулозен панцир). Самите полигонални целулозни плочки се најчесто орнаментирани со помали плочки кои пак од своја страна се перфорирани со ситни пори, преку што настанува размена на материите со околната средина. **Формата, градбата и орнаментацијата на целулозниот панцир се специфични за секој вид.**

Целулозниот панцир кај претставниците од Dinophyta е разделен со **една или две бразди**, при што доколку се присутни две бразди, едната е напречна, а другата е надолжна; кај видовите кои имаат само една бразда таа е секогаш надолжна. Од браздите на панцирот излегуваат **флагелуми** кои вршат функција на локомоторни органели. Флагелумите се различни по должина и по функција, при што едниот служи за локомоција, додека другиот служи за насочување (ориентација) на организмот. Мал број видови огнени алги се движат амебовидно, а некои воопшто не се подвижни (кокоидни).

Градбата на клетката кај сите претставници од огнените алги е од т.н. **мезокариотски тип** (од грчки мезо -помеѓу), односно иако присутни се морфолошки диференцирани органели (централно место во клетка зазема вакоула, околу која се распоредени крупно јадро и хроматофори), сепак кај овие организми се сретнуваат бројни **примитивни** („архаични“) **цитолошки карактеристики**. Хромозомите во јадрото се **без хистони** и се постојано **силно кондензирани** и **лесно препознатливи** (дури и во текот на интерфазата). Во суштина, секој хромозом претставува единечна, силно збиена, суперспирализирана DNA молекула (*слично како и кај цијанобактериите*), која останува **постојано суперспирализирана**. Dinophyta не поседуваат само атипични хромозоми, туку поседуваат и мошне необичен тип на митоза. При клеточната делба **отсутвуваат центриоли** во делбеното вретено и во текот на метафаза **отсутвува централна рамнина** во која се распоредуваат метафазните хромозоми. За време на митозата, исто така **јадрената обвивка останува интактна**, а сноп од микротубули на

делбеното вретено минуваат низ јадрото преку цитоплазматичен канал. Овој тип на јадро се означува и како „динокарион“ или „мезокарион“. Поради овие карактеристики кои јасно покажуваат екстремна старост на јадрениот апарат на динофитите во еволуцијата, кој се наоѓа помеѓу прокариотите и еукариотите, во овој курс типот *Dinophyta* со право го зазема ова интермедиерно еволутивно место.

Типичните хлоропласти кај *Dinophyta* содржат три мембрани, **хлорофил а и с**, каротеноиди (во најголема мера β -каротен) и **специфични ксантофили**, од кој најзастапен е **перидининот**, кој е карактеристичен само за претставниците од *Dinophyta*. Од останатите ксантофили, позначајни се **дијадиноксантино** и **диноксантино**. Перидининот е главен помошен пигмент кај повеќето фотосинтетски огнени алги и е тесно поврзан со хлорофилот *a* во **хлорофил-а-перидинин протеински комплекс**. Поради овие причини, хлорофилот во хлоропластите во голема мера е маскиран од помошниот пигмент **перидинин**, како и од останатите ксантофили и β -каротенот, па затоа телото на овие алги е обоено жолто, кафеаво или црвено.

Треба да се нагласи дека неколку претставници од *Dinophyta* поседуваат *нетипични хлоропласти*, кои всушност претставуваат еукариотски ендосимбионти, кои се редуцирани во поголема или помала мера. Сепак, околу половина од сите видови на *Dinophyta* воопшто не поседуваат хлоропласти и се облигаторно хетеротрофни.

Дополнување: хлоропласти кај огнените алги и докази за ендосимбиотската теорија

Хлоропластите кај динофлагелатите имаат различно потекло, односно настанале со секундарна или терцијална ендосимбиоза со различни еукариотски алги. Попрецизно, кај нив утврдени се три типа на хлоропласти. Првиот тип е „типичниот“ хлоропласт кој се сретнува кај најголем дел од претставниците, кој содржи 3 мембрани и перидинин како помошен пигмент (карактеристичен за *Peridinium cinctum*). Вториот тип на хлоропласти **претставува редуциран хетероконтофитен ендосимбионт**, што укажува дека ваквиот хлоропласт е настанат како резултат на **терцијална ендосимбиоза на хетеротрофен домаќин со хетероконтна алга**. Ендосимбионтот („хлоропластот“) сè уште содржи плазмалема, неколку хлоропласти во себе, митохондрии, голџи апарат, па дури и **јадро**. Овој хлоропласт кој содржи кафеав ендосимбионт е карактеристичен за неколку видови од огнените алги, како што се *Peridinium balticum* и *Peridinium quinquecorne*.

Третиот тип на хлоропласти **содржат редуцирана зелена алга како ендосимбионт**. Хлоропластот кај овие претставници е обвиткан со мембрана на хранителната вакуола, а истиот содржи плазмалема на ендосимбионтот, слој на ендосимбионтската цитоплазма, хлоропласти на ендосимбионтот (кои се обвиткани со две мембрани), како и *остаток* од јадрото на ендосимбионтот. За нештата да бидат уште покомпликувани, кај *Noctiluca scintillans* утврдено е дека зелена алга од родот *Pedinomonas* како ендосимбионт слободно живее („плива“) во вакуолата на домаќинот. Од овие сознанија, се смета дека *Dinophyta* во основа се група на хетеротрофни протисти кои се здобиле со фотосинтеза во повеќе наврати во еволуцијата со инкорпорирање на различни фотосинтетски еукариотски алги.

Размножувањето кај огнените алги е најчесто вегетативно, со надолжна делба на клетката. При тоа двете клетки-ќерки добиваат по една половина од целулозниот панцир, а останатата половина сами ја синтетизираат. Тие се размножуваат и бесполово со зооспори

(подвижни спори) и апланоспори (неподвижни спори). При неповолни услови, доаѓа до контрахирање на протопластот и негово преминување во трајна спора (**циста**), од која во поволни услови се развива нова единка. Половото размножување настанува преку формирање на микрогамети и макрогамети и нивна фузија, со што се добива зигот. Зиготот подлежи на мејоза (редукциона делба), со што се добиваат хаплоидни вегетативни клетки. Повеќето видови се изогамни.

1.

Класа Dinophyceae

Класата опфаќа главно едноклеточни претставници кои живеат во површинските води во морињата, слатките и бракичните води. Нивната клетка е сместена (условно кажано „заробена“) во **дводелен целулозен панцир** (означен како **тека**) кој е разделен на две половини со континуирана **напречна бразда** која минува во вид на прстен околу панцирот. Браздата го дели целулозниот панцир на **епивалва** (горнен дел – „капак“) и **хиповалва** (долен дел – „дно“). Панцирот е **дорзовентрален**, односно надолжната бразда се наоѓа само на вентралната (стомачна) страна. Од надолжната бразда излегува флагелум кој е кончест, прав и служи за движење на клетката, а додека во напречната бразда е сместен лентовиден, спирален флагелум кој обично не излегува од неа и служи за насочување на организмот (флотација во планктонот). Поради присуството на две бразди и два флагелума кои излегуваат од истите, претставниците од оваа класа исто така се познати и како **динофлагелати** (тип **Dinoflagellata** според *Интернационалниот код за зоолошка номенклатура* - ICZN).

Најголем дел од огнените алги се планктонски организми кои поседуваат различни продолжетоци со често необична форма, што им овозможува на истите полесно да се одржуваат во планктонот. Динофлагелатите се познати од поларните, тропските и водите од умерената зона, но сепак имаат тенденција најмасовно да се развиваат во топлите води. Во умерената зона тие имаат максимум во текот на доцната пролет и летото. Така на пример, по пролетниот масовен развој на дијатометите, следува развој на динофлагелати. Повеќето од видовите (**околу 90%**) се **морски претставници**. Најголем диверзитет и застапеност на динофлагелатите се забележува во крајбрежните зони на океаните и морињата каде хранителните материи се со зголемена концентрација.

При поволни услови клетките на одредни видови можат да се делат многу интензивно и да продуцираат **динофлагелатен „воден цвет“ кој има црвена боја**. Во морињата, ваквата појава е означена како **„црвена плима“** (анг. *red tide*) и е предизвикана главно од претставниците на родовите *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Glenodinium*, *Dinophysis* и *Procentrum*, но исто така и од хетеротрофни видови од родот *Noctiluca*. Црвената плима се јавува во текот на касна пролет, после намалувањето на пролетниот интензивен раст на дијатомеите. Водениот цвет од некои динофлагелати е токсичен за многу животни, што доведува да црвената плима е скоро секогаш пропратена со масовно изумирање на морските организми. Црвената плима може да предизвика и труење кај човекот доколку се консумираат мекотели (најчесто школки) кои акумулирале високи концентрации од нивните токсини - **сакситоксини** (анг. **Paralytic shellfish poisoning**). *Alexandrium tamarense* е еден од најчестите продуценти на силни токсини во планктонот на морето.

Во текот на денот, масовниот развој на огнените алги се забележува по нивната црвена боја, додека во текот на ноќта тие се забележуваат по нивното светкање (**биолуминисценција**). Одредени претставници од огнените алги се способни за биолуминисценција (поседуваат ензимски комплекс **луциферин/луцифераза**) од каде доаѓа и нивното име. Исто така, треба да се спомене дека одредени претставници од огнените алги (како *Symbiodinium*) стапуваат во ендосимбиоза со коралите, каде се познати под името **зооксанти**. Бојата на коралите е зависна од динофитите, а при повлекување на динофитите од коралите, настанува појава позната како **белење на коралите**. Дополнително, треба да се напомене дека постојат и паразитски динофлагелати, како *Pfiesteria piscicida*, **паразит и предатор на рибите** (*piscicida* лат. за „fish-killer“) кои ги убива со своите токсини.

Класата Dinophyceae има повеќе реда од кои за нас се позначајни претставниците од редовите Gymnodiniales и Peridinales.

1.2 Ред Gymnodiniales

Претставниците од овој ред не содржат тека (целулозен панцир). Многу видови претставуваат значајна компонента на морскиот планктон каде што формираат водни цветови во вид на црвена плима.

Фам. Noctilucaeae

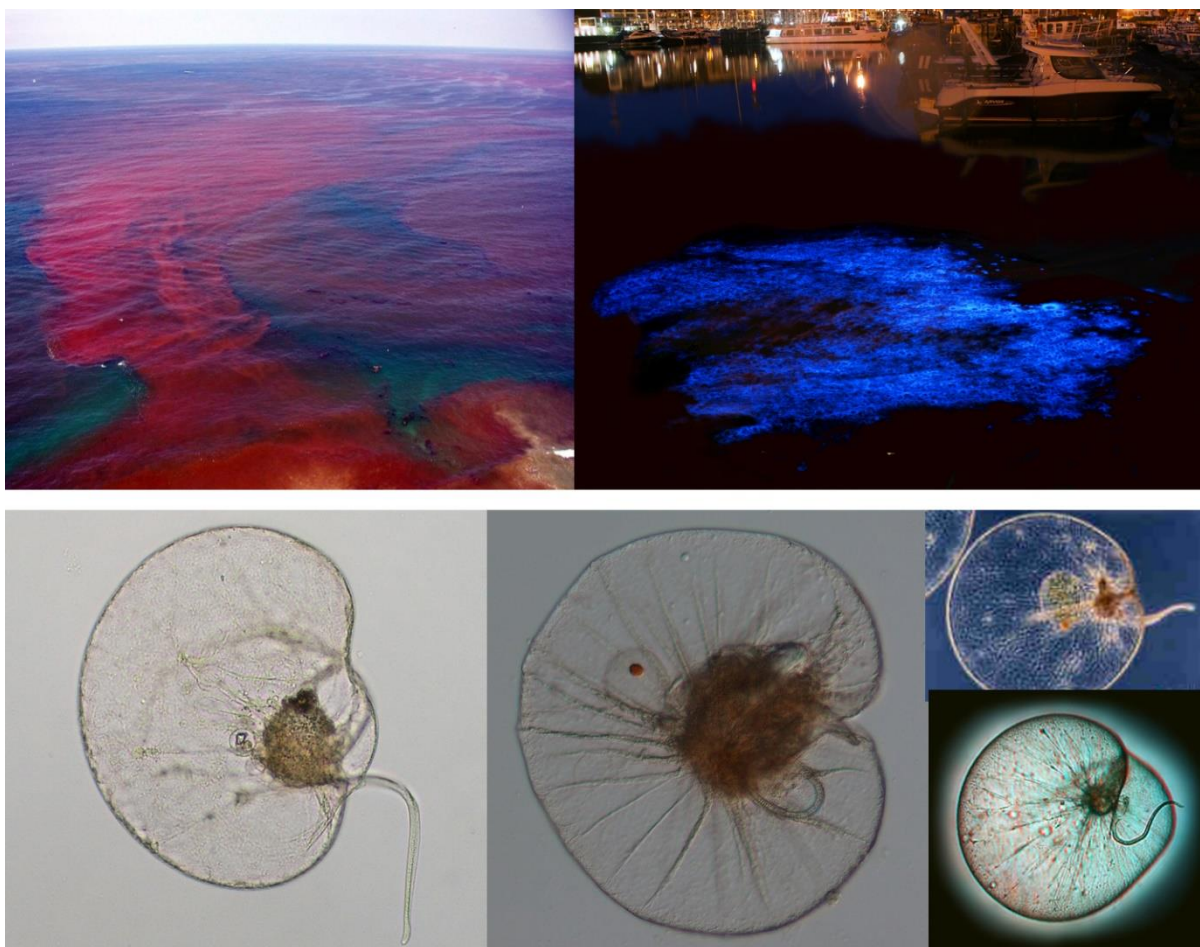
Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezy

Клетките на *Noctiluca scintillans* се топчести, со форма на крупен балон (ang. *balloon-shaped*), силно пловни и *мошне големи* (дијаметар од 200-1200 μm). Тие поседуваат крупни вакуоли. Како и кај останатите претставници од овој ред, клетките се голи, односно отсуствува целулозниот панцир. Целосно развиените клетки *немаат напречна бразда* и клетката *не е диференцирана на горна и долна половина*. **Надолжната бразда има форма на голема орална празнина (перистома)**. На дното на празнината се наоѓа **цитостом** („уста“). Од надолжната празнина излегува кус флагелум кој првенствено има улога во контрола на флотацијата. Во непосредна близина на цитостомата, излегува **долго „пипало“** кое е карактеристично за овој претставник; неговата улога е да помага на фаќањето на храна. *Noctiluca scintillans* не поседува хлоропласти иако некои видови имаат зелени ендосимбионтски алги кои слободно пливаат во нивната вакуола. Цитоплазмата е претежно безбојна, со исклучок на присуството на минијатурни каротеноидни глобули околу периферијата на клетката. Изогамията се одвива помеѓу гамети кои значително се разликуваат во однос на вегетативните клетки.

Видот е широко распространет во крајбрежните води на северниот Европски брег каде предизвикува фасцинантна **биолуминисценција**.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Noctiluca scintillans*. Дополнително, на вашиот цртеж, но и на сликата 17, означете ги неговите карактеристики.



Слика 17. Црвена плима, биолуминисценција и микроскопски приказ на *Noctiluca scintillans*

1.2 Ред Peridinales

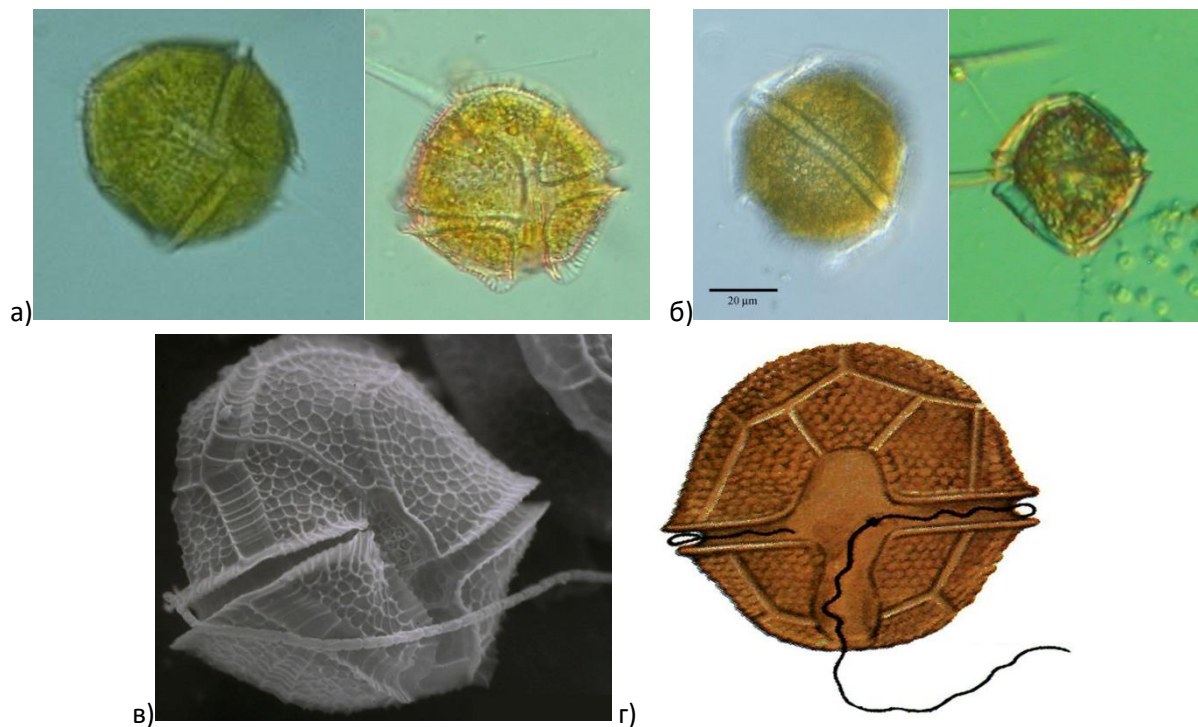
Во овој ред се опфатени претставници со добро развиен, цврст целулозен панцир (тека). Карактеристиките кои се претходно објаснети (за класата Dinophyceae) во целост се однесуваат за овој ред. Од овој ред позначајни се фамилиите Peridiniaceae и Ceratiaceae.

Фам. Peridiniaceae

Peridinium Ehrenberg

Обликот на клетката на видовите од *Peridinium* е повеќе или помалку *овален* (од каде потекнува и неговото име: *peridineo* - да се врти околу). Клетката е обвиткана со цврст целулозен панцир составен од релативно крупни полигонални целулозни плочки чиј распоред е карактеристичен за секој вид (слика 18). Панцирот е поделен со две бразди - напречна и надолжна, при што напречната бразда го дели телото на горен (епивалва) и долен (хиповалва) дел. Надолжната бразда се наоѓа на вентралната (стомачна) страна.

Видовите од родот *Peridinium* се **планктонски** и ги населуваат слатководните и морските екосистеми. Во Орхидското Езеро најчест вид е *Peridinium cunningtonii* Lemmermann.



Слика 18. Приказ на *Peridinium* sp.

а) Микрофотографии од светлосна микроскопија (вентрална страна)

б) Дорзална страна

в) Градба на панцирот на *Peridinium*, SEM микрофотографија. г) цртеж

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Peridinium* sp. Дополнително, на вашиот цртеж, но и на сликата 18 на панелот г, означете ги неговите карактеристики.

Фам. Ceratiaceae

Ceratium Schrank

Видовите од родот *Ceratium* се главно едноклеточни, а ретко се групираат во нестабилни колонии. Клетките се **релативно големи**, а главен дијакритичен карактер за родот е присуството на **неколку долги израстоци на панцирот (рогови)**, по што родот го добил и своето име (лат. *cerātium* – рог). Бројот и топологијата на роговите е карактеристичен за секој вид.

Иако претставниците на родот *Ceratium* се мошне поголеми од претставниците на родот *Peridinium*, сепак, со исклучок на долгите рогови на панцирот, градбата на панцирот е слична

како и кај родот *Peridinium*, односно истиот е исто така составен од полигонални плочки кои се орнаментирани (слика 19) и на него се јавуваат надолжна бразда (**флагеларен сулкус**, во кој е сместен флагелумот за движење) и, напречна бразда во вид на континуиран појас која го дели телото на епивалва и хиповалва и го содржи флагелумот за насочување. Епивалвата продолжува во еден долг **апикален рог** (изграден од долги апикални плочки), а додека хиповалвата поседува еден до три покуси рога, во зависност од видот (приказ на дијакритичните карактери на слика 20).

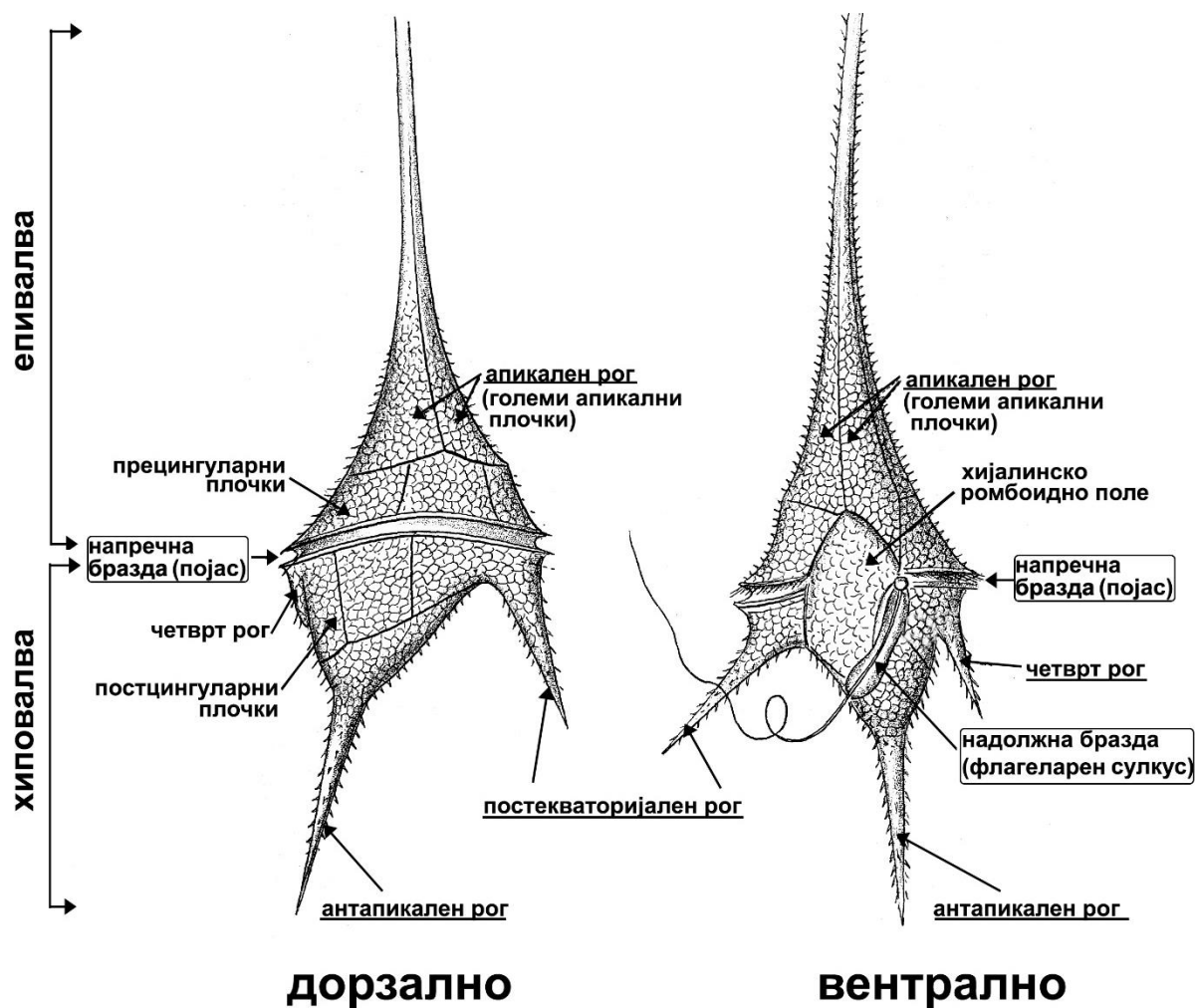
Типичен **слатководен** претставник од овој род е *Ceratium hirundinella* кој поседува два до три рога на хиповалвата и релативно често се сретнува во **планктонот на стагнантните слатководни екосистеми кои се збогатени со хранителни материји**. Поради присуството на најчесто 3 рога на хиповалвата, панцирот наликува на ластовичка во лет, по што и овој вид го добил своето име (лат. *Hirundo* – ластовичка). Според Moustaka-Gouni et al (1997), во Дојранското Езеро во текот на месец август 1996 се појави воден цвет од *Ceratium monoceras* Moustaka-Gouni.



Слика 19. Микроскопски приказ на *Ceratium hirundinella*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Ceratium hirundinella* .



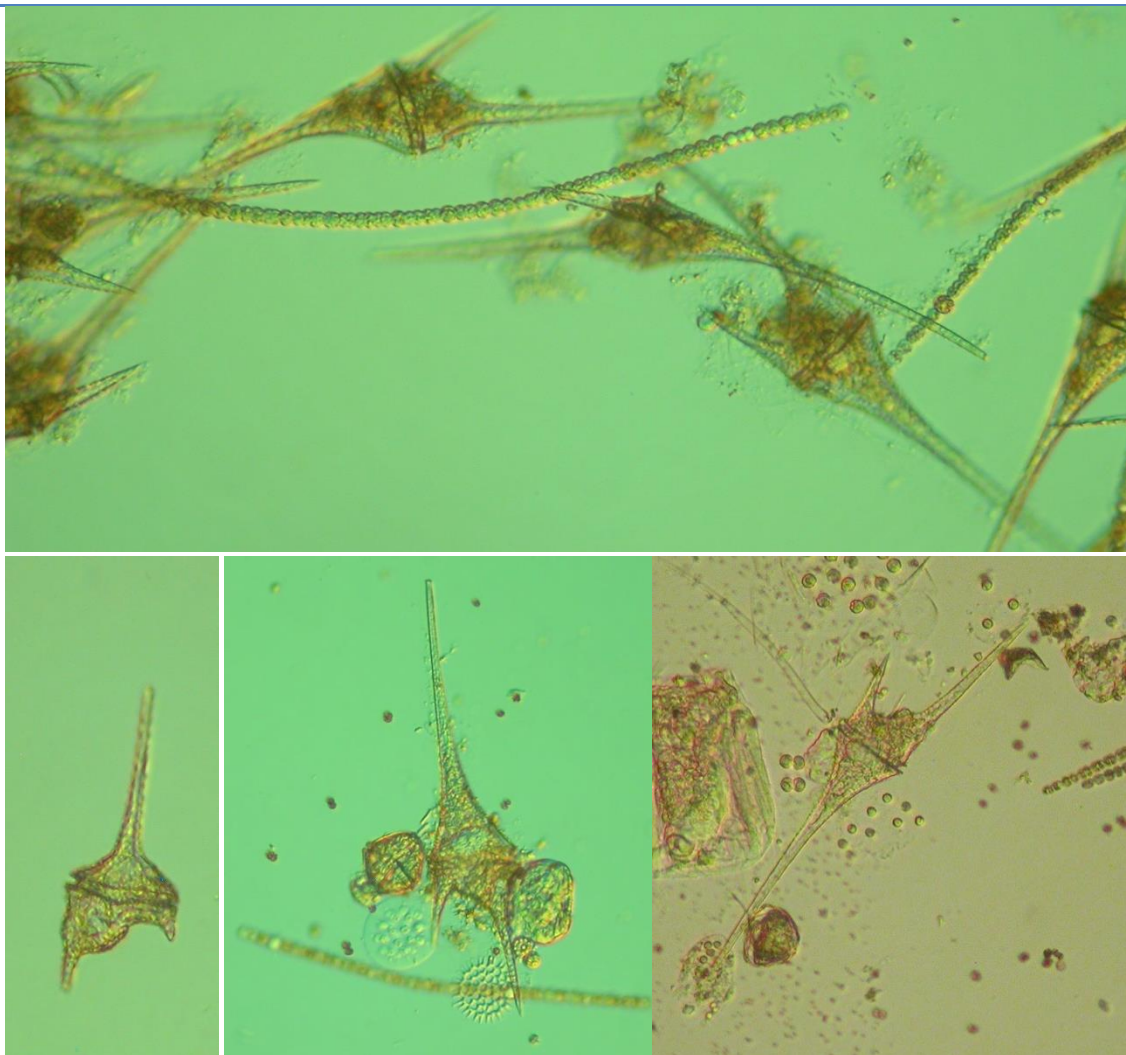
Слика 20. Приказ на дијакритичните карактери на *Ceratium hirundinella*

ВАЖНО

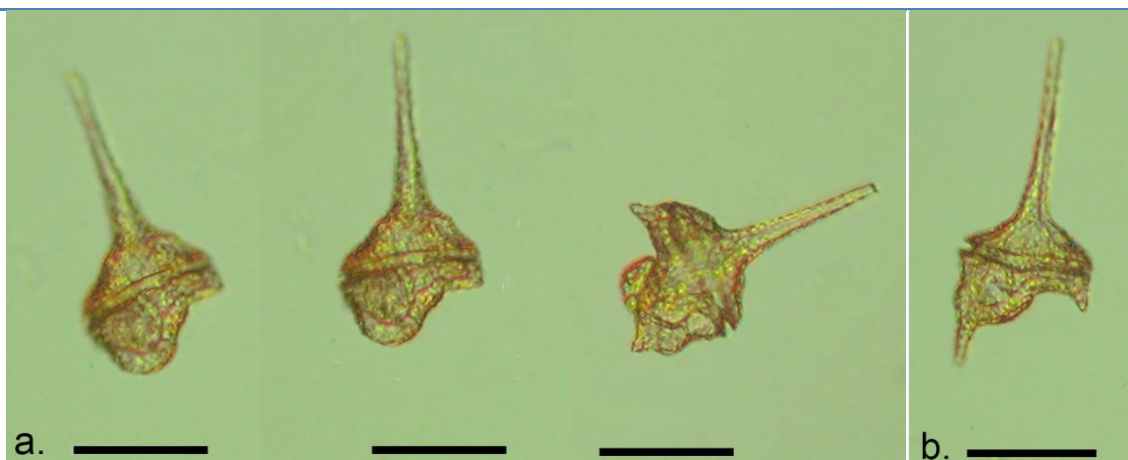
При еутрофни и хипер-еутрофни услови во водните екосистеми, слатководните видови од родот *Ceratium* се способни масивно да се умножат, притоа доведувајќи до формирање на динофлагелатен воден цвет. Водниот цвет од *Ceratium* има **црвена боја** и доведува до **поцрвенување на водните екосистеми**. Оттаму, појавата на ненадејно „поцрвенување“ на еутрофните езера во нашата земја, честопати е резултат на воден цвет од *Ceratium*.

Пример за ова е случајот со Дојранското Езеро. Во периодот од август 1996, Дојранското Езеро ненадејно поцрвене. По извршените анализи, беше утврдено дека како резултат на хипер-еутрофните услови, настанало масовната пролиферација и развој на воден цвет од видовите *Ceratium sp.* и *C. hirundinella*. Притоа, детектираниот *Ceratium sp.* кој поседувал само еден израсток беше опишан како нов вид - ***Ceratium monoceras***, за првпат детектиран токму во нашето Дојранско Езеро.

Дополнителен визуелен концепт: воден цвет од *Ceratium hirundinella* и *Dolichospermum affine* во Дебарското Езеро, 2017

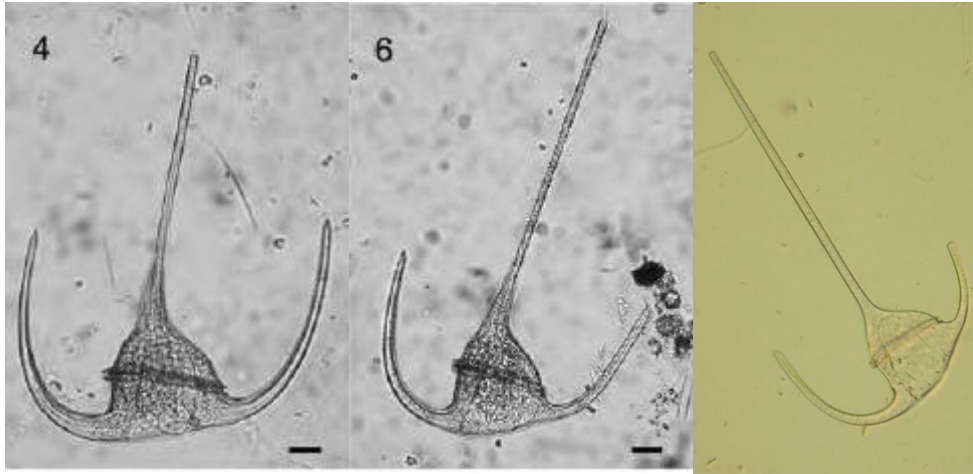


Доп. визуелен концепт: присуство на *Ceratium monoceras* (a) и *Ceratium hirundinella* (б) во Дојранското Езеро, 1996



Морски претставници од родот *Ceratium* Schrank

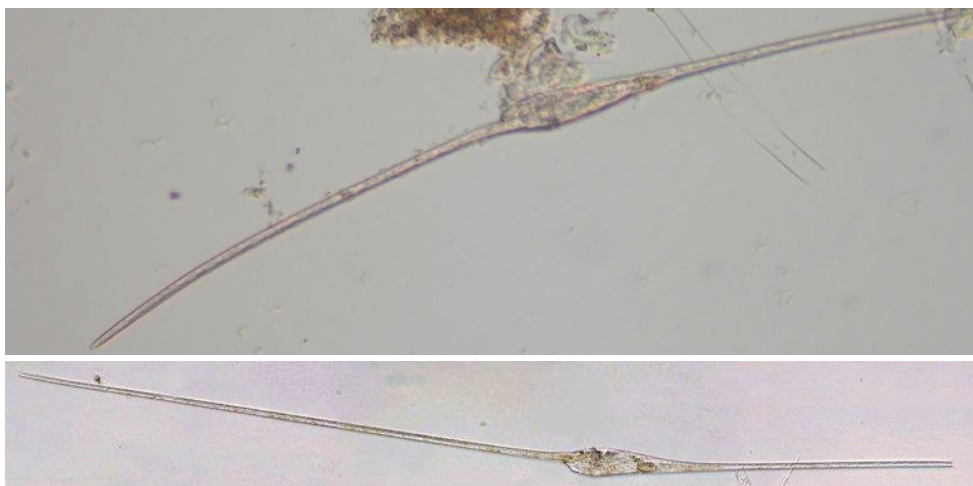
Најголемо видово богатство на родот *Ceratium* се сретнува во морскиот планктон. Набљудувајте материјал од морски планктон и, идентификувајте ги следниве претставници:



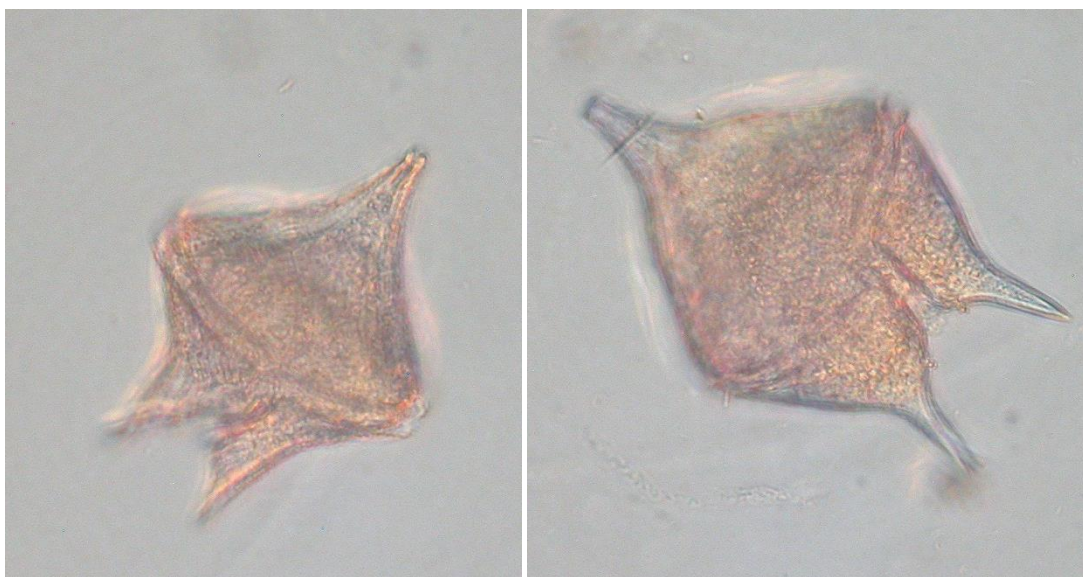
Ceratium tripos (O.F.Müller) Nitzsch



Ceratium contortum (Gourret) Cleve



Ceratium longirostrum Gourret



***Ceratium pentagonum* Gourret**



***Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann**

Задача:

Нацртајте ги набљудуваните препарати од морските претставници на *Ceratium*.

Датум:

Прегледал:

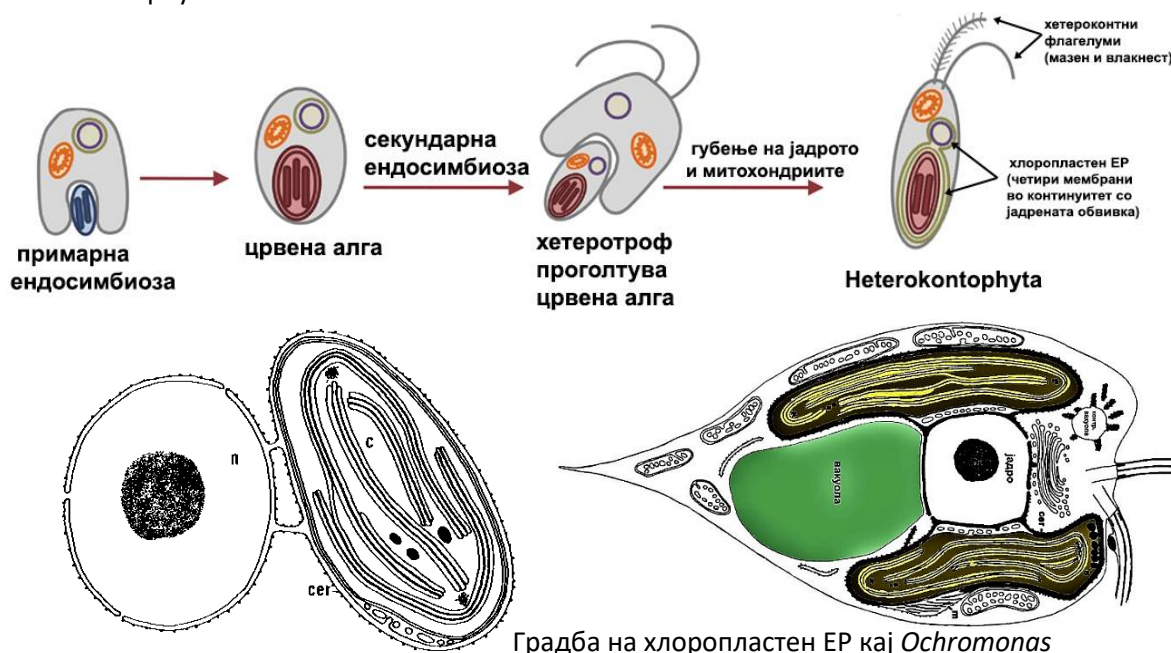
Супергрупа Stramenopila (хетероконтни алги)

Неколку типа (типот Chrysophyta кој и опфаќа златните алги, типот Bacillariophyta – односно дијатомеите, типот Phaeophyta – кафеавите алги и Xanthophyta – зелено жолтите алги) имаат заедничко потекло и се опфатени во големата супергрупа на хетероконтни алги (Stramenopila, или „Heterokontophyta“). Супергрупата Stramenopila се смета за природна група и многу е интересно да се увиди дека претставниците од различни типови (како на пример, многуклеточните макрофитски кафеави алги и едноклеточните силикатни алги) имаат бројни заеднички карактеристики, односно имаат заеднички предок.

Хетероконтните алги се настанати како резултат на **секундарна ендосимбиоза**, при која хетеротрофен домаќин кој поседувал два хетероконтни флагелума вклучил во себе **црвена алга** како **ендосимбионт**, од која настанале нивните хлоропласти. Поради тоа, сите хетероконтни алги имаат **хлоропласт со 4 мембрани**: внатрешниот пар од две мембрани потекнуваат од хлоропластната мембрана на црвената алга, додека надворешниот пар мембрани претставуваат обвивка од ендоплазматичниот ретикулум, кои се во континуитет со јадрената мембрана. Бидејќи хлоропластот кај овие алги е обвиткан дополнително и со мембрана од ЕР, истиот се означува како **хлоропластен ЕР**.

Кај сите хетероконтни алги, хлоропластите содржат **хлорофил а и с**, а како главен помошен пигмент се сретнува **фукоксантино**. Главна резервна материја е **хризоломинарин** кој се синтезира надвор од хлоропластот во специјални вакуоли. Подвижните клетки кај овие алги се **хетероконтни**, односно содржат два флагелума со различна градба и функција (еден флагелум е мазен, а вториот е влакнест).

Поради овие сознанија, постоеше обид четирите типа на хетероконтни алги да се симнат на ранг на класа и да се обединат во провизорниот тип Heterokontophyta. Сепак, според најновите истражувања, овие четири групи (Chrysophyta, Bacillariophyta, Phaeophyta и Xanthophyta) го задржуваат рангот на тип, при што се класифицирани во супергрупа (Stramenopila) која укажува на нивното заедничко потекло. Оттаму, креираниот провизорен тип Heterokontophyta се смета како **опсолемен**.



Тип Chrysophyta (златни алги)

Типот Chrysophyta се карактеризира со голема морфолошка разновидност во однос на степенот на организираност на претставниците кои ги опфаќа (ризоподијален, монаден, кокален, капсален, трихален и хетеротрихален степен на организација). Сепак, повеќето организми се едноклеточни или колонијални, а релативно мал број на видови имаат едноставна повеќеклеточна организација.

Овој тип е познат по многу планктонски видови, од кои најголем дел се слатководни претставници. Името на типот е добиено според бојата на хлоропластот - односно златно-жолтата до кафеава боја (*chrysos* (грчки) = **злато**). Во хроматофорите на златните алги се застапени **хлорофил а** и **с**, како и **ксантофили** и **каротеноиди**. Основен, помошен пигмент е **фукоксантино** кој ја маскира бојата на хлорофилите и, оттаму бојата на нивниот талус е златно-жолта. Други помошни пигменти кои се сретнуваат во хлоропластите се зеаксантин, виолаксантин, диатоксантин и дијадиноксантин.

Главна резервна материја е полисахаридот **хризоламинарин**. Истиот се скалдира во специјални **вакуоли** поставени во задниот дел на клетката, односно *надвор од хлоропластот*.

Размножувањето се врши вегетативно, бесполово и полово. Вегетативното размножување се одвива по пат на делба на клетката (едноклеточните) или пак со фрагментација на талусот (кај колонијалните и повеќеклеточните). Бесполово се размножуваат со помош на **зооспори** и **аутоспори**. Видовите кои се размножуваат полово имаат хапобионтски животен циклус. По оплодувањето, зиготот преминува во фаза на мирување, во форма на **силикатна циста**. По нејзиното созревање се добиваат неколку зооспори од кои настануваат нови единки.

Претставниците на типот Chrysophyta претежно се сретнуваат во слатководните екосистеми. Тие се широко распространети, но најчести се во олиготрофните слатководни екосистеми од умерено континенталниот регион (се смета дека претставниците најдобро се развиваат во ладни води). Во поново време е утврдено дека одредени видови на Chrysophyta имаат голема улога и во примарната продукција на океаните (морски планктон), и тоа како **нанопланктон** или дури **пикопланктон** (0.2-2 μm). Така на пример, ситните видови на родот **Ochromonas** и пикопланктонските кокоидни златни алги често доминираат во водите на океаните. Од нив, посебно значаен е и видот **Emiliania huxleyi** кој е присутен во речиси сите океани и со можност да формира водни цветови. Одредени претставници на златните алги пак, се посебно карактеристични за сфагнумските тресетишта (тресетишта со мовот *Sphagnum*).

Типот Chrysophyta опфаќа пет класи, од кои за нас се позначајни класите Chrysomonadophyceae и Chrysocapsophyceae.

1.

Класа Chrysomonadophyceae

Оваа класа опфаќа едноклеточни или колонијални форми кои имаат способност активно да се движат со помош на флагелуми (**монаден степен на организација**). Повеќето претставници имаат два различни по градба и големина флагелуми. Сочинета е од три поткласи (Chrysomonadophycidae, Coccolithophoridophycidae и Silicoflagellatophycidae). Во интерес на овој практикум ќе биде само првата поткласа Chrysomonadophycidae со редот Chrysomonadales и со фамилијата Dinobrinaceae.

1.1 Ред Chrysomonadales

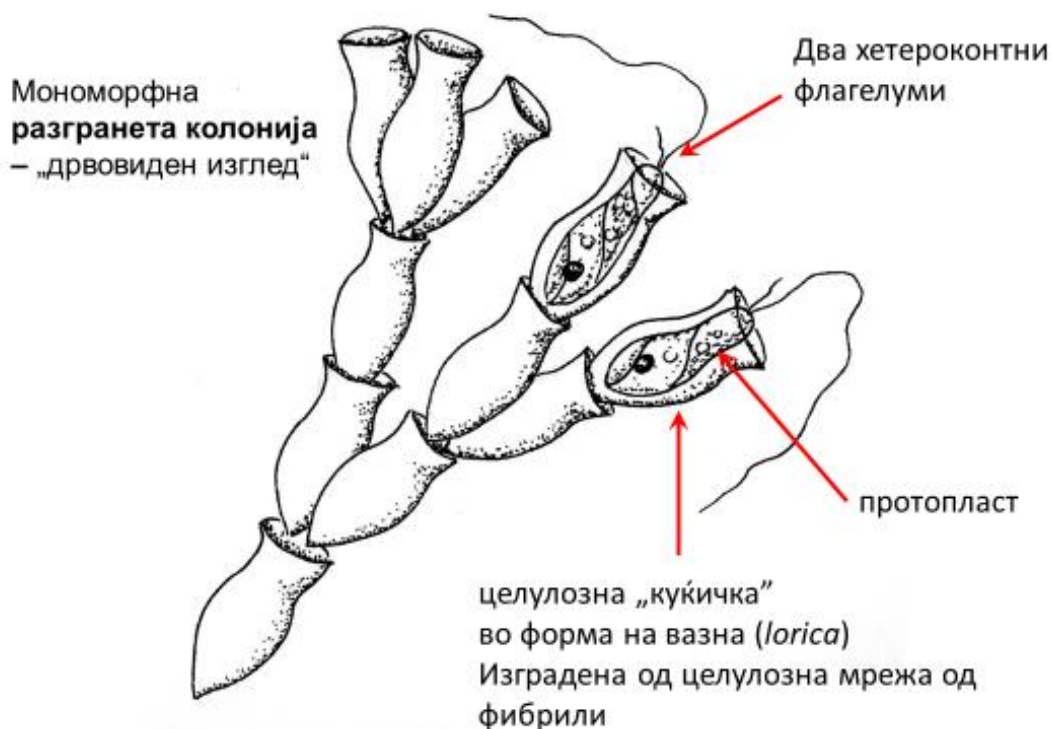
Фам. Dinobrinaceae

Dinobryon Ehrenberg

Видовите од родот *Dinobryon* се колонијални форми составени од повеќе или помалку идентични клетки кои градат **мономорфна разгранета колонија со дрвовиден изглед**. Секоја од клетките има по два хетероконтни *флагелума* (различни по големина и градба; забелешка: флагелумите на препаратите, без нивно претходно фиксирање мошне тешко се забележуваат). Протопластот на клетката е сместен во целулозна „куќичка“ во облик на пехар (вазна). Целулозната „куќичка“, означена како *lorica* не е цврста (во споредба со крутите плочки кои се сретнуваат кај Dinophyta, на пример) и истата е изградена од мрежа на фини целулозни микрофибрили.

Видовите од овој род се размножуваат вегетативно, по пат на фрагментација на колонијата и бесполово со надолжна делба на протопластот. Делбата на протопластот се одвива во внатрешноста на „куќичка“ при што еден од двата ново добиени ја напушта „куќичката“, но најчесто се прицврстува на нејзиниот горен дел. Потоа, ново добиениот протопласт наново создава нова „куќичка“. На тој начин се создаваат **разгранети, дрвовидни колонии** често составени од поголем број на единки.

Видовите од родот *Dinobryon* се главно **планктонски организми** кои ги населуваат слатководните екосистеми. Во планктонот на Преспанското и Охридското Езеро доста често се сретнуваат видовите *Dinobryon divergens* Imhof и *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* Lemmermann.



Слика 21. Приказ на дијакритичните карактери на *Dinobryon* sp.

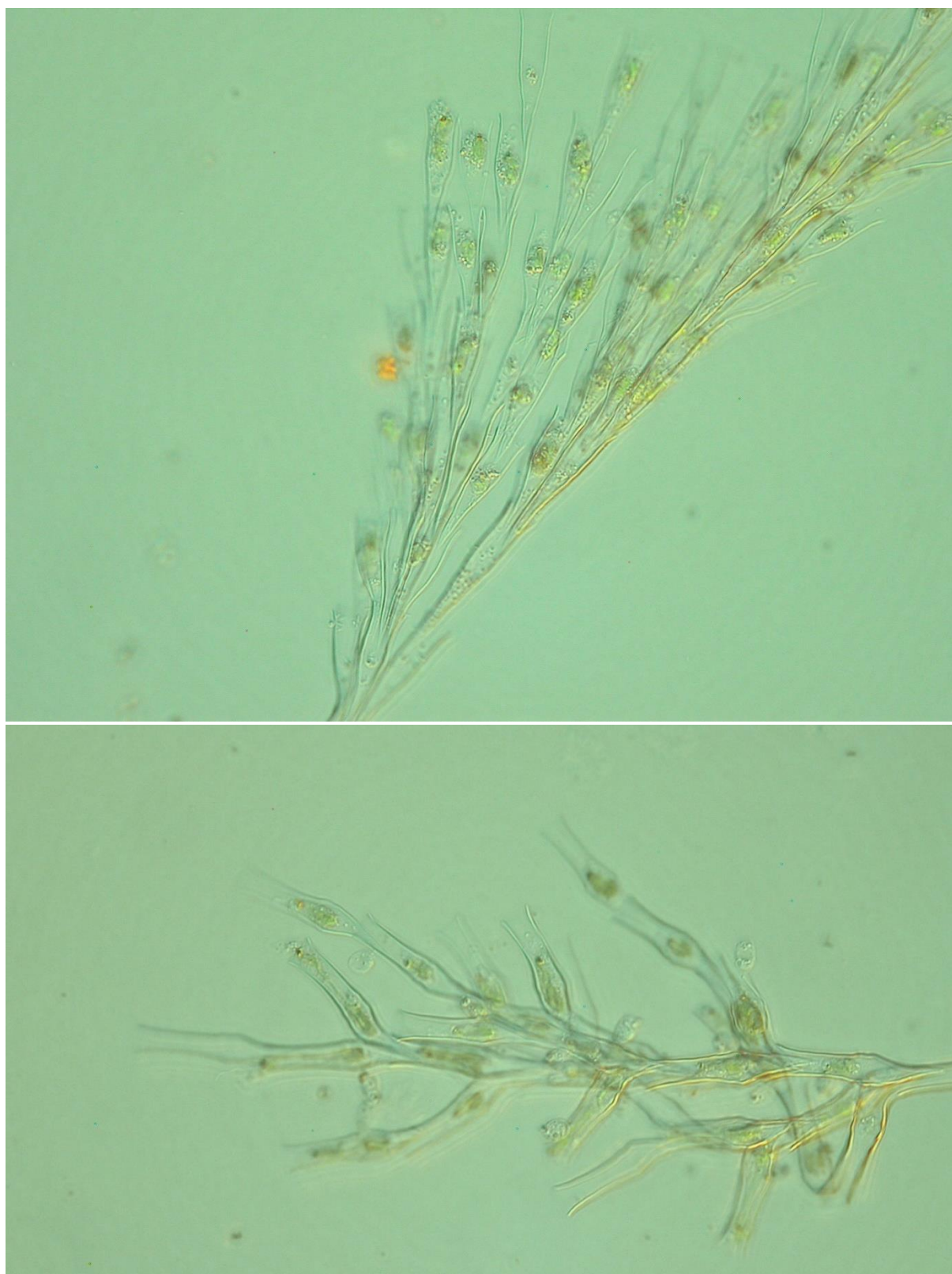


Слика 22. Микрофотографии на *Dinobryon* sp.

а) Глобален приказ на колонијата на *Dinobryon* sp.

б) Изглед на клетките на *Dinobryon* sp.

Дополнителен визуелен концепт: присуство на *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* во Преспанското Езеро, 2015



Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Dinobryon* sp. Дополнително, на вашиот цртеж, означете ги карактеристиките на колонијата и на клетките.

2.

Класа Chrysocapsophyceae

Претставниците од оваа класа се колонијални форми, неподвижни, и најчесто сесилни (прикрепени). Клетките од кои се изградени колониите *немаат* флагелуми ниту други органели или израсходи кои би служеле за движење. Колонијата е составена од голем број на клетки кои се поврзани со **голема, разгранета, слузеста (галертаста) обвивка**. Ваквата организација во која талусот (најчесто макроскопски) е составен од голем број на неподвижни клетки сместени во заедничка слузеста обвивка е означен како **капсална (или палмелоидна) организација**.

2.1 Ред Chrysocapsales

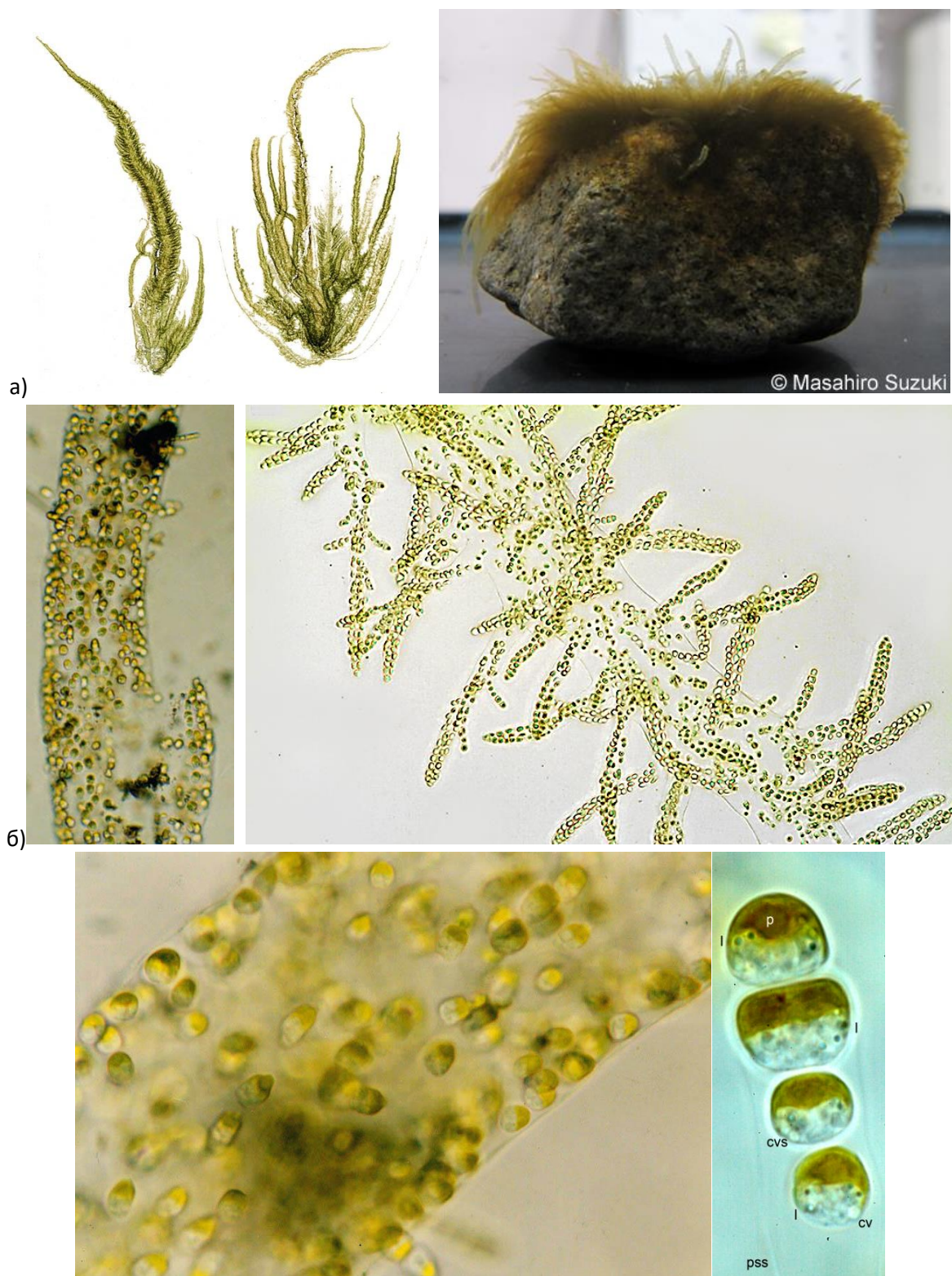
Фам. Hydruraceae

Hydrurus C. Agardh

Родот *Hydrurus* е монотипски, односно е претставен само со видот *Hydrurus foetidus*. *Hydrurus* претставува **макроскопска алга** чиј талус може да достигне должина до 30 cm, па и повеќе. Талусот е со жолто-кафеава боја **прицврстен за подлогата**. Клетките се *овални до издолжени*, сместени во **големата, разгранета заедничка слузеста обвивка** на капсалниот талус. Во секоја клетка се наоѓа по едно јадро и по **еден хлоропласт со два лобуса кој содржи еден централен пиреноид**. Хлоропластот **лежи во предниот дел на клетката**.

Размножувањето се врши со зооспори кои имаат еден краток флагелум. Забележано е дека *Hydrurus* формира и овални цисти.

Видот населува ладни, брзотечечки реки (чест во горен тек на реки и во високопланински потоци). Се прикрепува најчесто за покрупни камења и карпи во подлогата.



Слика 23. Приказ на *Hydrurus foetidus*

а) Макроскопски приказ

б) Микроскопски приказ

Задача:

Нацртајте го макроскопскиот изглед на алгата и набљудуваниот препарат од *Hydrurus foetidus*.

Датум:

Прегледал:

Тип Bacillariophyta (дијатомеи, силикатни алги)

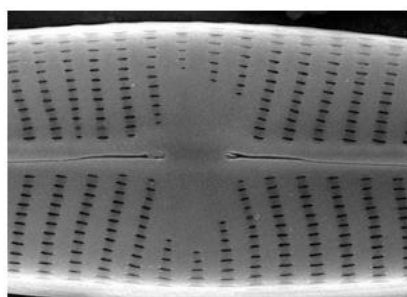
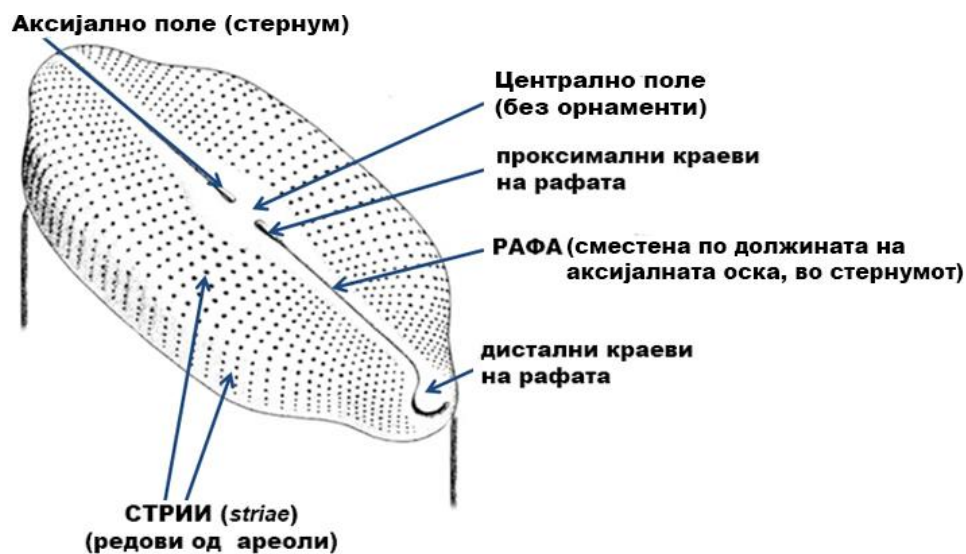
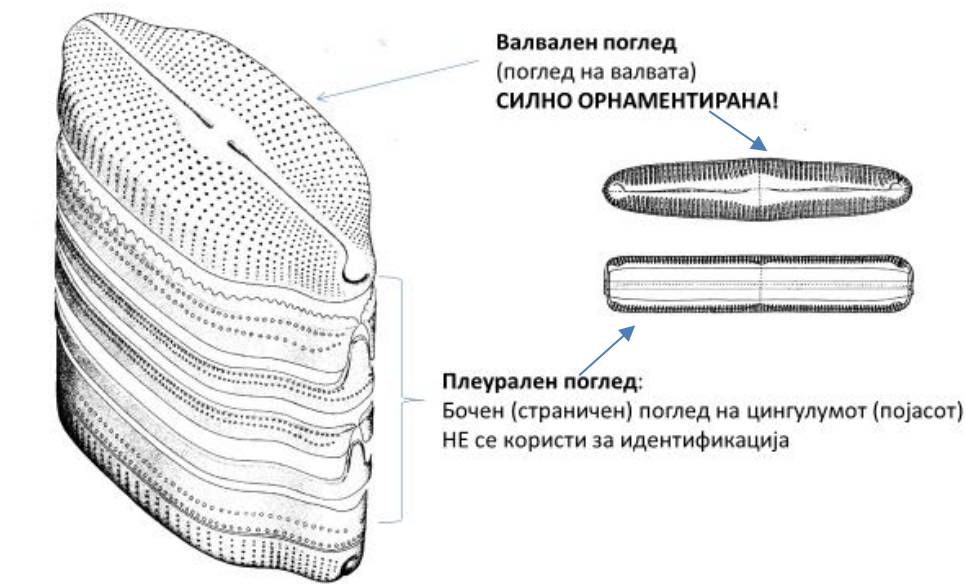
Типот Bacillariophyta (**дијатомеи** или **силикатни алги**) опфаќа едноклеточни или колонијални форми. Колониите можат да бидат различни по форма: лепезести, кончести, свездести, плочести и сл. Клетките во колонијата можат да бидат поврзани со израстоци или пак да бидат поврзани со слузеста обвивка. Едноклеточните, како и колонијалните форми се СЕКОГАШ со микроскопски димензии.

Силикатните алги (дијатомеи) се уникатни и единствени во живиот свет во однос на сите други останати алги поради нивниот специфично граден клеточен сид од силикат (хидриран силициум диоксид, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), па затоа може да се каже дека нивниот протопласт се наоѓа сместен (фигуративно, „заробен“) меѓу **дводелен силикатен панцир**; присуството на силикатен панцир претставува **главна карактеристика на типот**. Оттаму, метафорично, животот на една дијатомеа е „**живот во стакло**.“

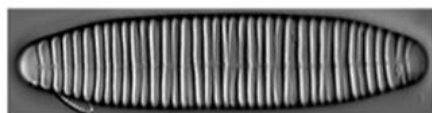
Целосниот силикатен панцир се нарекува **фрустула** и, истата се состои од два нееднакви силикатни дела кои се преклопуваат како кутија, при што поголемиот дел (кој би одговарал на капак на кутијата) се означува како **епитека**, а помалиот дел се означува како **хипотека**. Бидејќи силикатниот панцир е дводелен, оттука доаѓа името на групата (дијатомеи: διᾱ = два, τομος = поделен). На секој од двата дела се разликува страничен појас или **плеура** (цингулум, англ. *girdle*) и „лице“ на самиот панцир – **валва**. Валвата која се наоѓа на епитеката се означува како **епивалва**, а на хипотеката како **хиповалва**. Валвата и плеурата меѓусебно многу се разликуваат, па затоа дијатомеите можат да се набљудуваат од два погледа: **плеурален** (поглед кон страничниот појас - цингулум, англ. *girdle*) и **валвален** (од валвалната страна, односно од „лицето“ на панцирот). Валвите на дијатомеите се исклучително орнаментирани со структури како што се *пори*, *ареоли*, *ребра*, *стрии*, *рафа* и оттаму денес, **таксономијата на дијатомеите се базира на специфичните орнаменти кои се наоѓаат на валвата од панцирот на дијатомеите**, односно не на спецификите на протопластот. Живата содржина на дијатомеите не е од таксономско значење и токму затоа, најчесто при подготовка на препарати за анализа, **материјалот се согорува** при што се отстранува протопластот, а се анализираат **валвите од фрустулите на некогаш живите дијатомеи**. Специфичните орнаменти подетално можат да се анализираат на SEM, каде различната форма на порите и ареолите е мошне позабележлива. Плеуралната страна најчесто не е орнаментирана и, затоа истата не е од големо таксономско значење (напомена: кај некои видови токму плеуралната страна е пресудна за таксономската детерминација).

Кај повеќето видови од класата Pennatophyceae, се јавува специфична структура означена како **рафа**. Рафата претставува подолга или пократка пукнатина која се наоѓа на валвата и се протега по нејзината надолжна (аксијална) оска. Градбата, должината и поставеноста на рафата е важна таксономска карактеристика. Функцијата на рафата е повеќекратна, односно преку неа се врши размената на материите со околната средина, како и движење (лизгање, англ. *gliding*) на клетката по подлогата.

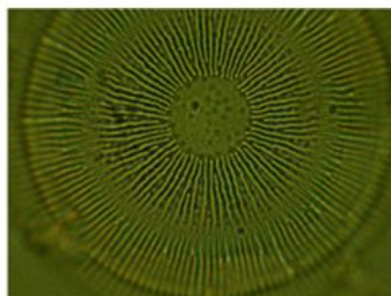
Дополнителен визуелен концепт: фрустула кај дијатомеите и орнаменти на валвата



Стрии (striae; ред од групирани ареоли)



Ребра (costae; силикатни задебелувања од внатре)



Интерстрии (interstriae)
(силикатни задебелувања –
интерфасикуларни „испакнатини“
пomeѓу стриите од надвор)

Цитоплазмата кај повеќето видови на дијатомеи се наоѓа во вид на тенок слој на периферијата на клетката, додека централно место зазема крупна вакуола. Во цитоплазмата се наоѓа едно диплоидно јадро со повеќе нуклеолуси. Хроматофорите се наоѓаат **во периферниот дел на клетката** и по облик можат да бидат *плочести* или *лековидни*. Во хроматофорите се наоѓаат **хлорофил а и с**, како и пигменти од групата на ксантофили и каротени. Нивната боја зависи од застапеноста на овие пигменти и истата варира од жолто-зелена, маслинесто зелена, до светло кафеава. Кај дијатомеите специфичен пигмент кој се јавува е **дијатомин**, кој по својот хемиски состав е сличен со фукоксантинот кај кафеавите алги (Phaeophyta).

Кај дијатомеите особено карактеристичен е процесот на вегетативното размножување, т.е. делбата на клетката. Процесот започнува со зголемување на волуменот на протоплазмата (како резултат на акумулирање на резервни материи во клетката), што резултира со одвојување на двете теки. Паралелно со одвојувањето на теките настанува клеточна делба; секоја ново добиена клетка задржува по една половина од панцирот на клетката-мајка. Клетката која ја задржала епитеката формира хипотека и на тој начин го комплетира панцирот, а другата клетка која ја задржала хипотеката, за неа истата претставува епитека, па наново формира хипотека. Како резултат на овој процес се добиваат две клетки кои имаат *различна големина* (клетката која ја задржала епитеката има големина како и мајчината клетка, додека клетката која ја задржала хипотеката има помали димензии). Така, со секоја наредна клеточна делба, димензиите на клетките на половина од популацијата *се намалуваат*. Кога димензиите ќе се намалат на 1/2 до 1/3 од нормалните, клетката губи способност за делба и изумира. За да се воспостават нормалните димензии на клетката, дијатомеите формираат т.н. **ауксоспори** (спори на подмладување). На процесот на формирање на ауккоспорите претходи процесот на **полово размножување**. Половото размножување започнува со редукциона делба и формирање на **хаплоидни гамети** (дијатомеите се диплоидни организми). Со спојување на гаметите се добива зигот кој без фаза на мирување директно преминува во ауккоспора. Ауккоспората на својата површина нема силикатен панцир што ѝ овозможува на истата да расте. По достигнувањето на одредени димензии во ауккоспората се формира нова клетка со силикатен панцир.

Половото размножување може да биде **изогамија, анизогамија и оогамија**.

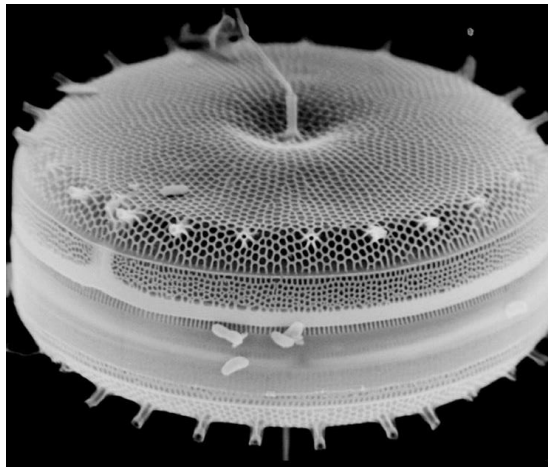
Според Simonsen (1979), типот Bacillariophyta **во однос на симетријата на панцирот** е поделен на две класи:

1. **Centrophyceae** (центрични дијатомеи)
2. **Pennatophyceae** (syn. = **Bacillariophyceae**, пенатни дијатомеи)

Сепак, кај дијатомеите многу често се користи и нивната класификација во т.н. **морфолошки категории**. Оваа класификација не се базира на филогенетските односи меѓу организмите, односно истата претставува *вештачка поделба* на дијатомеите базирана на **сличностите во морфолошките карактери на формата на нивната валва**. Ваквата класификација во морфолошки категории е направена со цел *полесна идентификација на таксоните на светлосна микроскопија*. Врз основа на овој систем, кој е базиран на формата и симетријата на валвата, како и поставеноста на рафата, дијатомеите се поделени во девет морфолошки категории, и тоа: **Centric, Araphid, Eunotoid, Monorafid, Symmetrical biraphid, Asymmetrical biraphid, Epithemoid, Nitzchioid** и **Surirelloid**. За повеќе информации, посетете ја страната: <https://diatoms.org/morphology>.

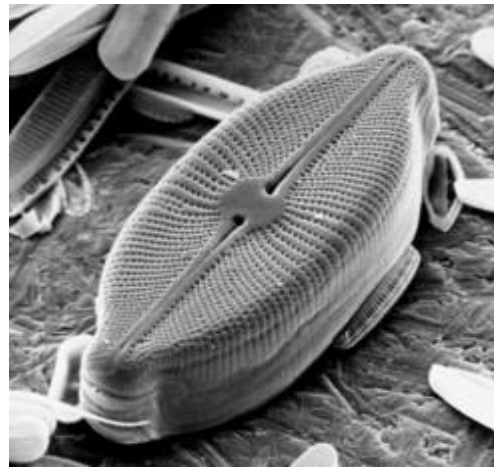
Дополнителен визуелен концепт: принципи за систематизирање на дијатомеите во две класи

Centrophyceae (центрични дијатомеи)



Радијална симетрија
(МНОГУ оски на симетрија)
Немаат рафа, НЕПОДВИЖНИ
Живеат во планктон!

Pennatophyceae (пенатни форми)



Билатерална симетрија
(САМО ДВЕ оски на симетрија)
Имаат (најчесто) рафа, ПОДВИЖНИ
Живеат во бентос, епилитон или епифитон
се прикрепуваат за карпи, камења,
макрофити и потопени објекти,
заедници и во епипелон и епипсамон

Дијатомеите, заедно со сино-зелените и зелените алги, се најраспространети алгални форми на нашата Планаeta со масовна застапеност во морските и слатководните екосистем, влажните станишта, но и почвата. Фитопланктонот на океаните во голема мерка е составен од дијатомеи кои, во умерените и ладните води богати со хранителни материи, се главно одговорни за високата примарна продукција, која достигнува $200-400 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ годишно фиксиран јаглерод (за споредба житните растенија достигнуваат до $2500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). Една од проценките говори дека вкупната продукција на биомаса на планетата, вода и почва заедно, се движи во рамките на $1,4 \cdot 10^{14} \text{ kg}$ сува материја годишно, од кои веројатно 20-25% отпаѓа на морските планктонски дијатомеи, а 15-20% на останатите планктонски алги (Werner 1977). Овие вредности го потенцираат квантитативното значење кое го имаат дијатомеите во функционирањето на екосистемите на Земјата, посебно во насока што сите останати организми директно зависат од нивната примарна продукција во синџирите на исхрана.

1.

Класа Centrophyceae (=Mediophyceae et Coscinodiscophyceae; центрични дијатомеи)

Оваа класа опфаќа едноклеточни или колонијални организми чиј панцир по облик е цилиндричен, сферен или призматичен. Валвата по облик може да биде кружна, елиптична или полигонална, но истата секогаш има **радијална симетрија**. Центричните силикатни алги немаат рафа (не се подвижни), но нивната валва е силно орнаментирана со бројни **ареоли** кои може да

имаат различен распоред (радијален, тангенционален или без правилен распоред). Се размножуваат вегетативно со делба на клетката или полово по пат на оогамија.

Центричните дијатомеи се типично **морски претставници**, со далеку помал број таксони во слатководните екосистем. Тие се доминантно едноклеточни планктонски форми кои можат да создаваат и кончести колонии со поврзување на соседните клетки, најчесто преку различните силициумски израсстоци. Вегетативните клетки не се движат активно туку се одржуваат во планктонот со различни прилагодби за да го успорат пропаѓањето.

Претставниците од оваа класа **соодветствуваат на морфолошката категорија *Centric diatoms***. Тие се главно жители на морските екосистеми каде нивното значење во *продукцијата на планктонските заедници е мошне големо*. Дел од претставниците ги населуваат и слатководните стагнантни, поретко истечни екосистеми.

Класата Centrophyceae денес е разделена на две класи кои се засебни еволутивни линии (Mediophyceae и Coscinodiscophyceae), но во рамките на овој практикум истите се разгледуваат како единечна класа – Centrophyceae. Оваа класа опфаќа повеќе поткласи од кои во рамките на овој практикум ќе бидат разгледани: Thalassiosirophycidae, Coscinodiscophycidae и Biddulphiophycidae.

1. 1

Поткласа Thalassiosirophycidae

1.1.1 Ред Stephanodiscales

Претставниците од овој ред се едноклеточни или колонијални форми кои имаат **кружни валви**. На површината на валвата најчесто се забележуваат **радијални стрии** од ситни ареоли во вид на пруги (кај многу видови ареолите имаат *неправилен распоред*, односно не се распоредени во стрии). Кај одредени видови помеѓу стриите се јавуваат задебелени силикатни гребени кои се означени како **радијални интерстрии**. Претставниците се главно морски жители, но се јавуваат и слатководни форми. Редот опфаќа повеќе фамилии со повеќе родови.

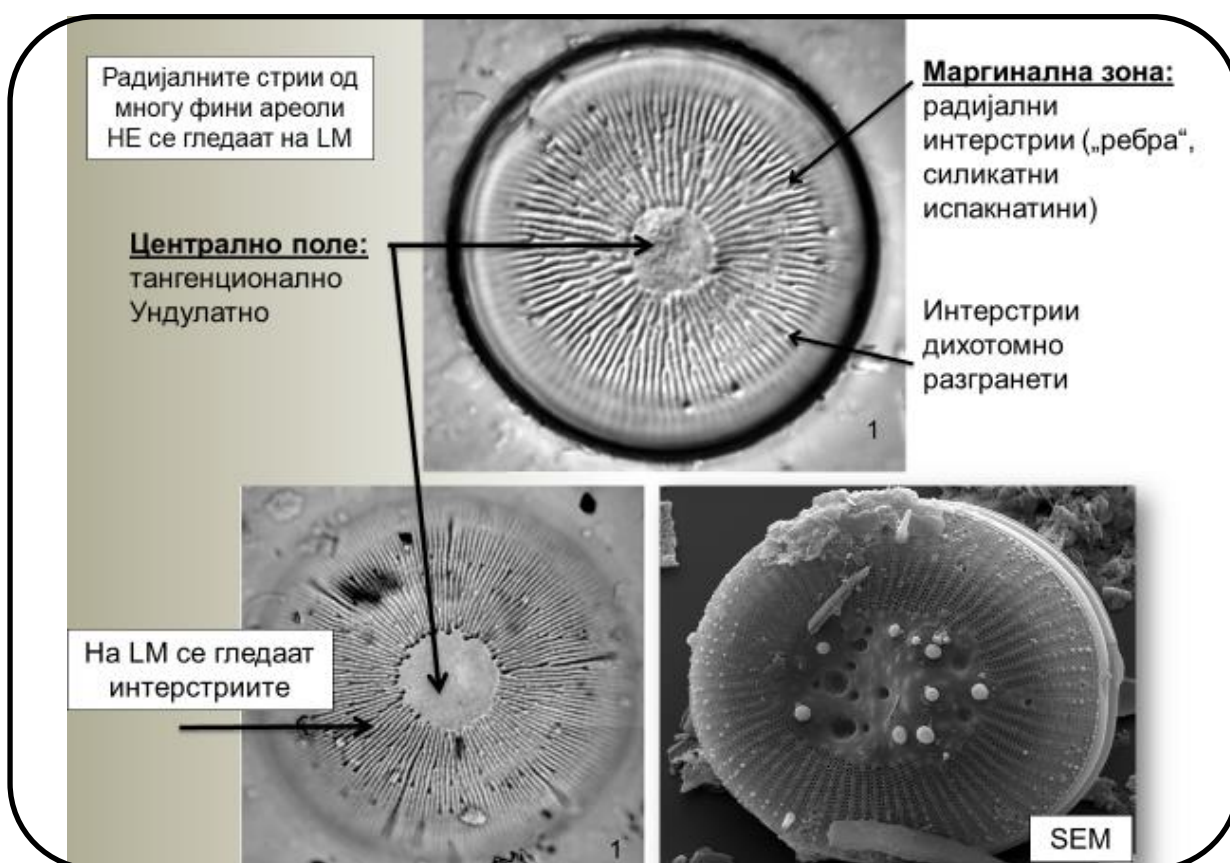
Фам. Stephanodiscaceae

Cyclotella (Kützinger) Brébisson

Претставниците од овој род се главно едноклеточни, ретко колонијални форми, кои имаат цилиндричен панцир со **кружна валва**. Валвата е диференцијално орнаментирана, односно кај неа се забележува добро дефинирана **маргинална зона** и **централна зона (централно поле)**. **Маргиналната зона** е претставена со бројни *радијално распоредени пруги од испакнати силикатни делови* (кои се нарекуваат **радијални интерстрии или „интерфасикуларни ребра“**). Помеѓу нив се наоѓаат **радијалните стрии** (едно до друго поставени редови од групирани ситни **ареоли**) кои најчесто *не се видливи на светлосен микроскоп*. **Централната зона** е рамна или тангенционално ундулатна (брановидна). Само кај некои видови централната зона не содржи видливи орнаменти на светлосен микроскоп (како кај *C. meneghiniana*). Сепак, кај најголем дел видови централната зона е орнаментирана, односно може да содржи различни карактери, како што се депресии, или различно распоредени **ареоли** (кај многу видови ареолите се безредно распоредени во централниот

регион). Малите брадавици или трнчиња често се расфлани помеѓу ареолите. Од плеуралната страна, видовите од *Cyclotella* имаат изглед на правоаголници со заоблени агли.

Најголем дел од претставниците на *Cyclotella* се слатководни (само неколку вида се бракични), каде претставуваат значајна компонента на планктонот и тихопланктонот. За Македонија познати се 13 таксони (12 вида и еден вариетет), од кои шест се ендемични за Охридското и Преспанското Езеро. **Охридскиот ендемит *Cyclotella fottii* Hustedt** се смета за најголемата *Cyclotella* во Европа. Овој вид е доминантен во планктонот на Охридското Езеро на поголеми длабочини. За овој претставник, карактеристично е тоа што задебелените силикатни испакнатини меѓу стриите (интерстрии или „ребра“) се **дихотомно разгранети**.



Слика 24. Дијаκριтични карактери на *Cyclotella fottii*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Cyclotella fottii*.

1. 2

Поткласа *Coscinodiscophycidae*

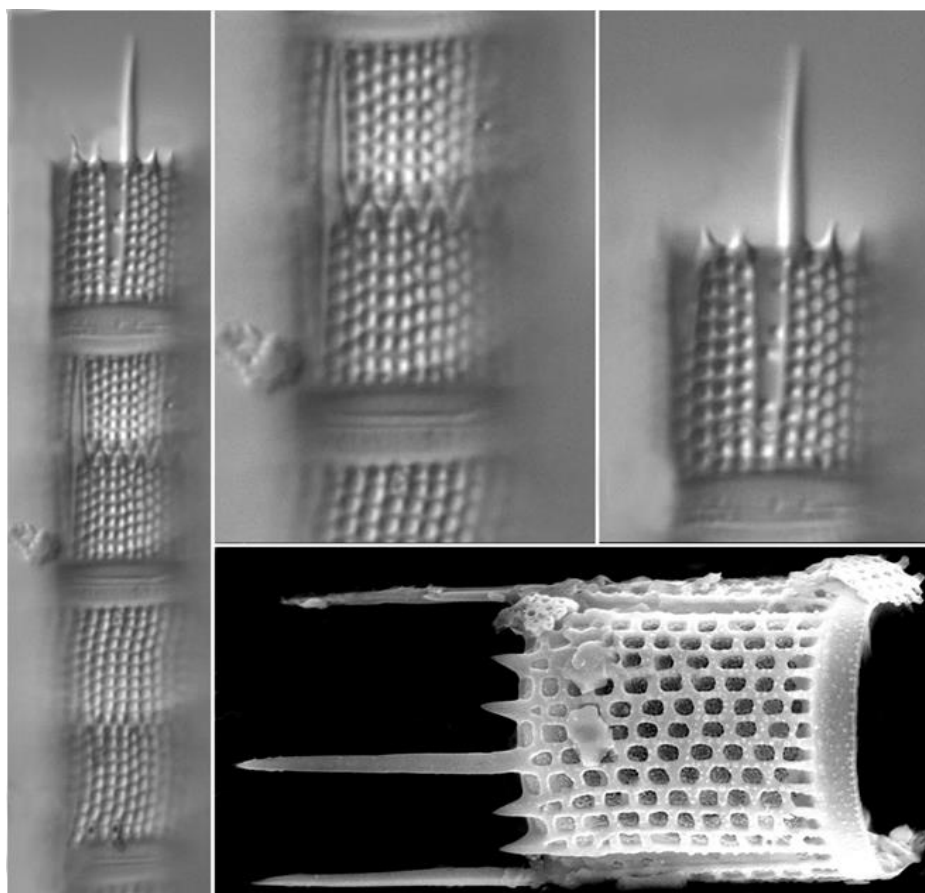
1.2.1 Ред *Aulacoseirales* (= *Coscinodiscales* in part)

Фам. *Aulacoseiraceae*

Aulacoseira Thwaites

Претставниците од родот *Aulacoseira* се колонијални форми. Колонијата има форма на **долги цилиндрични филаменти** составени од поголем број на клетки кои се поврзани меѓу себе преку **валвалната** страна со помош на **трновите од валвата** (затоа на препаратите најчесто се поставени **плеурално**). Валвалната страна може да се набљудува **единствено кај клетки кои се одвоени од колонијата**. На валвата можат да се забележат мали дифузно распоредени ареоли, кои се поконцентрирани околу маргиналната зона. Исто така, на валвата присутни се **трнови за поврзување** (кои се куси) и **трнови за сепарација** (подолги). Клетките се со **издолжено цилиндрична плеура** на која се присутни **редови од ареоли, односно плеурата е јасно пунктирана**.

Видовите од родот *Aulacoseira* се едни од најчестите слатководни дијатомеи кои се присутни во планктонот на езерата и големите реки. Чест претставник од родот *Aulacoseira* е видот *A. granulata* кој поседува **долги трнови** на крајните клетки од колонијата. *Aulacoseira granulata* е карактеристичен претставник за планктонот на Дојранското Езеро. Може да се најде и во други бројни акумулации во Република Македонија кои се **збогатени со органски материји**.



Слика 25. Приказ на *Aulacoseira granulata*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Aulacoseira granulata*.

1. 3

Поткласа Biddulphiophycidae

1.3.1 Ред Triceratiales (Biddulphiales in part)

Претставниците од овој ред имаат цилиндрични или призматични клетки, чија должина и ширина е приближно иста. Валвата по форма е **полигонална**, многу ретко кружна и на неа се наоѓаат ареоли. На валвата често имаат израсстоци кои се во форма на трнови.

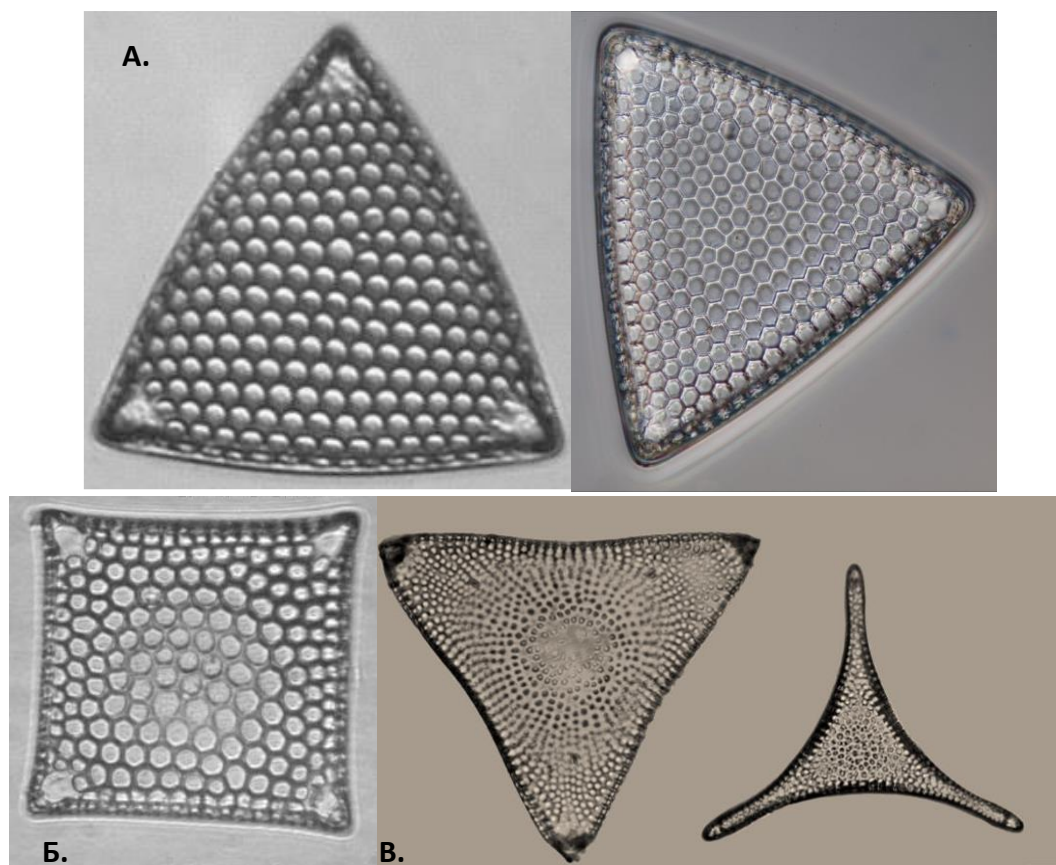
Видовите од овој ред се жители на планктонот во морските екосистеми (**морски планктон**).

Фам. Chaetoceraceae

Triceratium Ehrenberg

Претставниците од родот *Triceratium* се едноклеточни форми кои ретко формираат нестабилни колонии. Нивните валви се **полигонални со радијална симетрија**, односно истите можат да бидат **триаголни** (кај *Triceratium favus*), четириаголни (кај *Triceratium favus forma quadrata*) или петаголни. На аглите од валвата се забележуваат **задебелувања на панцирот** кои кај некои видови се доста изразени. Покрај задебелувањата на панцирот се забележуваат и други структури на валвата како што се крупните **ареоли кои имаат неправилен распоред (не се организирани во стрии)**, како и останати структури (брадавичести задебелувања, вдлабнувања и слично), кои многу тешко можат да се забележат на светлосен микроскоп.

Видовите од родот *Triceratium* се **морски жители** и претставуваат значајна компонента на **морскиот планктон** од Тихиот Океан и Северното Море (Германија), а значаен дел од видовите се познати само како **фосили**.



Слика 26. Микроскопски приказ на *Triceratium favus*

А. Рецентни форми од планктонот на Тихиот Океан и Северното Море, Германија.

Б. *Triceratium favus* f. *quadrata* Grunow. В. Фосилни форми на *Triceratium favus*.

Дополнителна задача: спореди ги фосилните форми со рецентните форми на *Triceratium favus* (од планктонот на Тихиот океан и Северното море, Германија). Постојат ли разлики во градбата кај фосилниот *Triceratium favus*?

Задача: Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Triceratium favus* и означете ги неговите карактери.

Рецентен претставник:

Фосилен претставник:

forma quadrata

2.

Класа *Pennatophyceae* (syn. *Bacillariophyceae*; пенатни дијатомеи)

Класата *Pennatophyceae* опфаќа едноклеточни или колонијални видови со *издолжени* валви кои имаат **билатерална симетрија или се асиметрични**. Валвата може да има различен изглед, но по правило е издолжена, ретко свиена во форма на буквата S. Плеурата најчесто е правоаголна или клинеста. Кај најголем број претставници од оваа класа на валвата се јавува **централно задебелен силикатен лонгитудинален елемент по должината на аксијалната зона (стернум)** каде е сместена **рафата**, која претставува специфична структура за лизгање по подлогата (движење). Рафата се наоѓа на едната или и на двете валви, што претставува значајна таксономска карактеристика, но има претставници кои воопшто немаат рафа или истата е во зачеток. Поседувањето на рафата се смета за еволутивна придобивка (видовите кај кои недостасува рафа се попримитивни). Централниот хијалински стернум кај видовите без рафа (арафидните дијатомеи) честопати во постарата литература се означува како „псеудорафа“.

Хлоропластите кај пенатните форми се со различна форма и најчесто се наоѓаат во мал број (најчесто **по два крупни хлоропласти**). Кај видовите кои се подвижни (видови кои поседуваат рафа), хроматофорите се наоѓаат **на периферијата на клетката**.

Претставниците од ова класа ги населуваат морските, бракичните и слатководните екосистеми. Се јавуваат главно во бентосните заедници (епипелон, епипсамон), а доста чести се и како епифити на макрофитни растенија и алги, како перифитон и, како епилитон градејќи кафеави биофилмови на површината од карпите и камењата. Многу мал број на видови се сретнуваат во планктонските заедници како вистински планктонери (пример, *Fragillaria*).

Класата *Pennatophyceae* во постарата литература, традиционално беше поделена на четири реда во зависност од присуството, развиеноста и градбата на рафата:

- Araphales (без рафа)
- Monoraphales (рафа само на хиповалвата)
- Diraphales (рафа и на двете валви)
- Aulonographales (рафа во канал)

Сепак, според поновата литература, таксономијата која ги опфаќа овие редови се смета за застарена, бидејќи денес од секој од нив се одвоени неколку редови; самата класа пак е поделена на три поткласи:

1. **Fragilariophycidae** која ги опфаќа претставниците без рафа (соодветствува на поранешниот ред Araphales)
2. **Eunotiophycidae** која ги опфаќа претставниците со зачеток на рафа (ред Eunotiales)
3. **Bacillariophycidae** која ги опфаќа претставниците со добро развиена рафа (Monoraphales, Diraphales и Aulonographales според постарата таксономија).

2. 1

Поткласа *Fragilariophycidae* („Araphales“); морфолошка категорија: Araphid

Оваа поткласа опфаќа едноклеточни или колонијални форми чии валви имаат билатерална симетрија, односно опфаќа пенатни дијатомеи без рафа (**арафидни**) кои немаат значајна подвижност. Колониите се со различен облик: лентовидни, плочести, свездовидни или цик-цаковидни. Кај некои видови на средината на валвата јасно се забележува стернумот во вид на хијалинско поле (не содржи ареоли), кое во постарата литература е означено и како *псеудорафа*.

Поткласата содржи два реда Fragilariales и Tabelariales чии претставници се сретнуваат во слатководните екосистеми, а поретко во морските. Претставниците од оваа поткласа, односно арафидните пенатни дијатомеи, честопати се сретнуваат како епифити или метафити на макрофитите и васкуларните водни растенија, како епилитон формирајќи биофилмови на површината од карпите и камењата, а постојат и неколку родови кои градат специфични колонии, преку што се одржуваат во планктонот (планктонски претставници од родовите *Asterionella*, *Fragillaria*, *Tabellaria* и сл.).

2.1.1 Ред Tabelariales

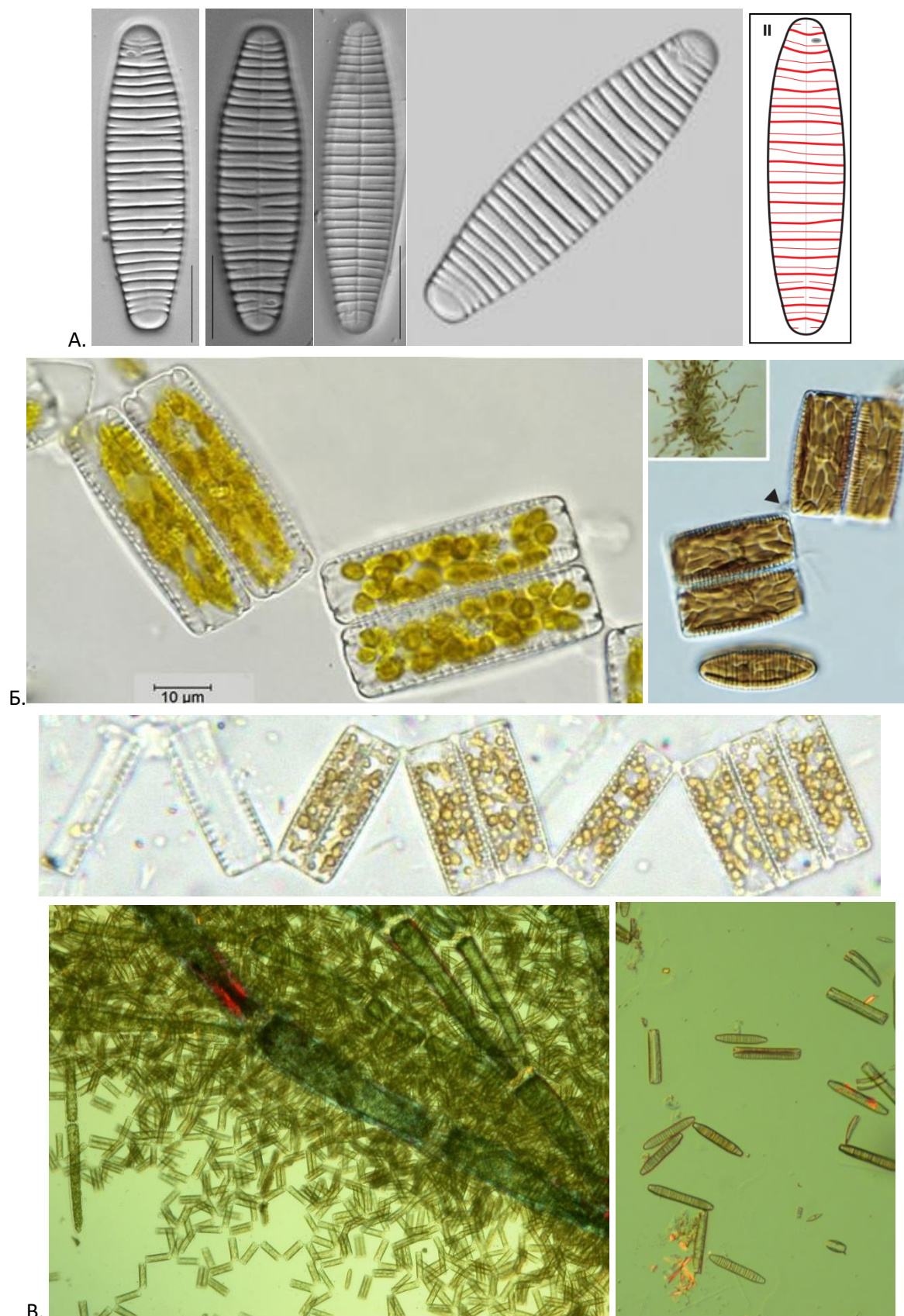
Фам. Tabellariaceae

Diatoma Bory

Видовите од родот *Diatoma* се едноклеточни или колонијални форми. Клетките во колониите се спојуваат со помош на слезести органски материи по ивиците на валвите и на тој начин градат **колонии со цик-цак форма**. Валвата по форма е најчесто издолжена (**стапчеста**), изополарна, арафидна и со билатерална симетрија. Кај некои видови, врвните делови од валвата се извлечени во форма на главички (**капитирани краев**). На валвата, **од внатрешната страна** се забележуваат неорнаментирани, издолжени, **силни задебелувања од силикат**, означени како **трансферзални ребра (costae)** кои се протегаат напречно по целата должина и се јасно забележливи на светлосен микроскоп (**ребрата како структури се карактеристични само за овој ред, во главно за претставниците на родот *Diatoma***). Помеѓу ребрата постојат низи од едно до друго подредени многу фини (ситни) ареоли кои градат **стрии (striae)** кои **не се видливи** на светлосен микроскоп кај претставниците од *Diatoma*, но можат да се забележат на **SEM**. Рафа отсуствува, но по должината на аксијалната оска на симетрија честопати се забележува **централен хијалински стернум**.

Претставниците од родот се широко распространети во слатководните екосистеми низ целиот свет (убиквити). Некои видови се јавуваат во чисти брзотечечки води (планински реки) и претставуваат индикатори за чисти води, додека некои видови се јавуваат во води со среден и висок степен на органско и неорганско загадување - индикатори на степен на загадување. **Видовите од *Diatoma* мошне ретко се сретнуваат во бентосот во епипелонските и епипсамонските заедници; најчесто тие се епифити на макрофитски растенија и алги или пак, формираат биофилм на камењата и карпите.**

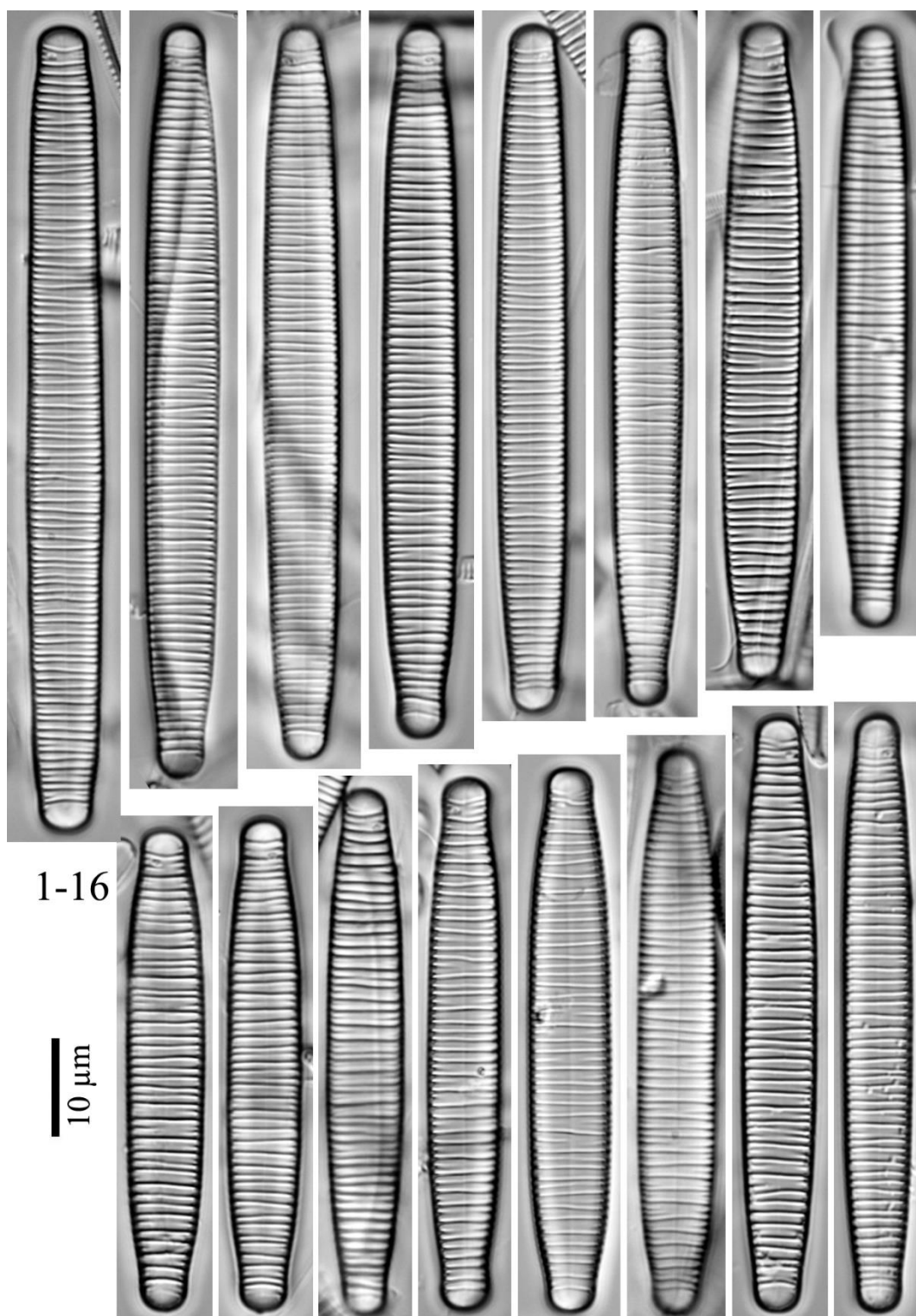
За Македонија, досега се познати 7 видови од кои еден е ендемичен за Охридското Езеро (*Diatoma ochridana* Lange-Bertalot & Rumrich). Еден од најчестите видови во слатководните екосистеми е *Diatoma vulgaris* Bory. Цик-цаковидни колонии од овој претставник во маса, градејќи видливи густе колонии честопати се сретнуваат во еутрофни води. Карактеристичен претставник за Охридското Езеро исто така е и *Diatoma angusticostata* D.M.Williams & Z.Levkov.



Слика 27. Микроскопски приказ на *Diatoma vulgaris*.

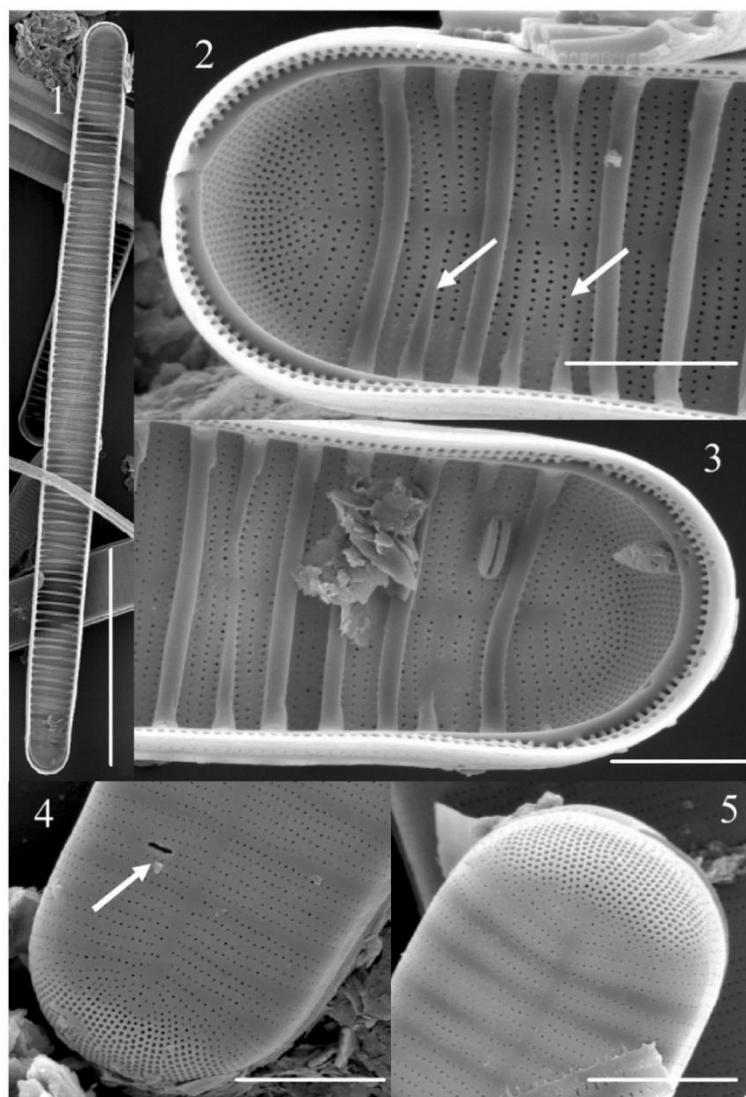
А. Траен препарат. А (II) цртеж на дијакритични карактери. Б. Нативен препарат. В. Масивен епифитски развој на *Diatoma vulgaris* на алгата *Cladophora glomerata*. Индикатор за лош еколошки статус.

Дополнителен визуелен концепт: *Diatoma angusticostata*,
еписит на макрофитската вегетација во Охридското Езеро



(микрофотографии од проф. д-р З. Левков)

SEM микрофотографија на *Diatoma angusticostata*, разлики помеѓу стрии и ребра



Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Diatoma vulgaris* и *D. angusticostata* и означете ги нејзините карактеристики. Споредете нативни и трајни препарати.

Diatoma vulgaris

Diatoma angusticostata

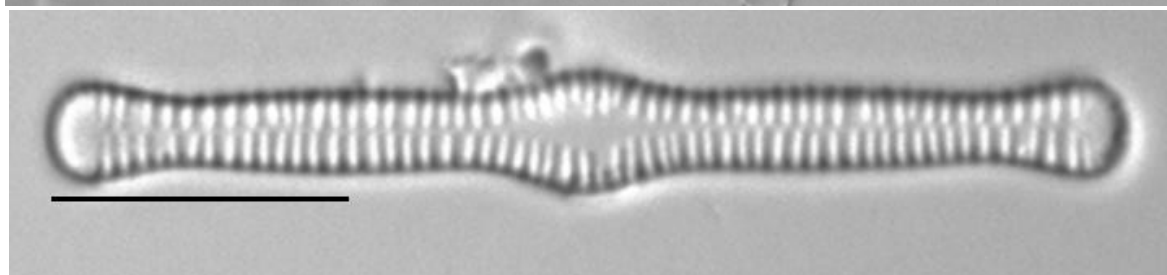
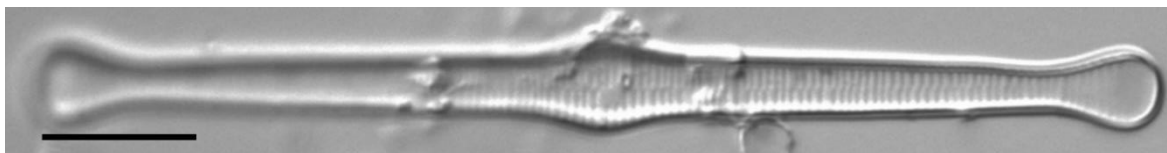
Нативни препарати

Tabellaria (Ehrenberg) Kützing

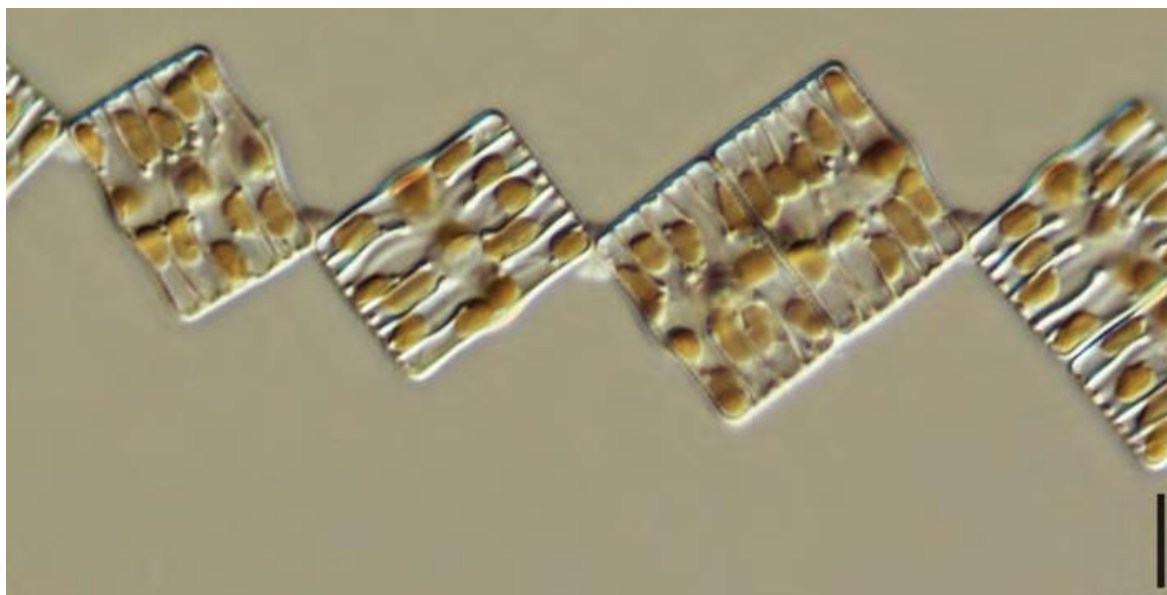
Видовите од родот *Tabellaria* формираат **цик-цак колонии**, често доста долги. Ваквите колонии настануваат како резултат на поврзување на двете клетки со површината на валвите преку слузави органски материи. Понекогаш, се сретнуваат и свездовидни колонии.

Валвите се тенки, повеќе или помалку *издолжени* (линеарни), со **проширување во средината** и со **капитирани краев** (изгледот е во вид на коска). На валвите се забележуваат **паралелни стрии** составени од *фини ареоли*, кои во средината се прекинати и формираат **централно поле во вид на ромб**. Рафа отсутствува, но се јавува тесно хијалинско *линеарно аксијално поле* (**стернум**, „пseudорафа“).

Видовите од родот *Tabellaria* живеат во **планктонот на слатководните стагнантни екосистеми**, а особено чести се во високопланинските постгласијални езера. Чести се и како епифити на тресетиштата, особено на повисоки надморски висини.



А.



Б.

Слика 28. Микроскопски приказ на *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing.

А. Приказа на трајни препарати. Б. Нативни препарати и изглед на колонии во планктон

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Tabellaria flocculosa* и означете ги нејзините карактеристики.

2. 2

Поткласа Bacillariophycidae

Оваа поткласа ги опфаќа дијатомеите кои имаат добро развиена рафа и согласност тоа, изразена подвижност. Класата опфаќа повеќе редови во зависност од градбата и сложеноста на рафата, како и од морфолошките карактеристики на видовите.

Морфолошка категорија: Monoraphid („Monoraphales“)

2.2.1 Ред Achnanthales

Редот опфаќа едноклеточни, поретко колонијални форми. Валвата е линеарна до широко ланцентна. Основна карактеристика на претставниците од овој ред е присуството на **хетеровалвална фрустула**, односно епитеката и хипотеката се разликуваат. Добро развиена рафа се наоѓа **само на хипотеката**, додека истата на епитеката отсуствува. Претставниците од овој ред се *сесилни форми кои за подлогата се прикрупени со хипотеката или пак со помош на слузести продолжетоци во форма на дршка*. Редот опфаќа само една фамилија Achnanthaceae.

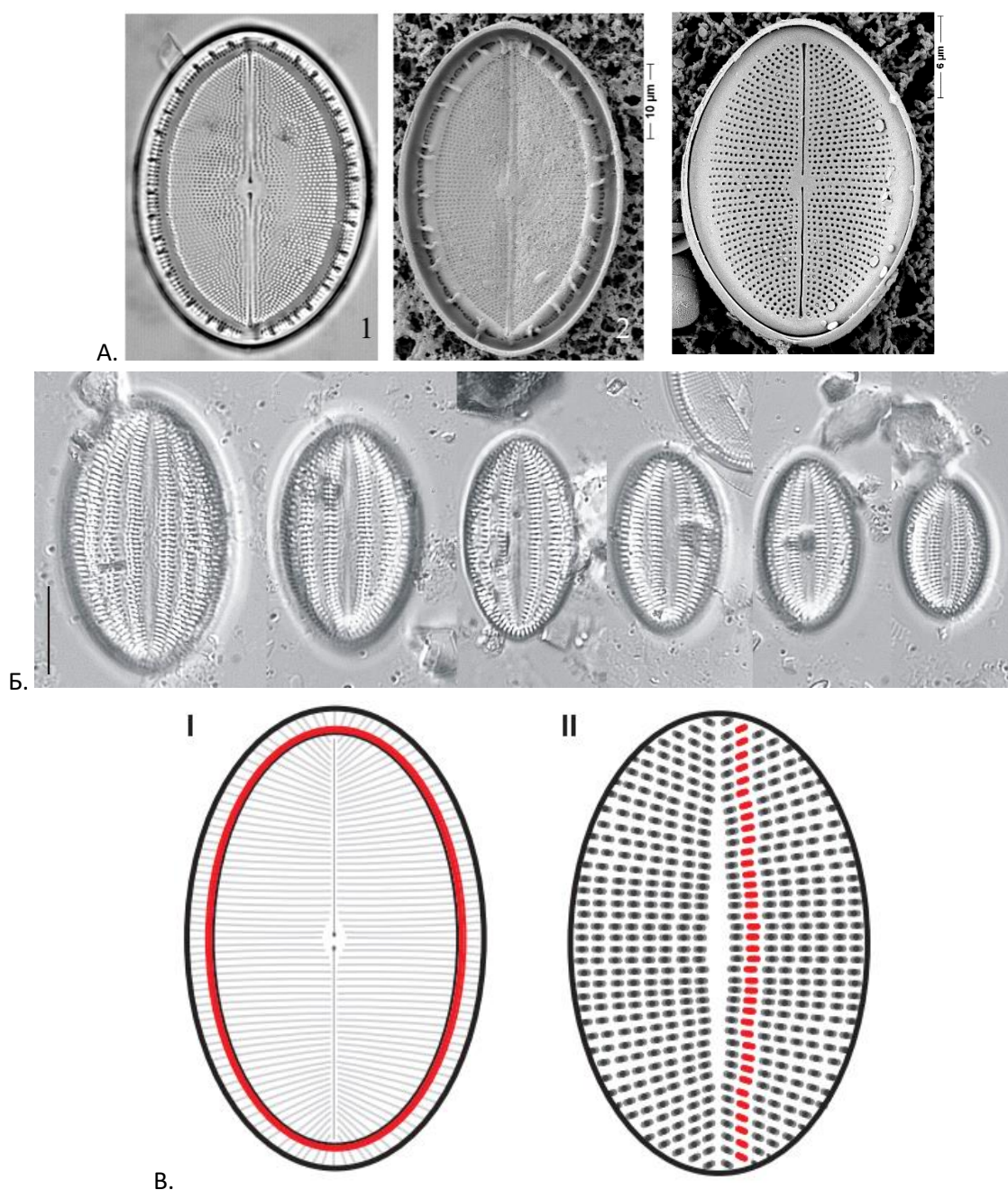
Фам. Achnanthaceae

Cocconeis Ehrenberg

Валвата кај видовите од родот *Cocconeis* е повеќе или помалку **широко елиптична до овална**. Фрустулата е **силно хетеровалвална**, при што хиповалвата е благо вдлабната, додека епивалвата е издигната. Рафата се наоѓа *само на хиповалвата*, во зоната на надолжната оска. Хиповалвата која има рафа е *нежно пунктирана*, и на неа се забележуваат редови од *радијални стрии*, составени од **многу ситни ареоли**. На ивицата на хиповалвата може да се забележи т.н. **хијалински прстен** (ивична зона). Централното поле е мало и овално. Спротивно пак, на епивалвата отсуствува хијалинскиот прстен и на неа се забележуваат покрупни, **апикално издолжени ареоли кои се јасно видливи и често организирани во лонгитудинални низи**. На епивалвата нема рафа, но се забележува тесно хијалинско *линеарно аксијално поле (стернум без рафа)*.

Родот опфаќа околу 30 видови кои главно се сретнуваат во морските екосистеми, а видовите кои се сретнуваат во слатководните екосистеми се чести **еписфити**. Слатководните претставници често се развиваат во голем број на површината од субмерзни васкуларни растенија или макрофитски алги, што доведува до изумирање на растението (алгата) како резултат на намалувањето на интензитетот на светлината. Затоа овие видови се сметаат како **паразити на простор**.

Досега за Македонија познати се 10 таксони (6 вида, 4 вариетети). За Охридското Езеро, познат е ендемичниот вид *Cocconeis robusta* Jurilj. Еден од најчестите видови кои се сретнуваат во слатководните екосистеми, во еписфитските заедници е *Cocconeis placentula* Ehrenberg.



Слика 29. Микроскопски приказ на *Cocconeis placentula*. А. Хиповалва. Б. Епивалва. В. Цртеж

Задача: Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Cocconeis* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Хиповалва

Епивалва

Морфолошка категорија: Symmetrical biraphid („Diraphales“)

2.2.2 Ред Naviculales

Претставниците од овој ред се едноклеточни, ретко колонијални организми, кои се подвижни како резултат на постоењето на рафа на двете валви која, најчесто е поставена во централниот дел на валвата (по должината на аксијалната оска, во **стернумот**). Валвата е линеарна или елиптична и таа е симетрична во однос на надолжната и напречната оска (билатерална симетрија). Хроматофорите се најчесто два со плочеста форма.

Ова е најголемиот ред на пенатни дијатомеи со рафа на двете валви, кој опфаќа 18 фамилии и стотици таксони.

Фам. Naviculaceae

Navicula Bory

Централниот род на овој ред, односно родот *Navicula* традиционално е група во која беа вклучувани сите **навикулоидни форми** (или билатерално симетрични пенатни дијатомеи со рафа кај кои не се забележуваат посебни одлики) со што денес овој род стана исклучително хетероген опфаќајќи голем број на видови (неколку стотици видови) со различни карактеристики на градбата на валвата, дури и по издвојувањето на бројни нови родови. Родот *Navicula* според Round et al (1991), е поделен на над 20 рода во кои се групирани видови со слични одлики. Како резултат на исклучителната бројност на овој род со видови и нивната варијабилност, родот *Navicula* претставува еден од најтешките родови за детерминација. Сепак видовите сместени во овој род имаат одредени заеднички карактеристики.

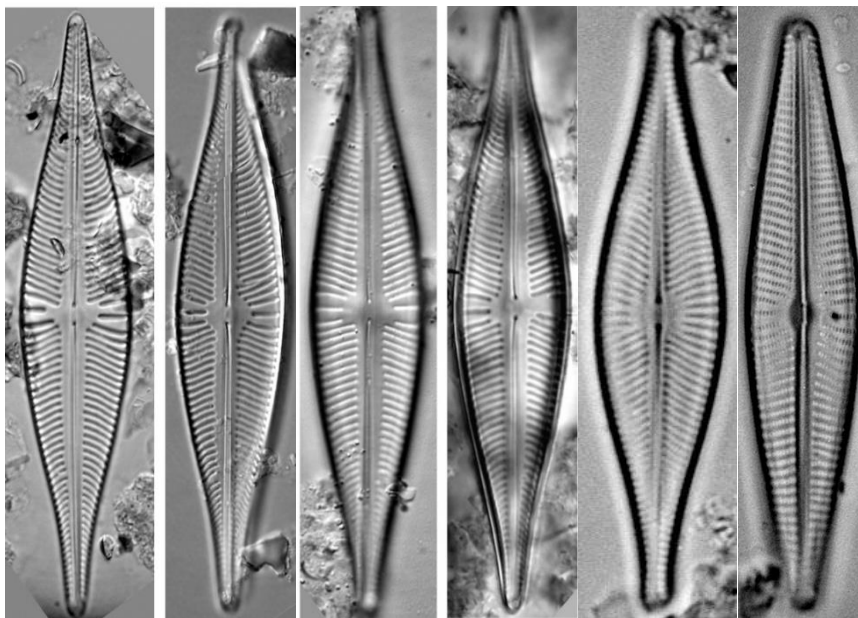
Видовите од овој род најчесто се едноклеточни форми, ретко клетките се поврзани во нестабилни лентовидни колонии. Валвата се карактеризира со мошне голема разновидност. Најчеста форма на валвата е **тесно елиптична или издолжено-ланцеолатна**, поретко (кај мал број видови) е широко елиптична. Краевите на валвата можат да бидат широко заоблени до заоблено-конусни или извлечени во капитирани краеве или пак, да завршуваат шилесто.

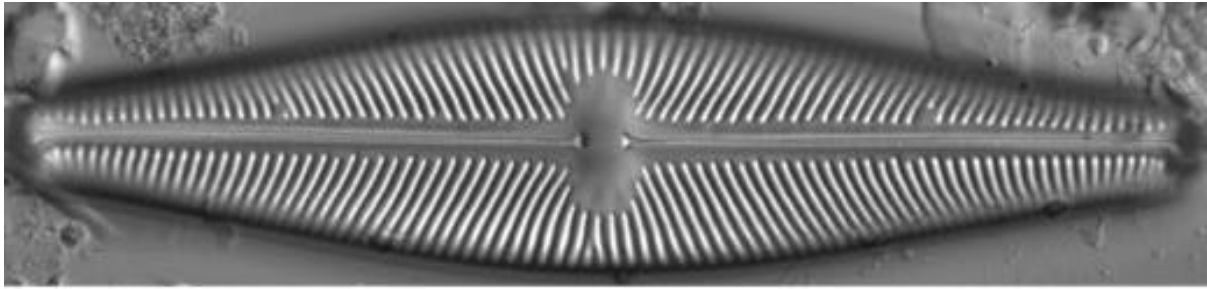
Големината на валвата кај различни видови е различна и се движи од неколку микрометри па до 150 μm .

Во централниот дел на валвата (во зоната на аксијалното поле) се наоѓа **централно задебелен стернум**. Истиот претставува **лонгитудинално силикатно задебелување (кое често е хијалинско) по должината на аксијалната оска каде е сместена рафата**. Рафата заедно со централно задебелениот стернум се јасно видливи на светлосен микроскоп (освен кај видовите со мали димензии). **Рафата е симетрично поставена** (претставниците се **симетрични бирафиди**). Во центарот на валвата, рафата завршува и се забележува *централно поле* кое не е орнаментирано. Од рабовите на валвата кон рафата и централното поле тргнуваат **стриите** (напречни линии од едно до друго поставени **ареоли**). Стриите се *јасно забележителни на светлосен микроскоп*. Ареолите кај *Navicula* се издолжени во апикална насока (**линеарни ареоли**), што претставува **главна карактеристика на овој род**. Набљудувани од плеурална страна видовите од родот *Navicula* најчесто имаат форма на правоаголник.

Клетките содржат едно јадро, поставено во централниот дел на клетката. Присутни се и два плочести хроматофори кои се свртени со пошироката страна кол плеурата.

Родот *Navicula* е космополитски. Видовите населуваат најразлични станишта, како морски, така и слатководни. Сепак најчесто се јавуваат во литоралот на слатководните екосистеми како епилити, епифити, наслаги на органски седимент – мил (епипелон) и песок (епипсамон). Исто така можат да се сретнат и во планктонските заедници, но најчесто потекнуваат од други заедници и во планктонот доаѓаат како резултат на откинување од подлогата (т.н. **тихопланктон** – организми кои се нашле во планктонот поради миксија на водата).





Слика 30. Микроскопски приказ на *Navicula* spp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Navicula hasta* и означете ги нејзините карактеристики.

Морфолошка категорија: Asymmetrical biraphid („Diraphales“)

2.2.3 Ред Cymbellales

Претставниците од овој ред се едноклеточни, ретко колонијални организми, кои се подвижни како резултат на постоењето на рафа на двете валви. Валвата кај нив е најчесто свиткана во форма на полумесечина или во форма на буквата S и кај неа недостасува симетрија барем во однос на едната оска.

Фам.: Cymbellaceae

Cymbella C. Agardh

Видовите од родот *Cymbella* претставуваат едноклеточни или колонијални форми. Колониите се претставени од група на клетки кои се поврзани во заедничка слузеста обвивка.

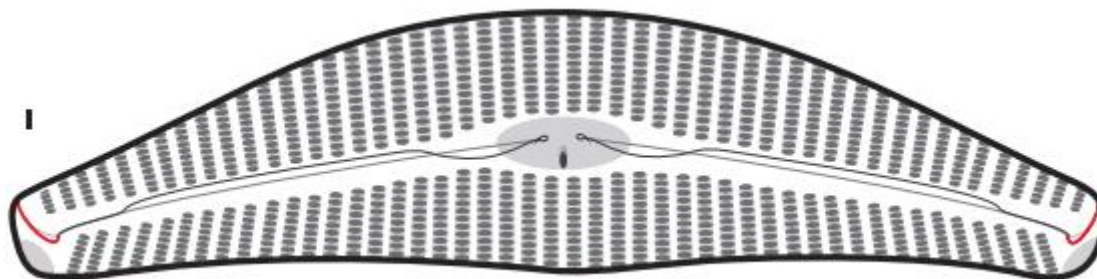
Валвите кај *Cymbella* се свиткани, со повеќе или помалку со **полумесечест** облик, односно се **силно дорзовентрално асиметрични** во однос на апикалната оска. Трансапикално

валвите се симетрични (**имаат само една оска на симетрија**). Оттаму, видовите од родот *Cymbella* се примери за дијатомеите од морфолошката категорија на **асиметрични бирафиди**.

На валвата се разликува дорзална (грбна) и вентрална (стомачна) страна. Рафата е поставена **асиметрично** во однос на надолжната оска, при што е поблиску поставена до вентралната страна. Рафата е јасно видлива и е често свиткана, односно истата ја прати искривеноста на дорзалната страна. **Дисталните краеви на рафата се дорзално извлечени, што претставува главен дијакритичен карактер за родот**. Во средишниот дел на валвата се разликува **централно поле**, чија форма и големина се значајни таксономски карактеристики. Во централното поле, од вентралната страна, се наоѓа една или неколку изолирани пори, означени како **стигми**, врз основа на кои се врши таксономската класификација на видовите од овој род. На валвата јасно се забележуваат и напречните линии (**стрии од едно до друго поставени ареоли**). Кај повеќето претставници, ареолите од стриите можат јасно да се забележат и на светлосен микроскоп, односно може да се утврди дека стриите всушност се редови од ареоли. Плеурите се главно со правоаголна форма со заоблени агли, а често се и проширени во средниот дел.

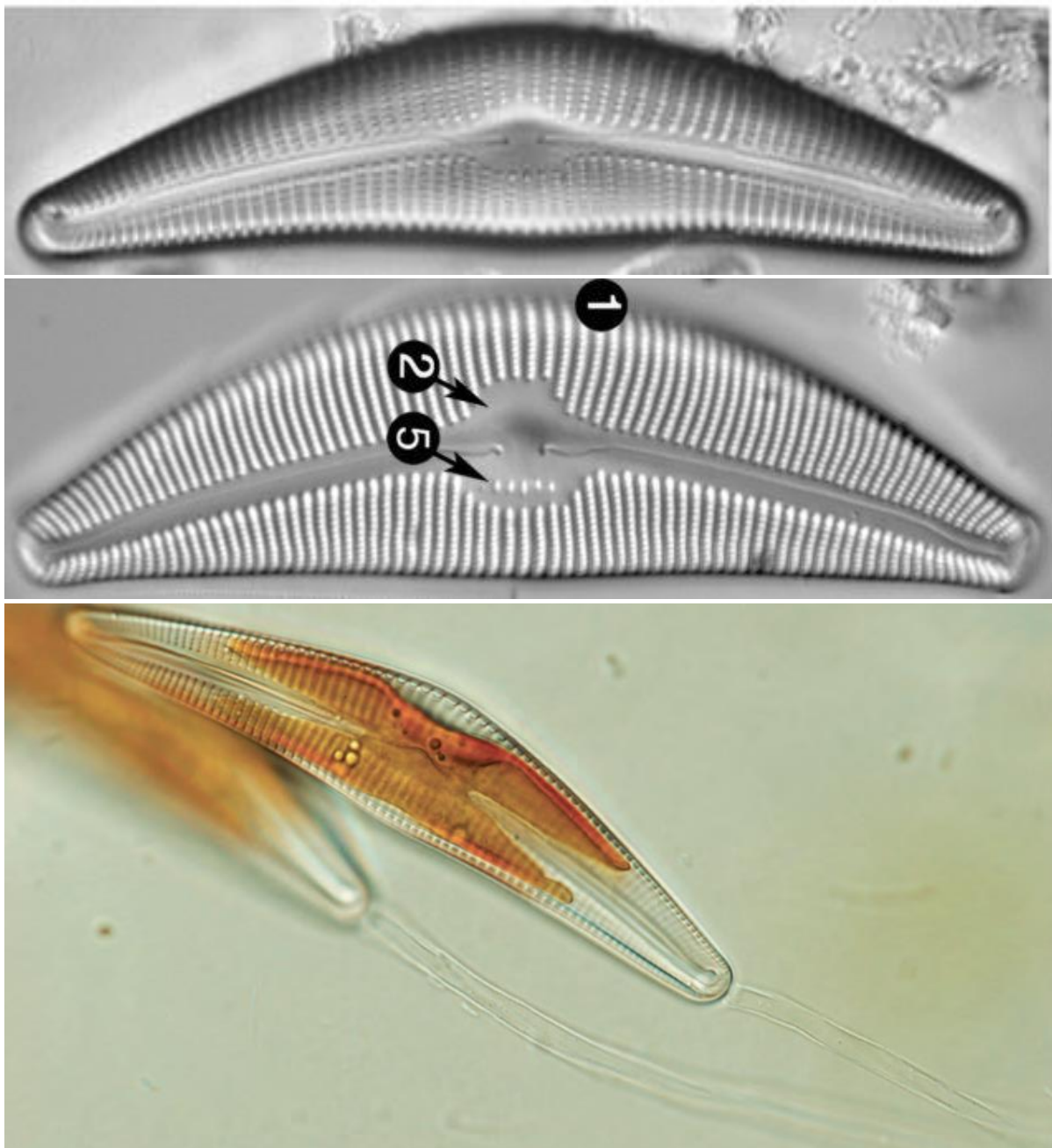
Родот *Cymbella* е мошне богат со видови кои населуваат најразлични станишта. Најчесто се јавуваат како **епифити** на различни видови водни виши растенија, како и на макрофитски алги, за кои се прикрепуваат со помош на дршки од слузеста материја. Најголем број претставници се јавуваат во олиготрофни и мезотрофни екосистеми и високопланински екосистеми (езера, реки, тресетишта) со карбонатна подлога. **Видовите преферираат алкални живеалишта**. Само на Шар Планина се познати 40 видови, додека за Македонија се познати 49 видови.

Дијакритичните карактери за родот се сумирани на следниов цртеж.



Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Cymbella* sp. и означете ги карактеристичните структури.



Слика 31. Микроскопски приказ на *Cymbella* spp.

2.2.4 Ред Bacillariales (Aulonographales)

Со овој ред започнува богатата група на пенатни дијатомеи кои поседуваат највисоко развиена рафа, поместена во посебен канал издигнат над површината на валвата и обично поткрепена со специфични силициумски ребра - **фибули**.

Повеќето претставници од овој ред се едноклеточни, ретко колонијални форми. Валвата е со различна форма елиптична, линеарна, овална и сл. Рафата е присутна на двете валви и истата е **во вид на канал по работ на валвата**, а не во вид на пукнатина по должината на аксијалната оска, што воедно претставува главна разлика меѓу претставниците од редот Bacillariales и претходниот ред. Редот опфаќа неколку морфолошки категории од кои ние ќе ја разгледаме категоријата Surirelloid.

Морфолошка категорија: Surirelloid

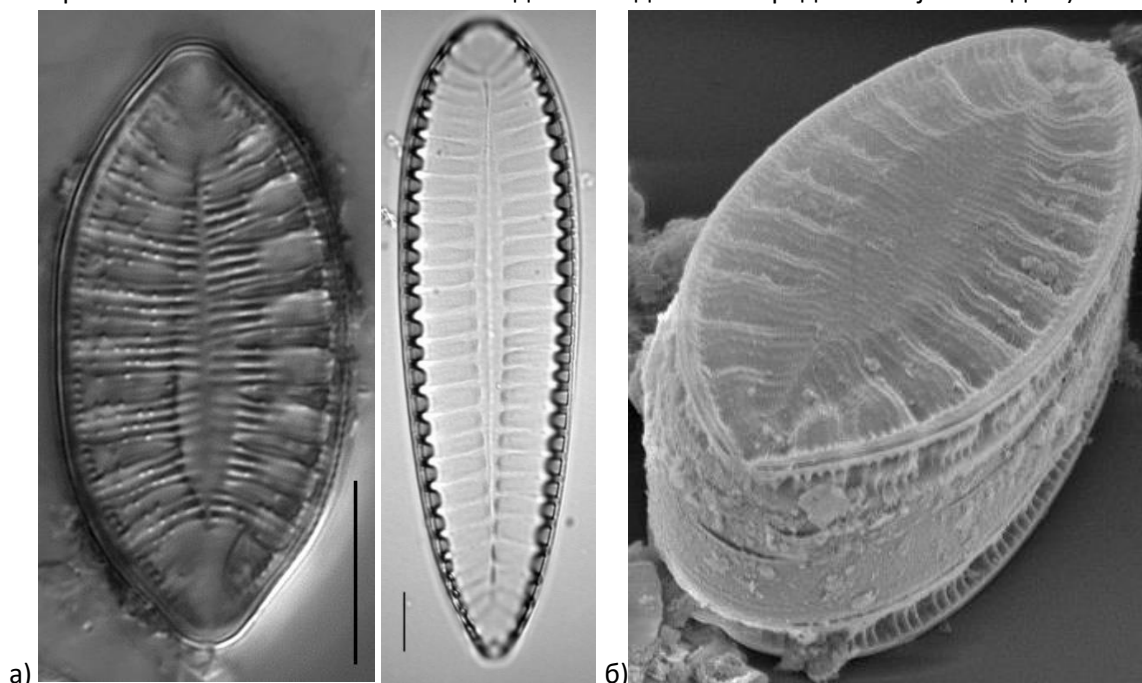
Фам. Surirellaceae

Surirella Turpin

Родот *Surirella* е претставен со едноклеточни видови. Валвата најчесто е со ланцетна или јајцевидна форма, симетрична во однос на аксијалната оска. Валвите можат да бидат **изополарни** (симетрични и во однос на напречната оска) или **хетерополарни** (без симетрија во однос на напречната оска), во зависност од видовите. Мошне ретко (кај *S. spiralis* Kützing) валвата може да биде и извиена во однос на надолжната оска.

Валвата се карактеризира со присуство на **брановидна структура** која може да се забележи на светлосен микроскоп. Од рабовите кон средината на валвата исто така се забележуваат и **напречни „крилести израстоци“ (гребени)**, кои претставуваат **силикатни задебелувања од надворешната страна** (истите не треба да се поистоветуваат со ребрата, кои се силикатни задебелувања од **внатрешната страна**). Помеѓу гребените се наоѓаат напречни линии од мошне фини кружни ареоли кои градат стрии. Стриите генерално **не се видливи на светлосен микроскоп**, а додека напречните пруги кај *Surirella* кои се гледаат на светлосен микроскоп соодветствуваат на силикатните гребени. Во централниот дел на валвата се забележува и **централно осовинско поле** кое настанува како резултат на тоа што гребените и стрии не доаѓаат до центарот на валвата. Каналната рафа се наоѓа **по работ на валвата**, меѓу неа и плеурата и формира скоро затворен прстен околу валвата (слика 32). Плеурата кај видовите со изополни валви е со правоаголна форма, а додека кај видовите со хетерополни таа е со трапезоидна форма.

Родот *Surirella* е мошне богат со видови. Претставниците од родот *Surirella* се јавуваат во слатководни и морски екосистеми. Видовите кои се јавуваат во слатководните екосистеми ги населуваат бентосните заедници, а некои видови се јавуваат и како епифити (во планктон може да се сретнат само како тихопланктон – подигнати од милта поради миксија на водата).



Слика 32: Микроскопски приказ на *Surirella* sp.

а) Приказ на *Surirella* sp. на траен препарат б) Микрофотографија на *Surirella* sp. добиена со SEM.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот препарат од *Surirella* sp. и означете ги нејзините карактеристики на самиот цртеж. На слика 32, панел б, означи каде се наоѓа рафата.

Датум:

Прегледал:

Тип Phaeophyta (кафеави алги)

Сите кафеави алги претставуваат **повеќеклеточни (мултицелуларни) организми**, кои главно се жители на **морските екосистеми** каде го населуваат **бентосот** (исклучок се слатководните претставници само 8 рода: *Heribaudiella*, *Pleurocladia*, *Bodanella*, *Pseudobodanella*, *Lithoderma*, *Porterinema*, *Ectocarpus* и *Sphacelaria*).

Во однос на морфолошката и анатомската сложеност на талусот, кафеавите алги се карактеризираат со голема разновидност. Талусот најчесто е со **кормоидна** морфологија (наликува на вишите растенија), а додека неговата градба е **псевдопаренхиматична**; истиот е најчесто макроскопски (најголем дел од кафеавите алги се **макрофити**, со димензии од неколку cm – до повеќе десетици m), но има претставници чии талуси се и со микроскопски димензии. Кај претставниците од кафеавите алги кои се наоѓаат на највисок степен на организација, талусот многу потсетува на вегетативните органи кај вишите растенија (се сретнуваат структури кои морфолошки наликуваат на корен, стебло и лист, означени како **ризомид**, **каулоид** и **филоид**, соодветно).

Талусот кај примитивно градените претставници е изграден од **разгранет трихом** или од повеќе трихоми поставени во заедничка слузеста обвивка, додека кај претставниците со највисок степен на организација во градбата на талусот се присутни **лажни** и **вистински ткива** (се јавува **псевдопаренхим**). Кај видовите со сложена морфолошка и анатомска градба на талусот се јавуваат и клетки кои по својата функција наликуваат на високо специјализираните клетки кај васкуларните растенија, односно клетки кои вршат складирање на органски материи, механички клетки или клетки кои ги спроведуваат минералните и органските материи.

Клеточниот сид кај кафеавите алги е изграден од **мрежа од целулозни микрофибрили** кои се зацврснати со солите на **алгинска киселина** (најчесто **калциум алгинати**). Оваа мрежа го претставува структурниот дел на клеточниот сид. Покрај тоа, во клеточниот сид се сретнува аморфна фракција изградена од **фукоидан** и **слузести алгинати**. Цитоплазмата е претставена во вид на тенок слој во близина на клеточниот сид, а централно место во клетката зазема крупна вакуола. Хроматофорите, кои кај кафеавите алги се означуваат како **феопласти**, содржат хлорофил *a* и *c* (како и кај останатите хетероконтни алги), каротени и ксантофили, особено **β -каротен** и **фукоксантин**. Тие имаат дисковидна форма и се со изразена кафеава боја, бидејќи **хлорофилот е маскиран од помошниот пигмент – фукоксантин**. Карактеристични органели за кафеавите алги претставуваат **физодите** кои содржат големи количини на **феофицејски танини**. Танините немаат шеќери во себе, врзуваат протеини, имаат силен редукциски потенцијал и се невксунни. Лесно оксидираат на воздух, што доведува до формирање на црн пигмент **фикофеин** кој ги бои сувите талуси на алгите во црно. *Оттаму, кафеавите алги своето име и боја ги должат на големите концентрации на каротеноидниот пигмент фукоксантин, но и на танините во своите талус*. Трајна резервна материја кај кафеавите алги е полисахаридот **ламинарин** (β -1,3 врзан глукан). Шеќерниот алкохол **D-манитол** е исто така акумулациски продукт на фотосинтезата (кај некои видови на *Laminaria* и до 25% од сувата тежина) и главно оваа резервна материја им служи на алгите како **осморегулатор** во различните концентрации на солта, или како **антифриз во ладните води**.

Кај кафеавите алги, не се сретнуваат вегетативни клетки кои се подвижни, односно **единствените клетки кои содржат хетероконтни флагелуми се репродуктивните.**

Кафеавите алги се размножуваат вегетативно, бесполово и полово. Вегетативното размножување се одвива со фрагментација на талусот, а бесполовото преку формирање на подвижни спори – зооспори кои се хаплоидни. Само кај некои видови се јавуваат тетраспори кои настануваат во **унилокуларни (едногнездени) спорангиуми**. Од зооспорите, преку процес на нивно `ртење, се развива гаметофит на кој се развиваат половите органи. Кај попримитивните претставници од овој тип половиот процес е изогамија, а кај поголем број е хетерогамија. Само кај претставниците со највисок степен на организираност на талусот, се јавува полов процес оогамија. Изогаметите и хетерогаметите настануваат во **плурилокуларни гаметангиуми**. Оплодување секогаш се врши во надворешноста и од добиениот зигот веднаш се развива диплоиден талус на алгата.

За повеќето претставници од кафеавите алги карактеристична е „**смена на генерации**“ која може да биде *изоморфна* (спорофитот и гаметофитот имаат ист или приближно ист хабитус) или *хетероморфна* (спорофитот се разликува како морфолошки, така и анатомски од гаметофитот). При хетероморфната смена на генерации доминира спорофитот. Во рамки на типот постои јасна еволуциска тенденција за редукција на гаметофитот, при што кај претставниците на највисок степен на организација гаметофитот не претставува самостојна единка.

Кафеавите алги, со исклучок на неколку рода, ги населуваат морските екосистеми. Имаат широко географско распространување, но сепак најзастапени се во ладните води на северната и јужната хемисфера. Кафеавите алги се ограничени во однос на распространувањето, бидејќи истите **се сретнуваат прикрупени само во крајбрежниот регион**, на максимална длабочина до 6-15 m. Само неколку родови се јавуваат на длабочини до 100 m, каде можат да формираат т.н. „**подземни шуми и прашуми**“.

Класификацијата на кафеавите алги досега претрпела повеќе измени, поради тоа што различни автори користат различен пристап (различна главна карактеристика) за одредување на бројот на класите и нивната номенклатура. Во овој практикум е презентираан само еден од обидите за класификација на типот Phaeophyta. Според неа типот се дели на три класи: **Ectocarpophyceae (со изоморфна смена на генерации), Laminariophyceae (со силно хетероморфна смена на генерации) и Fusariophyceae (диплоидни организми без смена на генерации).**

1.

Класа Ectocarpophyceae

Првата класа Ectocarpophyceae ги опфаќа најпримитивните претставници кои се размножуваат со изо или анизогамија, имаат едноставни жбуенсти или листести талуси (нежни, мали грмушести од неколку 10-тини центиметри или пак „лентовидни“ тенки талуси), при што гаметофитот и спорофитот се главно идентични по форма и големина - **изоморфна смена на генерации**. Класата опфаќа повеќе редови со поголем број видови.

1.1 Ред Ectocarpales

Претставниците од редот Ectocarpales ги опфаќаат најпримитивните претставници кои немаат кормоидна морфологија, и се карактеризираат со **хетеротрихални талуси** кои најчесто се **разгранети** и по својот изглед – грмушести. Нивните испреплетени трихални талуси никогаш не создаваат псеудо-паренхиматични ткива, размножувањето е со изогамија (поретко хетерогамија) и покажуваат *изоморфна смена на генерации*. Во рамките на редот се наоѓа само една фамилија Ectocarpaceae.

Фам. Ectocarpaceae

Ectocarpus Lyngbye

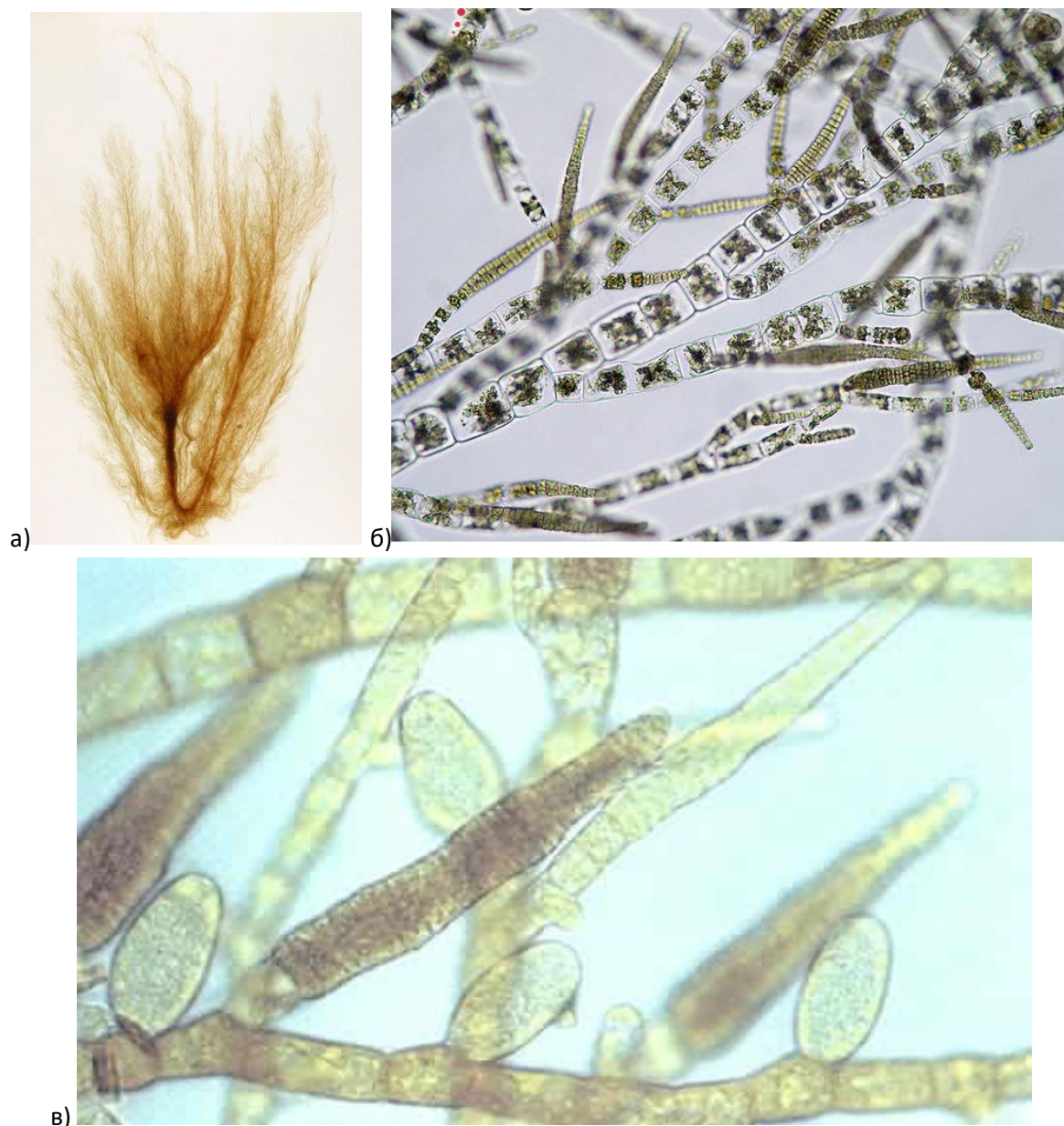
Талусот на видовите од *Ectocarpus* е нежен, изграден од силно разгранет трихом (**хетеротрихална градба**) со жолтеникаво-кафеава боја и грмушест хабитус. Неговата големина достигнува до 20 cm. Талусот е прицврстен за супстрат со помош на *ризиди*.

Главната оска и страничните разгранувања на трихомот се изградени од цилиндрични клетки поставени од еден ред, а врвниот дел е составен од голем број ситни клетки. Вегетативното размножување кај *Ectocarpus* настанува со фрагментација на талусот, а бесполовото со зооспори. Видовите на *Ectocarpus* полово се размножуваат по пат на *изогамија*. **Кај *Ectocarpus* се сретнуваат плурилокуларни (повеќеклеточни) гаметангиуми** кои се сместени во кратки странични гранки и со **унилокуларни и плурилокуларни спорангиуми**. Смената на генерации е *изоморфна*.

Видовите од родот *Ectocarpus* се чести али кои ги населуваат крајбрежните зони на бентосот на морињата, прицврстени за подводни карпи или како епифити на други покрупни алги или субмерзни кормоидни растенија. *Ectocarpus silicosus* и *E. confervoides* се широко распространети и доста толерантни кон варијациите на температурата и соленост на водата.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Ectocarpus* sp. и означете ги нејзините карактеристики. Означете каде се наоѓаат плурилокуларните гаметангиуми и унилокуларни спорангиуми на слика 33, б.



Слика 33. Приказ на *Ectocarpus siliculosus*

- а) Хабитуелен приказ на *Ectocarpus siliculosus* (хербален материјал)
- б) Микроскопски приказ на *Ectocarpus siliculosus*
- в) Приказ на плурилокуларни гаметангиуми и унилокуларни спорангиуми

1.2 Ред Dictyotales

Претставниците од овој ред имаат нежни, лентовидни, тенки талуси со *кормоидна морфологија* кои по својата форма можат да видат плочести, **лепезести** или пак најчесто, во вид на **дихотомно разгранети ленти**. Талусот е **псевдопаренхиматичен** и се состои од два, три или повеќе слоја на клетки. Талусот достигнува димензии до 50 cm. Покажуваат изоморфна смена на исправени, сплескани, паренхиматични талуси. Типична карактеристика на редот е модификација на унилокуларните спорангиуми да продуцираат најчесто четири (поретко осум) големи апланоспори – тетраспори (бесполово размножување). Полово се размножуваат со оогамиија, а почесто ги населуваат потоплите мориња низ целиот свет.

Фам. Dictyotaceae

Padina (Linnaeus) Thivy.

Талусот кај претставниците од родот *Padina* е макроскопски со кормоидна морфологија и достигнува димензии од 10 cm. На него се разликуваат **ризоид** кој е релативно слабо развиен и ѝ овозможува на алгата да се прицврсти за подлогата, **каулоид** кој е исто така релативно слабо развиен и кој носи **силно развиен филоид со лепезаста форма**. Филоидот е силно калифициран, но интензитетот на калификацијата не е подеднаква во сите делови, односно на филоидот јасно се забележуваат посветли (посилно калифицирани зони) и потемни (послабо калифицирани) зони кои меѓу себе наизменично се менуваат. Ваквата појава на **зонална калифицираност** и овозможува на алгата значителна **цврстина**, а воедно и **еластичност**.

Видовите од родот *Padina* се еднородни, а смената на генерации е изоморфна, така да во развојниот циклус се јавуваат две морфолошки слични единки.

Типичен претставник кој многу често се среќава во плиткиот, приобален (крајбрежен) регион на Јадранското (како и Егејското) Море, како епилитон (најчесто прикремен за камен) е ***Padina pavonica*** (Linnaeus) Thivy. Честопати истата може да се најде и исфрлена надвор на брегот од плимата.



а)



б)

Слика 34. Приказ на *Padina pavonica*

а) Хабитуелен приказ на *Padina pavonica* во природната средина

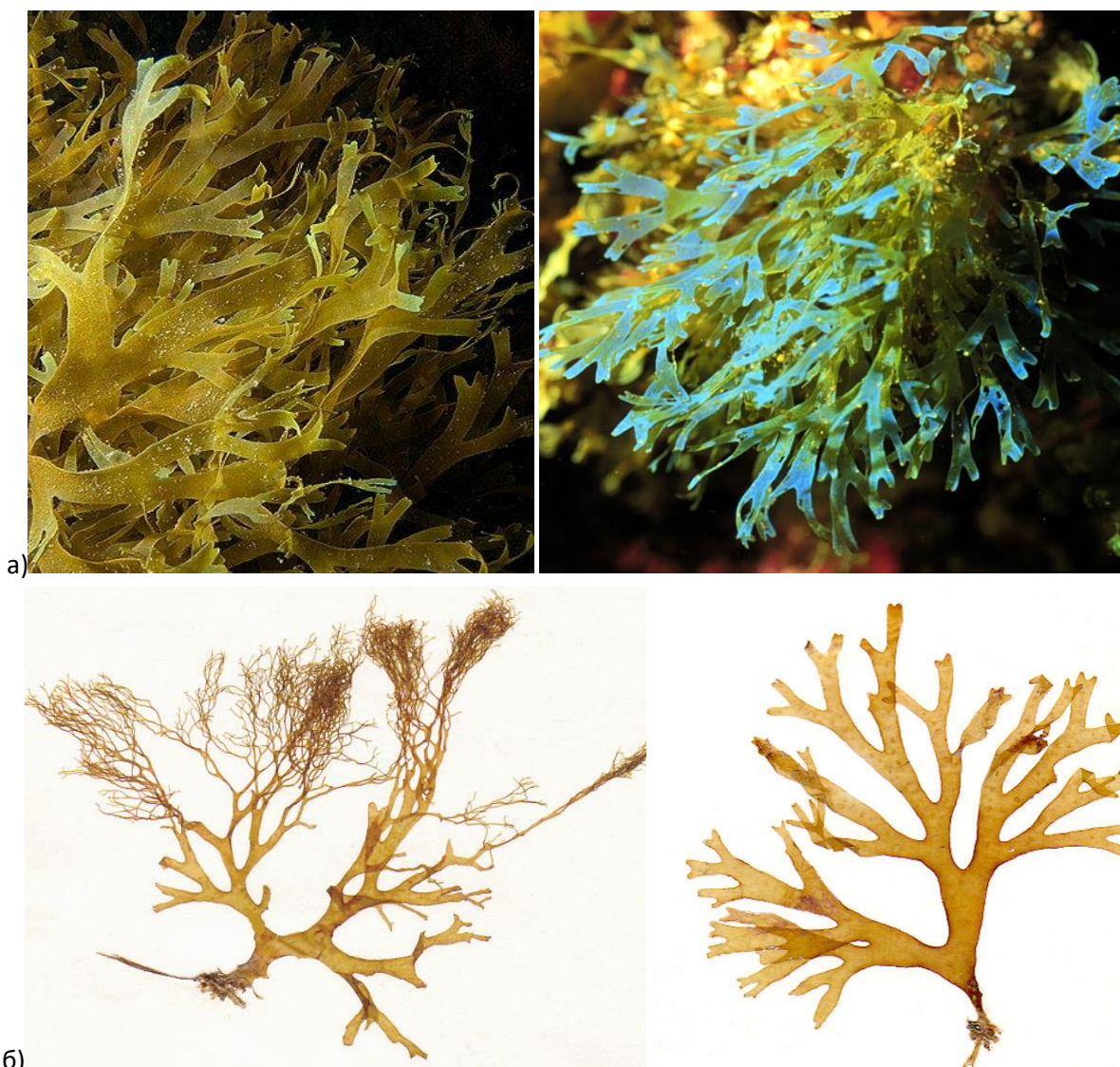
б) Приказ на хербален материјал од *Padina pavonica*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Padina pavonica* и означете ги карактеристиките.

Dictyota Lamouroux

Основна карактеристика на талусот на претставниците од родот *Dictyota* е **дихотомното разгранување** што е резултат на специфични делби на врвната клетка. Талусот е нежен, во вид на **дихотомно разгранети ленти**. На филоидите **не се наоѓа средно ребро**. Кај видовите од *Dictyota* се јавува изоморфна смена на генерации. Видовите се дводомни, што доведува да во циклусот на развој кај овие видови се јавуваат три морфолошки *слични* единки: машки гаметофит, женски гаметофит и спорофит. Претставниците од овој род ги населуваат плитките, крајбрежни региони, каде со помош на ризоди се прицврстуваат за карпи и покрупни камења. Еден од најраспространетите претставници е *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V.Lamouroux, како и *Dictyota linearis* (C.Agardh) Greville.



Слика 35. Приказ на *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V.Lamouroux

а) Хабитуелен приказ на *Dictyota dichotoma* во природната средина

б) Приказ на хербален материјал од *Dictyota dichotoma*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Dictyota dichotoma* и *Dictyota linearis*. Споредете ги двата вида и означете ги карактеристиките.

Dictyopteris Lamouroux

Талусот на претставниците од *Dictyopteris* е исправен или лежечки по супстратот, прицврстен за каменитата подлога со систем на разгранети, цилиндрични продолжетоци (анг. *holdfast*) од кои се протегаат огромен број на испреплетени ризоиди. Талусот најчесто е до 60 cm долг, претставен со дихотомно до латерално разгранети ленти кои имаат **јасно забележливо средно ребро (жила)**, со или без ситни жили кои излегуваат од страните.

Претставниците од родот *Dictyopteris* јасно се препознаваат во упадливата средна жила на талусот. Чест вид во Јадранското море е ***Dictyopteris polypodioides*** (De Candolle) Lamouroux, кој се развива во крајбрежната зона прицврстен за карпите од бентосот.

Задача: Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Dictyopteris polypodioides* и означете ги нејзините карактеристики.



Слика 36. Хабитуелен приказ на *Dictyopteris polypodioides*



Слика 37. Хербариум од *Dictyopteris polypodioides*

2.

Класа Laminariophyceae

За претставниците од оваа класа, карактеристично е тоа што во текот на животниот циклус се формираат два типа на талуси: микроталус и макроталус. Микроталусот е микроскопски и се состои од разгранети едноредни филаменти, кои растат преку делба на апикалната клетка. Макроталусот е **листовиден** и може да биде од неколку дециметри до неколку десетици метри. Макроталусот има **комплексна паренхиматична структура** и се карактеризира со интеркаларна делба со помош на меристодерм. Сумарно, смената на генерации е **силно хетероморфна**, при што гаметофитот е сведен на микроскопски форми со единствена задача да продуцираат гамети, додека големите талуси се диплоидни спорофити кои продуцираат мејоспори.

Претставниците од оваа класа е познати по нивните **џиновски макроталуси**, кои претставуваат едни од најголемите организми на Планетава. **Како најголем жив организам на Планетава воопшто се смета видот *Macrocystis pyrifera*, кој достигнува големина и до 150 m.** За споредба, од џиновските секвои кои се сметаат за најголемите дрвја, досега измерено е рекордно дрво од 94,8 m, односно помало од талусот на *Macrocystis pyrifera*. Претставниците на оваа класа се карактеристични за поголемите длабочини на бентосот, каде градат „**подземни шуми и прашуми**“.

2.1 Ред Laminariales

Претставниците од овој ред се познати и по називот **келпи**. Келпите растат во „**подземните шуми**“ (**келпски шуми**) во плитките океани, особено во услови на збогатени хранителни материи и температури на водата помеѓу 6 и 14 °C. За нив карактеристичен е мошне брзиот раст — пример, претставниците на родовите *Macrocystis* и *Nereocystis* можат да растат со зголемување на должината на нивниот талус за пола метар на ден, ултимативно достигнувајќи најчесто од 30 до 80 метри. Голем дел од претставниците на Laminariales се јадливи, односно во овој ред припаѓаат добро познатите **јадливи кафеави „морски треви“** (анг. seaweeds, kelps), како што се **комбу, араме, вакаме**, морските палми и сл.

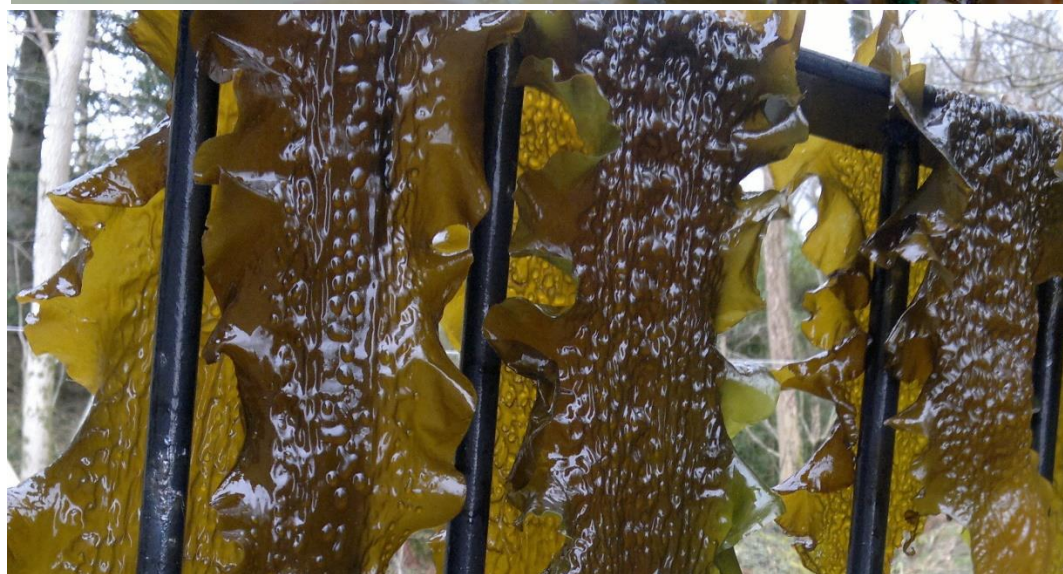
Фам. Laminariaceae

Saccharina japonica (Areschoug) Lane, Mayes, Druehl & Saunders

Saccharina japonica (позната по народното име **комбу**) е макроскопска алга со **џиновски „листовиден“ (фолиозен, плочест) талус**. Овој вид е комерцијално важен, бидејќи мошне интензивно се одгледува во Јапонија и Кореа преку негова култивација на јажиња кои се поставуваат во морињата. Интензивно е застапен во исхраната на Источна Азија и се смета за „суперхрана“ која е мошне богата со минерални материи.



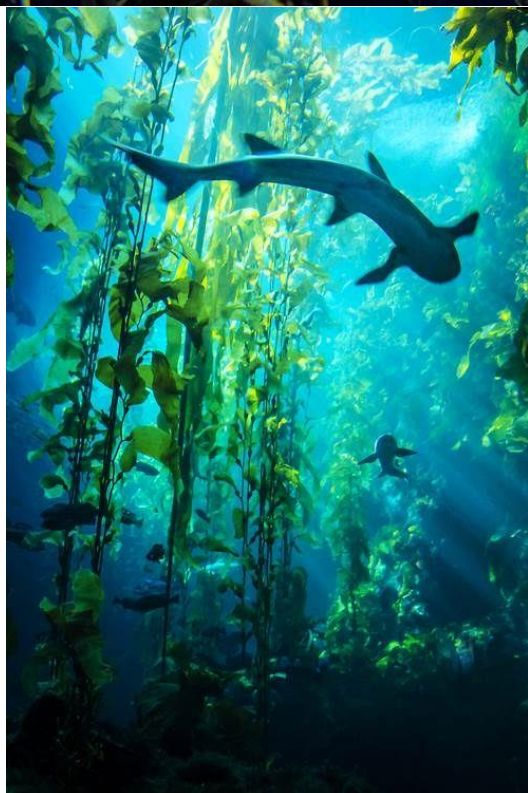
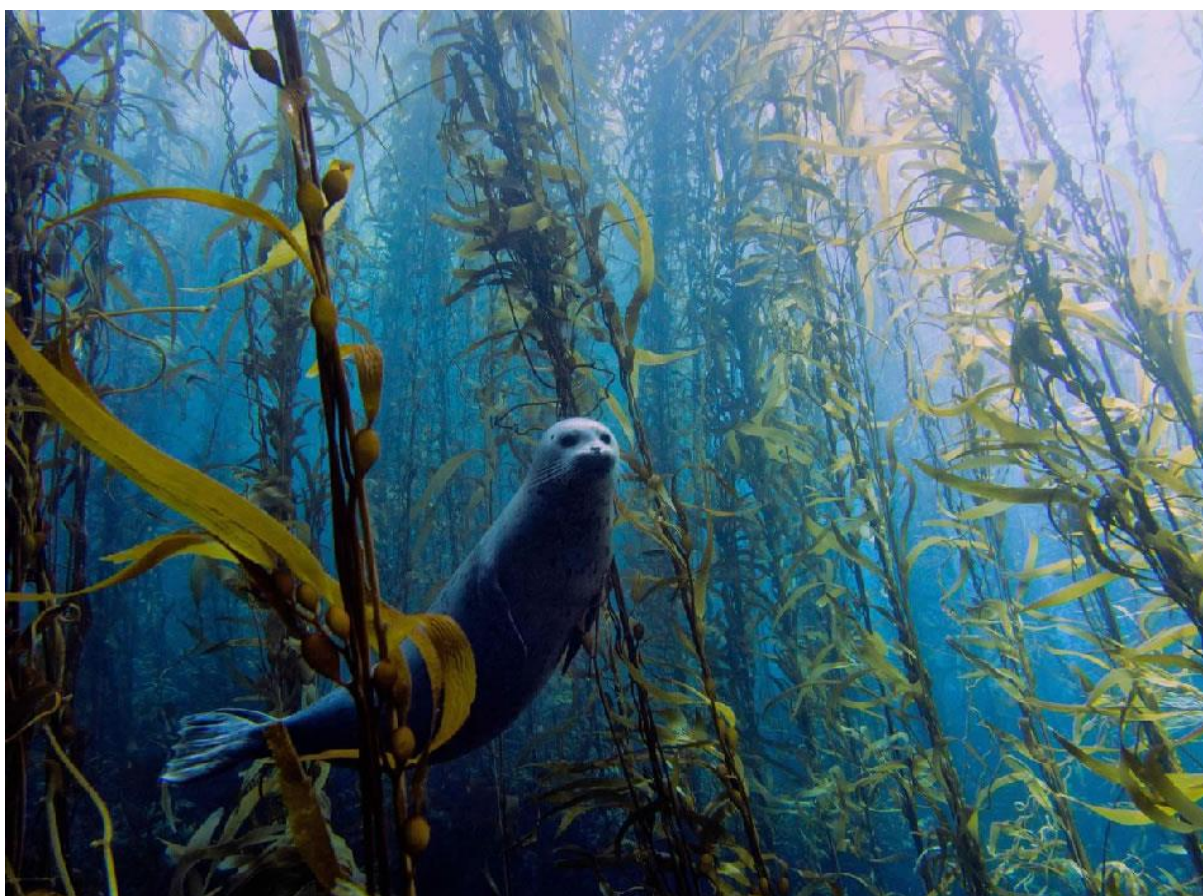
Слика 38. Хабитуелен приказ на *Saccharina japonica*



Слика 39. Култивација на *Saccharina japonica*

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Saccharina japonica*.

Дополнителен визуелен концепт: келпски шуми



3.

Класа Fuciphyceae

Класата Fuciphyceae ги опфаќа претставниците кои се наоѓаат на повисок степен на морфолошка и анатомска организација, Класата опфаќа само еден ред Fuciales, чии претставници имаат крупни талуси, изградени од вистински или лажни ткива.

Алгите од оваа класа се *паренхиматични* по градба со раст преку врвна клетка. Главната нивна одлика е во поглед на максималната редукција на хаплоидната фаза, која се сведува на продукција на репродуктивните органи (јајни клетки и сперматозоиди), без присуство на издвоена животна форма - хаплоид (гаметофит), односно кај нив **не се јавува смена на генерации и видовите се целосно диплоидни**.

3.1 Ред Fuciales

Претставниците од редот Fuciales се карактеризираат со отсуство на бесполов начин на размножување, а половото размножување е по пат на оогамија. Органите за размножување (оогониуми и антеридиуми) се сместени во посебни вдлабнувања на талусот означени како **концептакулуми** или **скафидии**. Концептакулумите најчесто се поставени на врвните делови на талусот кои се задебелени и се означуваат како **рецептакулуми**.

Фам. Fucaceae

Fucus Linnaeus

Претставуваат макроскопски алги (макрофити, со димензии и до 1 m) со *кормоидна морфологија* и *псевдопаренхиматична градба* на талусот. Ризоидалниот дел од талусот е *проширен*, со помош на кој алгата се прицврстува за каменитото дно. Каулоидот е краток, но развиен и јасно забележителен. На него се развива дихотомно разгранет и *сплескан филоид*. Низ средниот дел на филоидот се јавува задебелување означено како **средно ребро**. Исто така на филоидот се јавуваат и проширувања исполнети со воздух кои овозможуваат негова исправена положба (**аероцисти**). На врвните делови од филоидот се забележуваат задебелувања кои претставуваат **рецептакулуми**. На напречен пресек на рецептакулумот се забележува концептакулумите со облик на балон чиј отвор, означен како **остиолум**, е свртен кон надворешноста. Во концептакулумот се развиваат оогониумите и антеридиумите како и стерилни конци - парафизи. Оогониумите доста крупни, кафеави со топчеста форма. Во нив се формираат осум јајни клетки. Антеридиумите се поситни светли и разгранети и потешко се забележуваат. Во нив се формираат поголем број сперматозоиди (најчесто 64).

Видовите од родот *Fucus* се еднородни или двородни. Кога антеридиумите и оогониумите се зрели, тие се исфрлаат преку остиолумот на концептакулумот. Оплодувањето на јајната клетка се врши во надворешната средина и од оплодениот зигот се формира нова единка.

Видовите од родот *Fucus* се често распространети на северната хемисфера во приобалните региони (чест претставник е ***Fucus vesiculosus* Linnaeus, кој е доминантен вид во Северното Море, Германија**). Честопати, видовите на *Fucus vesiculosus* се исфрлаат на самиот брег од страна на плимата и осеката, по што целиот брег на северното море е познат по големите „шуми“ од *Fucus vesiculosus*. Во Јадранското Море пак, живее ендемичниот ***Fucus virsoides* J.**

Agardh (т.н. „Jadranski bračić“). Овој вид се развива во литоралната зона, прицврстен за карпи. Талусот е со големина од 2 – 22 см, со маслиновидно-кафеава боја. Кај овој вид **отсуствуваат големите меурести проширувања (присутни се само мали аероцисти).** Најверојатно, *Fucus virsoides* е единствениот вид од овој род кој се развива во Јадранското Море.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Fucus virsoides* и означете ги неговите карактеристики на цртежот, но и на слика 40, панел д.

Дополнителен визуелен концепт: изглед на бреговите од Северното море (*Fucus versiculosus*)





Слика 40. Генерален приказ на *Fucus vesiculosus*.

а), б) и в): хабитуелен приказ на *Fucus* sp. На панелот под б), потенцирани се рецептакулумите, а додека на панелот в) прикажани се аероцистите исполнети со воздух. г) микроскопски приказ на концептакулум. д) Цртеж на *Fucus vesiculosus*.

Дополнителен визуелен концепт: *Fucus virsoides* (Јадрански *Fucus*)



Забележете дека отсутствуют крупните меурести аероцисти

Фам. Cystoseiraceae

Cystoseira C. Agardh

Претставниците од овој род имаат крупни кормоидни талуси, силно разгранети, што доведува да имаат *грмушест* изглед. Каулоидот е доста развиен што е во согласност со димензиите на талусот и неговата развиеност и на него се наоѓа филоидот. На филоидот се разликуваат т.н. „границ“. Границите кои започнуваат од каулоидот се означени како грани од I ред, границите кои започнуваат од нив, како II ред итн. На крајните грани се развиваат поголем број на ситни **филоиди**, кои претставуваат гранки од *n*-ти ред. На врвните делови на талусот се развиваат **рецептакулуми** и **аероцисти**.

Претставниците од родот *Cystoseria* се развиваат главно во топли мориња и се јавуваат во **приобалниот дел**. Во бентосот на Јадранското Море, застапени се неколку ендемични видови: *Cystoseria spictata* Ercegovic, *Cystoseria pelagosae* Ercegovic, *Cystoseria adriatica* Sauvageau, *Cystoseria jabukae* Ercegovic и *Cystoseria platyramosa* Ercegovic.



а)



б)

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Cystoseira* sp. и означете ги карактеристиките.

Слика 41. Приказ на *Cystoseira* sp.

- а) хабитуелен приказ на *Cystoseira* sp.
б) Хербален материјал на *Cystoseira* sp.

Фам. Sargassaceae

Sargassum C. Agardh

Видовите од родот *Sargassum* се макрофитски алги со кормоиден талус. Талусот е силно морфолошки и анатомски *диференциран* и по својот изглед во голема мера личи на телото на васкуларните растенија (**псеудопаренхиматичен талус**).

Каулоидот е силно развиен и е претставен од една долга оска на која се наоѓаат крупни филоиди кои мошне личат на листовите присутни кај вишите растенија. Секој филоид е составен од кратка дршка на која се наоѓа проширен дел во облик на лисната ламина. По средниот дел на проширениот дел се забележува здебелување означено како средно ребро или „среден нерв“.

На талусот се забележуваат и бројни **аероцисти** исполнети со воздух, кои му овозможуваат на талусот да биде поставен исправено во водата, а воедно и по откинувањето на делови од талусот истите да можат да испливаат на површината од водата. Откинатите делови продолжуваат да растат и од нив можат да се формираат нови единки. **Концептакулумите** се развиваат на посебни грани кои започнуваат од пазувите на филоидите.

Видовите од *Sargassum* се развиваат главно во топлите мориња на јужната хемисфера, а особено се карактеристични за **Саграсовото Море**, кое го добило името по инванзивниот развој на морскиот плевел од претставниците на *Sargassum* (*S. fluitans* и *S. natans*).



Слика 42. Хабитуелен приказ на *Sargassum* sp.

Задача: Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Sargassum* sp. и означете ги нејзините карактеристики.



Слика 43. Сaргасовото Море и доминација на *Sargassum* spp.

Датум:

Прегледал:

Тип Xanthophyta

Типот Xanthophyta се карактеризира со голема морфолошка разновидност на претставниците кои ги опфаќа, односно опфаќа видови кои се наоѓаат на монадна, ризоподијална, кокална, колонијална, трихална и сифоналана градба. Основна карактеристика на претставниците од овој тип (впрочем, како и кај останатите хетероконтни алги) е постоењето на **два нееднакви по градба флагелуми** кај подвижните форми или, зооспорите кај неподвижните организми. Зооспорите поседуваат флагелуми кои се поставени *во близина на врвот на клетката*, а не бочно како кај кафеавите алги, што ги разликува од нив. Исто така, кај зооспорите се сретнува типичен фоторецептор составен од проширување на краткиот (мазен) флагелум и очно петно кое лежи во хлоропластот.

Ризоподијалните облици кои активно се движат со помош на псеудоподии и ризоподии на својата површина имаат мошне тенок клеточен сид. Кај сите останати видови се јавува диференциран клеточен сид кој е најчесто е составен од *два еднакви или нееднакви делови*. Клеточниот сид е **целулозен**, поради што претставниците од овој тип значително се разликуваат од останатите хетероконтни алги (Chrysophyta и Bacillariophyta).

Во цитоплазмата се наоѓа едно или две јадра. Хлоропластите се во главно зелени или жолто-зелени. Содржат хлорофил *a* и мали количества хлорофили c_1 и c_2 . Главните дополнителни пигменти се каротеноиди и ксантофили од кои се сретнуваат: ***β-каротен*, *ваушеријаксантин*, *диатоксантин*, *диадиноксантин* и *хетероксантин***. **Фукосантин секогаш отсуствува**. **Хлоропластите (со 4 мембрани) по форма се дискоидни и повеќе на број**. Примарна резервна материја е **хризоломинарин**, иако во пластидите за време на фотосинтезата се натрупуваат **манитол и глукоза**; неретко и **масти** се утврдени како резервна материја кај поголем број видови.

Претставниците од овој тип најчесто се размножуваат вегетативно (делба на клетки, фрагментација на колонија или трихом) или бесполово (зооспори и апланоспори). Половото размножување утврдено е единствено кај родовите *Tribonema* (изогамија), *Botrydium* (изо и анизогамија) и *Vaucheria* (оогамија).

Досега се познати околу 100 родови со околу 600 видови од овој тип кои се слатководни или копнени. Едноклеточните и колонијаните претставници често пати се сретнуваат во планктонот на барите и езерата. Многу видови ја населуваат копнената средина, развивајќи се на влажна почва.

Типот Xanthophyta опфаќа шест класи во зависност од степенот на морфолошката и анатомската структура на талусот. Во интерес на овој практикум се две класи:

- Xanthotrichophyceae
- Xanthosiphonophyceae

1.

Класа Xanthotrichophyceae

Претставниците од оваа класа се повеќеклеточни организми чиј талус е со трихална градба. Талусот може да биде составен од еден ред на клетки со иста морфологија (**хомотрихален**), од клетки кои се различни по својата морфологија (**хетеротрихален**) или пак да биде **паренхиматичен** (од повеќе испреплетени трихоми). Размножувањето се врши преку зооспори и апланоспори, а при неповолни услови формираат трајни спори - **цисти**. Претставниците од оваа класа се развиваат главно во слатководни истечни екосистеми како што се чисти, брзи планински потоци и реки, но се среќаваат и во стагнантни екосистеми.

1.1 Ред Tribonematales

Фам. Tribonemataceae

Tribonema Derbès et Solie

Талусот кај претставниците од родот *Tribonema* е повеќеклеточен со трихална градба. Трихомите се прицврстени за подлогата со помош на диференцирана **клинеста клетка**.

Трихомот е составен од цилиндрични клетки кои во средина се повеќе или помалку проширени. Клетките се издолжени, најчесто **2-5 пати подолги од ширината на трихомот**. Клеточниот сид е **дводелен**, односно е составен од две меѓусебно еднакви **Н-образни полови** **кои се преклопуваат во средниот дел на клетката**. Во текот на делбата клеточниот сид се раздвојува токму на местото на спојувањето. Истото тоа се случува и при механичко раскинување на трихомот. На тој начин се создаваат два конци кои носат по една половина од клеточниот сид на клетката каде настанало раскинувањето. Во колку раскинувањето на трихомот се случи на два краја од крајот се добиваат **Н-образни структури**.

Во секоја клетка се наоѓа еден или повеќе на број дискоидни хлоропласти кои се наоѓаат до самиот клеточен сид. Тие не содржат пиреноиди. Клетките обично се еднојадрени.

Вегетативното размножување се врши преку фрагментација на трихомот, а бесполовото размножување се одвива по пат на зооспори. Во неповолни услови формираат и апланоспори. Кај некои видови е забележена појава на т.н. **џиновски клетки** кои се образуваат од вегетативните клетки со нараснување на протопластот. Од нив по созревањето се формираат голем број на зооспори.

Видовите од родот *Tribonema* се среќаваат во чисти, брзотечечки води богати со карбонати. Често се сретнуваат во **слатководни екосистеми во рана пролет формирајќи зеленкасти наслаги на камен**.



Слика 44. Микроскопски приказ на *Tribonema* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Tribonema* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

2.

Класа Xanthosiphonophyceae

Претставниците од оваа класа имаат **сифонална** градба на талусот, кој може да биде филаментозен или меурест сифон. Класата опфаќа два реда, до кои во интерес на овој практикум е редот Vaucheriales.

2.1 Ред *Vaucheriales*

Претставниците од овој ред долго време биле поставени во рамките на типот *Chlorophyta*, но по анализата на пигментите, резервните материи и градбата на сперматозоидите, овие алги биле поставени во класата *Xanthosiphonophyceae*.

Фам. *Vaucheriaceae*

Vaucheria de Candolle

Талусот е филаментозен, неправилно разгранет, **несептиран сифон со зелена боја**. За подлогата талусот е прикремен со помош на безбојни ризоиди, кои можат да бидат разгранети или пак неразгранети.

Талусот е обвиткан со добро развиен клеточен сид составен од 90% целулоза. Појавата на инкрустација на клеточниот сид е присутна само кај видовите кои се јавуваат во водни средини богати со карбонати. Преградни сидови се јавуваат само при формирањето на органите за размножување или при повреда на талусот (под дејство на паразити или пак механичка повреда).

Видовите од родот *Vaucheria* се размножуваат бесполово и полово. Бесполовото размножување се врши преку создавање на зооспори, а половото по пат на оогамија. На иста единка се формираат антеридиуми во кои се создаваат голем број сперматозоиди и оогониум во кој се создава една јајна клетка. Формата на органите за размножување претставува значајна таксономска карактеристика. Од добиениот зигот, кој се означува како ооспора, во поволни услови се развива нова единка.

Видовите од родот *Vaucheria* се доста распространети во водните екосистеми (слатководни, бракични води и морски). Во слатководните екосистеми главно населуваат чисти води; доста често се среќаваат **во истечни води формирајќи релативно големи наслаги на органски и неоргански седимент**. Некои видови се сретнуваат и како **аерофити** на влажно земјиште.



Слика 45. Микроскопски приказ на *Vaucheria* sp.

Прикажани се оогониите и антеридиумот.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Vaucheria* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Датум:

Прегледал:

Супергрупа Excavata

Тип Euglenophyta

Типот Euglenophyta опфаќа едноклеточни, флагелатни, подвижни организми кои се со **монадна градба** и активно се движат со помош на еден или два флагелуми; сепак, некои претставници можат да создадат и стадиум во кои клетките се затворени во мукозна капсула (**палмелоидна фаза**). Претставниците од овој тип се карактеризираат со тоа што немаат клеточен сид, туку „на површината“ на клетката се наоѓа протеинска обвивка означена како **пеликула**. Кај некои видови, пеликулата е еластична, што овозможува промена на формата на телото, додека кај останатите видови таа е цврста и често инкрустрирана со неоргански соли. Пеликулата се наоѓа под клеточната мембрана, односно истата е составена од 4 главни компоненти: мембрана (плазмалема), која е силно асоцирана со **повторувачки протеински ленти под неа**, поддржни **микротубули** и **тубуларни канали на ендоплазматичниот ретикулум**. Лентите се специфично ориентирани и се карактеристичен маркер за видовите. Под секоја лента се наоѓа сплет на паралелни микротубули, при што секоја микротубула е специфично поставена во однос на лентата. Каналите на ендоплазматичниот ретикулум се исто така тесно поврзани со лентите и веројатно служат како резервоар на калциум. Секоја лента на пеликулата има подебела и потенка страна, кои се преклопуваат и на пеликулата, давајќи **спирална** или **лонгитудинална** морфологија по должината на организмот. **Мукозните телца (мукоцисти)** кои содржат растворливи во вода полисахариди, се јавуваат во спирални редови под пеликулата кај сите видови на еуглените.

Хлоропластите кај еуглените се настанати преку единечна случка на **секундарна ендосимбиоза** при што хлоропластот на **зелена алга** од групата Prasinophyceae бил задржан како хлоропласт кај еуглените. Затоа, нивните хлоропластите се обвиткани со 3 мембрани, и тоа две мембрани од обвивката на самиот хлоропласт од зелената алга, плус една од ендоплазматичниот ретикулум; последната никогаш не е во континуитет со јадрената мембрана. Хлоропластите се најчесто **дисковидни** или **плочести** со централно поставен пиреноид. Тилакоидите се групирани во траки од три, формирајќи **ламели**. Оттаму, еуглените како пигменти поседуваат **хлорофил а и b** (како и зелените алги), а телото на алгата, најчесто е со зелена боја. Сепак, во рамки на овој тип се сретнуваат и видови кои немаат пигменти и се исхрануваат холозојски (на анимален начин), а дел од видовите се карактеризираат со миксотрофија, односно автотрофни организми кои имаат способност за сапрофитски начин на исхрана. Сумарно, иако поголемиот број на видови се фотосинтетски активни и поседуваат зелени хлоропласти, кај еуглените се забележува силна тенденција кон хетеротрофност. Дури и автотрофните претставници, на пример од родот *Euglena*, можат да примаат органски материи однадвор, додека безбојните еуглени, како на пример *Astasia*, се целосно зависни од хетеротрофната, главно сапрофитска и фаготрофна исхрана.

Јадрото кај еуглените е од **мезокарионски тип**, со постојано кондензирани хромозоми за време на митотскиот циклус кои може да се видат во живите клетки. **Митозата е од затворен тип** (јадрената мембрана останува целосна) и јадренцето се задржува за време на јадрената

делба. Дополнително, хромозомите не се поврзани со микротубули и не се формира делбено вретено. Сето ова се сметаат за доста архаични карактеристики на јадрото.

Во предниот дел од телото кај некои видови се среќава и очно петно - **стигма** која е составена од повеќе телца со портокалова боја која потекнува од пигментите каротен и астаксантин. Стигмата е осетлива на светлинско надразнување и заедно со **парабазалното тело** (кое исто така е фоторецептор) го регулира движењето на клетката, така што хлоропластот секогаш е под одреден агол. Како резервна материја претставниците од типот Euglenophyta се јавува **парамилон**, кој по својата структура е сличен на скробот кај васкуларните растенија.

Еуглените се размножуваат бесполово преку **бинарна фисија** (проста делба). Во неповолни услови одредени видови на еуглени создаваат цисти.

Видовите од овој тип се широко распространети. Еугленоидните флагелати се јавуваат во скоро сите слатководни живеалишта – реки, езера, потоци, бари, канали и мали влажни екосистеми, но посебно во води контаминирани со животински екскременти или мртва органска материја. Поголемите водни екосистеми најчесто имаат ретки популации на помалку честите еуглени во планктонот. Слатководните еуглени често населуваат загадени води каде што можат да создадат густы популации и ‘воден цвет’. Нивните палмелоидни фази, состојба кога ги отфрлаат камшиците и се заокружуваат со дебел слој на мукозни материи (состојба на мирување), понекогаш ја прекриваат површината на водата како ‘кожна превлака’.

Типот Euglenophyta опфаќа само една класа Euglenophyceae.

1.

Класа Euglenophyceae

Најзначаен ред од класата е редот Euglenales со фамилијата Euglenaceae.

1.1 Ред Euglenales

Карактеристиките на типот во потполност се однесуваат на редот Euglenales.

Фам. Euglenaceae

Euglena Ehrenberg

Претставниците од овој род се едноклеточни, *подвижни* алги. Клетките се вретеновидни и во одредена мера асиметрични и повеќе или помалку *спирално извиткани*. На површината на клетката се наоѓа **пеликула** кој најчесто е еластична. Пеликулата во суштина претставува **плазмалема** која е **силно асоцирана со протеински ленти** (анг. *strips*) од цитоскелетни кортексни протеини (кои се наоѓаат под неа), заедно со микротубулите од клеточниот кортекс. Односно, кај еуглените, клеточниот кортекс е „здилен“, „нафалтан“ и **специфично просторно организиран во испакнати протеински ленти** (долги и тесни компактни сегменти) кои „како керамиди“ специфично се подредени еден до друг. Распоредот и структурата на ваквите испакнати протеински ленти на пеликулата е од исклучителна важност за нивната таксономија, за што се прават анализи на SEM. (слика 46, б). Често помеѓу ‘лентите’ на пеликулата се наоѓаат жарните органели – **трихоцисти**, чие присуство и распоред се исто така важен таксономски белег.

На предниот дел од телото се наоѓа долг флагелум кој во внатрешноста на клетката завршува со **базално тело**. Меѓутоа кај еуглените се јавуваат две базални тела што укажува дека во минатото овие видови имале два флагеума, при што едниот целосно или делумно се редуцирал.

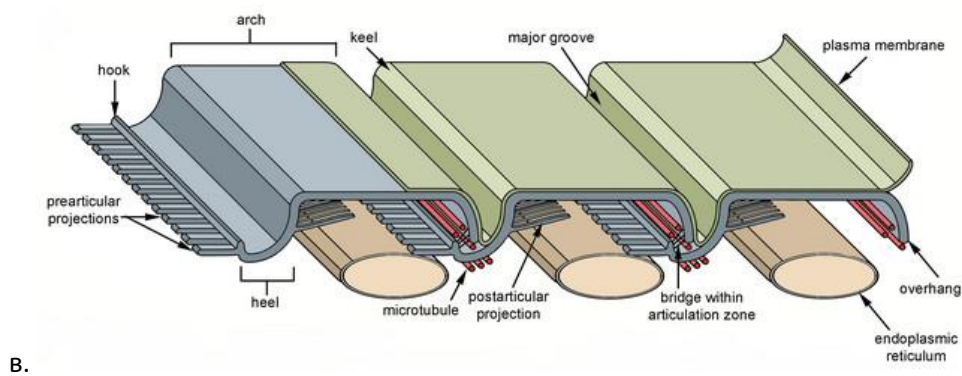
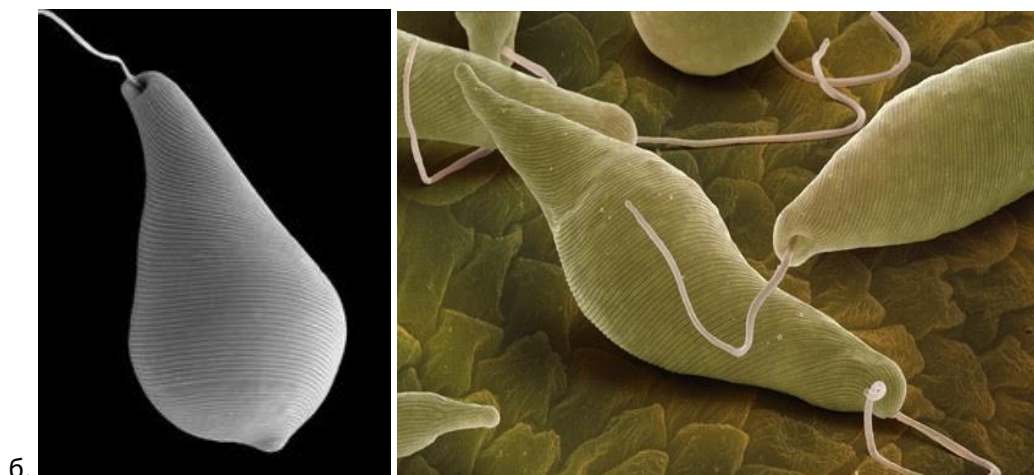
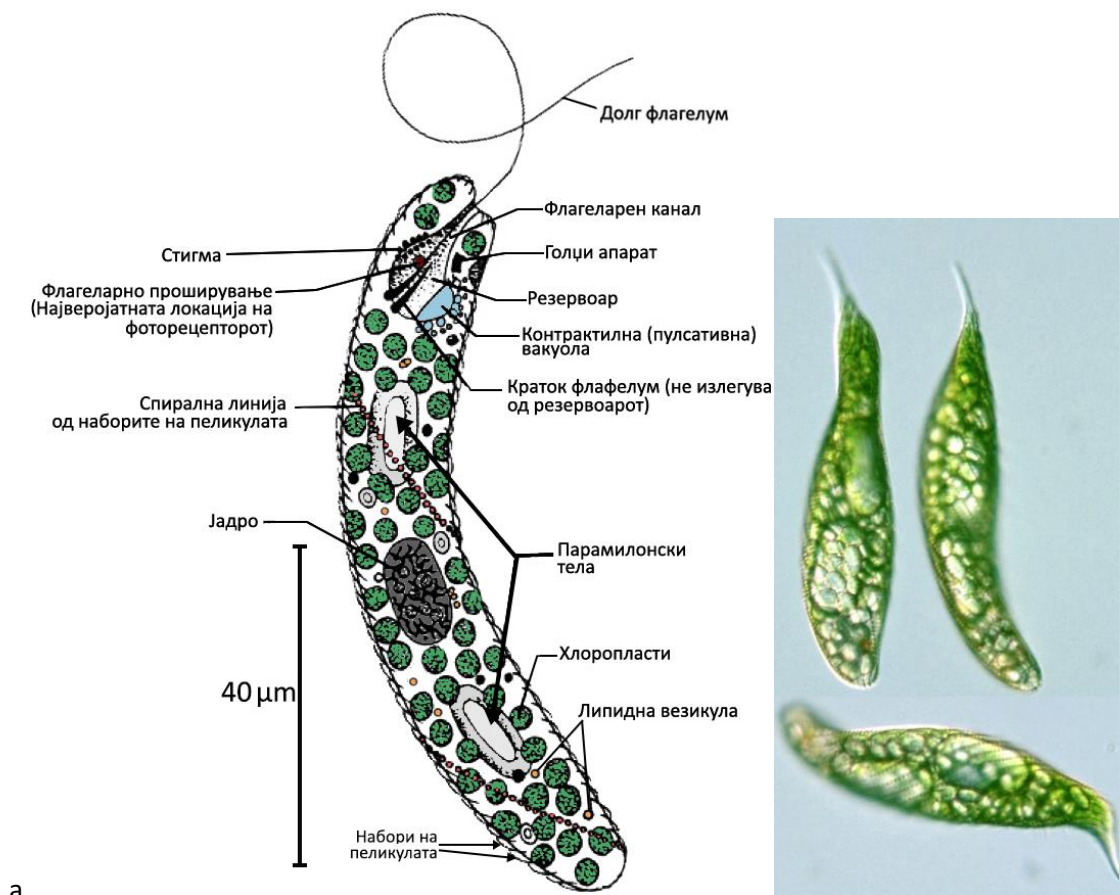
Во предниот дел од телото може да се забележи крушковидна инвагинација или **ампула**, која се состои од **канал** и **резервоар**, како и **контрактилната вакуола** која е поставена во близина на резервоарот и, има осморегулаторна функција, бидејќи го исфрла вишокот вода од клетката. Низ **каналот** истекува вишокот на внесена течност, но воедно низ него е возможно внесување на органски честички од надворешната страна (холозојски начин на исхрана). Во близина на вакуолата се наоѓа и **стигмата** (фоторецетор) за насочување на клетката од темни во осветлени региони. Во клетката се среќава едно јадро сместено во централниот дел. Исто така во клетката можат да се забележат и гранули од **парамилон**.

Размножувањето кај претставниците од родот *Euglena* се врши по пат на бинарна фисија со митоза од затворен тип. Во неповолни услови клетките поминуваат во дебелосидни, топчести цисти.

Видовите од овој род се широко распространети во слатководни, стагнантни води збогатени со органски материи (бари, забарени делови од реки... исклучок е *Euglena sanguinea* Ehrenberg која живее на снег и мраз), како и во води богати со железни и азотни солзи. Максимален развиток достигнуваат во топлите периоди во годината. Посебно интересни се видовите на родот *Euglena*, како *E. sanguinea* и *E. rubra*, кои создаваат **црвени 'водни цветови'**. Нивната перманентно црвена боја потекнува од пигментот **хематокром** кој го маскира хлорофилот.

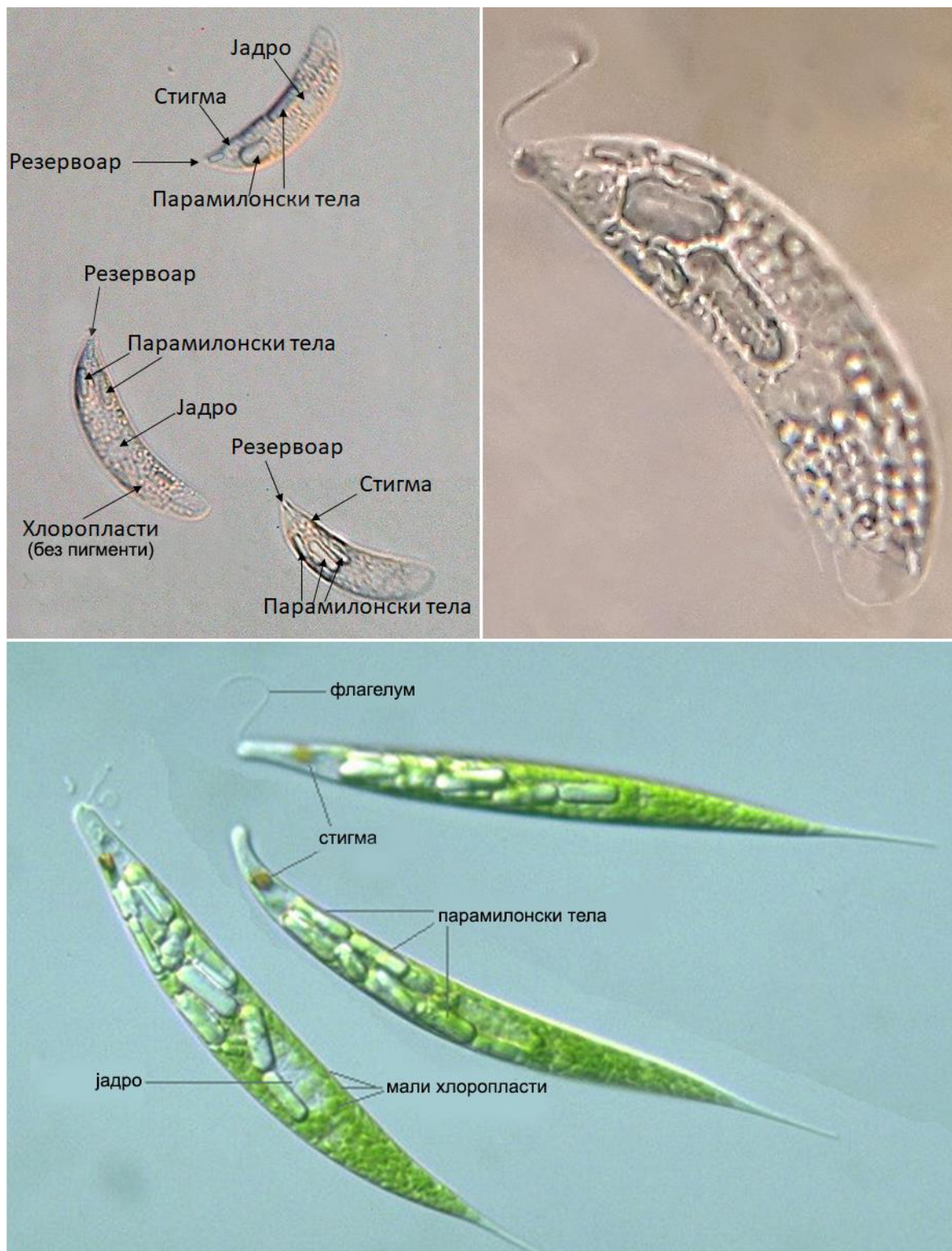
Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Euglena* sp. и означете ги нејзините карактеристики.



Слика 46. Приказ на *Euglena* sp.

а. Илустрација на *Euglena* sp. б. SEM приказ на пеликулата на *Euglena* sp. в. Градба на пеликулата



Слика 47. Микроскопски приказ на *Euglena* sp. (светлосна микроскопија).

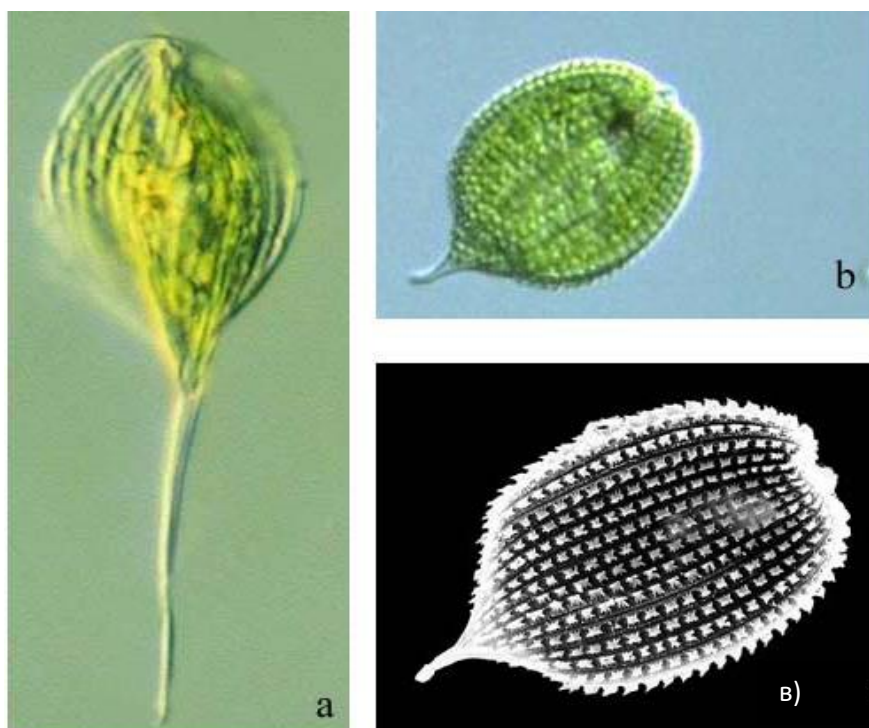
Phacus Dujardin

Видовите се едноклеточни подвижни алги чие тело е сплескано и асиметрично. Обликот на телото е постојан поради присуството на **цврста пеликула**, на која често се забележуваат **протеински ленти на пеликулата кои се протегаат надолжно (лонгитудинално)** (слика 48, в).

На предниот дел од телото се јавува еден флагелум кој кај различни видови е со различна големина. Задниот дел од телото може да биде заоблен или пак, почесто, **да има продолжетоци со различна должина во форма на тенок, прав или извиткан конус.**

Внатрешната градба на клетките од *Phacus* е слична со еуглените. Клетките се еднојадрени, хлоропластите се повеќе на број со леќовидна или плочеста форма, а како резервна супстанца се јавува *парамилон*. Размножувањето се врши по пат на бинарна фисија, при што кај некои видови во тек на делбата движењето престанува, а додека кај некои видови клетките цело време се подвижни.

Видовите од родот *Phacus* се сретнуваат во слатководни стагнантни екосистеми. Доста често се среќаваат во тресетиштата.



Слика 48. Микроскопски приказ на *Phacus* sp.

а) и б) Микроскопски приказ на *Phacus* sp. (светлосна микроскопија). в) SEM Приказ на пеликулата.

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Phacus* sp. и означете ги карактерите.

Датум:

Прегледал:

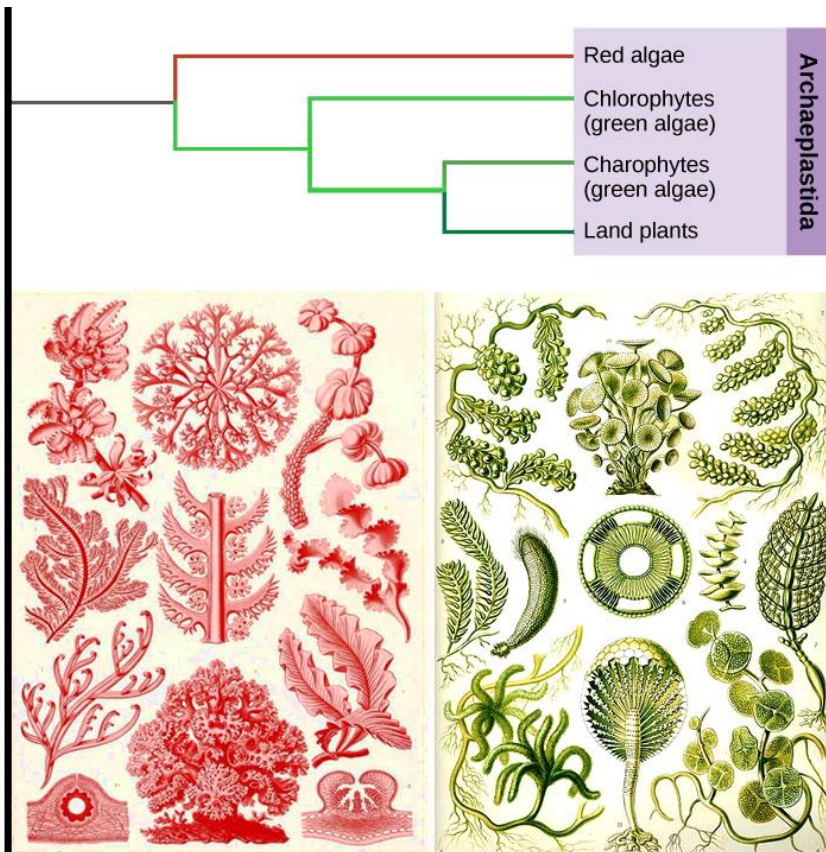
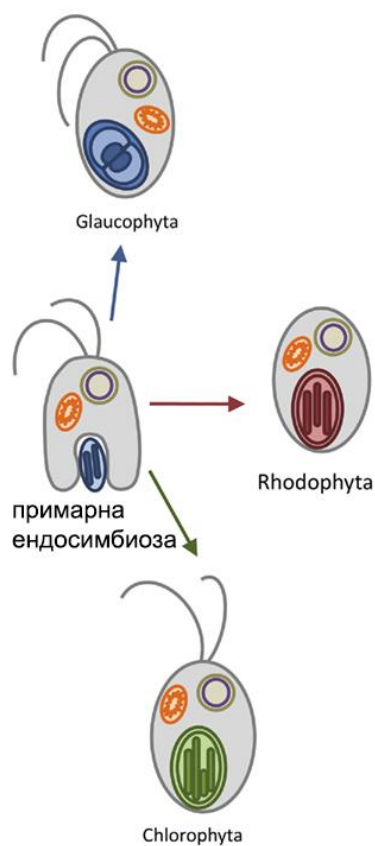
Царство *Plantae sensu lato*

Царството *Plantae sensu lato* (или, растенија во поширока смисла), означени и како супергрупа Archaeplastida, се голема група на фотоавтотрофни еукариоти, која во себе ги опфаќа слатководни едноклеточни алги кои се опфатени во типот Glaucophyta, црвените алги (Rhodophyta), зелените алги (Chlorophyta), стрептофитните алги (Streptophyta), како и сите васкуларни, копнени „виши растенија“ (односно *Plantae sensu stricto*). Сите овие организми, од едноклеточните црвени алги – до големите дрвја како што се боровите и липите, имаат **хлоропласти кои се обвиткани со две мембрани**, сугерирајќи дека настанале со **примарна ендосимбиоза** со цијанобактерија. Сите други групи на еукариотски алги поседуваат хлоропласти со четири или три мембрани, што укажува дека нивните хлоропласти настанале преку секундарна ендосимбиоза со црвени или зелени алги.

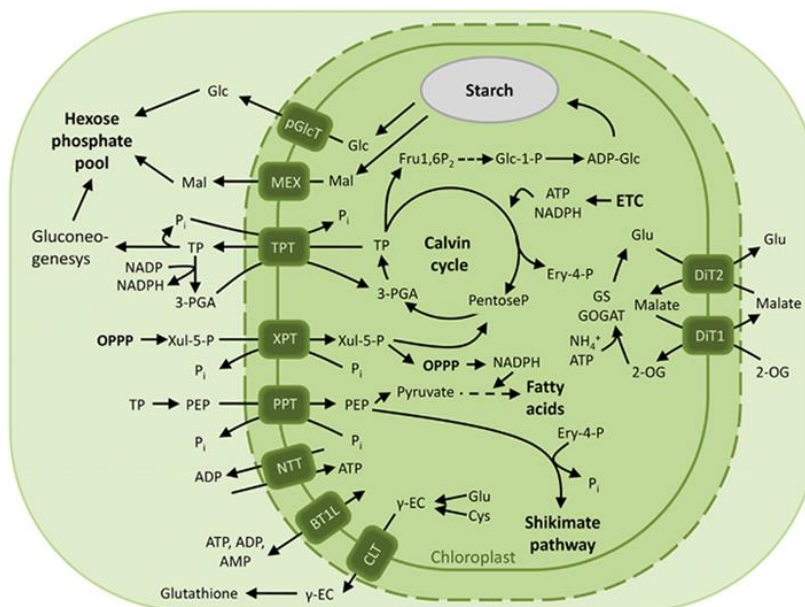
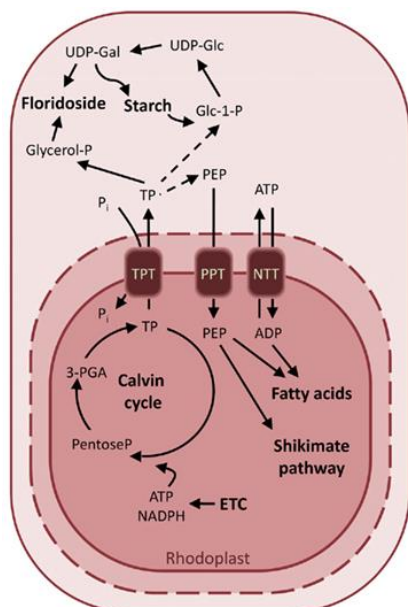
Хлоропластите кај организмите вклучени во царството *Plantae sensu lato* настанале како резултат на единечен ендосимбиотски настан при кој фотосинтетска цијанобактерија била проголтана од страна на еукариотски фаготрофен организам. Овој настан резултирал со појавата на црвените, зелените алги и глаукофитите, кои претставуваат едни од најстарите еволутивни линии на фотоавтотрофни еукариоти (од каде и називот Archaeplastida). Главниот доказ дека Archaeplastida формираат природна, монофилетска група која има заеднички предок доаѓа од молекуларните филогенетски студии, кои укажуваат дека нивните хлоропласти најверојатно имаат заедничко потекло. Бројни филогенетски студии досега укажуваат на монофилетското потекло на *Plantae sensu lato*, со што денес Archaeplastida се смета за валидна филогенетска гранка која содржи природна група на организми.

Сите овие организми имаат неколку заеднички карактеристики, односно **немаат центриоли** (како и сите растителни клетки на „вишите растенија“) и поседуваат митохондрии со рамни кристи. Фибриларниот дел од клеточниот сид е составен од целулоза, а додека главна резервна материја е скробот.

Постојат две поголеми еволутивни линии во рамките на царството *Plantae sensu lato*. Првата еволутивна линија ги опфаќа црвените алги (потцарството **Rhodophytae**, лат. „**црвени растенија**“). Нивниот хроматофор е означен како **родопласт** и поседува само хлорофил *a* и фикобилипротеини, како и повеќето цијанобактерии, а додека флоридеофицејскиот скроб како резервна материја се акумулира *надвор од родопластот*. Зелените алги, стрептофитите и сите „виши“ растенија се опфатени во втората поголема еволутивна линија, односно заедно го формираат потцарството **Viridiplantae** (лат. „**зелени растенија**“). Хроматофорот на овие претставници е означен како **хлоропласт** и истиот содржи хлорофил *a* и *b*, во него нема фикобилипротеини, а додека како резервна материја се складира скроб *во самиот хлоропласт*. Третата еволутивна линија е помала и ги вклучува Glaucophyta кои имаат типични цијанобактериски пигменти, како и невообичаени пластиди („цијанели“) во кој е задржан клеточниот сид од ендосимбиотската цијанобактерија.



Царство Plantae sensu lato



Споредба на градбата на родопластот и хлоропластот

Потцарство Rhodophantae

Тип Rhodophyta (црвени алги)

Претставниците од типот Rhodophyta претставуваат филогенетски мошне стара, примитивна еволутивна линија, кои настанале како резултат на **примарна ендосимбиоза со цијанобактерија**. Главна карактеристика на типот Rhodophyta претставува **отсуството на било каков подвижен стадиум** во текот на онтогенетскиот развој, односно тие немаат активно подвижни клетки со флагелуми. Така на пример, репродуктивните клетки кај црвените алги се **голи, сферични протопласти** кои никогаш не содржат флагелуми и се ослободуваат од репродуктивните органи преку обилна продукција на мукозни материи.

Широко е прифатено дека црвените алги се многу стара еволутивна линија во рамките на еукариотите (попрецизно, **се едни од најстарите организми од еукариотите воопшто**). Како главен аргумент се зема отсуството на флагелум, укажувајќи дека можеби црвените алги дивергирале од примитивните еукариоти пред еволутивното појавување на еукариотскиот „9+2“ флагелум. Овој тип на флагелум се јавува кај голем број еукариотски типови и всушност **црвените алги се единствен тип на алги каде отсуствуваат „9+2“ флагелуми**. Дополнително, кај црвените алги исто така **отсуствуваат центриолите и, митозата е од затворен тип**. За претпоставената примитивност и големата старост на Rhodophyta како аргумент се користи фактот дека **најстариот фосил од еукариотите воопшто е всушност црвената алга *Bangiomorpha pubescens*, која датира од ерата на Мезопротерозоикот, од пред 1,2 билиони години**.

Се претпоставува дека еволуцијата на црвените алги започнала паралелно со сино-зелените алги (првите фотосинтетски алги кои продуцираат кислород и денес), но во рамките на еколошки ниши кои не биле зафатени од цијанобактериите. Такви можни ниши во Прекамбриумот (околу 3,6 билиони години п.н.е.) се водите со киселост помала од 5 во кои цијанобактериите не можат да опстанат. Модерните филогенетски истражувања преку секвенционирање на DNA укажуваат дека ***Cyanidium*, црвена кокоидна алга која населува кисели води, најверојатно денес е најстарата жива форма од групата на алгите**.

Црвените алги се голема група (приближно 7000 видови), од кои најголем дел (6793 видови) припаѓаат во класата Florideophyceae каде се опфатени генерално мултицелуларни **морски алги**, од кои голем дел се познати под називот „морски тревии“ (анг. *seaweeds*). Тие се типични **морски организми кои го населуваат бентосот**. Многу мал број на претставници од црвените алги се слатководни (генерално, претставниците од родовите *Bangia*, *Lemanea*, *Thorea*, *Batrachospermum*).

Најголем дел од црвените алги како мултицелуларни организми имаат анатомски мошне сложено диференциран талус. Некои од црвените алги имаат хетеротрихален талус кој е прицврстен за подлогата со ризоиди, а додека најголем број видови имаат псевдопаренхиматичен талус. Талусот по својата форма морфолошки, може да биде кончест, плочест, листовиден, корест и сл. Тој може да биде еднослоен или повеќеслоен, при што

повеќеслојните талуси настануваат со испреплетување на повеќе филаменти, што оди дотаму да на напречен пресек талусот има изглед дека е изграден од вистински ткива.

Во текот на еволутивниот развој на црвените алги може да се следи прогресивна развојна линија на усложнување на талусот. Имено, најпримитивните претставници од класата Bangiophyceae се наоѓаат на едноклеточен или колонијален степен на организација. Кај посложено градените претставници од оваа класа се јавуваат филаментозни и листовидни еднослојни талуси. Во рамките на класата Florideophyceae исто така се забележува тенденција на усложнување на талусот преку формирање на *централна оска* составена од еден или повеќе филаментозни низови на клетки и *бочни гранки*. Според тоа, видовите на класата Florideophyceae можат да поседуваат два типа на талуси - **едноосовински** и **повеќеосовински**. Кај едноосовинскиот талус (или уште се нарекува *централнотрихален*) се среќава едноставен, разгранет, централно поставен трихом во талусот. Повеќеосовинскиот талус во центарот поседува поголем број на паралелни трихоми кои се меѓусебно поврзани во снопови. Трихомите растат со делба на апикални клетки и бочно создаваат ограноци со ограничен раст. Ваквата насока на еволуцијата на црвените алги довела да најсложено градените видови од Rhodophyta имаат кормоиден талус со псевдопаренхиматична градба.

На површината на клетките кај црвените алги се наоѓа клеточен сид изграден од **целулоза** и **галактани**, од кои најважни се галактаните **агар** и **карагинан**. Агарот го претставува аморфниот матрикс во кој се сместени целулозните фибрили. Агарите и карагините може да достигнат и до 70% од вкупната сува материја на клеточните сидови. Агарот и карагинанот масовно се употребуваат при припремата на гелови. Агарот на пример е од огромно значење за микробиолошките истражувања (за припрема на цврсти хранителни подлоги), а карагинанот многу често се употребува во прехранбената, фармацевтската и текстилната индустрија за стабилизирање на емулзии и суспензии. Треба да се напомене дека кај некои претставници се јавува и инкрустрација на клеточниот сид со калциум карбонат.

Хроматофорите кај црвените алги се означуваат како **родопласти**, кои по својата форма можат да бидат различни: ѕвездести, лентовидни, плочести. Во нив како единствен фотосинтетски активен пигмент се јавува **хлорофилот *a*** (хлорофил *b* и *c* комплетно отсутнуваат). Како помошни пигменти се јавуваат пигментите од групата на ксантофили, каротеноиди (α -каротен, β -каротен, зеаксантин) и фикобилини. Особено значајно е присуството на пигментите од групата на фикобилини - **фикоеритрин** (црвен), **фикоцијанин** (син) и **алофикоцијанин** кои се слични со пигментите кои се јавуваат кај Cyanophyta. **Зелената боја на хлорофилот е маскирана од црвениот помошен пигмент фикоеритрин**. Фикоеритринот и фикоцијанинот се поврзани со протеини формирајќи **фикобилипротеини** и истите се лоцирани во **фикобилизоми**. **Родопластот е обвиткан со две мембрани, исто како и хлоропластот кај зелените алги и вишите растенија**.

Црвените алги се развиваат на поголеми длабочини што се поврзува со нивната способност за користење на зелениот, жолтиот и портокаловиот дел од спектарот на видливата светлина, како и вршење на фотосинтеза на понизок интензитет на светлина. Искористување на деловите на спектарот на светлината кои најдлабоко продираат во водата (зелената, жолтата) се должи токму на пигментите од групата на фикобилини кои имаат функција **фотосензибилизатори**. Така, црвените алги се способни да населуваат најголеми длабочини

во бистрите морски води, подлабоко од било кој друг фотосинтетски организам. Во водите околу Бахамските Острови, црвени превлаки од корести алги пронајдени се на длабочина од дури 268 метри, каде само околу 0.001% од светлината се достапни за фотосинтеза.

Флоридозидот е главниот продукт на фотосинтезата кај црвените алги, иако се утврдени и манитолот, сорбитолот и дулцидолот; флоридозидот има слична функција на сахарозата кај зелените алги и васкуларните растенија. Сепак, како трајна резервна материја црвените алги складираат **флоридеофицејски скроб** кој по својот хемиски состав е сличен на амилопектинот и гликогенот (α -1,4 глукан).

Црвените алги се размножуваат вегетативно, бесполово и полово. Вегетативното размножување се врши по пат на делба на клетката (кај едноклеточните) или пак со фрагментација на талусот (кај повеќеклеточните). Бесполовото размножување се одвива со помош на **моноспори** или **тетраспори** кои се формираат во спорангиуми соодветно означени - моноспорангиуми и тетраспорангиуми. Половото размножување се одвива по пат на оогамија. Антеридиумите се со помали димензии, расфрлени по целиот талус или пак собрани во соруси. Во антеридиумите се формираат **спермации** (машки полови клетки кои се *неподвижни*). Женскиот полов орган кај црвените алги се означува како **карпогон** во кој е сместена јајната клетка. Карпогонот е клетка со специфичен изглед на шише, која има долен проширен и, горен стеснет дел кој се означува како **трихогин**. Карпогонот најчесто се развива на врвот на т.н. **карпогонски гранки** составени од неколку клетки богати со цитоплазма.

Размножувањето кај црвените алги претставува мошне сложен процес во кој наизменично се јавуваат бесполовиот и половиот начин. Најчесто, на едни единки се развиваат органи за бесполово размножување (спорангиуми), а на други единки се јавуваат органи за полово размножување, односно кај црвените алги се јавува **смена на генерации**.

Типот Rhodophyta опфаќа два поттипа: Cyanidiophytina (со само 7 вида) и Rhodophytina кој опфаќа 6 класи. Во рамките на овој практикум ќе биде разгледан само **поттипот Rhodophytina со следниве 2 класи:**

1. **Bangiophyceae**
2. **Florideophyceae**

1.

Класа Bangiophyceae

Со исклучок на неколку видови кои се едноклеточни, претставниците од оваа класа се повеќеклеточни организми. Талусот е генерално едноставно изграден: едноклеточен, трихален или пак плочест (фолиозен) – со псевдопаренхиматична градба. Во клетките е присутен **еден родопласт кој е најчесто со свездовидна форма** и зазема централна позиција во клетката. Претставниците најчесто се размножуваат бесполово, по пат на моноспори, а некои видови се размножуваат полово. Претставниците од оваа класа ги населуваат главно *морските екосистеми*, но се среќаваат и претставници кои живеат и во слатководните екосистеми.

Класата Bangiophyceae опфаќа само еден ред –Bangiales, во кој се опфатени трихалните форми и претставниците со плочест (фолиозен) талус кој има псевдопаренхиматична градба.

1.1 Ред Bangiales

Фам. Bangiaceae

Bangia Lyngbye

Претставува трихална, *неразгранета* алга. Во основата на трихомот се развиваат ризоиди за прицврстување за подлогата составени од повеќе безбројни клетки. Одејќи од основата кон врвот, *трихомот е со поголема ширина*, бидејќи во основата присутен е само еден низ на клетки, додека кон врвот **бројот на низовите на клетки во талусот се зголемува**, што всушност доведува до постоењето на различна дебелина (главен дијаκριтичен карактер). Трихомот има **изразен дебел клеточен ѕид со клетки кои поседуваат по еден свездест родопласт**.

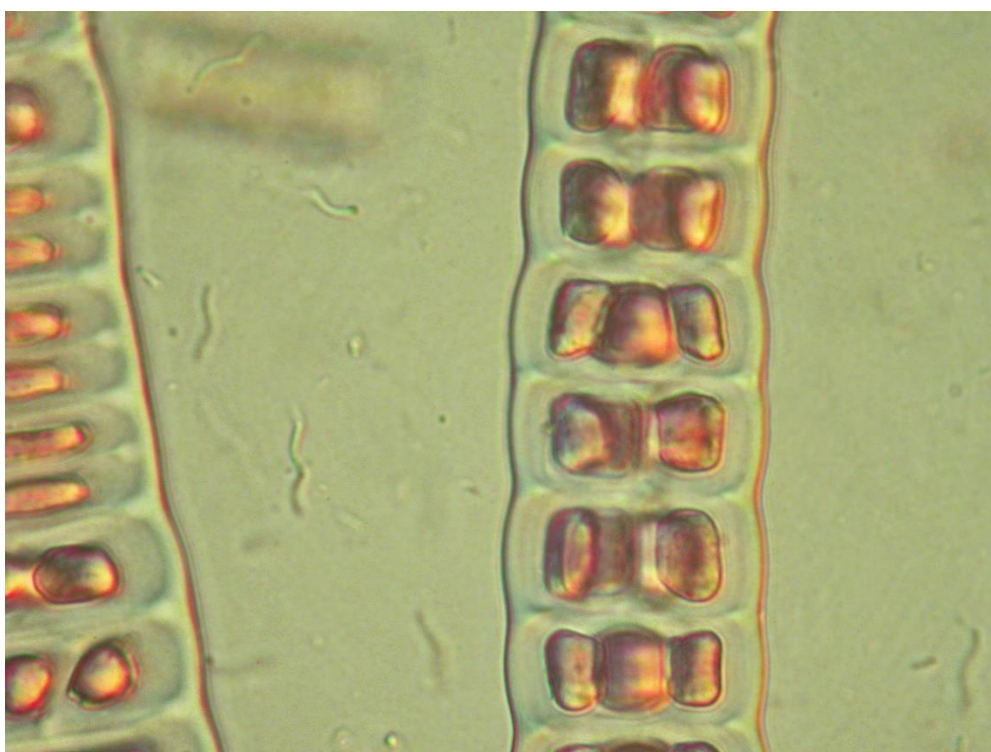
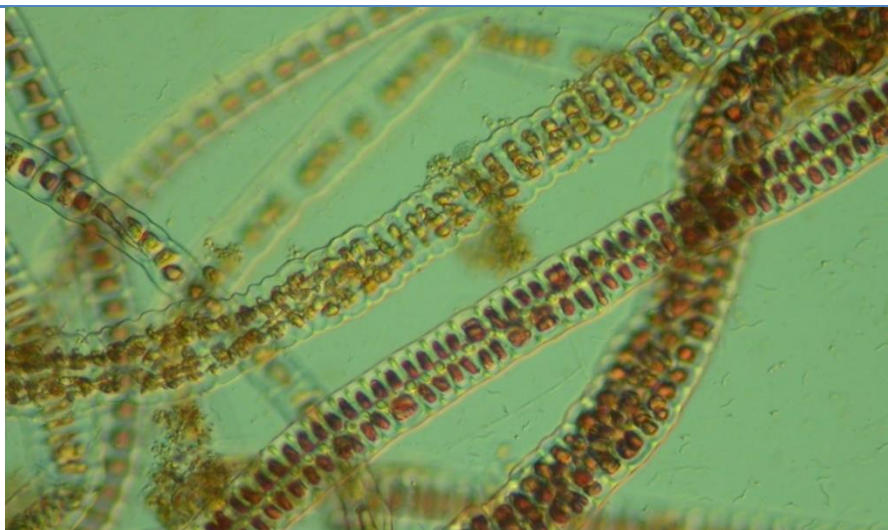
Во слатководните екосистеми се јавува *Bangia arthropurpurea* (Roth) C. Agardh која како епилит населува релативно чисти реки и потоци, како и езера во зоната на бранови.



Слика 49. Приказ на *Bangia arthropurpurea*.

а. Хабитуелен приказ. б. Цртеж на *Bangia arthropurpurea*. в. Микроскопски приказ.

Визуелен концепт: *Bangia arthropurpurea*
Река Треска, Кањон матка, 2015



Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Bangia arthropurpurea* и означете ги карактеристиките.

Porphyra C.Agardh

Претставниците од родот *Porphyra* имаат тенок, псевдопаренхиматичен талус изграден од еден или два реда на клетки кои имаат **свездовиден хроматофор** со пиреноид. Талусот има големина од неколку десетици см до 1 m и истиот е прикрген цврсто за супстратот со помош на **ризоиди**. Хабитуелно, на талусот **доминира филоидот**, па затоа честопати талусот морфолошки е означен како кормоиден, „**листовиден**“, **плочест или фолиозен**. Органите за бесполово размножување се развиваат на една индивидуа, додека карпогонот и антеридиумите на друга, сместени на спротивни делови од листовидниот талус.

Претставниците на родот *Porphyra* ги населуваат литоралните делови на морињата, приобално или пак крајбрежно (дури и надвор од брегот). Со ризоиди, како епилитон се прикрепуваат за камена подлога. Видот ***Porphyra tenera*** (познат под името „**нори**“) е економски мошне значаен и, масовно се одгледува и користи во Јапонија, за подготовка на суши.



Слика 50. Хабитуелен приказ на *Porphyra* sp. и нејзино искористување за подготовка на суши.

Задача: Нацртајте го набљудуваниот хербален материјал од *Porphyra* sp. и означете ги карактеристиките.

2.

Класа Florideophyceae

Класата Florideophyceae опфаќа најголем број на видови (6793 видови, односно **97% од сите црвени алги припаѓаат во оваа класа**). Сите претставници се мултицелуларни, со анатомски сложено диференциран талус кој е составен од **систем на разгранети низови од клетки**, (односно систем на **разгранети филаменти**), кои честопати се соединети и формираат

псевдопаренхиматична градба. Во однос на организацијата на системот од разгранети филаменти, талусот може да биде **едноосовински или повеќеосовински**. Морфолошки, талусот е со различна форма. Во клетките се присутни **плочести родопласти** кои обично не содржат пиреноиди.

Претставниците од оваа класа бесполово се размножуваат со тетраспори, поретко моноспори. Половото размножување е по пат на оогамија. Во развојот на претставниците од оваа класа се јавува смена на генерации, при што гаметофитот и спорофитот можат да бидат морфолошки слични (изоморфна смена на генерации) или пак истите да се разликуваат (хетероморфна смена на генерации).

Класата Florideophyceae опфаќа повеќе поткласи и редови. Во интерес на овој практикум се:

- Поткласа Nemaliophycidae со редот Batrachospermales
- Поткласа Corallinophycidae со редот Coralinales
- Поткласа Rhodymeniophycidae со редот Ceramiales

2.1 Поткласа Nemaliophycidae

Ред Batrachospermales

Кај претставниците од овој ред се јавува **силно хетероморфна смена на генерации**, а кај одредени претставници спорофитот е толку различен што бил означен со друго име (пример, *Chantransia* кај *Batrachospermum*). Редот опфаќа повеќе фамилии со поголем број видови на **слатководни црвени алги**.

Фам. Batrachospermaceae

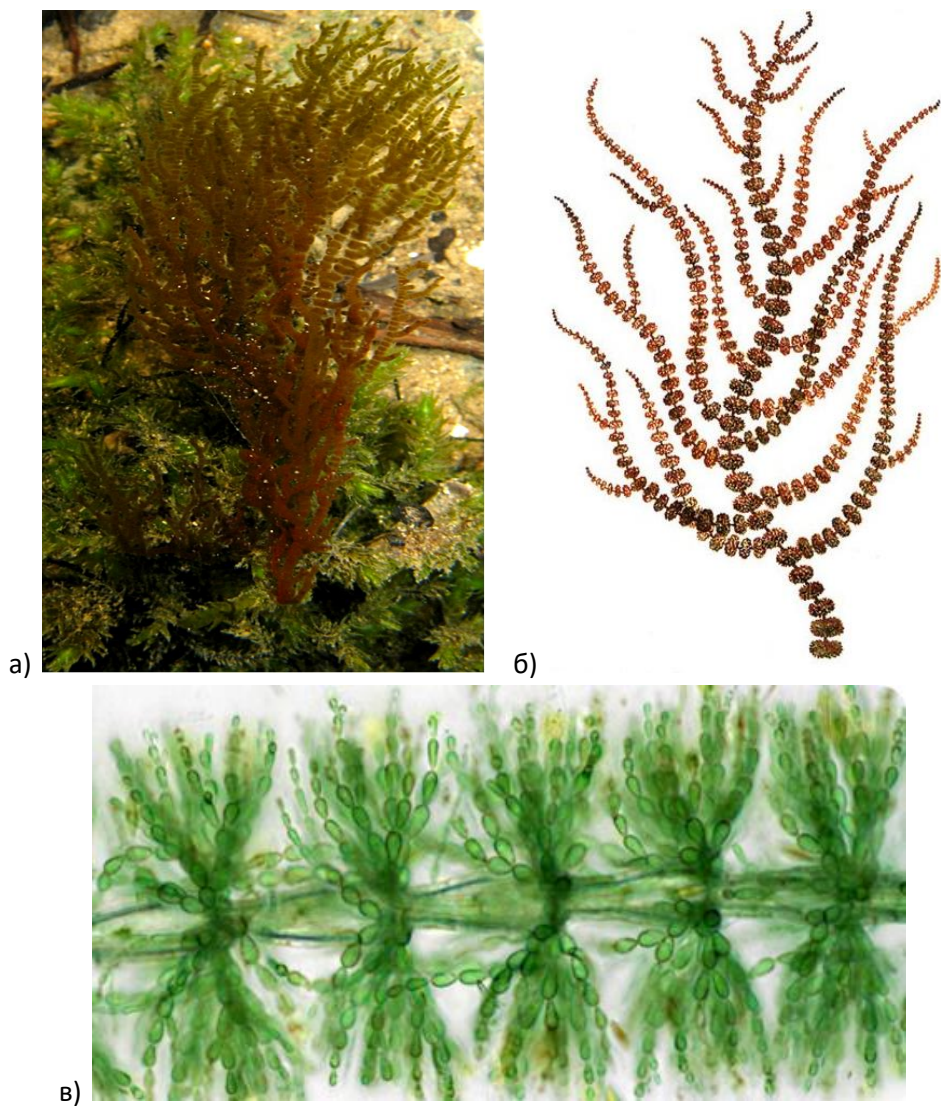
Batrachospermum Roth

Талусот е нежен, макроскопски и често мошне слузест. При набљудување на микроскоп се забележува дека талусот е изграден од осовински дел составен од повеќе реда безбојни клетки и, бочни делови составени од голем број асимилирачки клетки, односно се карактеризира со **повеќеосовинска градба**.

Осовинскиот дел го градат долги, безбројни клетки со приближно иста големина, често приближни една со друга и на овој начин градат снопиња на чии краеве се наоѓаат попречни прегради од ситни клетки. Од главната оска се одвојуваат бочни гранки кои се со различна големина. На секој пршлен се наоѓаат доста разгранети низови на клетки кои имаат асимилациски пигменти. Овие делови се означуваат како **асимилатори**. На асимилаторите се развиваат органите за бесполово и полово размножување.

Доста често кај зрелите единки се сретнуваат и карпоспори кои групирани во голем број создаваат топчести формации со различна големина. Тие се означуваат како **цистокарпија**.

Во брзи и чисти води, како и во изворите и горните делови на потоци и реки во Македонија се сретнува *Batrachospermum moniliforme* Roth.



Слика 51. Приказ на *Batrachospermum* sp.

а) Хабитуелен приказ. б) Цртеж на *Batrachospermum* sp. в) Микроскопски приказ на *Batrachospermum* sp.

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Batrachospermum* sp. и означете ги карактеристиките.

Фам. Lemnaceae

Lemanea Bory de Saint-Vincent

Претставниците од овој род се макрофитски алги, чиј талус има облик на *четинки*, со големина до 15 cm. Тој е прицврстен за подлогата со помош на *ризоиди*. Обично од едно место се јавуваат повеќе четинести талуси, при што се создаваат **грмушести формации**. Градбата е означена како „**членковидна**“, бидејќи на површината на талусот се забележуваат **регуларни задебелувања** настанати со спојување на бочните ограноци кон централната осовина, при што се создава псеудопаренхиматична градба. Имено, талусот е изграден од централна оска од која на одредени растојанија започнуваат бочни грани. Границите интензивно се разгрануваат и тесно се прилепени градејќи *цврста обвивка околу централната оска*. Клетките кои се наоѓаат на површината на талусот се фотосинтетски активни, односно содржат асимилациски пигменти.

Видовите од родот *Lemanea* ги населуваат слатководните екосистеми, прицврстени за подлогата. Главно населуваат ладни, брзотечечки, добро аерирани и **чисти речни екосистеми**. Видовите од овој род доста добро се развиваат на силикатна подлога. Најраспространет вид е ***Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C.Agardh**, биоиндикатор за чисти води. Во зависност од концентрацијата на пигменти, бојата на овој вид може да варира од зелена, до црвена, бордо црвена, па дури и црна.



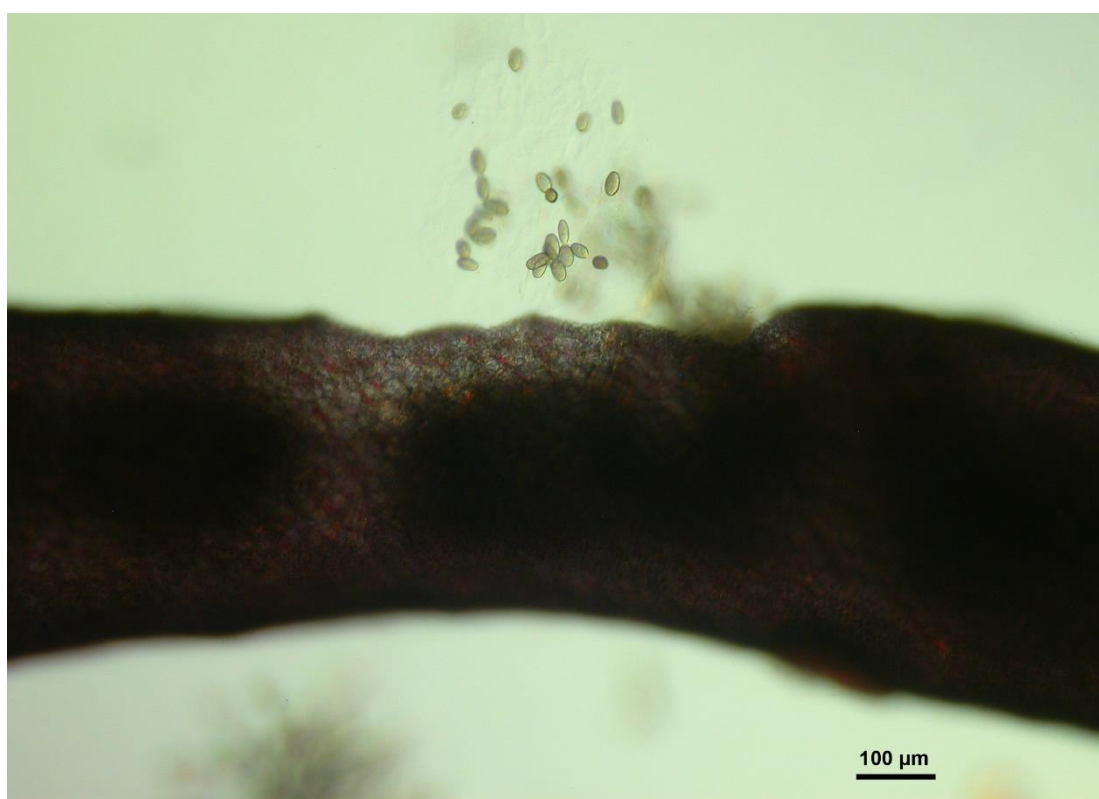
Слика 52. Приказ на *Lemanea fluviatilis*

а) Хабитуелен приказ. б) Микроскопски приказ на *Lemanea fluviatilis*.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Lemanea fluviatilis* и означете ги нејзините карактеристики.

Визуелен концепт: Река Зрновка, 2015. Масовна застапеност на *Lemanea fluviatilis* на камен, индикатор за чиста вода



2.2 Поткласа Corallinophycidae

Ред Corallinales

Структурата на талусот кај претставниците од овој ред е **повеќеосовинска**. Тие формираат макроскопски талуси кои се **инкрустрирани со калциум карбонат**, што доведува да истиот биде крут и лесно кршлив. По својот изглед талусот може да биде цилиндричен, листовиден или корест. Во клетките е присутно едно или повеќе јадра, како и родопласти без пиреноиди. Во циклусот на развој кај претставниците од редот Corallinales правилно се сменуваат гаметофитот и спорофитот. Бесполово се размножуваат со помош на тетраспори, а полово по пат на оогамија. Овој ред опфаќа широко распространети алги во *литоралниот дел на морињата*, посебно во тропските региони, каде се вклучени во изградба на коралите и спрудовите.

Фам. Corallinaceae

Corallina Linnaeus

Талусот на претставниците од овој род е макроскопски и доста разгранет, со **типична повеќеосовинска, членковидна градба**. Самите оски („гранки“) се **членковидни**, изградени од **повеќе споени калцифицирани членчиња**. Интензитетот на калцификацијата не е подеднаков, што доведува талусот да поседува голема цврстина, но и еластичност. Ваквата карактеристика е од исклучително значење за алгата, бидејќи претставниците од овој род **ја населуваат зоната на дејство на бранови**.

Бојата на талусот е различна од бледо розова до темно виолетова, што зависи од видот, како и од еколошките услови во кои единката се развивала. На врвовите на терминалните „грани“ се наоѓаат топчести проширувања во кои се сместени органите за размножување. Во нив се развиваат машките или женските органи (видовите се дводомни), што значи дека кај видовите од овој род се јавуваат три различни видови на единки (машки, женски и бесполови).

Видовите од родот *Corallina* живеат прицврстени на карпи и камења во **приобалните региони на морињата**. Најголема разновидност и најмногу се развиваат во топлите мориња, каде нивните цврсти инкрустрирани талуси **заедно со коралите ги формираат коралните гребени**. Чест претставник во Средоземното море е *Corallina mediterranea* Areschoug.



Слика 53. Хабитуелен приказ на *Corallina* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Corallina* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

2.3 Поткласа Rhodymeniophycidae Ред Ceramiales

Главната карактеристика на претставниците од овој ред е **едноосковинската** градба на талусот, како и **изоморфната смена на генерации**.

Фам. Ceramiales

Ceramium Roth

Талусот на *Ceramium* е макроскопски, со бројни **дихотомно разгранети грани**, што доведува да има *грмушест* изглед. Границите се составени од **еден ред на крупни клетки**. Помеѓу две крупни клетки, се наоѓаат **поголем број ситни клетки (кои ја формираат нодијата)**, кои пак со растење ја формираат кората на границите. Клетките на кората и нодиите се богати со родопласти. Поради наизменичното појавување на крупните клетки и нодиите од ситни клетки помеѓу нив, честопати талусот на *Ceramium* изгледа како да е „испруган“, по што лесно се препознава на хербариумските препарати.

Органите за бесполово размножување се развиваат во една единка, додека органите за полово размножување во друга единка. Смената на генерации е изоморфна. На спорофитот, кој е диплоиден, се формира тетраспорангиум (кој формира тетраспори), а додека на хаплоидниот гаметофит се развиваат карпогонот и антеридиумите.

Претставниците од родот *Ceramium* се развиваат во морските екосистеми, каде се наоѓаат прицврстени за карпи и покрупни камења во приобалниот регион.



a)



б)

Слика 54. Приказ на *Ceramium* sp.

а) хабитуелен приказ на хербаризиран материјал б) приказ под бинокулар.

Задача:

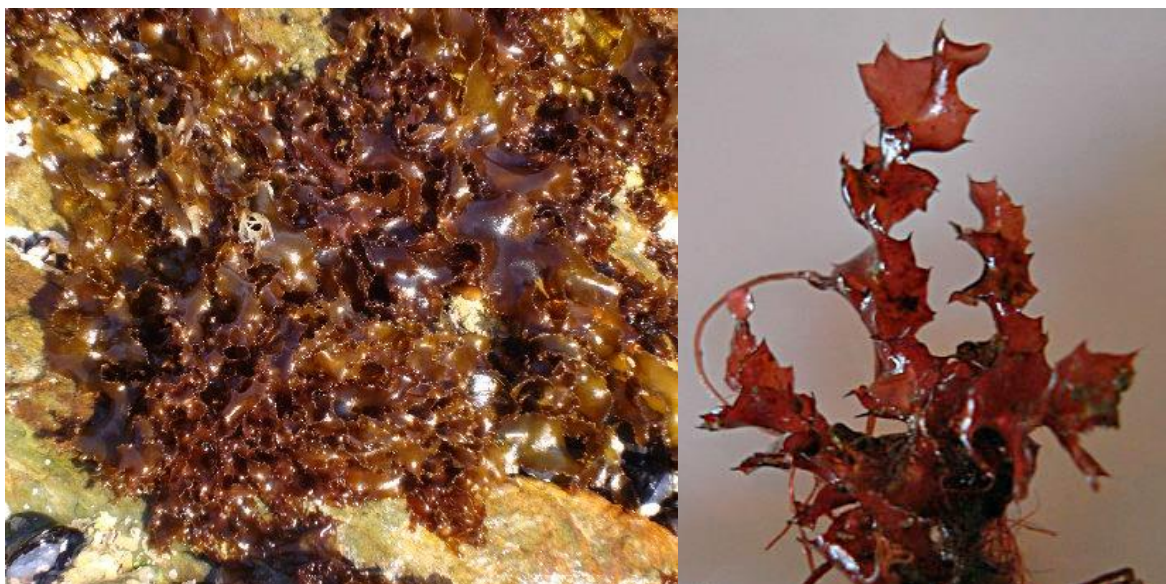
Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Ceramium* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Фам. Rhodomelaceae

Vidalia Lamouroux.

Талусот е макрофитски, лентовиден или плоснат, со или без назабени ивици. По средината на талусот се забележува т.н. „средно zdeбелување“. Често талусот е спирално извиткан по надолжната оска. Бојата на талусот е темно-црвена, но со зголемување на длабочината црвената нијанса станува сè поизразена. Како и останатите претставници од овој ред, талусот има едноосовинска градба.

Видовите од родот *Vidalia* се јавуваат најчесто во топлите мориња на *поголеми длабочини* каде се прицврстени за карпи или поголеми камења. Еден од најзначајните видови од овој род е *Vidalia volubilis* (Linnaeus) J.Agardh која е честа во Средоземното Море (и Јадранското), како и обалите на Атлантскиот Океан.



Слика 55. Хабитуелен приказ на *Vidalia volubilis*

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Vidalia* sp. и означете ги карактеристиките.

Датум:

Прегледал:

Потцарство *Viridiplantae*

Тип *Chlorophyta* (зелени алги)

Претставниците од *Chlorophyta* припаѓаат кон зелената еволутивна линија на еукариотите, кои заедно со конјугирачките зелени алги, со харите и со вишите растенија, поради своите единствени и специфични морфолошко-генетски и физиолошки карактеристики припаѓаат во царството на зелени растенија (***Viridiplantae***). Хлоропластите се обвиеани само со две мембрани, што е доказ за рана еволутивна симбиоза со цијанобактерија. Попрецизно, со појавата на црвените алги како први еукариотски алги на Планетава и текот на црвената еволутивна линија (настанокот на дијатомеите, златните и кафеавите алги кои како хлоропласт вклучиле црвена алга), паралелно течела и зелената еволутивна линија, при што со внес на цијанобактерија која содржи хлорофил *a* и *b* (некој од претставниците на *Prochloraceae*) се појавиле и првите зелени алги.

Како главни карактеристики за зелените алги кои ги поврзуваат со харите и копнените растенија се земаат: **присуството на хлоропласт со две мембрани и тилакоиди, во кој како главни фотосинтетски пигменти се наоѓаат хлорофил *a* и *b*, складирањето на скроб како резервна материја, во самиот хлоропласт, отсуството на центриоли и присуството на митохондрии со рамни кристи**. Дополнителен карактер кој ги разделува од останатите алги е присуството на подвижни клетки кои содржат два (или четири – парен број) **апикални** камшици, кои се **изоморфни, изоконтни и изодинамични**, а преодниот регион на камшиците секогаш содржи **свездовидно тело**.

Во однос на нивната цитологија, кај најпримитивните облици на површината на клетката се јавува **перипласт**, но сепак најголем број зелени алги имаат типичен **клеточен сид од целулоза како главен структурен полисахарид** (исклучок се неколку претставници каде целулозата е заменета со ксилани и манани или гликопротеини). Целулозата гради микрофибрили, а додека матриксот на клеткичниот сид е различен по хемиски состав и образуван од различни хетерополисахариди (полисахариди составени од неколку различни моносахариди – претежно глукуронска киселина, ксилоза, рамноза, галактоза и арабиноза). Цитоплазмата најчесто е припиена до клеточната мембрана, а додека централно место зазема **крупна вакуола**, односно **од цитолошки аспект, градбата на клетката соодветствува на градбата на растителните клетки кај вишите растенија**. Зелените алги продуцираат скроб кој се складира во хлоропластот и најчесто е во контакт со пиреноидот. Со тоа, зелените алги се разликуваат од сите останати еукариотски алги кои резервните материји ги складираат во цитоплазмата. Скробот е сличен по состав на тој кај вишите растенија – составен е од амилоза и амилопектин. Фотосинтетскиот биохемиски пат кај зелените алги е исто така сличен со вишите растенија.

Наследниот материјал кај зелените алги распореден е во јадрото и пластидната DNA. Јадрата се доста разнообразни по големина и форма, и содржат по едно или повеќе **јадренца**. Хромозомите кај зелените алги се релативно мали и со слаба диференцијација по должина, компактни и многу слични со што проучувањето на кариотиповите е доста отежнато. Најмал број хромозоми ($n=2$) се среќава кај *Chlamydomonas*, додека најголем број ($n=144$) е утврден кај *Cladophora obliterata*.

Секако, како и кај останатите алги и виши растенија, кај зелените алги се јавуваат и помошни пигменти, од групата на α и β -каротени и неколку ксантофили (зеаксантин, виолаксантин, антераксантин и неоксантин). Главен каротеноид кај зелените алги е **лутеинот**, а додека типична одлика на претставниците од редот *Cauleriales* се двата специфични пигменти **сифонеин** и неговиот естер **сифоноксантин** кои се карактеристични само за овие алги. Акумулирањето на каротеноидите настанува во услови на недостиг на азотни соединенија, висока инсолација или висок салинитет.

Хлоропластите се со различна форма: прстенести, пехарести, плочести, лентовидни, ѕвездовидни и леќовидни, а **нивната форма е значаен карактер за нивната таксономска детерминација**. Во склоп на хлоропластот, честопати се сретнуваат неколку т.н. **пиреноиди**, кои претставуваат структури кои го содржат ензимот **RuBisCO** и служат како **центри за фиксација на CO_2** . Честопати околу пиреноидите се депонира скроб, поради што истите јасно се забележуваат во форма на темни, мали округли структури во хлоропластите. Истите можат еклатантно да се забележат доколку се изврши боење на скробот со Луголов раствор.

Во поглед на морфолошката градба на талусот, зелените алги се исклучително разнообразни. Кај нив се утврдени монадна, кокална, колонијална, ценобијална, капсална, трихална, хетеротрихална, паренхиматична, сифонална и сифонокладална градба, односно не се сретнува само амебовидната и ризоподијалната организација. Големината на талусот се движи од неколку микрометри до неколку метри.

Кај зелените алги се јавува вегетативно (делба на клетка, фрагментација на талусот), бесполово (зооспори, апланоспори, автоспори) и полово размножување (хологамија, изогамија, анизогамија, оогамија). Сите зелени алги кои полово се размножуваат имаат и соодветен циклус на развиток – **хаплонтен, диплонтен или хапло/диплонтен циклус**.

Претставниците од типот *Chlorophyta* се широко распространете. Тие населуваат различни видови екосистеми: мориња (топли и ладни), езера, реки, потоци, тресетишта, се јавуваат на снег и мраз (криофилни видови), па дури и во води со мошне ниска pH од 1-3 (ацидофилни видови). **Но најголем број од зелените алги (90%) се слатководни жители каде го населуваат бентосот и планктонот**. Слатководните видови имаат *космополитско распространување*, со мал број ендемични видови во определени региони, а додека морските зелени алги се слични насекаде во светот.

Одредени видови на зелените алги се аерофити кои живеат на кората на дрвјата или на карпите надвор од вода. Тука припаѓаат едноклеточните кокоидни видови на *Trebouxia*, и кончестите форми на *Trentepohlia*. Видовите на овие родови се исто така познати фикобионти (симбиотски алги) во лишаите. Дури и снегот и мразот можат да бидат обоени од интензивен раст на зелените алги. ***Chlamidomonas nivalis* често го бои трајниот мраз на високите планини црвено** поради тоа што хлорофилите се покриени со црвената боја на хематохромот кој претставува мешавина на каротеноидни пигменти.

Тековната хипотеза за еволуцијата и таксономската класификација на зелената еволутивна линија на фотосинтетски еукариоти (*Viridiplantae*) претпоставува рано издвојување на две јасни линии, систематизирани денес како два одделни типа: *Chlorophyta* и *Streptophyta*. *Chlorophyta* ги опфаќа поголемиот дел на зелените алги, додека *Streptophyta*

ги опфаќа зелените конјугирачки алги, харите (парафилетска група на зелените алги) и почвените васкуларни растенија. Во рамките на оваа вежба ќе се задржиме на зелените алги систематизирани во типот Chlorophyta.

Современата ревидирана класификација на зелените алги, врз основа да добиените молекуларни и ултраструктурни резултати од последниве години, сугерира присуство на 4 еволутивни линии, односно 4 класи во рамките на типот Chlorophyta:

1. **Prasinophyceae**: примитивни претставници без клеточен сид и со присуство на луспи од кисели полисахариди; во главно морски планктон
2. **Chlorophyceae**: слатководни претставници
3. **Ulvophyceae**: морски претставници
4. **Trebouxiophyceae**: терестични претставници

Во интерес на овој практикум се само две од наведените класи, односно **Chlorophyceae** и **Ulvophyceae**.

1.

Класа Chlorophyceae

Претставителите на оваа класа поседуваат големо разнообразие на нивото на организација на талусот. Некои се слободно пливачки флагелати, едноклеточни (монадни) или колонијални форми, други се кокоидни или капсални неподвижни видови. Постојат и повеќеклеточни трихални или сифонални форми. **Алгите се во главно слатководни.**

Видовите кои полово се размножуваат секогаш имаат **хаплонтски животен циклус**. *Единствената диплоидна клетка е зиготот*, кој се нарекува и **хипнозигот** поради способноста да преживее неповолни услови. Половиот процес, во зависност од формата и големината на гаметите, може да биде изогамија, анизогамија или оогамија.

Класата Chlorophyceae е поделена на повеќе редови, од кои ние ќе ги разгледаме следниве:

- **Ред Chlorellales** – едноклеточни или колонијални алги со неподвижни вегетативни клетки и кокоидна градба
- **Ред Chaetophorales** – разгранети хетеротрихални алги со присутни плазмодезми
- **Ред Oedogoniales** – еднојадрени кончести слатководни алги со единствен тип на клеточна делба; подвижните спори и гамети со венец на камшици на апикалниот пол

1.1 Ред Chlorellales (слатководни кокални зелени алги)

Во овој ред се класифицирани алгите кои имаат **неподвижни вегетативни клетки (кокални)**. Претставниците може да бидат *едноклеточни* или пак, *ценобијални*, составени од конечен дефиниран број на клетки со специфичен распоред. Во однос на изгледот и големината, овие алги се мошне различни, но сепак најбројни се видовите кои имаат овална форма со микроскопски димензии.

Клетката најчесто е *еднојадрена*. Во цитоплазмата е присутен **еден пехарест хлоропласт со пиреноид околу кој се наталожува скроб**. Клеточниот сид е изграден од целулоза или целулозно-пектински материи и *често поседува израсстоци кои помагаат во одржувањето во планктонот*. На надворешноста од клеточните сидови кај овие алги утврдени се материи слични на *сапрополенинот*, материја типична за спорите и поленот на терестичните растенија. Неговата улога е во спречување на исушувањето, и кај алгите придонесува за нивно аеро распространување кон нови станишта.

Видовите кои припаѓаат кон оваа класа главно се автотрофни, но со изразена способност за користење на органски материи за својот раст и развиток, односно кај нив се јавува појава на *миксотрофија*.

Размножувањето кај овие претставници се одвива по пат на делба на клетката (вегетативно) или со формирање на зооспори или апланоспори (бесполово). Половиот процес се јавува поретко, при што може да биде изо, анизо или оогамија.

Претставниците од оваа класа се **исклучиво слатководни организми**. Најзастапени се во планктонот, но не ретко и во бентосните, перифитонските и неустонските заедници. Поединечни видови влегуваат во **симбиоза** со габите (во лишаи) или пак со **животински организми (зоохлорели)** кои се јавуваат во хидрите, сунѓерите, мекотелите и прстенестите црви.

Редот опфаќа повеќе фамилии.

Фам. Hydrodictyaceae

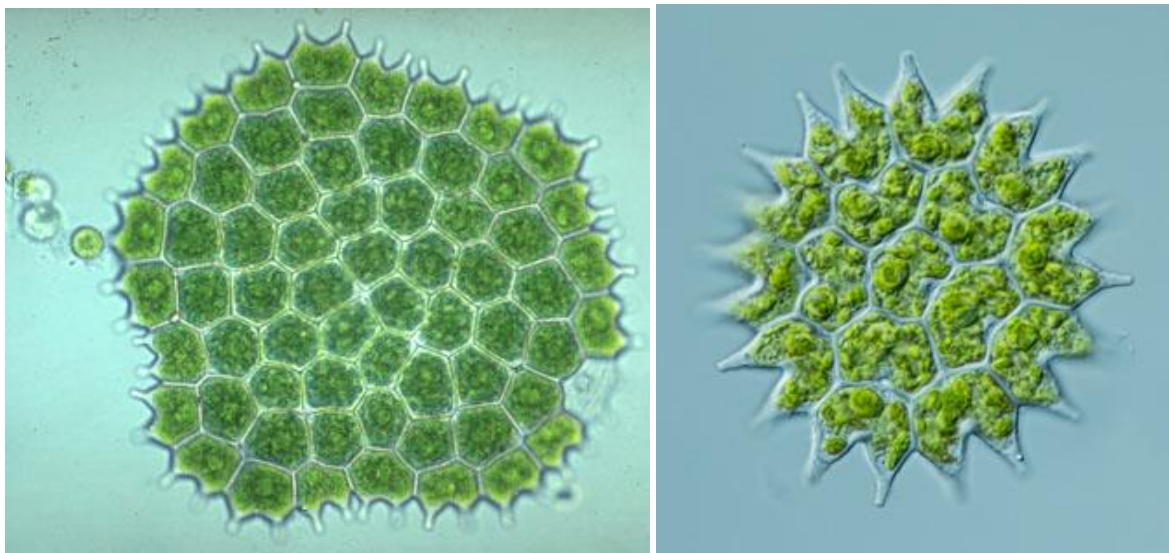
Pediastrum Meyen

Ценобијален претставник, чии ценобии се **плочести со ѕвездовиден облик**, најчесто составени од 16-32 клетки. Кај некои видови клетките се приближени со целата површина на клеточниот сид, а додека кај други видови спојувањето не е толку изразено, така што помеѓу клетките се јавуваат празни простори.

Во рамки на ценобијата се разликуваат два вида на клетки: клетки кои се наоѓаат *во внатрешноста* кои се со неправилен облик и без израсстоци и **надворешни клетки кои имаат правилна и постојана форма, и поседуваат израсстоци** кои кај различни видови се со различна големина, број, облик. Со помош на овие израсстоци се зголемува слободната површина на ценобијата што овозможува нејзино полесно одржување во планктонот. Целулозниот клеточен сид кај некои видови може да биде инкрустриран со калциум карбонат.

Видовите од родот *Pediastrum* се размножуваат со зооспори кои можат да настанат од било која клетка од ценобијата.

Видовите од родот *Pediastrum* се јавуваат главно во планктонските заедници во стагнантните и споротечечки водени екосистеми, но се сретнуваат и како епифити на виши растенија. Најчесто застапен вид е ***Pediastrum boryanum* (Turpin) Menghini**.



Слика 56. Микроскопски приказ на *Pediatrum* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Pediatrum* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Фам. Scenedesmaceae

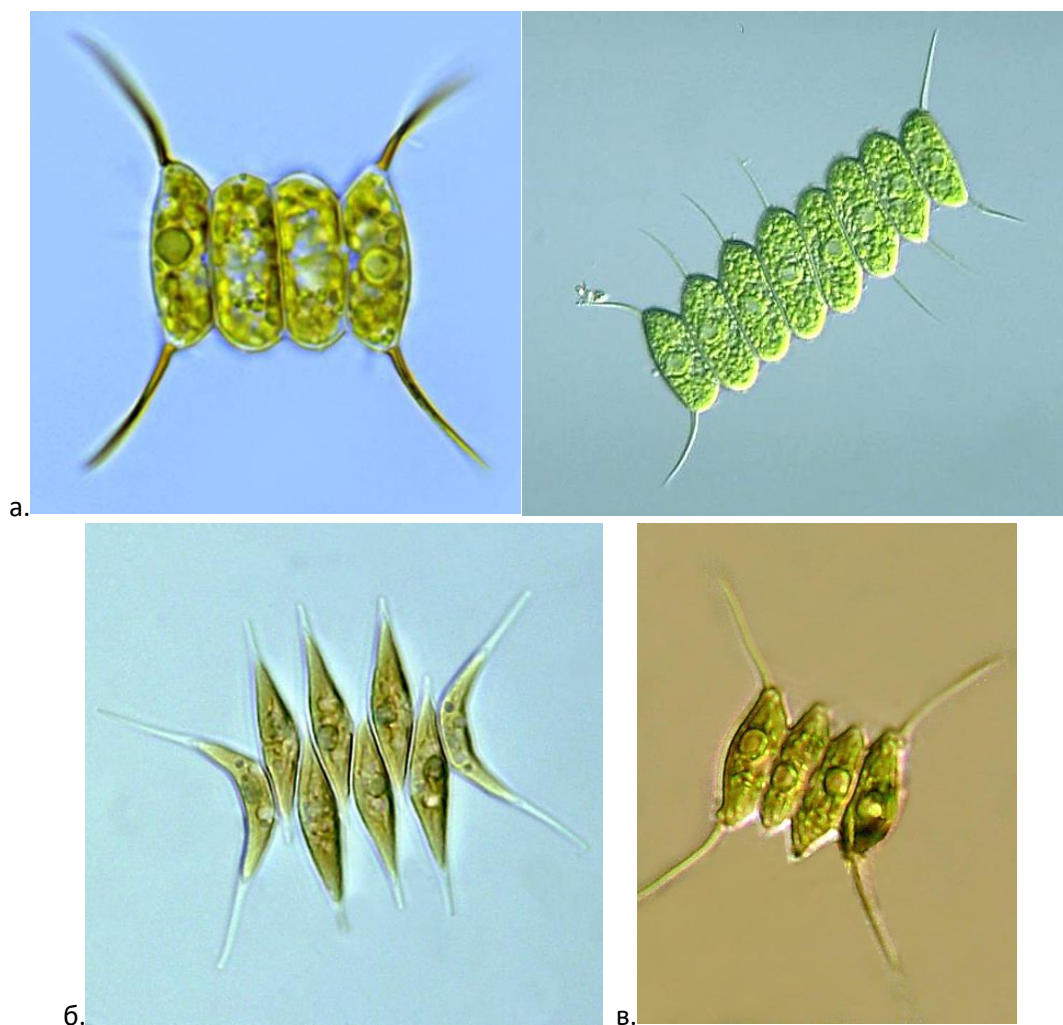
Scenedesmus Meyen

Ценобијален претставник чии ценобии се изградени од 2-8, а најчесто 4 клетки. Во случај кога ценобијата е составена од 8 клетки, тие се поставени во два реда и клетките од едниот ред алтернираат со клетките од другиот ред. *Клетките се поврзани меѓу себе преку бочните сидови.*

Клетките се *издолжени, елипсовидни, цилиндрични* со заоблени или зашилени краеви. Клеточниот сид на крајните две клетки од ценобијата најчесто поседува **трновидни израстоци различни по форма и големина**, со помош на кои се зголемува слободната површина на ценобијата, што овозможува подобро одржување во слободната водна маса. Во секоја клетка е присутно **едно јадро и еден пехарест хлоропласт со јасно видлив пиреноид**.

Видовите од родот *Scenedesmus* имаат космополитско распространување, при што најчесто се среќаваат во **планктонските заедници** во стагнантни и споротечечки води, **често збогатени со органски материи**. Некои видови се среќаваат и во „воден цвет“ каде како резултат на излучување на токсични супстанции можат да доведат до изумирање на одредени

групи организми. Видовите од овој род, заедно со видовите од *Chlorella* претставуваат едни од најчесто култивираните алги со цел комерцијална употреба или пак за проучувања на биолошките процеси кај алгите и кај живите организми воопшто.



Слика 57. Микроскопски приказ на различни видови од родот *Scenedesmus*.

а. *Scenedesmus quadricauda*. б. *Scenedesmus acuminatus* в. *Scenedesmus carinatus*

Задача:

Нацртајте ги набљудуваните претставници од *Scenedesmus* sp. Набљудувајте ја позицијата на пиреноидот (по потреба извршете боење).

Scenedesmus quadricauda

Scenedesmus acuminatus

Scenedesmus carinatus

1.2 Ред Chaetophorales (хетеротрихални претставници)

Алгите на редот Chaetophorales, заедно со следниот ред Oedogoniales, поседуваат **најкомплексна организација на талусот во рамките на зелените алги**. Тие имаат *плазмодезми*, типична одлика на повеќеклеточните организми. Нивото на организација на алгите од овој ред по многу одлики може да се спореди со Coleochaetales од харите.

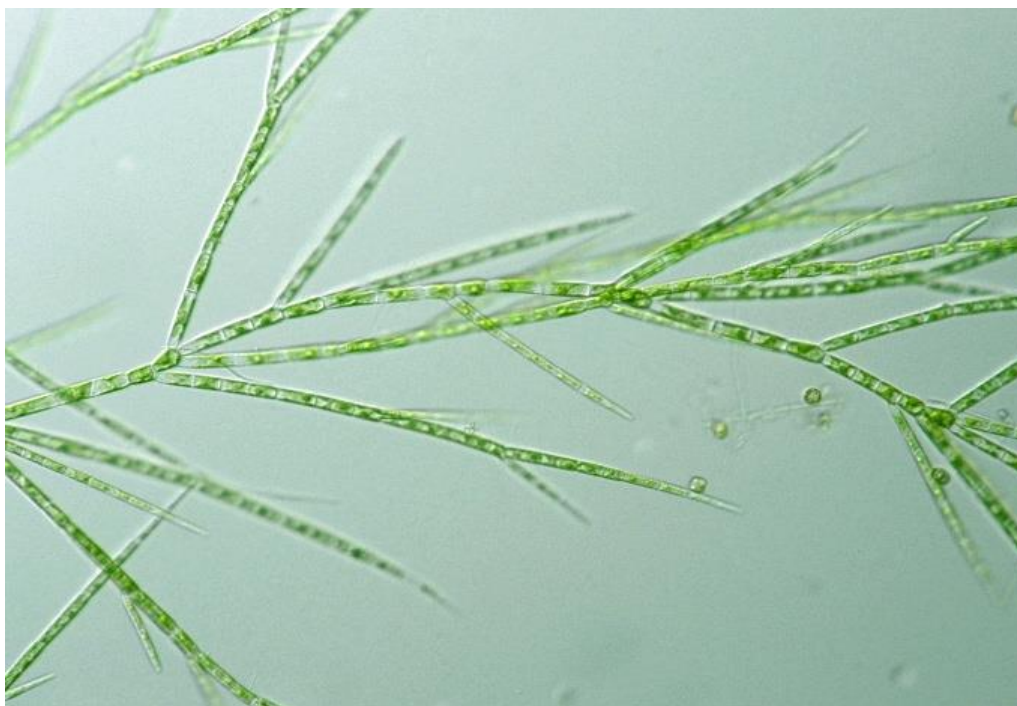
Претставниците од овој ред се карактеризираат со **хетеротрихален талус** од разгранети филаменти, кој во поголема и помала мера е со сложена градба. Кај голем број видови се сретнуваат два различни типа на филаменти: филаменти кои ползат по супстратот или **ползечки талус**, и филаменти кои стојат исправено во водата или **апикален талус**. Повеќето претставници од овој ред исто така имаат *израстоци* во форма на трнови. Повеќето видови се слатководни жители, а само мал број се среќаваат во морињата. Некои видови се јавуваат како аерофити.

Фам. Chaetophoraceae

Stigeoclonium Kützting

Талусот на *Stigeoclonium* е макроскопски, составен од два дела: **ползечки** и **апикален** дел. Ползечкиот дел е претставен со бројни испреплетени филаменти кои се прикрупени за супстратот и интензивно се разгрануваат, притоа давајќи му на талусот псевдопаренхиматичен изглед. Апикалниот талус е составен од трихоми со единечни разгранувања (**хетеротрихална градба**), кои обично завршуваат со *издолжени безбојни влакна со различна должина*. Трихомите имаат нежна слузава обвивка. Клетките се цилиндрични, со тенка клеточна мембрана. Тие се еднојадрени, со еден околуосен хроматофор, кој има еден или повеќе пиреноиди.

Алгите на овој род се *слатководни* претставници кои покажуваат висока толеранција на органско загадување така што често можат да бидат индикатори на силно загадени води, иако не е ретко да се сретнат и во почисти водни системи.



Слика 58. Приказ на *Stigeoclonium* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Stigeoclonium sp.* и означете ги нејзините карактеристики.

Draparnaldia Bory

Талусот е *макроскопски*, обвиткан со слузеста обвивка. Талусот е составен од развиена **осовинска низа** на крупни цилиндрични клетки и **бочни разгранувања** составени од поситни клетки со **мрежовиден хроматофор** со повеќе пиреноиди кои се развиваат во „*грмушки*“ околу централната оска на клетки. Осовинските клетки често се безбојни (без хлоропласти) или пак со еден крупен околузиден хроматофор. Бочните гранки наречени **асимилатори** ги сочинуваат мали клетки со крупни хлоропласти кои имаат ограничен раст и многу се разгранети, а најчесто завршуваат со **долги безбојни влакна**. За подлогата се прицврстуваат со редуцираниот ползечки талус и преку добро развиени ризоиди.

Видовите на родот *Draparnaldia* бесполово се размножуваат со зооспори, а полово со изогамети; репродуктивните органи се развиваат само во бочните гранки – асимилатори.

Претставниците од родот *Draparnaldia* се жители на чисти, добро аерирани слатководни екосистеми.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Draparnaldia sp.* и означете ги нејзините карактеристики.



а)



б)



в)

Слика 59. Приказ на *Draparnaldia* sp.

а) Макроскопски приказ на *Draparnaldia* sp.

б) Микроскопски приказ на *Draparnaldia* sp.

в) Цртеж на *Draparnaldia* sp.

1.3 Ред Oedogoniales (трихални претставници со оогамија)

Трихалните *слатководни* алги кои припаѓаат кон овој ред се разликуваат од претходните по низа свои карактеристики како што е **делбата на клетка**, градбата на клеточен сид и особено начинот на размножување со оогамија. Исто така, тие продуцираат мошне специфични зооспори кои поседуваат венец од камшици на едниот крај – **синзооспори**. Редот опфаќа само една фамилија Oedogoniaceae, со три рода.

Фам. Oedogoniaceae

Oedogonium Link

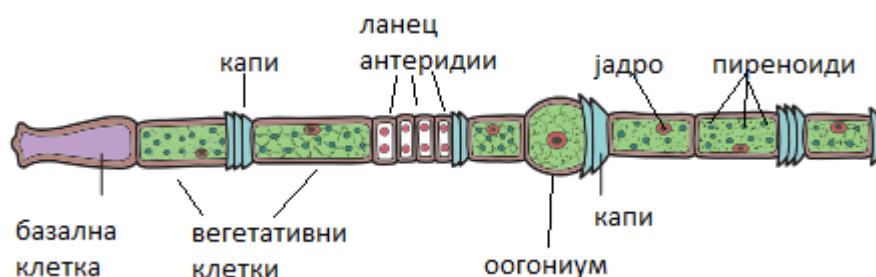
Талусот е повеќеклеточен, претставен од *неразгранет трихом* од една низа на клетки. Тој привремено е прицврстен за подлогата со помош на базална клетка, но мошне лесно се откинува и продолжува да егзистира во слободните водени маси. Клетките се еднојадрени, со еден **мрежест** хлоропласт со пиреноиди. Растењето на трихомот се врши со делба на клетките при што настанува **напречно делење**. При процесот на делба на клетките, честопати остануваат прегради од клеточниот сид формирајќи т.н. **капи**, односно структури од едно до друго поставени клеточни сидови. Кога трихомот ќе достигне одредена должина тој се фрагментира на повеќе помали трихоми кои започнуваат самостојно да егзистираат. На ваков начин се врши вегетативно размножување. Бесполовото размножување се врши преку зооспори.

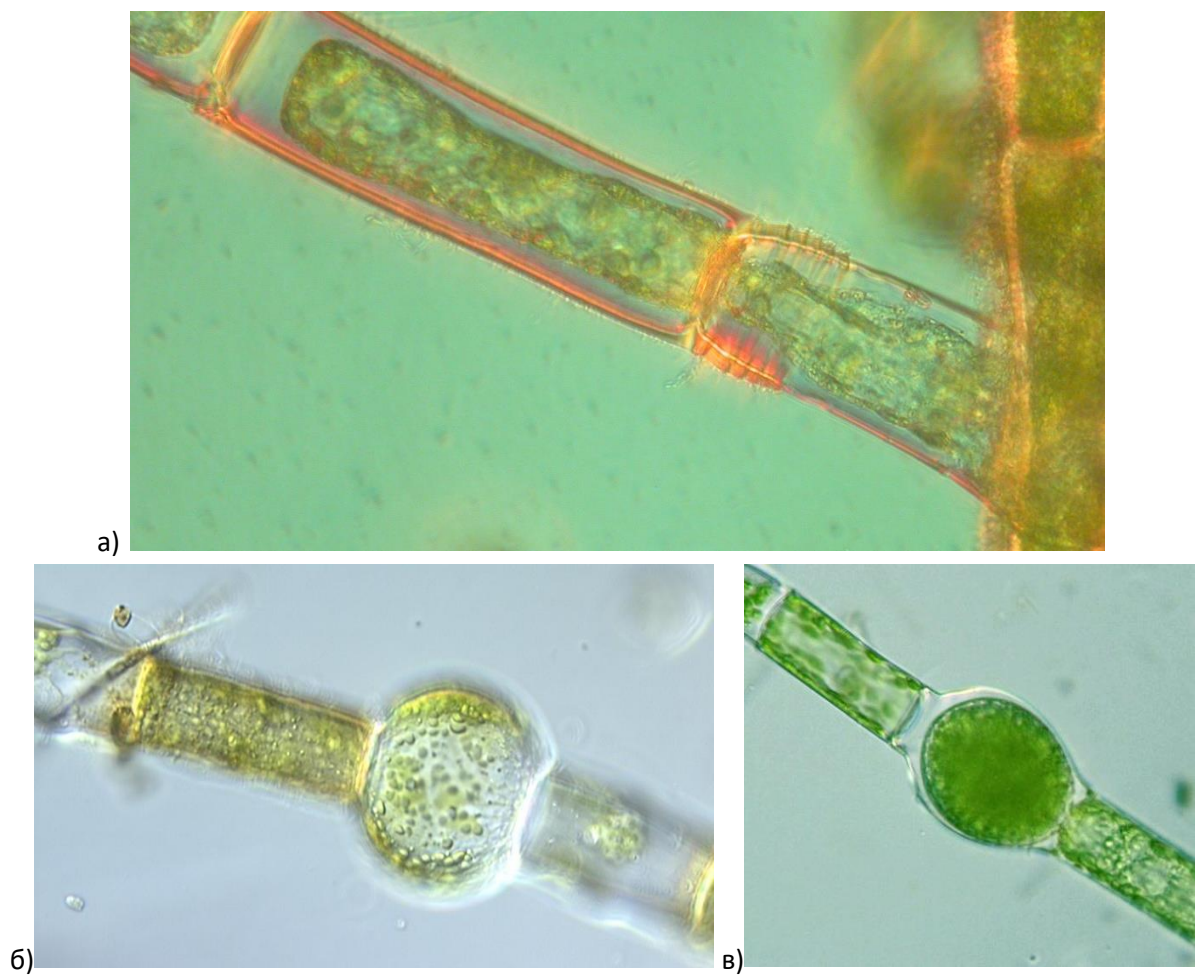
Половото размножување е оогамија. Половите клетки (сперматозоидите и јајната клетка) се образуваат во антеридиум и оогониуми. **Оогониумот** претставува крупна клетка со топчеста форма, значајно поширока во однос на вегетативните клетки (слика 60, б). Оогониумите се јавуваат поединечно или по повеќе во низа. Антеридиумите се карактеристични клетки поставени по неколку во низа и не содржат хлорофил. Во секоја од нив се формира 1 или 2 сперматозоиди.

Видовите од родот *Oedogonium* можат да бидат еднородни (антеридиумите и оогониумите се развиваат на иста единка), двородни (антеридиумите и оогониумите се развиваат на посебни единки) и нанандрични (со изразен полов диморфизам, која антеридиумите се развиваат на џуцести мажјаци). Од оплодената јајце клетка се добива **зигот** кој набрзо преминува во **ооспора**, која преминува во стадиум на мирување. Потоа од неа со редукциона делба се добиваат четири хаплоидни спори од кој се развиваат четири единки.

Претставниците од родот *Oedogonium* се исклучиво слатководни жители, кои се среќаваат главно во стагнантни или споротечечки води, богати со органски материи.

Сумарно, дијакритичните карактери на родот се сумирани на илустрацијата:





Слика 60. Микроскопски приказ на *Oedogonium* sp.

а) Приказ на капи кај *Oedogonium* sp.

б) Клетка на оогониумот. в) Зигот

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Oedogonium* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

2.

Класа *Ulvophyceae*

Алгите од класата *Ulvophyceae* се во **главно морски жители**, со определен број на претставници кои населуваат слатководни или аерофитни живеалишта. Нивните подвижни клетки (репродуктивни спори и гамети) поседуваат апикално поставени 2 или 4 камшика. Овие карактеристики се различни во однос на *Charophyceae*, но се слични на *Chlorophyceae*. Од класата *Chlorophyceae* се разликуваат по тоа што поседуваат **трајно интерзонално вретено кое не се губи при телофазата**, како и по тоа што **подвижните клетки немаат клеточен сид**.

Во рамките на оваа класа се поставени многу различни морфолошки типови, од едноклеточни кокоидни форми, трихални претставници, паренхиматични макрофитни алги со сложена градба (со плоската листовидна морфологија или лентовидно-цевчеста), како и сифонални и сифонокладални форми со голем број на јадра. Кај најпростите претставници од оваа класа се јавува трихален талус составен од мал број на еднакви клетки. Кај посложено градените видови клетките се делат во две нормални рамнини што доведува до појава на паренхиматичен талус со плоската („листовидна“) морфологија. Димензиите на талусот кај видовите од оваа класа се различни и се движат од неколку микрометри па до десетина центиметри.

Животниот циклус на алгите од оваа класа во главно вклучува **смена на хаплоидна со диплоидна генерација**, архаична форма на животен циклус за која придонесуваат стабилните услови во морските системи. Исто така, не се познати ни трајни зиготи (спори) кои се повеќе карактеристични за алгите во нестабилните слатководни средини.

Кај претставниците од оваа класа се јавува вегетативно (по пат на фрагментација на талус), бесполово (зооспори и апланоспори) и полово размножување (изогамија, хетерогамија и оогамија).

На карпестото крајбрежје на морињата често се забележуваат големи маси на зелените алги од оваа класа, во главно создадени од родовите *Ulva*, *Enteromorpha* и *Ulothrix*. Песочните или милести морски подлоги во тропските лагуни најчесто се живеалиште на масовен развиток од *Caulerpa*, *Udotea*, *Halimeda* и *Penicillus*.

Класата *Ulvophyceae* опфаќа повеќе редови од кои ние ќе ги разгледаме следниве:

- **Ulotrichales** (трихални претставници)
- **Ulvales** (паренхиматични претставници)
- **Caulerpales** (сифонални повеќејадрени алги без целулоза во клеточните сидови кои поседуваат сифоноксантин и сифоенин)
- **Dasycladales** (сифонални еднојадрени алги со радијална симетрија)
- **Cladophorales** (алги со разделен сифон на повеќејадрени сегменти)

2.1 Ред Ulotrichales (трихални претставници)

Претставниците од овој ред имаат **неразгранет трихален талус**. Кај најпримитивните облици талусот е составен од една низа на клетки кои се идентични по својата функција и градба. По својата градба и функција едноставно може да се разликува базалната клетка чија функција е прицврстување на талусот за подлогата.

Редот опфаќа повеќе фамилии, од кои во интерес на овој практикум е фамилијата Ulorichaceae.

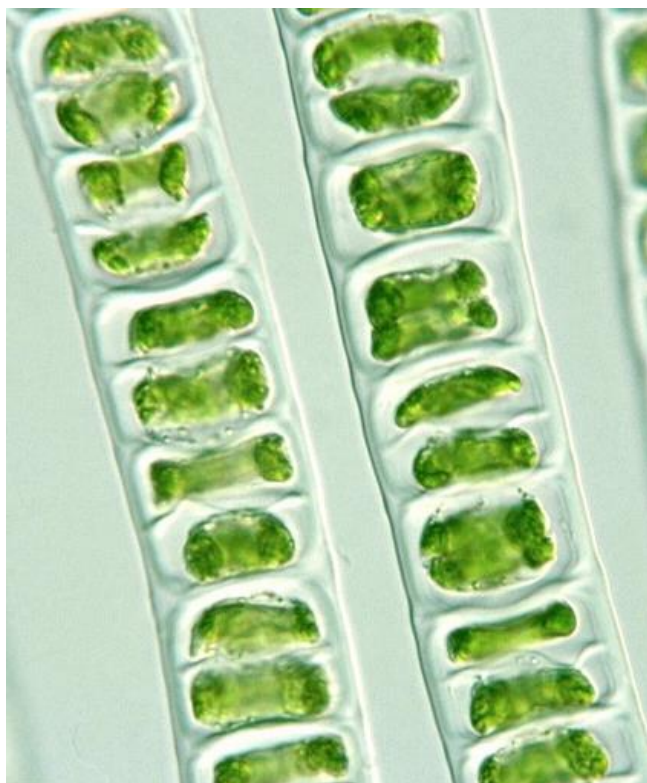
Фам. Ulorichaceae

Ulothrix Kützinger.

Талусот е претставен со еднореден хомоцитен трихом од идентични клетки. Сите клетки имаат способност да се делат и да образуваат зооспори со 4 камшика. Исклучок прави базалната клетка која служи за прикрепување на талусот. Клетките се цилиндрични, еднојадрени. Во цитоплазмата е присутен еден **полупрстенест хроматофор** со еден или повеќе пиреноиди, што претставува главниот дијагностичен карактер за негова таксономска идентификација.

Видовите од родот *Ulothrix* се размножуваат бесполово со зооспори. Половиот процес е изогамичен, при што се создаваат **гамети со 2 камшика**, а зиготот е подвижен.

Претставниците се широко распространети во слатководни екосистеми, а поретко во бракични и морски средини, како епифити и епилити. Чест вид е *Ulothrix zonata* (F. Weber & Mohr) Kützinger кој се среќава во чисти, добро аерирани слатководни екосистеми, каде интензивно се јавува во почетокот на летото.



Слика 61. Микроскопски приказ на *Ulothrix zonata*

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Ulothrix zonata* и означете ги карактеристиките.

2.2 Ред Ulvales (паренхиматични претставници)

Фам. Ulvaceae

Ulva Linnaeus

Талусот на *Ulva* е плоснат (сплескан), мошне тенок и *широко листовиден*, со изразена зелена боја. Истиот може да биде целокраен или насечен. Хабитуелно, талусот има кормоидна морфологија. Тој е прикремен за подлогата со помош на кус, слабо претставен *ризоид*. Каулоидот е *слабо развиен* и е претставен со краток цилиндричен дел. **Филоидот е силно претставен**, и често пати *е набран со повеќе или помалку насечени краеве (лобуси)*, односно неговата маргина е **ундулантна**. Поради слабо развиените каулоид и ризоид често пати алгата може да се откине од подлогата (карпи, камења) и да продолжи слободно да плива. Анатомски, **талусот на *Ulva* е изграден од два слоја на клетки** (слика 62), поради што талусот е мек, еластичен и повеќе или помалку просирен. Вегетативните клетки имаат по еден **голем чашковиден хлоропласт**, со еден до три пиреноиди.

Вегетативното размножување е со фрагментација на талусот, бесполовото размножување е по пат на формирање на зооспори, а додека половото по пат на изогамија. Во тек на животниот циклус кај видовите од *Ulva* се јавува изоморфна смена на генерации, односно од добиениот зигот се формира диплоиден спорофит кој формира зооспори. Од хаплоидните зооспори се формираат нови единки - гаметофит кои се дводомни.

Видовите од родот *Ulva* се широко распространети во **литоралната зона на Средоземното море**, каде го населуваат **морскиот бентос**. Честопати можат да се најдат и крајбрежно, дури и на брегот, надвор од морската водна средина, најчесто како епилитон (прикрупени за камен), но можат да се најдат и прикрупени за други супстрати (школки, слика 63). Еден од најраспространетите и најчести видови е ***Ulva lactuca* Linnaeus**, која поради својот изглед широко е позната по народното име **морска салата** или **морска марула** (анг. *sea lettuce*). *Ulva lactuca* е јадлива алга, која поради релативно големата содржина на протеини (над 20%), јаглехидрати и витамини се користи во исхраната на луѓето и животните, како и за фертилизирање на земјиштето.



Слика 62. Хабитуелен приказ на хербар од *Ulva lactuca*

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Ulva lactuca* и означете ги карактеристиките.



Слика 63. Хабиџуелен и анатомски приказ на *Ulva lactuca*

Enteromorpha (Link) Harvey

Талусот на *Enteromorpha* е сличен со оној на *Ulva*, со следниве важни разлики: истиот е **најчесто еднослоен** (изграден од еден слој на клетки) и хабиџуелно има форма на **издолжен празен цилиндар**. Хабиџуелно, за разлика од *Ulva*, претставниците од *Enteromorpha* имаат типично **тубуларен (цевчест) талус** кој е **издолжен (ланцеолатен)**, прикрепен за подлогата со краток ризоид. **Каулоидот** е краток, цилиндричен. **Филоидот е силно претставен, плочест, рамен и мошне издолжен во вид на цевка**. Анатомски, додека е млад, филоидот е изграден од два слоја на клетки. Во текот на растот, како резултат на натрупување на кислородни меурчиња (продукт на фотосинтезата) меѓу двата слоја клетки, доаѓа до нивно одвојување, така да кај постари филоиди горните делови се изградени од еден слој на клетки.

Во однос на претходниот претставник (во споредба со *Ulva* sp.), видовите од родот *Enteromorpha* имаат посветло зелена боја. Клетките се заоблено квадратни до многуаголни,

распоредени во повеќе или помалку јасни надолжни редици. Бесполовото размножување е со зооспори, а половото размножување е изогамија.

Видовите се широко распространети во литоралната зона на Средоземното Море, а некои видови се развиваат и во бракични води. Чест претставник е *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees, познат по народното име “gutweed”.



а)



б)

Задача: Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Enteromorpha intestinalis* и означете ги карактеристиките.

Слика 64. Хабитуелен приказ на *Enteromorpha intestinalis*.

- а) Приказ на *Enteromorpha intestinalis* во природната водна средина
б) Хербален материјал од *Ulva lactuca*

Визуелен концепт: *Ulva lactuca* во исхраната („морска салата“, Lechuga de Mar)



Сифонални и сифонокладални алги

Талусот кај сифоналните алги, иако *едноклеточен*, често пати е исклучително *крупен*, *макрофитски*, морфолошки диференциран и со **кормоидна морфологија**; истиот е означен како **сифон**. Самата „клетка“ односно сифонот е изграден од **многојадрена ценоцитна цитоплазма** која содржи огромен број на органели и *лековидни* хлоропласти кои формираат заедничка целина. Кај алгите со сифонокладална градба пак, се јавуваат попречни сидови - *септи* кои го разделуваат сифонот на повеќејадрени сегменти.

Сифоналните алги се размножуваат вегетативно со фрагментација на талусот, а поретко бесполово со зооспори и апланоспори. Најчесто се размножуваат полово, при што позастапена е хетерогамијата, а поретко изогамијата.

2.3 Ред *Caulerpales* (Syn. *Siphonales*: претставници со многојадрен ценоцитен сифон)

Редот опфаќа претставници со несептиран талус, претставен како *сифон со многојадрена цитоплазма (бројни органели, хлоропласти...)*, а само кај некои видови се формираат септи поради формирање на репродуктивните органи или при повреда. Претставниците се најчесто крупни, *макрофити* и со *кормоидна морфологија*. Карактеристично за овој ред е присуството на **двата специфични каротеноиди – сифонеин и сифоноксантин**, кои не се среќаваат кај другите зелени алги (хемиски, претставуваат ксантофили). Исто така, **наместо целулоза, микрофибрилите во клеточните сидови се изградени од 1,3 ксилан и 1,4 манан**.

Во рамките на редот се издвоени четири фамилии.

Фам. *Halimedaceae*

Halimeda Lamouroux

Видовите од родот *Halimeda* имаат макрофитски, кормоидни талуси кои се составени од **поврзани сегменти на рамни калцифицирани плочи („членчиња“)** кои може да имаат бубреговидна или срцевидна форма. Талусот може да достигне големина од неколку cm до 1 m и истиот во голема мера е калцифициран. Сегментите (членчињата) се всушност **ценоцитни сифони** (мултијадрена протоплазма со клеточен сид од ксилани, односно без целулоза), а калцификацијата на поединечните членчиња не е еднаква, односно помладите (кон врвот на талусот) се помалку калцифицирани во однос на постарите (во базалниот дел). Но, и во рамките на едно членче калцификацијата не е подеднаква. Ваквата појава овозможува талусот да биде цврст, но исто така и еластичен. Оваа карактеристика е мошне значајна, бидејќи видовите на родот *Halimeda* ги населуваат приобалните региони на морињата, каде се прицврстени за карпи и камења.

Во приобалниот дел на Јадранското Море, честа е *Halimeda tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux.



Слика 65. Хабитуелен приказ на *Halimeda tuna*.

а) Приказ на *Halimeda tuna* во природната водна средина

б) Хербален материјал од *Halimeda tuna*

Задача:

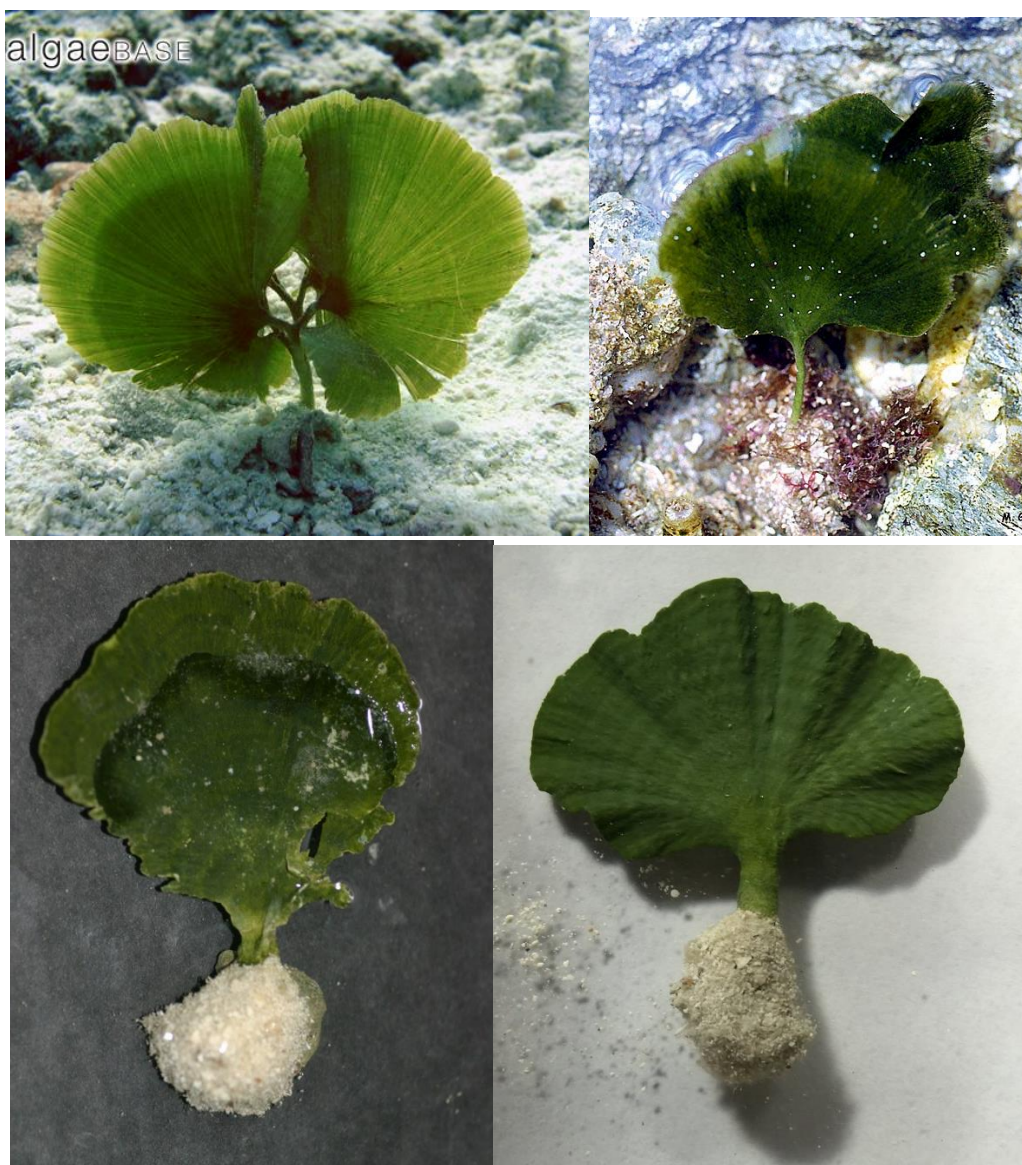
Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Halimeda tuna* и означете ги нејзините карактеристики.

Фам. Udoteaceae

Udotea Lamouroux

Видовите од родот *Udotea* имаат макрофитски, крупен, крут кормоиден талус (со големина до максимум 30 cm). Ризоидот е крупен, мошне развиен и во вид на проширување, а каулоидот е цилиндричен, краток и исправен. На каулоидот се развива **крупен филоид** кој достигнува димензии до 10-тина cm и е плочест, *односно наликува на лисната плоча кај васкуларните растенија (има форма на лепеза)*. Често на филоидот се забележуваат бели полиња кои претставуваат калцифицирани делови на талусот. Анатомски, талусот претставува ценоцитен сифон со многу јадра.

Видовите ја населуваат најчесто приобалната зона на топлите мориња, каде се прицврстуваат за карпи или покрупни камења. Чест претставник со филоид во вид на лепеза е *Udotea petiolata* (Turra) Børjesen (синоним *Udotea desfontainii* (J.V.Lamouroux) Decaisne).



Слика 66. Хабитуелен приказ на *Udotea petiolata*.

а) Приказ на *Udotea petiolata* во природната водна средина

б) Хербален материјал од *Udotea petiolata*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Udotea petiolata* и означете ги нејзините карактеристики.

2.4 Dasycladales (претставници со еднојадрен сифон)

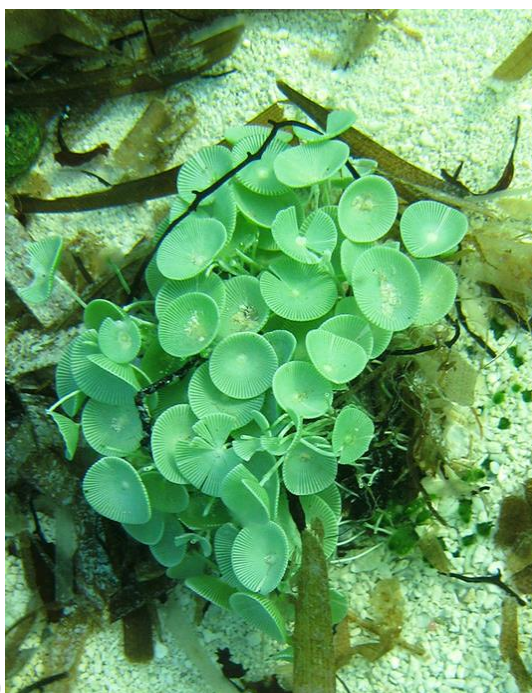
Талусот кај овие претставници е со **радијална симетрија**. Имено, истиот се состои од **централна оска** на која прешленесто се распоредени т.н. „гранки“. Во базалниот дел на централната оска се развиваат ризоиди со помош на кои алгата се прицврстува за супстратот. Талусот е **еднојадрен**, при што јадрото е сместено во базалниот дел на талусот. Претставниците се исклучително **морски жители**.

Фам. Dasycladaceae

Acetabularia Lamouroux

Претставниците имаат **макрофитски** талус, кој во вегетативниот период е доста неупадлив и покрај значителните димензии (околу 10 cm). Имено во тек на вегетативниот период алгата е во облик на тенка, **издолжена клетка** која е разгранета во ризоидалниот дел. Клетката е **силно калцифицирана** поради што бојата на талусот е бледозелена. Во вегетативна состојба клетката минува 2 (во топли мориња) или 3 години (во ладни мориња). Потоа клетката преминува во репродуктивна фаза, при што на врвот на клетката се формираат **радијално распоредени фертилни гранки (кои содржат гаметаангиуми)** кои можат да сраснат меѓусебно формирајќи на тој начин структура **налик на чадорче**.

Видовите од родот *Acetabularia* се среќаваат во мирни морски делови. Доста чест вид во Медитеранот, Јадранското и Егејското Море е ***Acetabularia mediterranea*** Lamouroux (синоним *Acetabularia acetabulum* (Linnaeus) P.C. Silva), која често се среќава прикрепена за камчиња, капри, школки и други потопени објекти. Издолжената клетка со едно јадро на *Acetabularia* претставува пример за една од најголемите клетки на Планетава.



а)



б)

Слика 67. Приказ на *Acetabularia mediteranea*

а) Хабитуелен приказ на *Acetabularia mediteranea*

б) Цртеж на *Acetabularia mediteranea*

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Acetabularia mediteranea* и означете ги нејзините карактеристики.

2.5 Ред Cladophorales (Syn. Siphonocladales: претставници со септиран, разделен сифон)

Главна карактеристика на претставниците од редот Cladophorales е тоа што нивниот сифонален талус е разделен со помош на септи на поголем број *повеќејадрени сегменти*. Ваквата градба (разделен сифон со септи) е означена како **сифонокладална градба**.

Редот опфаќа повеќе фамилии од кои во интерес на овој практикум е само фамилијата Cladophoraceae.

Фам. Cladophoraceae

Cladophora Kützing

Талусот на претставниците од родот *Cladophora* е **макроскопски**, односно претставниците се **макрофити** со **сифонокладална градба**. Талусот е претставен со поголем број **повеќејадрени** сегменти кои се цилиндрични, подолги отколку широки. Талусот на алгата е најчесто силно **разгранет**. Клеточниот сид е **дебел**, изграден од целулоза и на микроскоп јасно забележлив.

Клеточниот сид не се раслужнува што доведува да претставниците од овој род релативно лесно се препознаваат по **острината на клеточниот сид**. Во цитоплазмата во секој сегмент се наоѓа **голем број на јадра**, како и **еден мрежест крупен хлоропласт**. Во централниот дел на сегментите се наоѓа крупна вакоула.

Вегетативното размножување кај *Cladophora* е со фрагментација на талусот, а бесполовото преку зооспори кои се формираат во голем број. Зооспорите можат да се формираат од било кој сегмент на талусот со исклучок на ризоидалниот. Половиот процес е изогамија.

Видовите имаат космополитско распространување, при што најголем дел живеат во морските средини, а само мал дел живеат во слатководните екосистеми. Често се среќаваат значајни популации од *Cladophora* во **води збогатени со органски материи**, како и релативно загадени води. За Македонија се познати 4 таксони (3 вида и 1 вариетет). Најчест вид во водите во Македонија кој **силно е застапен во реките збогатени со органски материи е *Cladophora glomerata* (L.) Kützing**. Во **еутрофните езера**, исто така често се јавува *Cladophora glomerata* во **епилитон**.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Cladophora glomerata* и означете ги нејзините карактеристики. Пробајте да изброите колку јадра содржат сегментите.



Разгранет талус!



Слика 68. Приказ на *Cladophora glomerata*

а) Макроскопски приказ на големи маси од *Cladophora glomerata* по реките.

б) Микроскопски приказ на *Cladophora glomerata*

Датум:

Прегледал:

Потцарство *Viridiplantae*

Тип *Streptophyta*

Вториот тип од зелената еволутивна линија, типот *Streptophyta* (според некои автори типот е издигнат на ниво на инфра-царство *Streptophyta*) ги опфаќа зелените алги способни за конјугација, колеохетните зелени алги (кои се сметаат за предци на копнените растенија), харите (група на организми издвоени како посебна еволутивна линија, филогенетски сродна и со *Chlorophyta* и со копнените виши растенија) и сите копнени, „виши“ растенија кои денес класифицирани во **супергрупата *Embryophyta*** (постар синоним – *Cormophyta*, според Endlicher, 1836). *Streptophyta* во најстрога смисла на зборот ја опфаќа **дефиницијата на растенијата**, кои денес се дефинирани врз база на молекуларни, филогенетски и цитолошки карактеристики, наспроти поранешниот концепт кој се базираше на присуството на органи како корен, лист и стебло; оттаму, денес претходно наведените организми (колеохети, хари) се означени како **стрептофитни алги** и, нивната еволутивна линија на развој доведла до формирање на ‘вишите’ васкуларни растенија.

Карактеристиките за типот *Streptophyta* кои ја опфаќаат **дефиницијата на растенијата** се: **фотосинтетски организми со еукариотски клетки кои поседуваат клеточен сид со микрофибрили од целулоза, присуство на хлоропласти со двојна мембрана и тилакоиди во кој како главни фотосинтетски пигменти се наоѓаат хлорофил *a* и *b*, синтеза на скроб како резервна материја изграден од амилоза и амилопектин во самиот хлоропласт, отсуството на центриоли и присуството на митохондрии со рамни кристи**. Дополнителни карактеристики на *Streptophyta* со кои се разликуваат од типот на *Chlorophyta* се следниве: **присуство на асиметрични подвижни клетки со субапикално поставени камшици и асиметричен флагеларен апарат кој содржи јасна повеќеслојна структура и паралелни базални тела, отворена митоза со постојано делбено вретено како и клеточната делба со *фрагмопласт* (кај зелените алги од *Chlorophyta*, постои *фикопласт*).**

Денес, се смета дека пред околу 500 милиони години определени зелени алги започнале драматично да ја менуваат планетата Земја преку колонизацијата на почвените површини и еволутивното создавање на васкуларните или терестичните растенија (*Embryophyta*). Преку освојувањето на почвата зелените алги и нивните растителни потомци овозможиле распространување на животните и габите врз почвените екосистеми и нивна еволуција според тогашните селективни притисоци. Сите модерни терестични екосистеми кои вклучуваат растенија, габи и животни потекнуваат од овој иницијален процес. Од оваа еволутивна перспектива, **васкуларните растенија можат да се сметаат како определена гранка во еволуцијата на зелените алги, односно, сите копнени „виши“ растенија може да се сметаат како високо специјализирани зелени стрептофитни алги прилагодени за копнен начин на живот**. Поради нивното блиско сродство со васкуларните растенија, големото разнообразие на стрептофитните алги овозможува есенцијални информации за еволуцијата на основните карактеристики на васкуларните растенија.

Типот *Streptophyta* ги содржи во себе сите типови и класи на вишите растенија (како што се талусовидните мовови класифицирани во *Marchantiophyta* и *Anthocerotophyta*,

листостеблените мовови – Bryophyta, ликоподиумовите растенија – Lycopodiophyta, Polypodiophyta, бeсeмeнитe растeниja – Gymnospermae (Coniferophyta), и семените цветни растенија – Angiospermae (синоним, Magnoliophyta). Секако овие групи на растенија ќе бидат проследени на посебен предмет (Систематика на растенија), а ние во овој дел ќе се задржиме на стрептофитните алги, кои се систематизирани во 6 класи:

1. Mesostigmatophyceae
2. Chlorokybophyceae
3. Klebsormidiophyceae
4. Zygnematomphyceae (конјугирачки зелени алги; синоним Conjugatophyceae)
5. Coleochaetophyceae
6. Charophyceae (хари)

Во рамките на практикумот, ќе ги опфатиме класите Zygnematomphyceae и Charophyceae.

1.

Класа Zygnematomphyceae

Класата опфаќа едноклеточни или повеќеклеточни неразгранети трихални алги во чиј циклус на развoтoк не се појавуваат флагелатни форми (изогаметите без камшици копулираат за да формираат зигот во клетките) и кои се карактеризираат со полов процес на размножување – **коњугација**. Како резултат на коњугацијата се добива зигот, од кој по периодот на мирување таа извршува преку мејотична делба (3 јадра дегенерираат) во нов организам. Со тоа, животниот циклус е **хаплоиден**, при што **само зиготот е диплоидна фаза**.

Во клетките на претставниците од оваа класа се наоѓа едно јадро и хлоропласт кој е со различна форма - лентовиден, свездовиден, плочест и сл. Претставниците од класата Zygnematomphyceae населуваат *слатководни* екосистеми, а некои се среќаваат и во бракични води и како аерофити. Најчести се во споротечечките, застоени води. Класата опфаќа повеќе редови, од кои во интерес на овој практикум се редовите Zygnematales и Desmidiiales.

1.1 Ред Zygnematales

Редот опфаќа повеќеклеточни неразгранети трихални алги. Талусот е **слузест**, со зелена боја. Во клетките кои се *еднојадрени*, се наоѓаат лентовидни, свездовидни или плочести хроматофори. Размножувањето е вегетативно и полово. Вегетативното размножување се одвива со фрагментација на талусот, половото по пат на коњугација. Коњугацијата може да биде **скалеста** или **бочна**. Скалестата коњугација се одвива меѓу две клетки на два различни трихома, додека бочната се одвива помеѓу две соседни клетки во рамки на ист трихом. **Формата на хроматофорот и формата на зиготот претставуваат најважните карактери за таксономска класификација на овие претставници.**

Фам. Zygnemataceae

Spirogyra Link.

Талусот е претставен со повеќеклеточен трихом сочинет од **цилиндрични клетки**, чија должина е значително поголема во однос на ширината. Клеточниот сид е јасно воочлив, слузест и изграден од целулозно-пектински материи. Во цитоплазмата е присутно **едно јадро** и еден или повеќе **лентовидни, спирално извиени хроматофори** кои се протегаат од едниот до

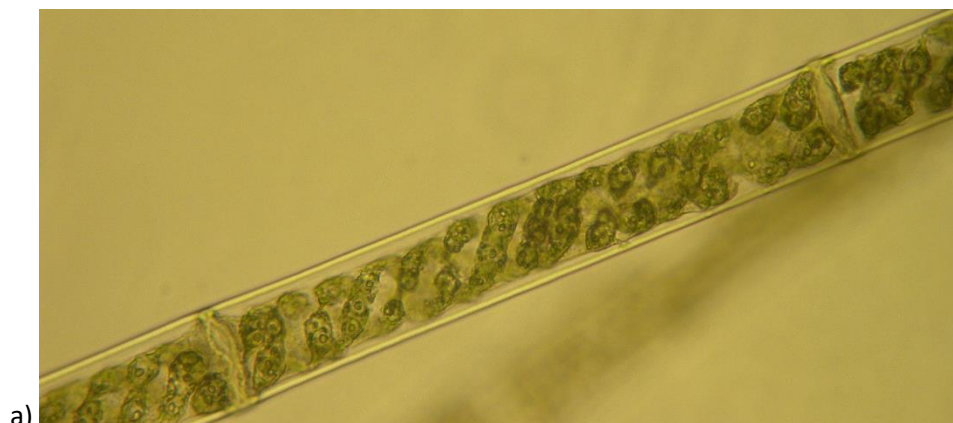
другиот крај на клетката. Бројот на хроматофорите е значајна таксономска карактеристика. Доколку се наоѓаат два хроматофори тие можат да бидат паралелно поставени или пак меѓусебно да се вкрстуваат. На нив, јасно се забележуваат **бројните пиреноиди**. Еден од позначајните дијакритични карактери е и присуството на **полупрстенести прегради** меѓу соседните клетки. Формата на зиготот, исто така претставува важен карактер за таксономска детерминација на различните видови во рамките на родот.

Видовите се размножуваат главно со **скалеста коњугација** (помеѓу *два различни трихома*), а бочната е присутна само кај мал број на претставници.

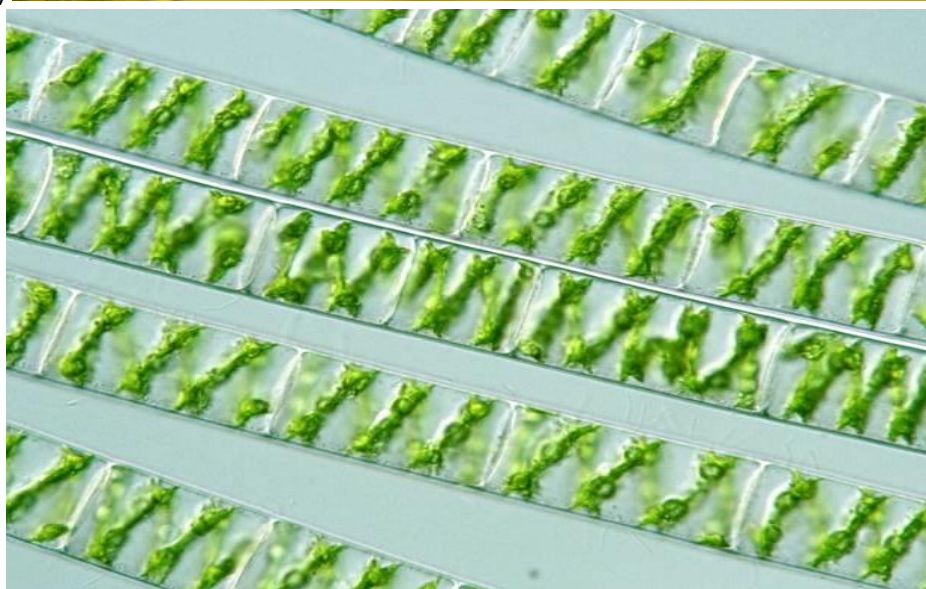
Родот *Spirogyra* е доста богат со видови (познати се околу 340 видови), кои се широко распространети во слатководните екосистеми. Максимално се развиваат во топли стагнантни или споротечечки води каде не ретко големи маси испливуваат на површината на водата.

Задача:

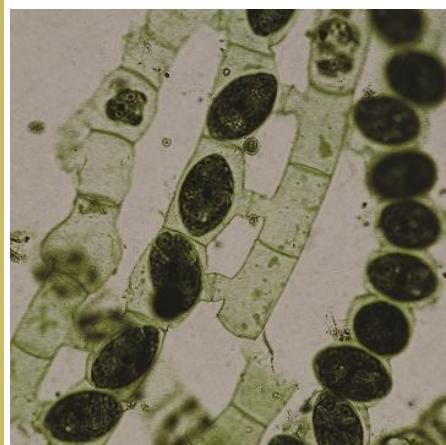
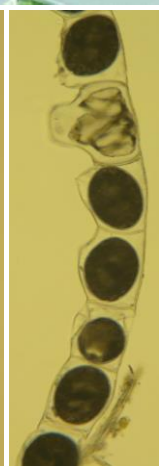
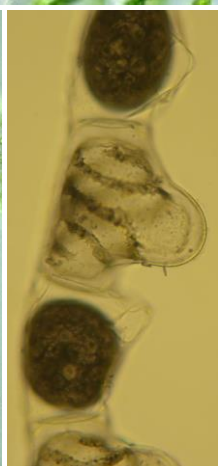
Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Spirogyra* sp. и означете ги нејзините карактеристики. Набљудувајте ги пиреноидите, како и коњугацијата. Лоцирајте празни клетки кои биле донор на наследен материјал, зиготи (акцептори на наследниот материјал) и коњугациски мостови.



a)



б)



Слика 69. Приказ на *Spirogyra* sp.

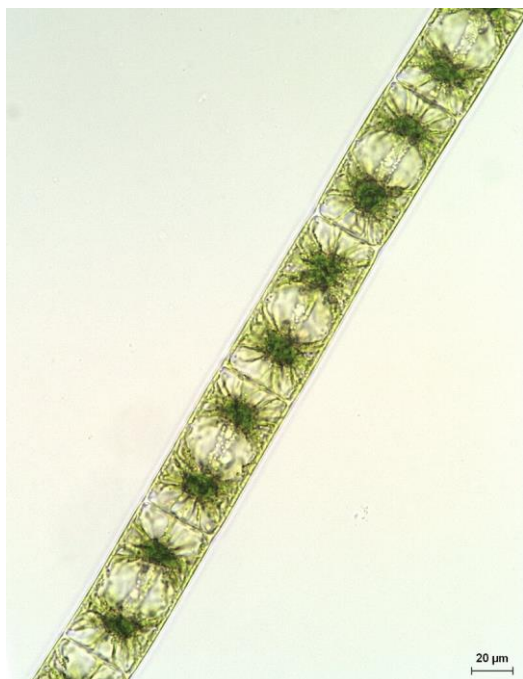
а) Микроскопски приказ на *Spirogyra* sp.

б) Приказ на скалеста коњугација кај *Spirogyra* sp.

Zygnema C. Agardh

Талусот е трихален, неразгранет, сочинет од *кратки цилиндрични клетки*. Главна карактеристика на видовите од овој род е присуството на **два свездовидни хроматофора** поставени кон двата пола на клетката. Во централниот дел се наоѓа *крупна вакуола* и релативно ситно јадро. Коњугацијата може да биде скалеста и бочна, а зиготот се образува во коњугацискиот канал, а ретко во една од коњугиричките клетки.

Видовите ги населуваат истите станишта како и претходниот род.



Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Zygnema* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Слика 70. Микроскопски приказ на *Zygnema* sp.

1.2 Ред Desmiales

Редот опфаќа претежно **едноклеточни алги**. Клетките се состојат од **две симетрични полови** кои се разделени со **мост (istmus)**. Помеѓу двете полови на клетката (означени како „semicells“) може да се јави силно стеснување (**бразда**) – **синус, со што истмусот станува јасно изразен како „мост“ меѓу двете полови**. Јадрото се наоѓа **во истмусот**.

Редот опфаќа исклучително разновидни, а воедно и исклучително прекрасни облици на клетки. Изгледот на клетката зависи од положбата од која алгата се набљудува. Имено, кај овие претставници се разликува *предна* и *бочна* страна, а кај некои видови постои разлика во изгледот и кога алгата се набљудува од врвот или од основата.

Клеточниот сид е изграден од целулозно-пектински материи и може да биде мазен или орнаментиран со различни брадавичести творби или пори. Видовите од овој ред се подвижни и тоа, позитивно фототаксички, при што начинот на движење е специфичен. Протопластот содржи еден или два хроматофори (најчесто два, по еден во секоја половина) со различен облик (свездовидни, лентовидни, и сл.). Формата на клетката и формата на хроматофорот претставуваат најважните карактери за таксономска детерминација.

Размножување се одвива по пат на делба на клетката (вегетативно) и по пат на коњугација. Коњугацијата започнува со обвиткување на две клетки во заедничка слуз, по што кај некои видови се формира коњугациски канал, а додека кај останатите доаѓа до пукање на клеточниот сид и ослободување на клеточната содржина. Од добиениот зигот со редукциона делба се добиваат четири јадра, од кои две дегенерираат, а додека од останатите две се формираат две нови единки.

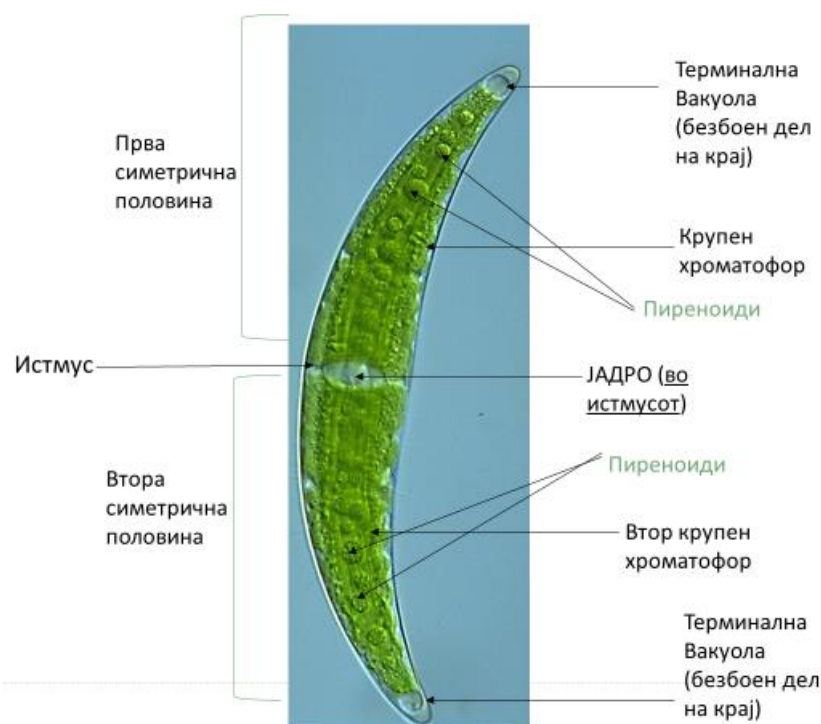
Претставниците од редот Desmidiales се широко распространети во различни типови на слатководни средини. Најчесто се сретнуваат како планктон во стагнантни, споротечечки „забарени“ екосистеми, а големо разнообразие се јавува во тресетишта. Исто така добро се развиваат во водни средини со пониска pH.

Фам. Desmidiaceae

Closterium Nitzsch ex Ralfs

Видовите од родот *Closterium* имаат вретеновидно тело (во форма на полумесечина) кое е повеќе или помалку извиено во однос на надолжната оска. Клетката е поделена на две симетрични половини помеѓу кои **не се јавува стеснување (синус)**. Клеточниот сид е јасен, со мазна или орнаментирана површина со надолжни, а кај некои видови и со напречни бразди. Во секоја половина од клетката се наоѓа по еден крупен хлоропласт со пиреноиди кои се распоредени по должина на неговата централната оска. Хроматофорот никогаш не доаѓа до краевите на клетката, бидејќи на терминалните делови од двете симетрични половини се наоѓа **терминална вакуола** (поради што терминалните краеве се безбојни). Во вакуолите на поголеми зголемувања можат да се забележат кристали од гипс. **Јадрото се наоѓа во истмусот.**

Видовите од родот *Closterium* го населуваат планктонот на стагнантните екосистеми, а поретко на и на споротечечките истечни води. Често се јавуваат и како епифити во тресетишта.



Слика 71. Микроскопски приказ на *Closterium* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Closterium* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Cosmarium Corda

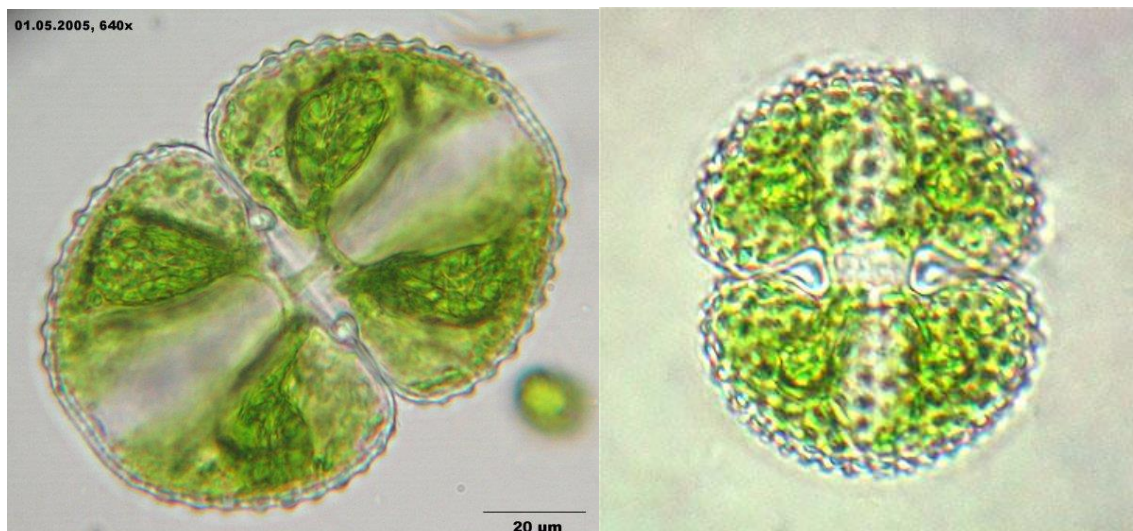
Видовите од родот *Cosmarium* претставуваат едноклеточни организми. Клетките се повеќе или помалку сплескани во една рамнина и имаат **заоблени краев**. Кај нив особено е изразена **симетријата во три рамнини**, односно секоја клетка има три изгледа – челен, темен и бочен.

Клетката е поделена на две половини со помош на напречно стеснување – **синус** кое е особено изразено при набљудување од челната страна. **Секоја половина е целокрајна и заоблена** (не е изрецкана и поделена на сегменти) и има различна форма – елиптична, округла, полукружна, правоаголна, трапезоидна и слично. Доколку се набљудуваат од бочна страна, клетките се поделени на две симетрични половини, но нивната ширина е помала во однос на ширината на клетките гледани од напред. При набљудувањето од темената страна најчесто клетките имаат елипсовидна форма.

Клеточниот сид може да биде мазен или пак да биде **орнаментиран со брадавичести формации**, пори и слично. Исто така тој може да биде рамен или *брановиден*. Во секоја симетрична половина се наоѓа еден хроматофор со еден крупен пиреноид, а поретко со повеќе ситни пиреноиди. Јадрото се наоѓа во истмусот.

Размножувањето е вегетативно со делба на клетката, а коњугацијата се одвива со распукнување на клеточниот сид во синусниот дел.

Видовите се среќаваат како планктонери во стагнантни екосистеми, а големо разнообразие на овој род се јавува во тресетиштата.



Слика 72. Микроскопски приказ на *Cosmarium* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Cosmarium* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

Micrasterias C. Agardh ex Ralfs

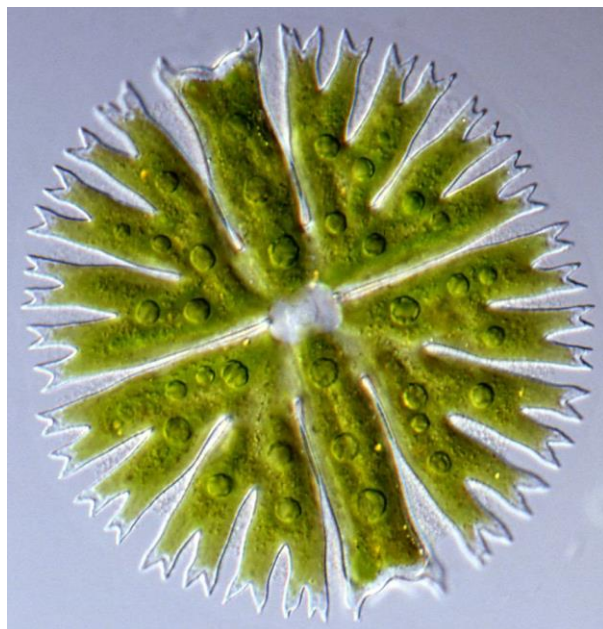
Видовите од родот *Micrasterias* претставуваат едни од најубавите алги воопшто. Клетките се со различна големина, а често можат да бидат и доста крупни (до 400 µm долги).

Набљудувани од предната страна, клетките најчесто имаат елиптична, поретко округла форма. Клетката е поделена на две симетрични половини со помош на линеарен **синус** кој го истакнува **истмусот**. Секоја половина е изградена од 5, а поретко од 3 **лобуса**, при што еден е апикален, а два се латерални. Апикалниот лобус е со различна форма, при што на неговиот средишен дел најчесто се јавува вдлабнување. Латералните лобуси исто така можат да имаат различна форма, и истите често се поделени на резни од II, III ред.

При набљудување на клетката бочно, на истата се забележуваат две симетрични половини кои во основата се проширени, а кон врвот се зашилени и тапи. При набљудување на клетката од горе (од темената страна), таа има елиптично-линеарна форма.

Клеточниот сид кај *Micrasterias* е орнаментиран со бројни пори, зрна или мали трнови на својата површина. Во протопластот е присутно едно јадро, поставено централно, меѓу двете половини (во истмусот) и **хроматофор кој исто така е поделен на лобуси**.

Видовите од овој род се чести во планктонските заедници на езерата и мочуриштата, но сепак најголемо видово разнообразие се сретнува во тресетиштата.



Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Micrasterias* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

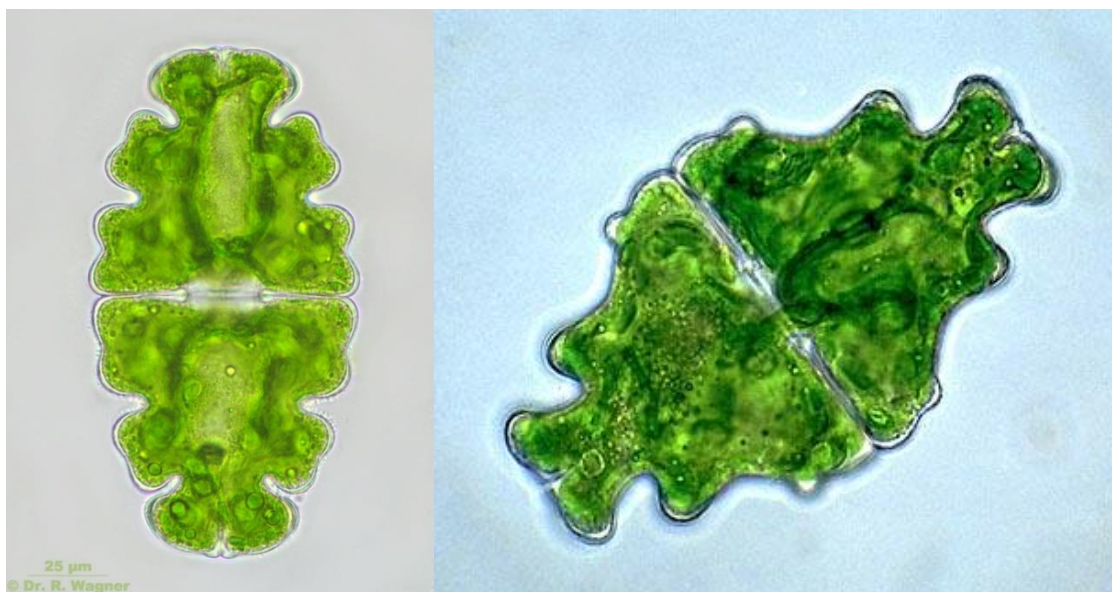
Слика 73. Микроскопски приказ на *Micrasterias* sp.

Euastrum Ehrenberg ex Ralfs

Претставниците на овој род се исто така едноклеточни, чии клетки се поделени на две симетрични половини со помош на **тесен синус** кој го истакнува **истмусот и**, на крајот се проширува. Секоја половина е полукружна до трапезоидна, и најчесто е составена од три **лобуса**: еден апикален и два латерални. Сепак, лобусите не се толку изразено поделени како кај *Micrasterias*. На таков начин клеточниот сид има *брановидна форма*. Апикалните лобуси во средишниот дел се повеќе или помалку вдлабнати и на своите краеве можат да имаат клиновидни израстоци. Клеточниот сид може да биде без орнаменти, но најчесто истиот е орнаментиран со бројни пори и куси трнови. Вообичаено, се јавува **само еден хлоропласт во секоја симетрична половина. Јадрото се наоѓа во истмусот**.

При бочно набљудување се забележува дека клетката е поделена на две симетрични половини кои најчесто имаат трапезоиден облик со брановидни страни. Гледано од горе (од темената страна) клетките имаат елипсовиден облик.

Видовите се сретнуваат на истите станишта како и видовите од претходните родови и, мошне често се сретнуваат заедно.



Слика 74. Микроскопски приказ на *Euastrum* sp.

Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Euastrum* sp. и означете ги нејзините карактеристики.

2.

Класа Charophyceae

Во оваа класа се опфатени харите, стрептофитни алги кои карактеризираат со доста крупни **талуси со кормоидна морфологија кои во голема мера наликуваат на „вишите“ растенија**. Сите претставници се макрофити. Имено, на талусот се наоѓа мошне развиен и разгранет *ризоидален дел* кој содржи „*кртоли*“ за вегетативно размножување, силно развиен и разгранет *каулоиден (осовински) дел* кој е **членковиден** (на него се разликуваат *нодии* и *интернодии*) и филоиден дел. Интернодиите се долги неколку центиметри и се составени од **една крупна, цилиндрична клетка**, околу која кај некои видови (како што се видовите од родот *Chara*) се јавуваат клетки на „*кора*“. Интернодијалната клетка може да има и повеќе од 1000

јадра кои се создаваат со репликација на единечно почетно јадро преку процес кој не вклучува типичен митотичен апарат. Филоидите се распоредени **во пршлени** и се ограничен раст.

Размножувањето кај харите е само на два начина: вегетативно или полово и тоа, *без смена на генерации*. Вегетативно се размножуваат со помош на **столони** (делови на талусот кои поседуваат вегетатиска купа) или преку каулоидни или ризоидални **кртоли**. Половиот процес е **оогамија**. Оогониумите и антеридиумите се со специфична градба. Оогониумот е крупен (околу 1 mm), составен од една јајна клетка која е обвиткана со пет лентовидни клетки кои со своите бочни сидови се цврсто споени. На врвот на оогониумот се јавува т.н. **круница** која кај претставниците од Characeae има *пет* клетки, а кај Nitellaceae има *десет* клетки распоредени во два реда. Антеридиумите се топчести со портокалова боја и кај еднодомните видови се наоѓаат во близина на оогониумите. Обвивката на антеридиумите се состои од осум штитести клетки кои се меѓусебно споени со брановидни сидови. Од внатрешната страна на штитестата клетка поаѓа една цилиндрична клетка означена како **манубриум**. На врвот на манубриумот се наоѓа примарна топчеста клетка на која се развиваат шест секундарни топчести клетки. На секоја секундарна топчеста клетка се развиваат 3-5 спорогени конци кои содржат околу 200 клетки. Од секоја клетка на спорогениот конец се формира по еден сперматозоид.

Кај некои видови од Characeae се јавува партеногенеза.

Сите хари се слатководни и населуваат чисти течечки или стагнантни води богати со карбонати; мал број видови се распространети во бракични води. Се среќаваат во различни типови водени средини: езера, канали, реки, извори во планински региони и слично. Значаен дел од видовите, особено од родот *Nitella*, се ендемити.

Класата Charophyceae опфаќа само еден ред Charales. Редот опфаќа две фамилии Nitellaceae и Characeae.

2.1 Ред Charales

Фам. Nitellaceae

Главна карактеристика на претставниците од оваа фамилија е присуството на т.н. круница од **10 клетки** распоредени во два реда, на врвот од оогониумот.

Nitella C. Agardh

Претставниците на родот *Nitella* се *макрофити*, односно нивниот талус има *кормоиден изглед* со *псеудопаренхиматична градба*. Видовите достигнуваат висина од 30-100 cm, прикрупени преку бројни базални ризоиди, кои се многуклеточни, безбојни и разгранети. Каулоидот е претставен со нодални и интернодални клетки. **Нодиите се многуклеточни**, составени од 6 (ретко 7-8) периферни клетки, додека пак **интернодиумот е една циновска клетка која содржи илјадници хаплоидни јадра и пластиди**. Кај *Nitella* интернодиумот не е опфатен со клетки на кора и отсуствува стипуларниот венец под филоидите. Оогониумот е најчесто инкрустиран со калциум карбонат и содржи круница од два реда по пет клетки.

Родот *Nitella* се смета за космополитски, и неговите видови се сретнуваат во слатководните и бракични екосистеми. Ендемични видови од родот *Nitella* се детектирани на сите континенти (освен на Антарктикот).

Nitella честопати се користи како моделен систем за проучување на движења на цитоплазмата, синтеза на клеточниот сид и мерење на акциски потенцијали. Бројни студии биле извршени за јонски транспорт, електрофизиологија и метаболизам користејќи ги циновските клетки на интернодиумот.



Слика 75. Хабитуелен приказ на *Nitella* sp.

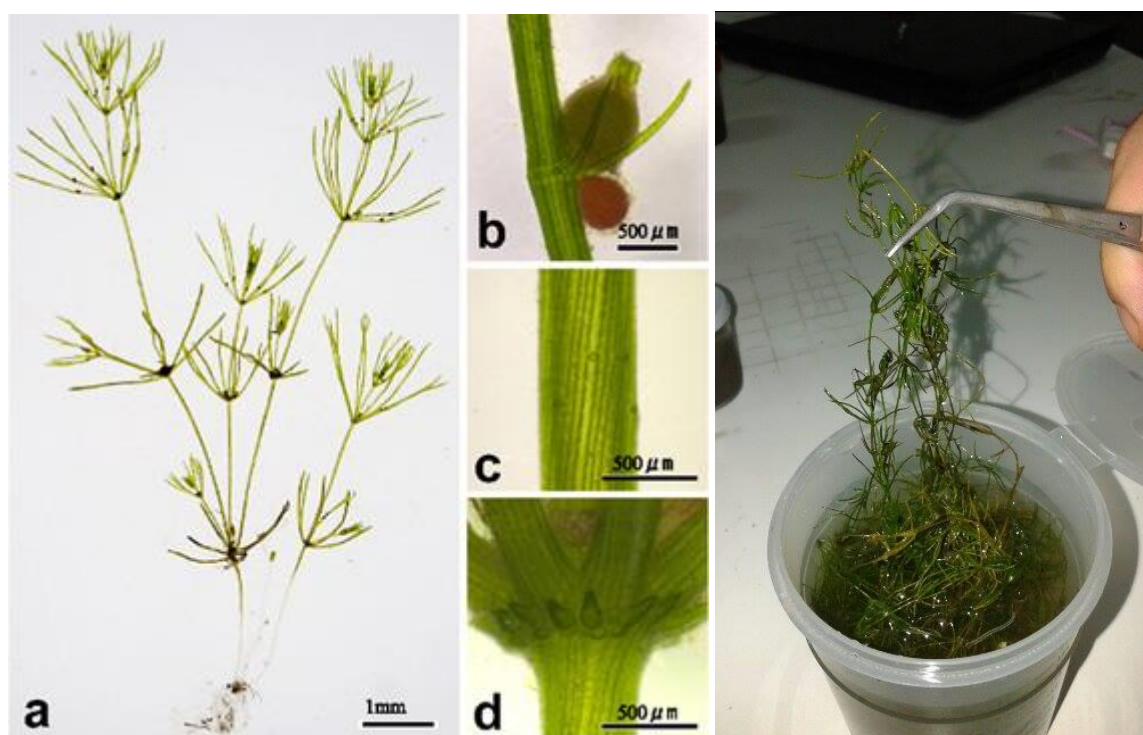
Фам. Characeae

Главна карактеристика на претставниците од оваа фамилија е присуството на т.н. круница од **пет клетки** на врвот од оогониумот.

Chara Linnaeus

За претставниците од родот *Chara* карактеристично е присуството на добро развиените **клетки на кора** кои се групираат во надолжни низови и ги обраснуваат каулоидните интернодии. Имено, ваквите клетки отсутствуют кај *Nitella*. Филоидите се прешленесто распоредени како и кај останатите претставници на Charophyta, но мошне значајна таксономска карактеристика кај претставниците на родот *Chara* е присуството на клетки кои образуваат т.н. **стипуларен венец** непосредно под филоидите, кој може да биде **еднореден** или **двореден**. Органите за полово размножување се наоѓаат на пазувите од филоидите. Претставниците можат да бидат еднородни или двородни, при што кај еднородните, оогониите се наоѓаат над антеридиумот.

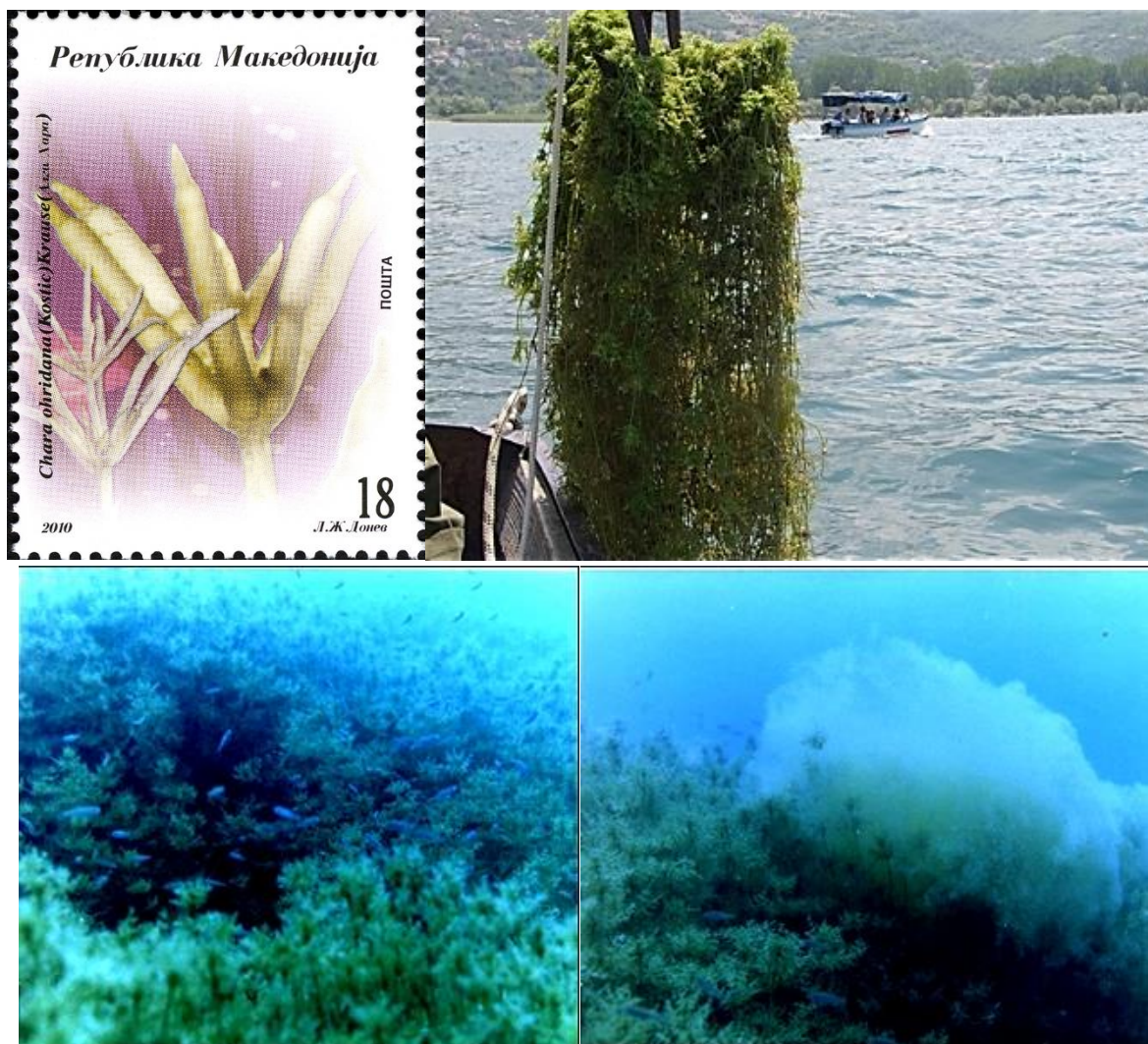
Родот *Chara* е најбогат со видови од сите родови на типот Charophyta. Најголем дел од нив се слатководни претставници. Чести претставници кај нас во литоралот на Охридското Езеро се видовите *Chara ohridana* Kostic и *Chara ceratophylla* Wallroth, кои формираат **речиси континуиран појас** („појас на харите“). Појасот опфаќа 4,4% од површината на езерото (односно, фрапантни 10 551,7 тони биомаса). Оттука доаѓа и честиот израз дека „Охридското Езеро е *Chara* тип на езеро“.



Слика 76. Приказ на *Chara ohridana*.

- а) Хабитуелен приказ на *Chara ohridana* б) Репродуктивни органи
с) Интернодиум со клетки на кора д) Стипуларен венец

Дополнителен визуелен концепт: појасот на харите во Орхидското Езеро



Задача:

Нацртајте го набљудуваниот материјал од *Nitella* sp. И *Chara* sp. и означете ги нивните карактеристики. Извршете споредба меѓу двете алги.

Nitella

Chara

Датум:

Прегледал:
