

МЕЛІТОПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні рекомендації
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ
З СИСТЕМАТИКИ РОСЛИН
ВОДОРОСТІ

Мальцева І.А.
Солоненко А.М.

Мелітополь – 2006

Практичні роботи з систематики рослин. Водорості: Методичні рекомендації / І.А. Мальцева, А.М. Солоненко, С.М. Подорожний, О.М. Разнополов - Мелітополь, 2006. - 71 с.

Методичні рекомендації «Практичні роботи з систематики рослин. Водорості» підготовлені на допомогу студентам біологічних спеціальностей стаціонарної та заочної форми навчання по вивченню розділу «Водорості» з курсу «Систематика рослин».

Рекомендовано науково-методичною радою Мелітопольського державного педагогічного університету (протокол № 7 від 27 березня 2006 року).

Рецензенти:

ПЕРЕДМОВА

Курс “Систематика рослин” є однією з важливих спеціальних дисциплін, яку вивчають студенти біологічних факультетів державних педагогічних інститутів. Цей курс дозволяє студентам одержати відповідні знання про різноманітність форм рослинного світу, про зовнішню і внутрішню будову рослин, про закономірності їх росту, розвитку і розмноження, про принципи класифікації рослин та характеристику окремих відділів рослин, про походження і розповсюдження рослин, про значення рослин в природі і в житті людини.

Мета цього посібника – підвищення рівня навчальної і навчально-дослідницької роботи студентів другого курсу біологічних спеціальностей по програмному матеріалу курсу «Систематика рослин». Даний випуск присвячений розділу «Водорості» і складений у відповідності з програмою педвузів.

При викладенні кожної теми надається короткий теоретичний матеріал, достатній для розуміння практичної частини роботи, контрольні питання, які допоможуть студентам осмислити особливості групи рослин, яка вивчається, з'ясувати для себе її місце в системі рослинного світу, еволюційні зв'язки, роль у природі, народногосподарське значення.

В посібнику велике місце займає ілюстративний матеріал, що дасть можливість студентам не тільки правильно зрозуміти об'єкт, що вивчається, але і перевірити свій малюнок в альбомі, а також оволодіти загальними прийомами замальовки ботанічних об'єктів. Також в посібнику надається довідка по термінології в тій мірі, наскільки це необхідно для розуміння основ курсу.

Посібник допоможе студентам біологічних спеціальностей денної і заочної форми навчання в оволодінні курсом “Систематика рослин”, зокрема його розділом “Водорості”.

ВСТУП

Водорості представляють досить різноманітну групу організмів, які існують переважно у водному середовищі або вторинно пристосувались до життя у ґрунті і деяких наземних місцєіснуваннях. Наука о водоростях називається альгологія (від латинського **algae** – водорість)¹. Більшість серед водоростей - евкаріоти, але є і прокаріоти. Вважають, що водорості виникли у різний час і, ймовірно, від різних предків, і у подальшому розвивались самостійно і лише завдяки конвергентній еволюції у подібних умовах існування набули багато спільних рис.

Як важливий компонент водних і наземних екосистем водорості приймають участь у кругообігу речовин у природі. Вони є у своїй більшості (за винятком безкольорових організмів вторинно втративших фотосинтезуючі пігменти і здатність до фотосинтезу) головними продуцентами органічних речовин і кисню у водних екосистемах. У ґрунтах вони приймають участь у створенні первинних органічних речовин, накопиченні азотвмістких сполук, збільшують вміст кисню у ґрунтах, покращують структуру ґрунту, сприяють збільшенню їх родючості.

Водорості мають важливе значення у господарській діяльності людей. Їх використовують як індикаторні організми, промислову сировину, джерело білкового корму, вітамінів, різноманітних біологічно активних речовин тощо. На теперішній час щорічно вирощується 5,4 млн. тон водоростей із оборотом 4,9 млрд. \$USA. Проте не дивлячись на це, можливості господарського використання водоростей ще далеко не вичерпані і мають значні перспективи.

В наш час загальне різноманіття тільки описаних видів водоростей в світовій флорі складає 30-40 тисяч, а ймовірна їх кількість, з урахуванням малодосліджених територій, в 4-8 разів (Andersen, 1992; John, 1994), а не виключено, в 250 разів більше (Hammond, 1992). За даними останнього вченого, в природі може існувати до 10 млн. видів водоростей. Науці, ймовірно, відомо лише 15% загальної кількості водоростей, які існують в природі.

Альгофлора України є однією з найбільш багатих серед європейських країн і нараховує в наш час 3708 видів, а з урахуванням морських форм - 4161 вид. Розподіл водоростей на території України нерівномірний: в лісостеповій зоні - 2292 види; лісовій - 2007, степовій - 1844, в Карпатах - 1157, в Криму - 987 видів. Альгофлора ґрунтів України представлена 885 видами (932 із урахуванням внутрішньовидових таксонів) водоростей, що складає близько 30% видів водоростей ґрунтів Землі.

Морфологічна будова водоростей

Вегетативне тіло водоростей представлено сланню, або таломом. Серед них є одноклітинні, багатоклітинні, неклітинні (сифональні і сифонокладальні) індивіди, які існують окремо або утворюють різноманітні з'єднання (колоніальні індивіди і колонії індивідів).

¹ Інша назва науки про водорості – фікологія (побудоване від двох грецьких коренів: *phykos* – водорість і *logos* – наука).

Вегетативне тіло водоростей різне за розміром (від організмів не більше 1мм до кількох десятків метрів), формою і кольором, але все це різноманіття можна звести до кількох типів морфологічної структури, які відповідають головним ступеням (орогенезам) морфологічної диференціації тіла водоростей в процесі їх еволюції. Виділяють до 10 аrogenно виниклих типів структури: монадна, пальмелоїдна або гемімонадна, кокоїдна, сарциноїдна, нитчаста, різнонитчаста, псевдопаренхіматозна, паренхіматозна (тканинна, пластинчаста), сифонова, сифонакладальна (рис. 1).

Ще одна структура виникла в результаті катагенезу (приспосування до спрощених умов існування, які виявляються в появі ознак недорозвитку, зниженні загального рівня організації) – амебоїдна.

Монадна структура – структура, яка характеризується наявністю одного чи декількох джгутиків, за допомогою яких водорості активно рухаються у воді, зустрічається серед одноклітинних, колоніальних і ценобіальних форм.

Пальмелоїдна структура, гемімонадна – постійна форма росту, яка характеризується з'єднанням клітин водоростей, які утворюють слизисті скупчення певної форми, в яких клітини занурені в спільний слиз, але незалежні одна від одної і плазматичних зв'язків між собою не мають, нерухливі у вегетативному стані, з рудиментами органел притаманних монадним організмам.

Кокоїдна структура – структура, яка характеризується окремими або з'єднаними в колонії клітинами різноманітної форми, з твердою оболонкою і протопластом як у рослинних клітин (без скоротливих вакуолей, стигм), в вегетативному стані завжди позбавлені джгутиків або псевдоподіїв.

Сарциноїдна структура - нерухливі організми кокоїдного габітусу, але здатні до найпростішого виду клітинного поділу у трьох взаємно перпендикулярних площинах і тому можуть утворювати пакетовидні форми.

Нитчаста структура (трихальна)– структура, яка характеризується складенням клітин (нерухомих) в нитки однорядні чи з декількох рядів клітин, прості або розгалужені. Поділ клітин відбувається в одній площині.

Різнонитчаста структура (гетеротрихальна)– нитчаста структура, яка складається з двох частин – горизонтальної, яка стелиться по субстрату і вертикальної, прямої.

Псевдопаренхіматозна структура - утворення великих об'ємних багатоклітинних таломів в результаті зростання розгалужених ниток.

Паренхіматозна структура - утворюється внаслідок ділення клітин у трьох взаємно перпендикулярних напрямках.

Сифональна структура – структура, яка характеризується відсутністю всередині слани клітинних перегородок при наявності великої кількості ядер.

Сифонакладальна структура – структура, яка характеризується складно побудованою сланню з первинно багатоядерних сегментів.

Амебоїдна (ризоподіальна) - структура, яка характеризується відсутністю твердої клітинної оболонки і постійної форми в результаті утворення псевдоподій (Зустрічається серед золотистих, жовтозелених, дінофітових водоростей).

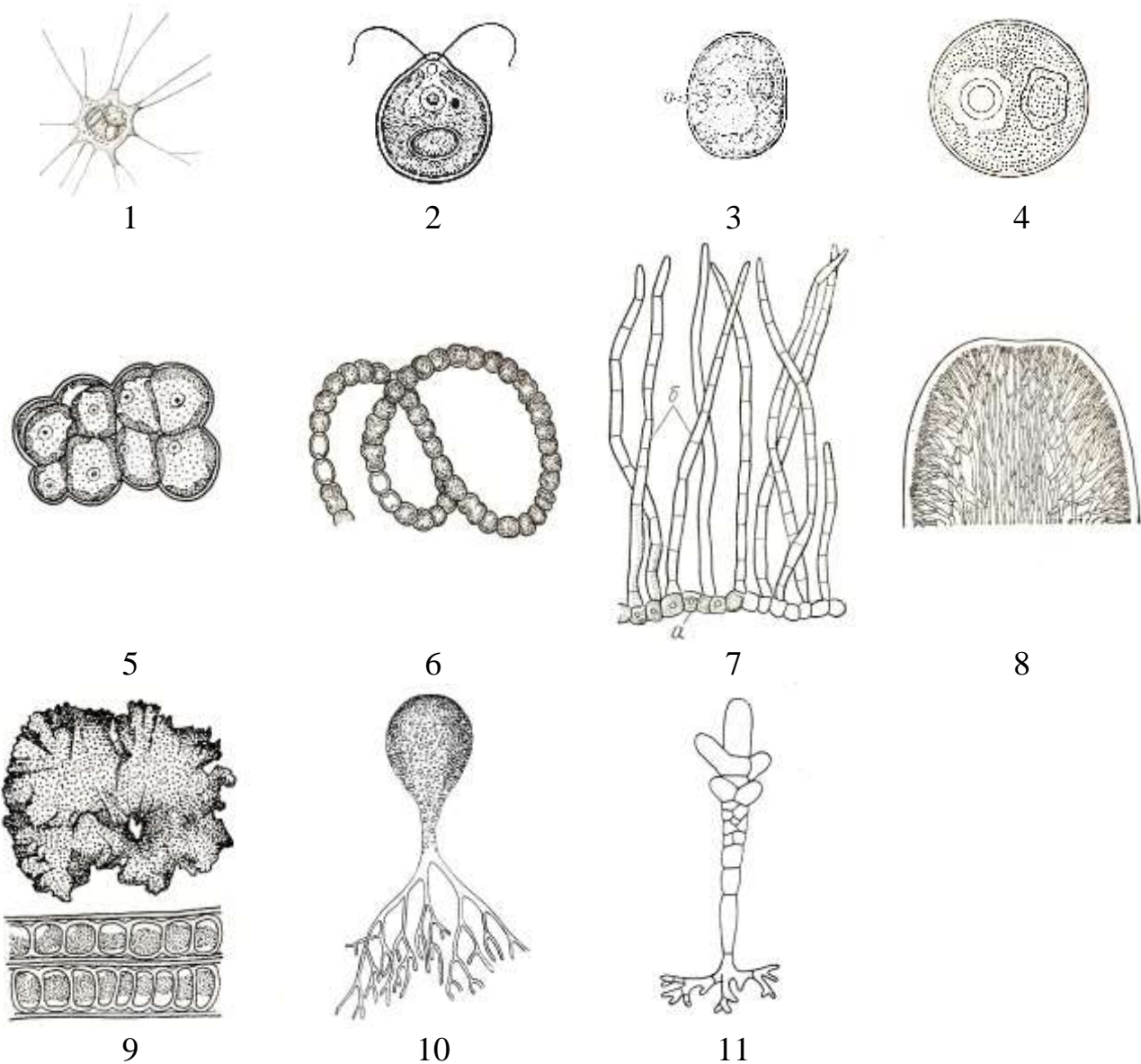


Рис. 1. Типи морфологічної структури тіла водоростей:

1 – амебоїдна, 2 – монадна, 3 – пальмелоїдна (а – скоротливі вакуолі), 4 – колоїдна, 5 – сарциноїдна, 6 – нитчаста (трихальна), 7 – різнонитчаста (а – нитки, що стеляться, б – висхідні нитки), 8 – псевдопаренхіматозна, 9 – паренхіматозна (загальний вигляд і поперечний зріз талому), 10 сифональна, 11 – сифонокладальна.

Цитологія водоростей

Клітинні покриви. Клітини водоростей, подібно до інших організмів, складаються з протопласта, який оточений мембраною – плазмалемою. Клітини, що вкриті лише плазмалемою, називають голими. У деяких водоростей є внутрішні клітинні покриви, які розташовуються під плазмалемою: пелікула (має білкову природу і відмічена у еугленофітових), перипласт (описаний у криптофітових і представлений білковими пластинками, один шар яких розташовується під плазмалемою, інший – над нею), **тека (або амфієсма)** (мембранні пухирці у дінофітових).

У ряду водоростей клітини поверх плазмалемі можуть мати органічні, вапнякові і кремнеземові лусочки.

У більшості зверху протопласту формується клітинні оболонки з органічних речовин або панцирі та скелети з мінеральних. Оболонка складається з двох компонентів: аморфного матрикса і зануреного в нього фібрилярного скелетного компонента. У склад матриксу входять геміцелюлози і пектинові речовини. Основними скелетними полісахаридами є целюлоза (β -1,4-D-глюкан), маннан і ксилан. Окрім скелетних полісахаридів, матрикс оболонок може містити інкрустуючі речовини – кремнезем, спорополленін, карбонат кальцію та ін. Внутрішні шари оболонки звичайно целюлозні, поверхневі – пектинові, здатні легко гідролізуватися і у такий спосіб формувати зовнішній слиз.

В клітинних оболонках синьозелених водоростей знайдені пектини, вуглеводи, ліпополісахариди та муреїн.

Мінеральні зовнішні покриви, основу яких складає кремнезем, характерні для діатомових та диктіохофітових водоростей. У діатомових водоростей кремнезем утворює панцир у вигляді двостулкової коробки. У диктіохофітових водоростей кремнезем формує систему зовнішніх трубок, що з'єднуються між собою у вигляді кошика. Кремнеземовий кошик вкритий шаром слизу і називається кремнеземовим скелетом.

Ядерний апарат. В протопласті прокаріотичних водоростей ядерний апарат представлений однією молекулою ДНК, що замкнена у кільце, прикріплена до плазмалемі і не оточена ядерною оболонкою. Крім того, вона не пов'язана з білками-гістонами.

Ядерний апарат еукаріотичних водоростей представлений ядром, яке містить хромосоми, ядерце і ядерну оболонку.

У більшості водоростей з вторинно симбіотичними пластидами зовнішня мембрана ядра переходить у зовнішню, четверту мембрану оболонки хлоропласту – хлоропластну ендоплазматичну сітку. В цьому випадку ядро та пластида утворюють єдине структурне ціле.

За поведінкою ядерної оболонки під час мітозу останній поділяють на відкритий, закритий та напіввідкритий. У більшості еукаріот ядерна оболонка у профазі руйнується, і хромосоми під час поділу розміщуються безпосередньо у цитоплазмі. Мітоз з таким типом поведінки ядерної оболонки називають відкритим. Проте, у частини водоростей оболонка при поділі ядра залишається інтактною. Тоді мітоз називають закритим. У деяких водоростей оболонка при поділі ядра руйнується лише на полюсах ядра, і через отвори в ядро проходять мікротрубочки веретена поділу. Мітоз з частковим руйнуванням ядерної оболонки називають напіввідкритим.

Ендоплазматична сітка (ендоплазматичний ретикулум) у водоростей різних відділів представлена системою розгалужених у цитоплазмі і взаємопов'язаних в систему мембранних каналців, цистерн, порожнин і виконує функцію внутрішньоклітинного і міжклітинного транспорту. Частина мембран із рибосомами здійснює біосинтез білку.

У еукаріотичних водоростей рибосоми представлені 80S частками, а у прокаріотів 70S. Останні відмічені також в хлоропластах та мітохондріях еукаріотичних водоростей.

У всіх еукаріотичних водоростей в клітинах наявний один або кілька **комплексів Гольджі**, зазвичай розташованих поблизу ядра.

У водоростей, здатних до фаготрофного типу живлення (види з відділів Euglenophyta та Dinophyta, та деякі хлораракхіофітові, рафідофітові, золотисті та криптофітові водорості), в цитоплазмі можуть спостерігатися **травні вакуолі**.

Крім того, в клітинах водоростей знаходяться одномембранні органели такі як **лізосоми** (містять комплекс гідролітичних ферментів і приймають участь у процесах внутрішньоклітинного травлення) та часто **пероксисоми** (пухирці з електронно-щільним вмістом, які містять фермент пероксидазу, що розкладає перекис водню на кисень та воду, і, таким чином, відіграє важливу роль у світловій фазі фотосинтезу).

У багатоклітинних водоростей з відділів бурих, червоних та зелених, а також для деяких одноклітинних, зокрема – діатомових водоростей, у цитоплазмі часто можна спостерігати **вакуолі з клітинним соком**. Ці вакуолі відмежовуються від цитоплазми мембраною, яку називають **тонопласт**. Вакуолі з клітинним соком містять воду, органічні кислоти та амінокислоти, мінеральні речовини, і відіграють важливу роль у регуляції осмотичного тиску в клітині та акумулюють ряд продуктів метаболізму клітини.

У більшості прісноводних водоростей-джгутіконосців, а також у деяких нерухомих представників, осморегуляторну функцію виконують **скоротливі (пульсуючі) вакуолі**, які виводять назовні надлишкову воду, що постійно надходить у клітину. У динофітових водоростей функції скоротливих вакуолей виконують системи великих розгалужених інвагінацій плазмалеми, що отримали назву **пузул**. Пузули не здатні до пульсації, відкриваються назовні вузьким каналом. Вода, що надходить в пузули з клітини, виводиться через канал назовні пасивно.

Джгутіковий апарат. У водоростей, подібно до інших еукаріот, джгутіковий апарат включає джгутіки, їх базальні тіла та систему джгутікових коренів. Поверхня джгутіка може бути гладенькою або нести на собі субмікроскопічні волоски – **мастигонемі** (бокові вирости у вигляді трубочок діаметром до 5нм), чи субмікроскопічні лусочки. Мастигонемі у водоростей досить різноманітні, та у загальному вигляді поділяються на прості, двочленні та тричленні – **ретронемі**,

У частини водоростей із джгутіковим апаратом пов'язані **фоторецепторні системи**.

Фоторецептори можуть бути розташовані при основі джгутіка, на мембрані пластиди та ін.

З фоторецептором може бути пов'язана **стигма** (вічко), що виконує функції ширми, за допомогою якої клітина визначає напрям падіння світла на фоторецептор. Стигма забарвлена у червоний колір, і може розташовуватися або в цитоплазмі (евгленофітові, евстигматофітові, динофітові водорості), або у пластиді (золотисті, жовтозелені, деякі динофітові, гаптофітові, криптофітові та зелені водорості).

Різноманітність **мітохондріального апарату** проявляється, в першу

чергу, за морфологією мітохондріальних крист. Так, у еугленофітових в мітохондріях наявні три типи крист – пластинчасті, трубчасті та дисковидні. У глаукоцистофітових, зелених, червоних та криптофітових водоростей – лише пластинчасті кристи, в інших відділах в мітохондріях переважають кристи трубчастої форми.

Фотосинтетичний апарат у еукаріотичних водоростей представлений пластидами, що містять хлорофіл – хлоропластами. Хлоропласти, подібно до мітохондрій, являють собою ендосимбіотичні органели з власною ДНК і рибосомами. Від цитоплазми хлоропласт відмежовується дво-, три- або чотиримембранною оболонкою. Кількість мембран оболонки певним чином відображає походження даної пластиди (первинно симбіотичне або вторинно симбіотичне). Третю та четверту оболонки пластиди ще називають хлоропластною ендоплазматичною сіткою. Простір між другою і третьою оболонками – перипластидний.

Розрізняють три типи первинно симбіотичних пластид: хлоропласт Chlorophyta, родопласт Rhodophyta і ціанела (ціанопласт) Glaucocystophyta. Всі первинні хлоропласти оточені подвійними мембранами.

Вторинно симбіотичні пластиди походять від хлоропластів або родопластів і оточені трьома або чотирма мембранами. Серед них розрізняють: родофітного типу із нуклеоморфом і без нуклеоморфу та хлорофітного типу із нуклеоморфом і без нуклеоморфу.

Нуклеоморф – редуковане ядро еукаріотичного ендосимбіонта, що знаходиться між другою і третьою мембранами вторинносимбіотичних пластид, тобто у перипластидному просторі.

У хлоропластах багатьох водоростей можна спостерігати особливу структуру – **піреноїд**. Піреноїд являє собою білкове тіло, що утворене ферментом рибульозо-дифосфат карбоксилазою (RUBISCO). Робота цього ферменту контролює початкові етапи темної фази фотосинтезу. Піреноїд може бути облямований крохмалем, і тоді добре помітним в оптичний мікроскоп. Проте у більшості водоростей піреноїд голий, і для його спостереження необхідно проводити спеціальні цитохімічні забарвлення або використовувати методи електронної мікроскопії.

У водоростей відомі три типи хлорофілів: *a*, *b*, *c*. В клітині може бути наявний або тільки хлорофіл *a*, або комбінація двох хлорофілів, з яких основний – це хлорофіл *a*, додатковий – *b* або *c*.

Друга група пігментів – фікобіліни. Виділяють три основні групи фікобілінів – це червоний фікоеритрин, та сині – фікоціанін та алофікоціанін.

Третя група пігментів – каротиноїди – мають жовте, червоне або буре забарвлення і являють собою ізопреноїдні полієнові пігменти. До каротиноїдів належать каротини та їх окислені похідні – ксантофіли.

У водоростей виявлено чотири типи каротинів – α (альфа), β (бета), γ (гама), ϵ (епсілон). Ксантофіли є водорозчинними пігментами, які поділяють на три основні групи: а) ксантофіли лютеїнового ряду (лютеїн, віолаксантин, неоксантин, зеаксантин, антераксантин); б) ксантофіли діатоксантинового ряду (діатоксантин, діадіноксантин, діноксантин, фукоксантин); в) специфічні,

властиві певним відділам водоростей.

Склад та кількість хлорофілів, каротиноїдів та фікобілінів зумовлюють забарвлення водоростевих клітин у певний колір.

Продукти асиміляції. Як кінцевий продукт фотосинтезу у водоростей утворюються вуглеводи, які накопичуються в клітинах як основні резервні поживні речовини. У водоростей запасуються полісахариди двох основних груп: по-перше, крохмаль та глікоген-подібні полісахариди. Продукти асиміляції у водоростей різних відділів різні, і накопичуються або в цитоплазмі (у більшості відділів), або в перипластидному просторі (криптофітові водорості), або в пластиді (зелені водорості та вищі рослини). Крім полісахаридів, клітини майже всіх водоростей при старінні здатні накопичувати олію. В деяких відділах (зокрема, у синьозелених водоростей) можуть запасатися також азот- та фосфоровмісні сполуки: ціанофіцин (полімер амінокислот аргініну та аспарагіну) та поліфосфатні тіла, відповідно.

Розмноження

Розмноження еукаріотичних водоростей на організменному рівні відбувається в різноманітних формах, інтерпретація і класифікація яких не однозначна в різних джерелах. Розповсюдженій точці зору про існування трьох головних типів розмноження в рослинному світі: вегетативного, безстатевого і статевого, на сучасному етапі протипоставляються положення лише про два головних типи розмноження: статеве і безстатеве. Остання точка зору обґрунтовується даними генетики про наявність суттєвих генетичних відмінностей між статевим і безстатевим розмноженням, а саме про наявність генетичної рекомбінації в першому випадку і збереженням вихідного генотипу, за виключенням випадкових мутацій, в другому. Між вегетативним і безпосередньо безстатевим розмноженням такі відмінності відсутні.

До **вегетативного розмноження** водоростей відносяться: просте ділення надвоє, фрагментація слані у тому числі колоніальної, виводковими бруньками та бульбами, акінетами.

Безстатеве розмноження відбувається за допомогою спеціалізованих клітин - спор, які утворюються у спорангіях (рис.2).

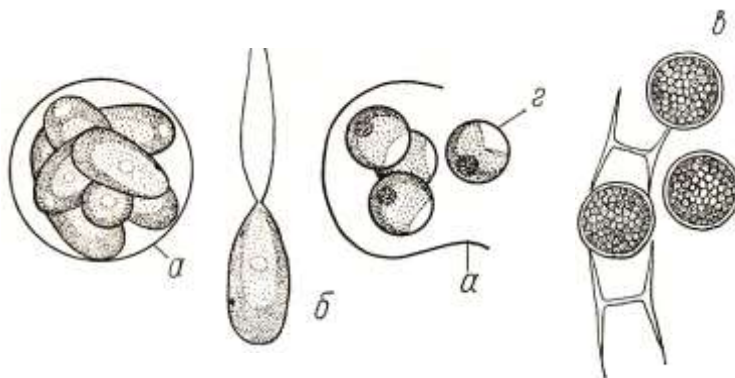


Рис. 2. Спори еукаріотичних водоростей: а – спорангій, б – зооспора, в – апланоспора, г – автоспора.

У відповідності зі здатністю до активного руху спори поділяють на рухливі із джгутиками – зооспори, нерухомі з клітинними покривами –

апланоспори та автоспори, та малорухливі амебоїдні, що позбавлені джгутиків – моноспори, тетраспори.

Статевий процес відбувається у виді гологамії, ізогамії, гетерогамії, оогамії, кон'югації (рис. 3). Зустрічається також автогамія.

Гологамія – найпростіший тип статевому процесу у одноклітинних організмів, при якому не утворюються гамети, а зливаються дві рухливі позбавлені оболонки вегетативні клітини (відомий у деяких зелених, золотистих та ін. водоростей).

Ізогамія – тип статевому процесу, при якому рухливі гамети, які зливаються, не розрізняються морфологічно.

Гетерогамія – тип статевому процесу, при якому відбувається злиття (копуляція) рухливих гамет, які розрізняються по розмірам, формі або поведінці при копуляції.

Оогамія – тип статевому процесу, при якому велика і нерухома жіноча статеву клітина (яйцеклітина) запліднюється невеликою рухливою чоловічою статеву клітиною (сперматозоїдом) (лише у червоних водоростей нерухливою – спермацієм).

Кон'югація – форма статевому процесу при якій зливаються протопласти двох рівноцінних клітин, які не мають морфологічної диференціації на чоловічі і жіночі статеві елементи.

Автогамія – тип статевому процесу, при якому диплоїдне ядро клітини ділиться мейозом, із чотирьох ядер два руйнуються, а два зливаються і утворюється зигота (відомий у діатомових водоростей).

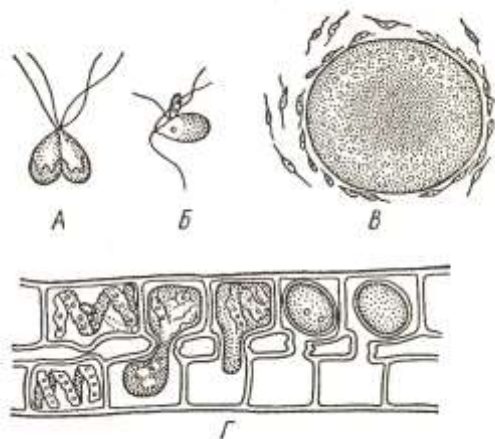


Рис. 3. Види гаметогамії і кон'югація у водоростей: а – ізогамія, б – гетерогамія, в – оогамія, г – кон'югація.

Серед водоростей із статевим процесом ізогамією є гомо- і гетероталічні види.

Гомоталізм – двостатевість у деяких водоростей, при якій всі особини даного виду мають морфологічно і фізіологічно рівноцінні таломі. У гомоталічних видів як "+" (умовно жіночі), так і "-" (умовно чоловічі) гамети утворюються на одному таломі, і здатні копулювати між собою.

Гетероталізм – роздільностатевість у деяких водоростей, яка не відображається зовні на будові вегетативних або статевих органів і статевих клітин, однакових у обох статей. У гетероталічних видів "+" та "-" гамети розвиваються на різних таломі.

Цикли розвитку водоростей

Цикли розвитку водоростей дуже різноманітні.

Частина водоростей не має статевих процесів, інші мають і у цьому випадку розрізняють гаплофазний, диплофазний та гаплодиплофазний життєві цикли.

Назву життєвим циклом дають, в першу чергу, за наборами хромосом (плоїдністю) вегетативних стадій розвитку. Якщо вегетативна стадія має гаплоїдний набір хромосом, життєвий цикл називають гаплофазним, диплоїдний набір – диплофазним. Якщо ж в життєвому циклі чергуються вегетативні стадії як з гаплоїдним, так і з диплоїдним набором хромосом, то життєвий цикл розглядається як гаплодиплофазний. Послідовність змін плоїдності протягом життєвого циклу називають зміною ядерних фаз.

Під ***вегетативними стадіями*** (поколіннями) розуміють ті стадії, протягом яких водорості активно вегетують та утворюють репродуктивні клітини. Під репродуктивними клітинами розуміють спеціалізовані клітини як безстатевого, так і статевого розмноження – спори та гамети. Залежно від типу розмноження (нестатеве або статеве) серед вегетативних стадій розрізняють спорофіт – покоління, що утворює спори, гаметофіт – покоління, що утворює гамети, та гаметоспорофіт – покоління, яке здатне утворювати як гамети, так і спори.

У життєвому циклі може бути присутнє тільки одне покоління (наприклад, тільки гаметофіт або тільки гаметоспорофіт), або різні покоління нерегулярно чи регулярно змінюються одне одним (наприклад, спорофіт змінюється гаметофітом, а гаметофіт, в свою чергу, спорофітом). Залежно від цього розрізняють життєві цикли без зміни поколінь, з неправильним чергуванням поколінь та з правильним чергуванням поколінь. Якщо при чергуванні поколінь різні покоління морфологічно подібні (наприклад, гаметофіт зовні не відрізняється від спорофіту), то таке чергування поколінь називають ізоморфним, у протилежному випадку (наприклад, коли спорофіт макроскопічний, а гаметофіт мікроскопічний) чергування поколінь називають гетероморфним.

Види, у яких одна й та ж сама особина здатна продукувати гамети обох статевих знаків, називають двостатевими (однодомними), а ті, у яких чоловічі та жіночі гамети утворюються на різних особинах – роздільностатевими (дводомними). Коли чоловіча та жіноча рослини помітно відрізняються за зовнішнім виглядом, то таке явище називають статевим диморфізмом.

Статевий процес закінчується утворенням зиготи з диплоїдним ядром. Часто вона вкривається оболонкою, переповнюється поживними речовинами і потім після тривалого часу спокою (або ні) проростає. Вона може прорости редуційним діленням. При цьому молоді рослини гаплоїдні і вся вегетативна фаза їх проходить у гаплоїдному стані – це рослини гаплонти (наприклад, хламідоманади, вольвокси, водяна сіточка, улотрикси). У інших вегетативна фаза диплоїдна і редуційний поділ відбувається перед утворенням гамет – це дїплонти (наприклад, діатомові водорості, деякі бурі, із зелених - один із видів кладофори). Є водорості у яких редуційним поділом утворюються зооспори і

апланоспори на диплоїдному таломі. Із зооспори виростають гаплоїдні таломи, які здатні тільки до статевого розмноження. Із зиготи виростає диплоїдний талом, який дасть знову редукційним діленням зооспори (спори).

Мейоз (редукційний поділ) може відбуватися на одній з трьох стадій життєвого циклу: 1) на стадії проростання зиготи – так звана зиготична редукція, при цьому молоді рослини гаплоїдні і вся вегетативна фаза їх проходить у гаплоїдному стані (гаплофазний життєвий цикл); 2) на стадії утворення гамет (гаметична редукція), при цьому вегетативна фаза диплоїдна (диплофазний життєвий цикл); 3) при утворенні спор (спорична редукція), при цьому спори утворюються на диплоїдному таломі і дають початок гаплоїдним таломам, здатним тільки до статевого розмноження (гаплодиплофазний життєвий цикл). Крім того, відомі випадки, коли мейоз відбувається у вегетативних (соматичних) клітинах (соматична редукція).

Система водоростей

Гетерогенна група водоростей розділена на велику кількість відділів і класів, які входять до різних надцарств **Procaryota** і **Eucaryota**. Слід відмітити, що для сучасної систематики водоростей характерно наявність значної кількості систем, які різняться між собою в більшій або меншій ступені.

В основі більшості з них є дані морфологічної (зовнішньої) будови водоростей, отримані на субклітинному, клітинному та індивідуальному рівнях. Особливе значення в них надане складу пігментів фотосинтетичного апарату, уявлень про основні форми будови їх тіла, явищ паралелізму, особливостям онтоморфогенезу, екологічних властивостях тощо.

Найбільш відомою системою водоростей, побудованою на основі морфолого-цитологічних даних, є система Д.К Зерова (1972). В дещо зміненому вигляді із врахуванням нових на той час досягнень в галузі досліджень водоростей вона наведена у довідковому виданні «Водоросли. Справочник» (1989):

ALGAE

Надцарство Прокаріоти - Procaryota

Царство Фотосинтезуючі прокаріоти - Photoprocaryota

Підцарство Прокаріотичні водорості - Procaryophycobionta

- *Відділ Синьозелені водорості - Cyanophyta*
- *Відділ Прокаріотичні зелені водорості - Prochlorophyta*

Надцарство Еукаріоти

Царство Рослини - Vegetabilia

Підцарство Багрянки - Rhodobionta

- *Відділ Червоні водорості - Rhodophyta*

Підцарство Справжні водорості - Phycobionta

- *Відділ Евгленові водорості - Euglenophyta*
- *Відділ Дінофітові водорості - Dinophyta*
- *Відділ Крінтофітові водорості - Cryptophyta*
- *Відділ Рафідофітові водорості - Raphidophyta*
- *Відділ Золотисті водорості - Chrysophyta*

- *Відділ Діатомові водорості - Bacillariophyta*
- *Відділ Жовтозелені водорості - Xanthophyta*
- *Відділ Бурі водорості - Phaeophyta*
- *Відділ Зелені водорості - Chlorophyta*
- *Відділ Харові водорості - Charophyta*

Нестабільність сучасної систематики водоростей зумовлена інформаційним вибухом, що стався внаслідок застосування нових методів дослідження (електронно-мікроскопічних, біохімічних, фізіологічних, молекулярних та ін.) та спробою застосувати всю відому інформацію при побудові систем.

Найбільшої популярності в останні 10 років набули методи молекулярної біології, які дозволяють встановити генетичні особливості видів. Більшість дослідників, які працюють у галузі молекулярної філогенії нижчих еукаріот, у якості маркеру використовують молекули РНК малої субодиниці рибосоми або кодуєчий її ген. Універсальність цього маркеру пояснюється його обов'язковою присутністю у різних відділах (типах) і царствах еукаріот і прокаріот. Найчастіше використовують дані аналізу генів, які кодують рибосомальну 16S і 18S РНК. На сьогодні накопичено величезний матеріал про нуклеотидну послідовність генів, що кодують малі субодиниці еукаріотичних і прокаріотичних рРНК, який зосереджений у банках даних.

Проте сьогодні все більше дослідників розуміють: різні молекулярні ознаки повинні бути врівноважені в своїй значущості як між собою так і з морфологічними (ультраструктурними в тому числі) ознаками, хімічними, фізіологічними та ін. і не розглядатися у якості провідних.

В основу даного посібника покладена система водоростей, яка побудована відповідно теорії ендосимбіотичного походження еукаріот, враховуючи останні дані досліджень водоростей на ультраструктурному і молекулярному рівнях. Ця система наведена у роботі відомих українських альгологів Н.П. Масюк та І.Ю. Костікова (Альгологія, 2002)

Висунута наприкінці 19 – початку 20 століття А.Є. Шимпером, К.С. Мережковським і А.С. Фамінциним і розвинена у другій половині 20 століття Л. Магеліс гіпотеза симбіогенезу у подальшому знайшла різноманітні підтвердження у конкретних дослідженнях.

На сьогодні вважається доказаним існування в клітині еукаріот, що найменше, трьох не споріднених геномів: ядерного, пластидного і мітохондріального. Всі три геноми походять від первинних доядерних організмів – **Procaryota**. Крім того, у кількох відділах водоростей виявлений геном нуклеоморфу - ядроподібної структури, розташованої між оболонкою пластиди та особливою клітинною системою – хлоропластною ендоплазматичною сіткою.

Надцарство Прокаріоти – Procaryota

Еубактерії – Eubacteria

Відділ Cyanophyta – синьозелені водорості.

Прокаріотичні фотоавтотрофні організми. Є однією з найдавніших груп на планеті. Вважають, що Cyanophyta виникли біля 3,5-3,8 млрд. років тому. У сучасній флорі відомо біля 2000 видів, які поширені у водних біотопах (більшою мірою прісних) та позаводних. Вони здатні рости там, де не можуть існувати ніякі інші рослини і відносяться до піонерних організмів.

Надцарство Евкаріоти – Eucaryota

Дискокрістати – Discicristates

Група дискокрістат об'єднує первинно гетеротрофні організми і один відділ водоростей – Euglenophyta, які характеризуються мітохондріями із різноманітною формою крист але серед них обов'язково присутні дископодібні кристи.

Відділ Euglenophyta – евгленофітові водорості.

До відділу відносяться первинно гетеротрофні, фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні водорості які мають клітинний покрив у вигляді пелікули. У фотоавтотрофних представників пластиди вторинно симбіотичні, хлорофітного типу. Вони отримали пластиду внаслідок вторинного симбіозу із зеленими водоростями і доказом цього є наявність трьох мембран навколо пластиди.

Евгленофітові відносять до відносно молодих з еволюційної точки зору організмів. За палеоальгологічними даними, найдавніші викопні рештки Euglenophyta датуються віком біля 65 млн. років (кайнозой, третинний період). Відділ нараховує біля 1000 видів мікроскопічних водоростей, поширених переважно у прісних континентальних водоймах. Окремі представники ведуть паразитичний спосіб життя. Практично всі евгленофітові є монадними одноклітинними організмами.

Тубулокрістати – Tubulocristates

Представники групи тубулокрістат характеризуються наявністю трубчастих, перешнурованих при основі мітохондріальних крист. Група тубулокрістат об'єднує різноманітні найпростіші, грибоподібні організми а також фотоавтотрофні: хлорахніофітові, рафідофітові, золотисті, евстигматофітові, жовтозелені, бурі, діатомові, диктіохофітові та динофітові водорості. Всі фотоавтотрофні представники мають пластиди виключно вторинно симбіотичного типу із чотирма мембранами.

Особливу позицію серед фотоавтотрофних тубулокрістат займає невелика група організмів із амебоїдною структурою тіла, своєрідною будовою джгутикового апарату (відсутні тричленні мастигонемі – ретронемі) і нуклеоморфом в перипластидному просторі яка об'єднана у відділ хлорахніофітових водоростей.

Інші відділи водоростей розподілені між двома групами – страменофіти і альвеоляти.

Відділ Chlorarachniophyta – хлорахніофітові водорості.

Клітини цих водоростей голі, а вегетативне тіло представлене амебоїдами, здатними об'єднуватися у плазмодії. Пластиди хлорофітного типу із нуклеоморфом. Відділ включає чотири роди з шістьма видами, що мешкають у

морях. Відсутність гетеротрофних форм серед хлорахніофітових водоростей та час отримання пластиди свідчить про геологічну молодість цього відділу.

Страменопіли – Stramenopiles

В групу страменопілів із фотоавтотрофних організмів увійшли ті, що мають вторинно симбіотичні пластиди родофітного типу із хлорофілами а та с. Клітинні покриви різноманітні. Характерна ознака – наявність на поверхні джгутиків особливих тричленних мастигонем – ретронем.

Відділ *Rhaphidophyta* – рафідофітові водорості.

Клітини рафідофітових водоростей голі. На передньому кінці є заглиблення – воронка, з якої виходять два різнонаправлених джгутика неоднакової довжини і будови. Характерні особливості – наявність під плазмалею слизистих тілець та супрануклеарного апарату на верхній частині ядра. Продукт асиміляції – олія.

У цьому відділі сьогодні відомо близько 50 видів з 10 родів, усі представники є виключно одноклітинними монадними водоростями, що мешкають у прісних континентальних водоймах та рідко у морях.

Відділ *Chrysophyta* – золотисті водорості.

Клітини золотистих водоростей голі (з кремнеземовими лусочками або без них) або вкриті оболонкою. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – наявність у життєвому циклі стадії ендогенних кремнеземових цист (своєрідність процесу утворення цист полягає у тому, що оболонка формується не навколо протопласту, а закладається всередині його).

Chrysophyta вважається відносно молодим відділом. Найдавніші викопні рештки датуються віком біля 240 млн. років (тріасовий період мезозою). Сучасну флору *Chrysophyta* представляють біля 1000 видів, які виникли у палеогені та неогені. Золотисті водорості мешкають переважно у прісних водоймах, і є в основному монадними організмами. Серед золотистих водоростей є гетеротрофні організми.

Відділ *Eustigmatophyta* – евстигматофітові водорості.

Евстигматофітові водорості мають клітини вкриті пектиновою оболонкою. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – наявність у монадних стадій унікального фоторецепторного апарату, розташованого у цитоплазмі біля основи джгутиків.

Відділ нараховує біля 30 видів одноклітинних, виключно кокоїдних організмів, поширених переважно у ґрунтах, прісному та морському планктоні.

Відділ *Xanthophyta* – жовтозелені водорості.

Клітини жовтозелених водоростей вкриті пектиновою або целюлозно-пектиновою оболонкою. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – відсутність жовтого ксантофілу фукоксантину.

Відділ нараховує біля 600 видів одноклітинних, багатоклітинних та неклітинних сифональних водоростей, що мешкають у прісних континентальних водоймах, ґрунтах. Серед них є також аерофітні організми. Достовірні викопні рештки відомі з тріасових відкладів мезозою (біля 240 млн. років тому), ймовірні – з кам'яновугільного періоду (300-340 млн. років тому).

Відділ Phaeophyta – бурі водорості.

Бурі водорості – багатоклітинні організми, клітини яких вкриті целюлозно-пектиною оболонкою, до складу якої входять альгінати. Продукт асиміляції – ламінарин.

Відділ нараховує біля 2000 видів які поширені майже виключно в морях, особливо помірних і приполярних широт. Найдавніші достовірні викопні рештки бурих водоростей мають вік біля 400 млн. років, а їх вірогідні рештки – біля 570 млн. років.

Відділ Bacillariophyta – діатомові водорості.

Клітини діатомових водоростей вкриті кремнеземовим панциром. Продукт асиміляції – хризоламінарин.

Відділ налічує більше 20 тис. видів кокоїдної морфологічної структури. Діатомові водорості виникли порівняно недавно – біля 130 млн. років тому, у крейдяний період фанерозою, майже одночасно з квітковими рослинами. У теперішній час діатомові перебувають у стані біологічного прогресу і є домінуючою групою у морських та прісноводних біотопах.

Відділ Dictyochophyta – диктіохофітові водорості.

Серед диктіохофітових водоростей є фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні організми із голими клітини (частина представників має внутрішній кремнеземовий скелет). Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – асоційованість базальних тіл джгутиків безпосередньо з ядерною мембраною, без участі джгутикових коренів.

Відділ об'єднує біля 40 видів мікроскопічних одноклітинних водоростей з монадною або амебоїдною будовою. Відома також значна кількість викопних диктіохофітових. Найдавніші представники мають вік біля 120 млн. років. Поширені диктіохофітові переважно у планктоні морів та прісних водойм.

Альвеоляти – Alveolatae

Група об'єднує організми, у яких клітини мають особливі – альвеольовані – покриви, в утворенні яких значну роль відіграють мікротрубочки. Для альвеолят характерні різні варіанти ядерного апарату, які помітно відрізняються від типової схеми будови ядра еукаріот. Ретронеми у альвеолят відсутні.

Відділ Dinophyta – динофітові водорості.

Динофітові – це фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні організми у яких клітини вкриті особливим типом покривів – альвеольованою амфієсмою. Пластиди вторинно симбіотичні і досить різноманітні – хлорофітного та родофітного типів. У примітивних представників ядро типово еукаріотичне, у інших - представляє особливий варіант ядерного апарату – динокаріон.

До відділу відносять біля 2000 видів сучасної флори. Ще близько 2000 видів відомі у викопному стані. Найдавніші рештки динофітових водоростей представлені переважно цистами, які знайдені у силурійських (435-460 млн. років тому) та докембрійських (600 млн. років) осадових породах. Переважна більшість сучасних динофітових – це морські одноклітинні організми, частина видів мешкає у прісних та солонуватих водоймах, деякі – паразитів інших організмів. Переважна більшість видів є одноклітинними монадними

організмами, частина видів має амебоїдну будову. Існує також невеличка група динофітових водоростей з гемімонадним, кокоїдним та нитчастим типами морфологічної структури тіла.

Платикристати – *Platycristates*

Організми цієї групи характеризуються наявністю пластинчастих (інколи – також трубчастих) не перешнурованих при основі мітохондріальних крист. Ця група об'єднує різні організми, які можна поділити на такі групи: рослини, справжні гриби та тварини. У групу рослин крім вищих входить ряд відділів водоростей: гаптофітові, криптофітові, глаукоцистофітові, червоні та зелені.

Рослини – Plantae

Відділ *Haptophyta* – гаптофітові водорості.

Фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні організми, що мають мітохондрії з трубчастими кристами (проте не перешнурованими при основі), клітинний покрив, представлений плазмалею, що з зовнішнього боку вкрита субмікроскопічними органо-мінеральними лусочками, а з внутрішнього підстелена цистерною периферійної ендоплазматичної сітки. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу.

Відділ нараховує біля 500 видів монадних та у меншій ступені кокоїдних організмів. Більшість гаптофітових – це морські одноклітинні організми. Високі гаптофітові утворили основні відклади крейди.

Відділ *Cryptophyta* – криптофітові водорості.

Фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні організми з клітинний покривом представленим перипластом. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу, з нуклеоморфом, який містить додатковий генетичний матеріал.

Відділ нараховує близько 200 видів одноклітинних мікроскопічних монадних водоростей, поширених як у континентальних водоймах, так і в морях.

Відділ *Glaucocystophyta* – глаукоцистофітові водорості.

Глаукоцистофітові водорості мають амфієсоподібний клітинний покрив. Пластиди первинно симбіотичні, глаукоцистофітного типу (ціанели), між зовнішньою та внутрішньою мембранами хлоропластної оболонки зберігається шар муреїну. Найяскравіша особливість відділу – це наявність унікального фотосинтетичного апарату, представленого ціанелами – видозміненими симбіотичними синьозеленими водоростями, які втратили здатність до самостійного існування поза межами клітини-господаря.

Продукт асиміляції – крохмаль, що відкладається у цитоплазмі.

Нараховує біля 10 видів вільноіснуючих монадних та гемімонадних мікроскопічних одноклітинних водоростей, поширених у прісних континентальних водоймах.

Відділ *Rhodophyta* – червоні водорості.

Клітини червоних водоростей вкриті целюлозно-пектиновою оболонкою з фікоколоїдами. Пластиди первинно симбіотичні, родофітного типу (родопласти), з поодинокими тилакоїдами. Продукт асиміляції – багрянковий крохмаль, що відкладається у цитоплазмі. Специфічна ознака – повна

відсутність джгутикових стадій.

Відділ нараховує біля 5000 видів переважно багатоклітинних макроскопічних водоростей. Майже всі червоні водорості є мешканцями бентосних та перифітонних морських угруповань, і, лише як виняток, деякі види зустрічаються у прісних водоймах та у ґрунтах. Виявлені рештки *Rhodophyta* відомі з раннього палеозою (кембрій, 600 млн. років тому).

Відділ *Chlorophyta* – зелені водорості.

Зелені водорості мають клітини вкриті плазмалемою або клітинною оболонкою. Пластиди первинно симбіотичні, хлорофітного типу (хлоропласти). Продукт асиміляції – крохмаль, що відкладається у хлоропласті. Відділ є найчисленнішим серед водоростей. За даними різних авторів, він нараховує 20-25 тис. видів. Найдавніші рештки відомі з верхнього докембрію – протерозою (біля 1400 млн. років). Зелені водорості поширені в прісних та гіпергалінних водоймах, в морях та океанах, в наземних біотопах, на снігу та льоду.

Від зелених водоростей походять вищі рослини.

Тема: Відділ Синьозелені водорості - *Cyanophyta*

Мета заняття: Вивчити будову, розмноження, розповсюдження і значення синьозелених водоростей. Ознайомитись із найбільш поширеними та важливими у практичному відношенні родами синьозелених водоростей. Навчитись описувати і визначати водорості даного відділу на рівні родів.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, покривні та предметні скельця, препарувальні голки, серветка, пінцет, чашка Петрі з водою, 1 % розчин метиленового синього, живі або фіксовані водорості родів *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Anabaena* фільтрувальний папір, визначники синьозелених водоростей, навчальні посібники, методичні вказівки, таблиці.

Об'єкти: *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Anabaena*.

Хід заняття

Теоретична частина

1. Вивчити особливості будови, розмноження, розповсюдження і значення водоростей відділу *Cyanophyta*.
2. Ознайомитись із сучасною системою відділу *Cyanophyta*.
3. Вивчити специфічні риси родів *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Anabaena*.

Відділ *Cyanophyta* нараховує близько 2000 видів які розповсюджені в різних прісних і солоних водоймах і можуть бути як планктонними так і бентосними. Багато синьозелених живе у позаводянному середовищі: на ґрунті, на каменях, на корі дерев та ін. В альгофлорі України відомо 611 видів синьозелених водоростей.

Морфологічна будова

Індивіди синьозелених водоростей одноклітинні або багатоклітинні, можуть утворювати різноманітні з'єднання - колонії. Забарвлені синьозелені водорості звичайно в специфічний синьо-зелений колір, але їх забарвлення може значно варіювати в залежності від комбінації пігментів. Серед Cyanophyta зустрічається кокоїдна, нитчаста (трихомальна) і іноді різнонитчаста форма будови тіла.

Обов'язковою складовою частиною нитчастих (трихомальних) синьозелених водоростей є трихоми. Вони мають нитчасту форму, складаються з одного, рідше двох (багатьох) рядів взаємозв'язаних клітин і становлять фізіологічну єдність. Часто трихоми оточені слизистими піхвами. Трихоми разом із піхвами утворюють нитку.

Будова клітини

Клітини синьозелених водоростей прокаріотичні, мають двошарову клітинну оболонку (клітинну стінку). Внутрішній шар побудований з муреїну (пептидоглікан). Цей шар відповідає за форму та механічну міцність клітин. Зовнішній шар побудований переважно з пектинових речовин та мікрофібрил, до складу яких входять скоротливі білки. Останні обумовлюють здатність багатьох синьозелених водоростей до активного ковзаючого або обертального руху. Поверх клітинної оболонки синьозелені водорості можуть мати слизову піхву з пектинових речовин.

Цитоплазма оточена цитоплазматичною мембраною - плазмалеомою. Найчастіше у периферійній частині цитоплазми знаходяться пластинчасті мембранні структури - тилакоїди, з якими пов'язані фотосинтезуючі пігменти: хлорофіл а, алофікоціанін і фікаціан (сині пігменти), фікоеритрин (червоний пігмент), β-каротин, ксантофіли лютеїнового циклу (лютеїн та зеаксантин) та специфічні ксантофіли синьозелених водоростей – осцилоксантин, місоксантин, афаніцин та афанізофіл.

Наявність у клітинах комплексу різних пігментів (які характеризуються неоднаковими максимумами поглинання світла) сприяє кращій пристосованості організмів до мінливих умов навколишнього середовища.

У центральній частині клітини звичайно розташована ДНК у вигляді гранул чи фібрил. Крім цього, у клітинах синьозелених водоростей є рибосоми (70S), включення (білкової природи ціанофіцинові гранули – місця накопичення азоту, поліедріальні тіла (карбокисоми) – місця накопичення ферменту рибульзо-1,5-дифосфат-карбоксилази (приймає участь у процесі фотосинтезу), волютинові гранули (поліфосфатні гранули) – місця відкладення фосфатів і резервування енергії, гранули глікогену (полісахарид) – запас вуглеводнів і енергії, ліпідні включення – запас жирів). У деяких (переважно планктонних) синьозелених водоростей в клітинах є газові вакуолі. З ними пов'язують явища підняття планктонних водоростей із дна водоймищ на початку вегетації, їх плавучість.

Частина синьозелених водоростей крім звичайних вегетативних клітин має особливі: гетероцисти і акінети (спочиваючі спори). Синьозелені водорості

у таломмах яких є різні види клітин називають гетероцитними, на відміну від гомоцитних, всі клітини яких однакові.

При утворенні гетероцист вміст клітин стає гомогенним, більш блідим (до безкольорового) або жовтуватим. Зрілі гетероцисти не мають волютину, цианофіцинових зерен. Тилакоїди руйнуються і формують щільно упаковані мембрани. Змінюється пігментний склад: хлорофіл і каротиноїди залишаються, а фікоціан, алофікоціанін і фікоеритрин практично не відмічаються. Оболонка стає двохконтурною; на полюсах з'являються пори, які часто закриті пробочками. Гетероцисти бувають інтеркалярні, коли вони виникають між вегетативними клітинами і термінальними, коли утворюються із кінцевих вегетативних клітин.

Акінети (спори, спочиваючі спори) – це особливі одноклітинні утворення які виконують функцію збереження життя у несприятливих умовах. У випадку коли їх з'являється велика кількість на індивіді, то вони виконують і функцію розмноження. Оболонка акінет потовщена, часто із прикрасами.

Розмноження

Розмноження синьозелених водоростей вегетативне: одноклітинні - поділом клітин, нитчасті – фрагментацією: шляхом утворення коротких рухливих фрагментів трихомів з 2-50 клітин, які називають гормогоніями, або нерухомих – гормоцит. Колоніальні синьозелені розмножуються поділом колоній. Статеве розмноження і джгутикові стадії відсутні.

Значення

Синьозелені, як давні організми, мали велике значення для збагачення первинної атмосфери киснем, а також накопичення органічної речовини. Крім того, *Cyanophyta* мають здатність здійснювати фіксацію атмосферного азоту.

При азотфіксації молекулярний азот відновлюється до сполук амонію і в цій формі включається в основні шляхи клітинного метаболізму. Процес азотфіксації каталізується нітрогеназним ферментним комплексом, який повністю інгібується молекулярним киснем. Тому азотфіксація здійснюється лише в анаеробному середовищі. Проте серед багатоклітинних *Cyanophyta* є чимало видів, що фіксують атмосферний азот також у присутності кисню. У цієї групи нітрогеназний комплекс локалізований в особливих клітинах – гетероцистах, в яких відбувається суттєве перетворення фотосинтетичного апарату і він втрачає здатність до виділення молекулярного кисню у клітину. Тим самим на фоні аеробного зовнішнього середовища у цитоплазмі гетероцисти створюються анаеробні умови.

Здатність до азотфіксації доведена для 130 видів синьозелених водоростей які представлені як у водних так і позаводних екосистемах. Інтенсивність азотфіксації залежить від різних факторів (температури, рН, наявності органічного азоту, фосфору, важких металів та ін.). Накопичення азоту у ґрунтах може коливається від 0,1 до 22,7 кг/га. У водоймах при їх «цвітінні» накопичення азоту може сягати 600-900 мкг/л за добу.

У водоймах синьозелені водорості при помірному розвитку (до 40-100 мг сухої речовини водоростей на літр води) приймають участь у процесах самоочищення води, а при надмірному (більш ніж 50 г/м³, а концентрація 250-500 г/м³ сирої речовини є екологічно небезпечною) – крім погіршення

якості води (зниження прозорості, зміна кольору, рН та ін.) вони зумовлюють її біологічне забруднення, зростання токсичності, дефіцит кисню, інтенсивний розвиток бактерій, у тому числі патогенних тощо. При «цвітінні» води відбувається замор риби. Така вода є непридатною для тварин і є небезпечною для здоров'я людей.

У водних і позаводних екосистемах синьозелені водорості існують не окремо, а пов'язані із різними організмами. Ряд видів синьозелених водоростей живуть у симбіозі з грибами і утворюють лишайники.

З господарської точки зору синьозелені водорості використовують при доочистки промислових стоків, біоіндикації якості вод і ґрунтів, збагаченні ґрунту на азот при внесенні у ґрунт живих водоростей або водоростевих мас (зелене добриво), як кормові добавки, для отримання корисних для людини хімічних речовин: амінокислот, протеїнів, вуглеводнів, ліпідів, вітамінів та ін. Особливо поширено вирощування спіруліни (*Spirulina*). Її використовують для харчування людини, в т.ч. дієтичного і лікарського, отримання гормональних препаратів, вітамінів, імуномодельючих, радіопротекторних та протипухлинних препаратів, зеленого, червоного та синього харчових барвників. В Китаї спіруліну додають у крекери, бісквіти, пиво. В Україні її використовують як харчову добавку.

Система відділу

Відділ включає лише один клас – **Суанорфусеае**, що за типом поділу клітин, типами трихомів та особливостями їх галуження поділяється на чотири порядки – *Chroococcales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales* та *Stigonematales*.

Порядок Хроококальні - Chroococcales

Об'єднує всі одноклітинні синьозелені водорості. Хроококальні водорості можуть бути представлені поодинокими клітинами або утворювати різноманітні колонії.

Мікроцистис (Microcystis)

Представлений мікроскопічними, круглими чи гронавидними, слизуватими колоніями. Клітини кулясті, щільно зближені, у багатьох видів з газовими вакуолями, клітини розташовані у колонії без особливого порядку. Більша частина видів є вільно плаваючими в прісноводному планктоні, рідко в морях. Найвідомішим представником роду є *Microcystis aeruginosa* – мікроцистис синювато-зелений.

Глеокапса (Gloeocapsa)

Зустрічається у вигляді поодиноких клітин чи колоній, які включають 16 і більше клітин. Клітини завжди мають добре розвинуту шарувату слизисту обгортку. При діленні дочірні клітини утворюють власні слизисті обгортки всередині материнської. В результаті послідовних ділень формуються колонії, представлені як система вставлених одна в одну слизових обгортки, де внутрішні (наймолодші) несуть живі клітини. Більшість видів прісноводні, в морях зустрічається невелика кількість видів. Досить часто види глеокапса розвиваються на ґрунті, камінні.

Порядок Осцилаторіальні - Oscillatoriales

Об'єднує багатоклітинні гомоцитні водорості, що мають нерозгалужені трихоми. Розмноження здійснюється гормогоніями або гормоцитами.

Осцилаторія (Oscillatoria)

Нитки поодинокі або зібрані у плівчасті з'єднання. Трихоми найчастіше синьозелені, прямі або зігнуті. Клітини циліндричні, вміст клітин однорідний або зернистий. Іноді в клітинах є газові вакуолі. Трихоми здатні до активного руху. Піхви відсутні. Більшість видів живе в континентальних водоймах, деякі в морях або за межами водойм. При масовому розвитку ці водорості утворюють синьозелені плівки та шкуринки, які вільно плавають або обростають різні субстрати. Деякі морські види здатні викликати токсичні "цвітіння" води.

Формідій (Phormidium)

Зустрічається у вигляді поодиноких ниток або їх з'єднань. Трихоми такі як у роду осцилаторія (Oscillatoria), але звичайно оточені м'якими, тонкими піхвами, які нерідко розпливаються. Зустрічаються у найрізноманітніших умовах: у водоймах, нерідко в ґрунтах, на скелях та ін.

Лінгбія (Lyngbya)

Нитки сланкі, висхідні, рідко прямостоячі, поодинокі або утворюють з'єднання, Трихоми за будовою схожі з трихомами роду осцилаторія (Oscillatoria). Піхви добре виявлені. Більшість видів живе у стоячих, прісних і солоних водоймах, переважно на дні та в обростаннях, рідше в товщі води. Деякі виявлені на ґрунтах.

Порядок Ностокальні - Nostocales

Об'єднує багатоклітинні гетероцитні водорості з нерозгалуженими трихомами. Розмноження здійснюється гормогоніями або гормоцитами.

Носток (Nostoc)

Колонії макро-, рідше мікроскопічні, м'які або відносно тверді, неправильно округлі, кулясті, сплюснені, плівчасті та ін. Трихоми викривлені, переплетені. Характерна диференціація клітин за формою та функціями (розрізняють вегетативні клітини, гетероцисти, спори). Розмножується носток гормогоніями, гормоцитами, спорами, поділом колоній. Спори розміщуються без закономірного зв'язку з гетероцистами. Зустрічаються водні, аерофітні та ґрунтові форми.

У Центральній і Східній Азії один із видів - *Nostoc commune* використовують у їжу.

Анабена (Anabaena)

Нитки поодинокі або утворюють з'єднання які у планктонних форм легко розпадаються на окремі нитки. Загальний слиз дуже слабо розвинутий. Трихоми прямі або різноманітно викривлені. Вегетативні клітини чітко перетягнуті біля поперечних перегородок, кулясті, циліндричні або ін. форми. Гетероцисти інтеркалярні, поодинокі. Спори розміщуються біля гетероцист або віддалені від них, поодинокі або розміщені рядами. Розмноження відбувається гормогоніями, гормоцитами, спорами, а також внаслідок фрагментації ниток та їх з'єднань. Представники роду особливо поширені у прісних стоячих, рідше повільно текучих водах. Часто зумовлюють рясне "цвітіння" води. Нерідко

розвиваються на твердому субстраті у вигляді плівчастих або дернинковидних плетив. Ряд видів знайдено в ґрунтах і на ґрунтах.

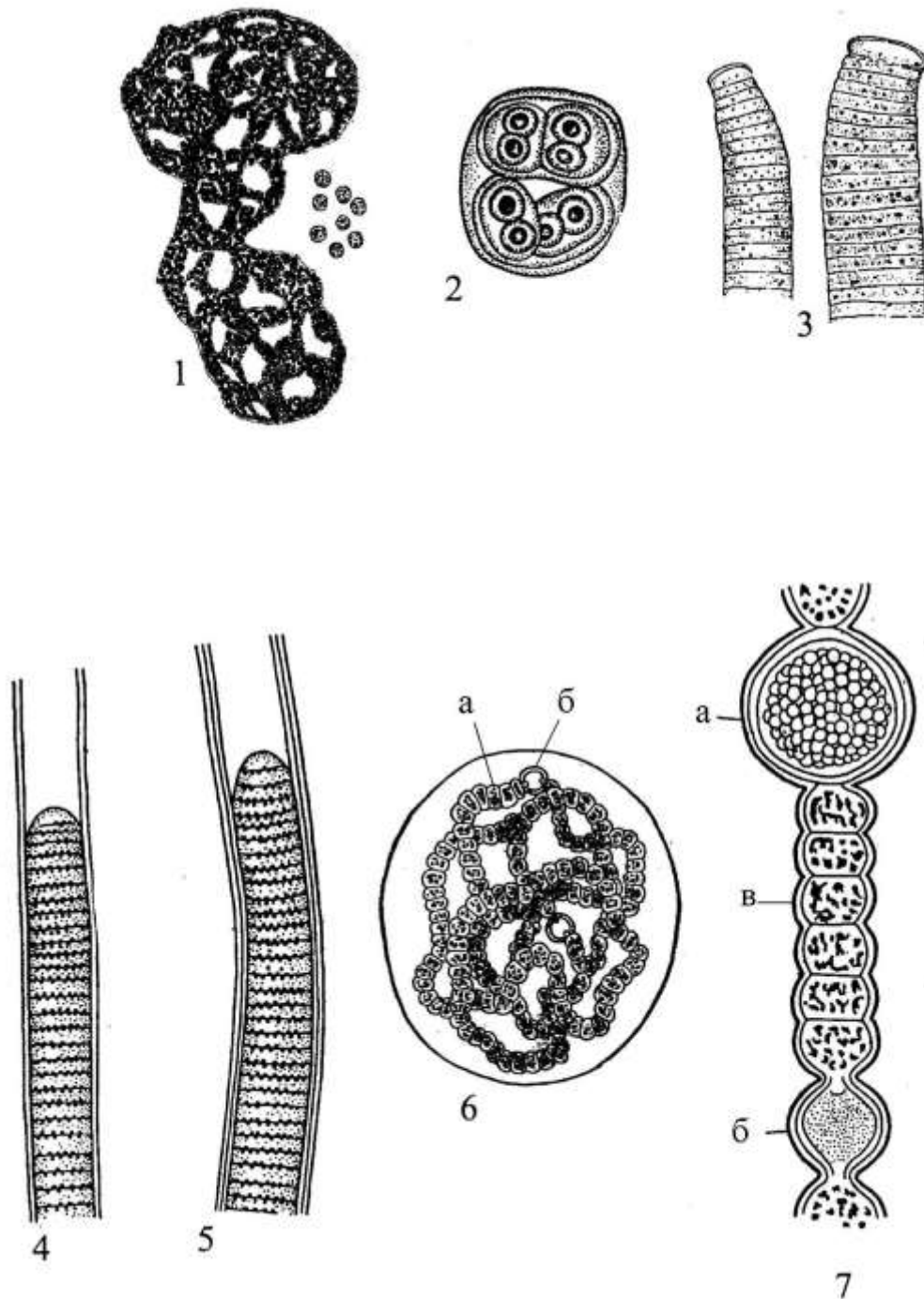


Рис. 1. Синьозелені водорості:

1 – мікроцистіс, 2 – глеокапса, 4 – осцилаторія, 4 – формідій, 5 – лінгбія, 6 – носток (а – вегетативна клітина, б – гетероциста), 7 – анабена (а – спора, б – гетера циста, в – вегетативна клітина).

Практична частина

1. Приготувати препарати синьозелених водоростей порядків *Chroococcales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales* (обов'язковими об'єктами є роди *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Anabaena*), роздивитись об'єкти, провести фарбування колоніального слизу 1 % розчином метиленового синього.

2. Описати систематичне положення, особливості будови опрацьованих представників.

3. Замалювати зовнішній вигляд колонії *Microcystis* та окрему клітину. Підписати газові вакуолі, колоніальний слиз.

4. Замалювати фрагмент трихому і гормогонії *Oscillatoria*, підписати цианофіцинові гранули, вегетативні клітини.

5. Замалювати зовнішній вигляд колонії *Nostoc*, побачений на малому збільшенні, і фрагмент колонії, побачений на великому збільшенні. Підписати трихоми, вегетативні клітини, гетероцисти, спори, слиз.

6. Замалювати трихоми *Anabaena*, підписати вегетативні клітини, гетероцисти, спори, слизову піхву.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть особливості морфологічної і цитологічної будови синьозелених водоростей.

2. Які пігменти зумовлюють забарвлення синьозелених водоростей?

3. Як розмножуються синьозелені водорості?

4. Чому синьозелені водорості мають дуже широке розповсюдження?

5. Яке мають синьозелені водорості значення в природі і господарській діяльності людей?

6. Наведіть приклади родів синьозелених водоростей з порядків: *Chroococcales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales*.

Питання на самостійну підготовку

1. Роль синьозелених водоростей в розвитку біосфери.

2. Значення синьозелених водоростей в утворенні сапропелів, строматолітів.

3. Збудники "цвітіння" води серед синьозелених водоростей.

4. Токсини синьозелених водоростей.

5. Охорона та (або) моніторинг синьозелених водоростей.

Тема: Відділ Бурі водорості – *Phaeophyta*

Мета заняття: Вивчити будову, розмноження, розповсюдження і значення бурих водоростей. Ознайомитись із найбільш поширеними та важливими у практичному відношенні родами бурих водоростей. Навчитись описувати і визначати бурі водорості на рівні родів.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, гербарні зразки видів *Phaeophyta*, фіксовані водорості родів *Laminaria*, *Fucus* або готові препарати, покривні та предметні скельця, препарувальні голки, бритва, серцевина бузку, серветка,

пінцет, чашка Петрі з водою, визначники бурих водоростей, навчальні посібники, методичні вказівки, таблиці.

Об'єкти: *Laminaria*, *Fucus*.

Хід заняття

Теоретична частина

1. Вивчити основні ознаки водоростей відділу **Phaeophyta**.
2. Ознайомитись із принципами сучасної класифікації відділу **Phaeophyta**.
3. Вивчити специфічні ознаки родів *Laminaria*, *Fucus*.

Бурі водорості - насамперед морські багатоклітинні рослини, досить великі, складно побудовані, прикріплені до субстрату. На сьогодні відомо близько 2000 видів бурих водоростей. Морські бурі водорості широко поширені у всіх морях Земної кулі, але найбільшого розвитку вони досягли в морях помірних і приполярних широт, де завдяки низькій температурі і підвищеній концентрації біогенних речовин складаються найбільш сприятливі умови їх вегетації. У прісних водоймах знайдено лише кілька видів. В альгофлорі України відомо 77 видів бурих водоростей.

Морфологічна будова

Таломи бурих водоростей можуть бути мікроскопічними (декілька десятків мікрометрів) і гігантськими (30-50м у деяких видів родів *Laminaria*, *Macrocystis*, *Sargassum*). Форма таломів різноманітна: нитковидна, корковидна, мішковидна, пластинчаста, куциста.

Талом до субстрату прикріплений ризоїдами або базальним диском і у найпростіших представників має різнонитчастий тип структури, у більшості ж – паренхіматозний. Деякі бурі водорості мають диференціацію на примітивні тканини. У найпростішому випадку такий талом складається лише з двох типів тканин – кори та серцевини. Кора утворена дрібними забарвленими клітинами, що виконують функцію фотосинтезу і формують органи розмноження. Серцевина складається з великих, переважно безбарвних клітин, що виконують провідну та запасуючу функції.

У більш високо організованих водоростей талом утворений більшою кількістю тканин: меристодермою, корою, проміжною тканиною та серцевиною. Меристодерма – це поверхнева тканина, що виконує захисну та репродуктивну функції. Клітини меристодерми звичайно дрібні і здатні до активного поділу. Кора утворена більшими за розміром клітинами з добре розвиненими хлоропластами. Основною функцією кори є здійснення процесу фотосинтезу. У клітинах проміжної тканини накопичуються продукти асиміляції. Самі клітини великі, звичайно з редукованими хлоропластами. Серцевина утворена ситовидними елементами, які з часом стають витягнутими, вузькими. По ним відбувається рух асимілянтів (манніта, деяких амінокислот) Швидкість руху коливається від 10 до 60 см/год. Крім ситовидних елементів у серцевині можуть бути трубчасті нитки, які додають механічної міцності талому.

Ріст талому інтеркалярний або апікальний. Галуження бурих водоростей моноподіальне або дихотомічне. Серед бурих водоростей є види з ефемерними, однорічними і багаторічними таломами.

Будова клітини

Клітини бурих водоростей мають двошарову клітинну оболонку із целюлози (внутрішній шар) і пектину (зовнішній шар). Пектиновий шар складається звичайно з білкових сполук альгінової кислоти і її солей. Завдяки такій будові оболонка бурих водоростей здатна сильно набрякати.

Протопласт клітини містить одне ядро, зовнішня мембрана якого як і у переважної більшості водоростей-страменофітів, переходить у хлоропластну ендоплазматичну сітку. Пластиди вторинно симбіотичні (вкриті чотирма оболонками), родофітного типу, пристінні, численні, дрібні, дисковидні, рідше пластинчасті і стрічкоподібні. Зрідка зустрічаються піреноїди. У монадних клітин в стромі хлоропласту розташовується стигма. В хлоропласті знайдені хлорофіл а і с, β- та ε-каротини та дві основні групи ксантофілів: ксантофіли жовтої пігментної групи – фукоксантин, діатоксантин, діадіноксантин, та ксантофіли лютеїнового ряду – віолаксантин, зеаксантин, антераксантин, неоксантин. Фукоксантин та віолаксантин накопичуються у великій кількості і маскують хлорофіли, надаючи хлоропластам яскраво-жовтого або бурого забарвлення.

Мітохондрії мають трубчасті кристи.

Продукт асиміляції - ламінарін (полісахарид), манніт (багатоатомний спирт), масла. Всі продукти асиміляції відкладаються поза межами хлоропластів.

Мітоз напівзакритий.

Розмноження і цикли розвитку

Бурим водоростям характерно безстатеве, в тому числі, вегетативне, і статеве розмноження. Вегетативне розмноження відбувається фрагментацією талому. При цьому нові рослини не прикріплюються до субстрату і як правило ніколи не утворюють органів безстатевого і статевого розмноження.

Безстатеве розмноження відбувається зооспорами, іноді апланоспорами.

Статевий процес - ізо-, гетеро- і оогамія. Рухомі клітини бурих водоростей - зооспори і гамети мають подібну будову: вони грушовидні, з одним хлоропластом і двома джгутиками, прикріпленими збоку. Один джгутик довгий, перистий (вкритий ретронемами), направлений вперед, другий - більш короткий, гладкий, направлений назад.

У бурих водоростей життєвий цикл гаплодиплофазний з чергуванням поколінь (ізоморфним або гетероморфним) або диплофазний без зміни поколінь.

При гаплодиплофазному циклі на диплоїдному спорофіті в одногнізних спорангіях відбувається мейоз і утворюються гаплоїдні зооспори. Вони проростають у гаплоїдні гаметофіти. На гаметофітах утворюються гамети відповідно до типу статевого процесу. Після копуляції гамет зигота без періоду спокою розвивається у новий спорофіт. Якщо чергування поколінь

гетероморфне, то гаметофіти, як правило, мікроскопічні, а спорофіти макроскопічні.

Представники з диплофазним життєвим циклом не мають зооспор, мейоз відбувається при утворенні гамет, а статевий процес переважно оогамний. Оогонії та антеридії утворюються на спеціальних плодючих гілочках (рецептакулах) в напівзамкнених порожнинах – скафідіях (концептакулах). Після запліднення зигота без періоду спокою проростає у новий спорофіт.

Значення

Роль бурих водоростей у природі дуже велика. Вони є одним із головних джерел органічної речовини в прибережній зоні, особливо в морях помірних і приполярних широт, де їх біомаса сягає десятків кг на 1м². Їх зарості є місцем існування різноманітних організмів.

Бурі водорості є промисловою сировиною для отримання ряду цінних продуктів, наприклад, альгінатів (солі альгінової кислоти, зокрема альгінат натрію). Їх використовують для стабілізації різноманітних розчинів та суспензій, в тому числі, консервів, морозива, фруктових соків, барвників, їх додають при виробництві пластмас, мастильних речовин, фармацевтичних і парфумерних мазей тощо. Альгінати виробляються у кількості не менш ніж 25 000 т/рік. Також з бурих водоростей отримують манніт (використовується для виготовлення діабетичних продуктів харчування, для виробництва синтетичних смол, красок, паперу та ін.), карагінати (використовують як емульгатори, стабілізатори, згущувачі). Крім цього, з бурих водоростей виготовляють добрива, кормову муку. Деякі бурі водорості (*Laminaria saccharina*, *L. japonica*, *Alaria esculenta*, *Chondrus crispus*, *Sargassum*) є їстівними. Їх вживають безпосередньо сирими, як салат або приправу, як гарнір, варять із м'ясом, рисом. Наявність манніту надає звареним водоростям солодкуватого смаку. Як лікарські бурі водорості застосовуються як в народній так і офіційній медицині. Цілющі властивості їх в значній мірі зумовлюються наявністю в них таких речовин, як йод, бром. Перспективним є напрямок використання бурих водоростей для виготовлення препаратів які попереджують згортання крові, сприяють виведенню радіоактивних речовин тощо. Інтенсивне використання бурих водоростей призвело до вичерпання їх природних запасів. В останні роки отримала значного розвитку аквакультура цих водоростей.

В морях України найбільш різноманітними є види *Ectocarpus* які мають вигляд жовтуватого-бурих кущиків і мають горизонтальні нитки завдовжки кілька сантиметрів і сильно галузисті вертикальні. Статевий процес – ізогамія. Життєвий цикл ектокарпуса гаплодиплофазний з ізоморфним чергуванням поколінь, який може відбуватися із певними змінами.

Система відділу

Відділ включає лише один клас – **Phaeophyceae** та вісім порядків. Поділ на порядки проводиться за такими ознаками, як наявність та будова піреноїду, особливості розмноження, наявність зооспор, тип статевого процесу, життєвий цикл. Нижче розглядаються два порядки – *Laminariales* та *Fucales*.

Порядок Ламінаріальні – Laminariales

Спорофіти великі, часто 20-50м (100м), паренхіматозної будови і мають

одну або декілька листоподібних пластин, “стовбур”, ризоїди чи диск. Ріст таломів інтеркалярний. Меристема розташована між стовбуром і пластинкою. Зимують ризоїди і стовбур. Гаметофіти гетероталічні, мікроскопічні, нитчасті, часто редуковані до кількох клітин, мають статеві органи. Статевий процес - оогамія. Гамети утворюються по одній в органах. Запліднення проходить у воді.

Ламінаріальні водорості є досить важливими у практичному відношенні, оскільки саме до них належить переважна більшість бурих водоростей, які використовуються людиною.

Найбільш відомий представник порядку – *Laminaria*, або морська капуста. Розповсюджена переважно у північній півкулі, особливо в Тихому океані. У південній півкулі часто трапляється близький до ламінарії рід *Macrocystis*.

Рід ламінарія, або морська капуста – *Laminaria*.

Види роду ламінарія (*Laminaria*) живуть у північних і східних морях, де утворюють зарості у смузі субліторалі (до глибини 20м). Талом ламінарії має вигляд листоподібної пластинки розміром до 2м і більше, прикріпленої до черешка з міцними ризоїдами. Талом ламінарії багаторічний: зимують ризоїди і черешок (стовбур), а листоподібна пластинка щорічно відмирає восени і відростає навесні за рахунок меристеми у верхній частині черешка.

Листоподібна пластинка має багат шарову кору із клітин з хлоропластами і безбарвний проміжний шар. Черешок вкритий меристодермою, під нею кора із більш великих забарвлених клітин, проміжний шар і серцевина, яка виконує не тільки функцію транспорту продуктів фотосинтезу, але й механічну, оскільки в ній часто є тонкі нитки з товстими повздовжніми оболонками.

Розмножується ламінарія безстатевим і статевим шляхом. Зооспорангії утворюються біля основи листоподібної пластинки і на її поверхні великими групами - сорусами, які незброєним оком помітно на таломі у вигляді темних плям. Зооспорангії одногнізді і розташовані серед булавовидних парафіз. Утворення зооспор супроводжується мейозом. Масовий розвиток зооспор відбувається у другій половині липня - серпні. Зооспори проростають у мікроскопічні нитковидні гаметофіти - заростки. Чоловічі і жіночі заростки відрізняються формою ниток. Чоловічі гаметофіти більш сильно розгалужені і складені із більш дрібних клітин, порівняно із жіночими гаметофітами. Термінальні клітини бічних гілочок чоловічого гаметофіту перетворюються на антеридії, в кожному з яких утворюється по одному сперматозоїду. Оогоній може сформуватися із будь якої клітини жіночого гаметофіту. З нього виштовхується одна гола яйцеклітина яка виділяє феромон ламоксирен, що приваблює сперматозоїди. Після копуляції утворюється зигота, яка без періоду спокою починає проростати у новий спорофіт.

Життєвий цикл гаплодиплофазний з гетероморфним чергуванням поколінь.

Ламінарія – відома їстівна водорість. До середини 70-х років ХХ ст. її збирали за допомогою драг та спеціальних тралів. Наразі більшість ламінарії,

яка використовується людиною, є об'єктом аквакультури і вирощується на спеціальних морських фермах.

Порядок Фукусові – *Fucales*

Таломи великі і мають складну морфологічну й анатомічну будову. Ситовидні елементи відсутні. Ріст верхівковий. Безстатеве розмноження відсутнє. Статевий процес – оогамія (як виняток – гетерогамія). Життєвий цикл диплофазний без зміни поколінь. У фукусових статеві органи утворюються в особливих порожнинах кори та проміжної тканини, що отримали назву скафідіїв або концептакулів. Фукусові водорості поширені як у холодних, так і у теплих морях, і звичайно є домінантами фітоценозів літоралі.

Характерні представники порядку – роди *Fucus*, *Sargassum*, *Cystoseira*.

Рід фукус – *Fucus*.

Багаторічна рослина, широко поширена в Балтійському та північних морях. Талом фукуса має вид дихотомічно розгалуженого буруватого куща висотою від 30-40см до 2м. Гілки талому плоскі, шкірясті із середньою жилкою. У більшості видів є повітряні пухирі. Завдяки їм водорість знаходиться у воді у вертикальному положенні. Основа талому розширена в своєрідну подошву, якою рослина прикріплюється до каменів.

Анатомічна будова талому фукуса подібна до ламінарії. Зовні лежить кора із дрібних забарвлених клітин, яка в свою чергу містить меристодерму. Глибше розташовується крупноклітинна паренхіма з міжклітинниками (проміжний шар), у центрі - нитковидні клітини, які виконують функцію провідної тканини.

Ріст таломів відбувається внаслідок поділу апікальної клітини, що відокремлює від себе клітини субапікальної меристеми. Останні надалі дають початок всім іншим тканинам.

Статевий процес оогамний. Статеві органи знаходяться в особливих утвореннях - скафідіях, або концептакулах, які розташовуються під корою і відкриваються назовні невеликим отвором. Скафідії розташовуються по всьому талому або у деяких видів - на особливих частинах гілочок - рецептакулах. Від стінок скафідія в його порожнину виростають численні ниткоподібні вирости - парафізи (особливо довгі у жіночих скафідіях). Є види з одностатевими і двостатевими скафідіями які розвиваються на одній, чи різних рослинах.

В оогоніях утворюється по 8 яйцеклітин, а в антеридіях по 64 сперматозоїда. При утворенні гамет відбувається мейоз. Запліднення проходить поза скафідіїв, у воді. Яйцеклітини виділяють феромон фукосератен, завдяки якому навколо кожної яйцеклітини швидко концентрується велика кількість сперматозоїдів. Після запліднення, зигота, що утворилась, відразу проростає, утворюючи диплоїдний талом фукуса.

Таким чином у циклі розвитку фукуса немає чергування поколінь, але відбувається зміна ядерних фаз. Життєвий цикл –диплафазний. (Слід відмітити, що існують і інші погляди, відповідно до яких фукус має дуже редукований гаметофіт який представлений концептакулами).

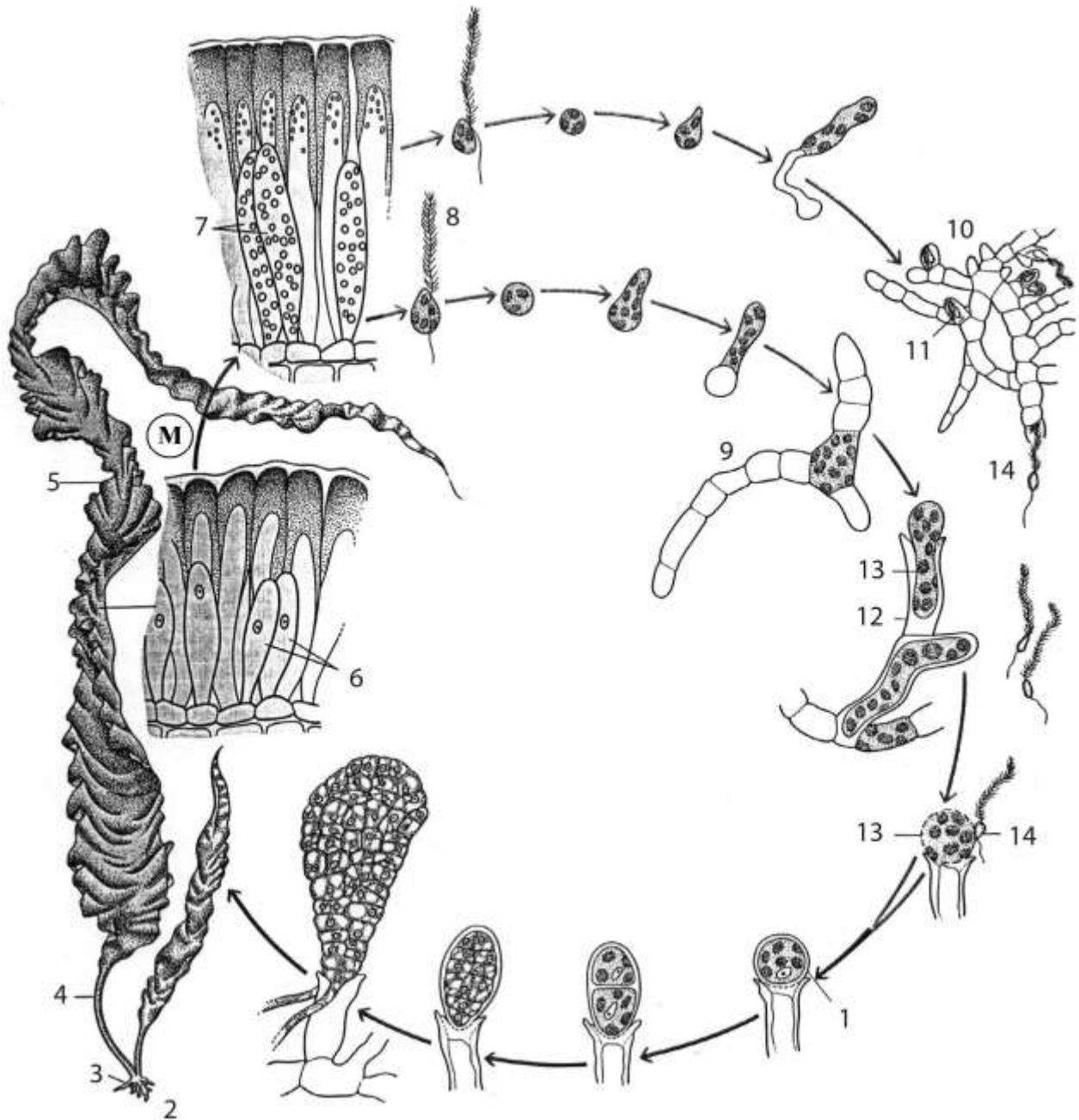


Рис. 2. Життєвий цикл ламінарії:

1 – зигота, 2 – спорофіт, 3 - ризоїди, 4 – черешок, 5 - листоподібна пластинка, 6 – незрілі спорангії, 7 – зрілі спорангії із гаплоїдними зооспорами, 8 – зооспори, 9 - жіночий гаметофіт, 10 – чоловічий гаметофіт, 11 – антеридій, 12 – оогоній, 13 – яйцеклітина, 14 – сперматозоїд.

Практична частина

1. По гербарним зразкам ознайомитися із зовнішнім виглядом водоростей із відділу бурі водорості.

2. Зробити зріз черешка ламінарії (або використати готовий препарат) і розглянути анатомічну будову при малому збільшенні. Препарат замалювати, зробити відповідні підписи.

3. Розглянути по готовим препаратам внутрішню будову листоподібної пластинки ламінарії та її спороносні зони. Замалювати вид зрізу листоподібної пластинки (при малому збільшенні) і зооспорангіїв (при великому збільшенні).

4. Записати систематичне положення та коротку характеристику особливостей будови талому ламінарії і фукуса, їх розповсюдження, значення.

5. Замалювати схеми життєвих циклів ламінарії і фукуса.

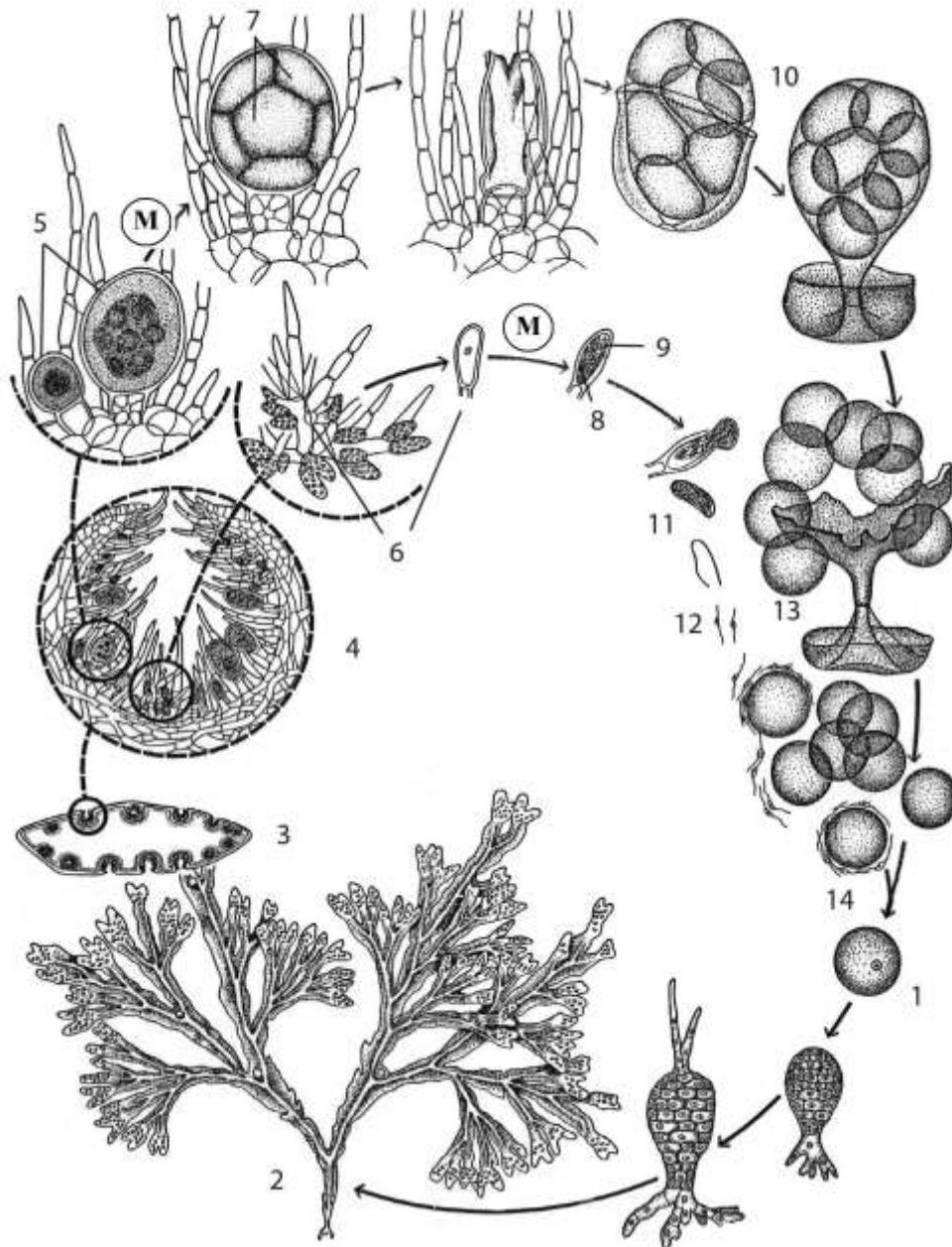


Рис. 3. Життєвий цикл фукуса:

1 – зигота, 2 – талом фукуса, 3 – рецептакула, 4 – концептакула, 5 – незрілий оогоній, 6 – незрілий антеридій, 7 – яйцеклітини, 8 – зрілий антеридій, 9 – сперматозоїди, 10 – яйцевий мішок, 11 – пакет сперматозоїдів, 12 – сперматозоїди, 13 – яйцеклітини, 14 – злиття яйцеклітини і сперматозоїда (сингамія).

Питання для самоконтролю

1. Які особливості морфологічної будови таломів бурих водоростей?
2. Що характерно для анатомічної будови ламінаріальних і фукусових бурих водоростей?
3. В чому полягають особливості будови клітин бурих водоростей?
4. Що дозволяє представникам бурих водоростей жити на глибинах, які

недоступні для більшості зелених водоростей?

5. Як розмножуються бурі водорості?

6. В чому полягають особливості життєвих циклів ламінарії і фукуса?

7. Яке значення мають бурі водорості в природі і господарській діяльності людей?

8. Наведіть приклади родів бурих водоростей з порядків: Laminariales, Fucales.

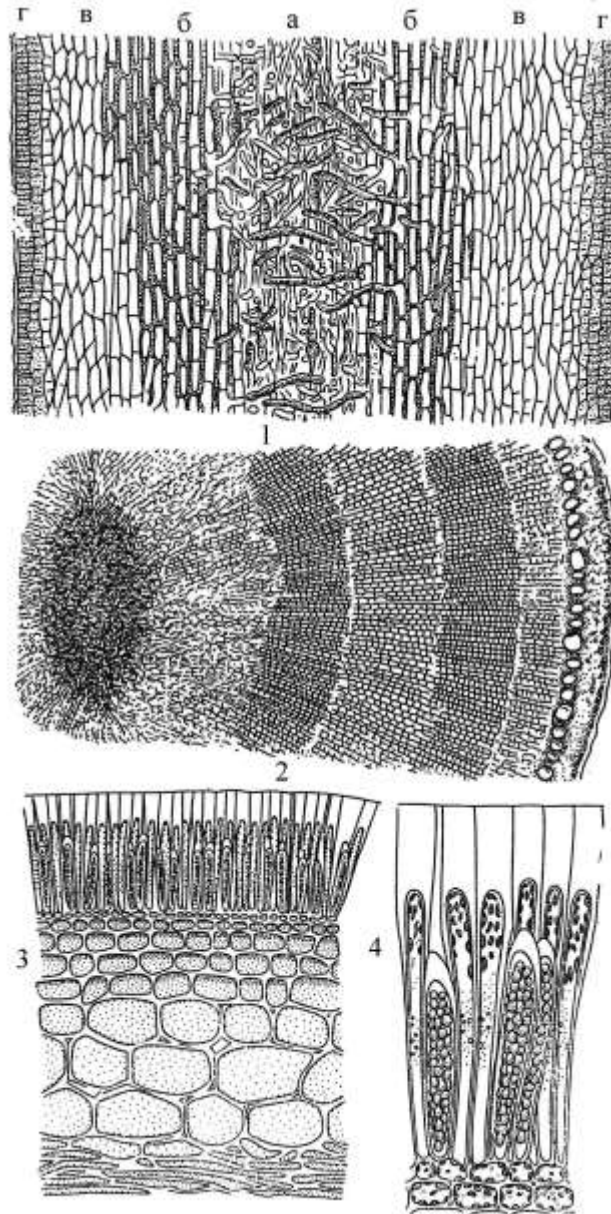


Рис. 4. Анатомічна будова талому ламінарії:

1 – повздовжній зріз черешка (а- серцевина, б – проміжний шар, в – кора, г – меристодерма), 2 – поперечний зріз черешка, 3 – зріз листовидної пластинки із спорангіями, 4 – ділянка спороносного шару при великому збільшенні (зооспорангії серед клітин-парафіз, які мають хлоропласти і дуже ослизненні верхівкові оболонки).

Питання на самостійну підготовку

1. Різні погляди на життєвий цикл фукусових.
2. Історія розвитку аквакультури бурих водоростей.

3. Організація охорони та моніторингу бурих водоростей.

Тема: Відділ діатомові водорості - Bacillariophyta

Мета заняття: Вивчити будову, розмноження, значення діатомових водоростей. Ознайомитись із найбільш поширеними родами відділу, навчитись розпізнавати діатомові водорості на рівні класів і порядків.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, покривні і предметні скельця, живі культури, фіксований матеріал водоростей родів *Melosira*, *Cyclotella*, *Pinnularia*, *Navicula* препарувальні голки, серветка, таблиці, визначники діатомових водоростей, навчальні посібники, методичні вказівки, таблиці.

Об'єкти: *Melosira*, *Cyclotella*, *Pinnularia*, *Navicula*.

Хід заняття

Теоретична частина.

1. Вивчити основні риси водоростей відділу **Bacillariophyta**, принципи поділу на класи і порядки.
2. Ознайомитись із родовими ознаками об'єктів вивчення.

Відділ налічує більше 20 тис. видів водоростей які живуть у різних водоймах, ґрунтах. В альгофлорі України відомо 714 видів діатомових водоростей.

Морфологічна будова

Діатомові водорості представлені таломами кокоїдної морфологічної структури і можуть бути одноклітинними і колоніальними.

Будова клітини

Клітини діатомових водоростей мають особливу клітинну оболонку із кремнезему, яку називають панциром. Панцир складається з двох частин - епітеки (більша) і гіпотеки (менша). Епітека і гіпотека складаються з більш або менш плоскої стулки і пояскового кільця. Пояскове кільце епітеки знаходиться на пояскове кільце гіпотеки, як кришечка на коробочку; разом вони утворюють поясок панцира.

На стулках іноді зустрічаються вирости у вигляді шипів, голок і т.п., а також складний "малюнок" симетрично розташований і пов'язаний із наявністю у стулці системи сполучення клітини із зовнішнім середовищем (пори, ареоли).

Форма панцира діатомових водоростей різноманітна: у вигляді шару, диска, циліндра і т.п. - і визначається формою стулок і їх висотою.

Розрізняють два головних типа стулок: актиноморфні, через які можна провести три і більше плоскостей симетрії (клас *Coscinodiscophyceae*) і зигоморфні, продовгуваті з бісиметричною структурою, через які можна провести не більше двох плоскостей симетрії (клас *Fragilariophyceae* та *Bacillariophyceae*).

На стулках панцира діатомей із зигоморфними стулками часто є шов у виді пари щілин або каналів, які складним чином пронизують товщу стулки. На середині стулки гілки шва з'єднуються у центральному вузлі, а на кінцівках - в

кінцеві вузли. Шви забезпечують зв'язок протопласта із зовнішнім середовищем і здатність до руху.

Протопласт клітини під панциром вкритий плазмалепою. Вакуоль одна, або кілька. Ядро одне. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу. Як і у інших водоростей-страменофітів, ядро структурно зв'язане з оболонкою хлоропластів. Хлоропластна оболонка має чотири мембрани, з яких дві зовнішні утворюють хлоропластну ендоплазматичну сітку, що переходить у зовнішню ядерну оболонку. Хлоропласти різної форми і положенню в клітині. В більшості діатомових із актиноморфними стулками і безшовних із зигоморфними стулками хлоропласти дрібні, численні, у вигляді дисків, зерновидні.

У більш високо організованих шовних діатомових хлоропласти крупні, нечисленні, часто з лопатевими краями. Хлоропласт має один чи кілька піреноїдів. Колір хлоропласта від світло-жовтого до зеленувато-бурого. Пігменти хлоропласта: хлорофіл а і с, β- та ε- каротинами, ксантофіли (переважає фукоксантин, у менших кількостях представлені діатоксантин, діадіноксантин та неоксантин). Пігментна система діатомових водоростей забезпечує фотосинтез на глибині до 50м завдяки додатковим пігментам з групи фукоксантинів.

Основним продуктом асиміляції є хризоламінарин, додатковими – олія та волютин. Продукти асиміляції відкладаються або безпосередньо у цитоплазмі, або у вакуолях.

Мітохондрій зазвичай кілька. Вони розміщуються у периферичній частині клітин і мають лише трубчасті кристи.

Вакуолярний апарат включає 4 типи вакуолей: з клітинним соком, волютином, хризоламінарином та олією.

Монадні стадії представлені виключно голими одноджгутиковими сперматозоїдами, і відомі лише у кількох родів діатомових водоростей. Джгутик вкритий ретронемами.

Чимало видів діатомових водоростей здатні виділяти слиз. За допомогою слизу водорості утворюють слизові трубки, різноманітні слизові ніжки, з'єднуються у колонії. У водоростей, які мають шов, слиз відіграє надзвичайну роль у процесі активного ковзаючого руху клітини.

Мітоз у діатомових водоростей відкритий, центріолі відсутні. Замість них функції центру організації мікротрубочок виконують особливі полярні диски.

Розмноження та цикли розвитку

Головний спосіб розмноження діатомових водоростей - вегетативне ділення клітини на дві. Численні вегетативні ділення клітин приводять до поступового зменшення розмірів клітин, які отримують гіпотечку материнської клітини. Відтворення характерного для того чи іншого виду розмірів проходить як правило через стадію ауксоспори.

Ауксоспора (або спора, що росте) – це особлива клітина, яка здатна до росту і утворюється вона в результаті статевого процесу.

Виявлено декілька типів статевих процесу: ізогамний, гетерогамний, оогамний і автогамія. При статевому процесі дві клітини вкриваються спільним слизом, протопласти збільшуються у розмірах і розсувають половинки

панцирів. Ядра кожної з клітин від одного до кількох разів діляться, причому один з поділів обов'язково є редуційним.

У водоростей з актиноморфними стулками найчастіше зустрічається оогамний статевий процес. У водоростей з зигоморфними стулками найбільш поширеними типами статевого процесу є ізо- та гетерогамія. Внаслідок ізогамії утворюються дві зиготи, а гетерогамії – або дві, або одна.

Особливим способом статевого процесу у діатомей є автогамія. У такому процесі бере участь лише одна клітина. Її ядро редуційно ділиться, далі два гаплоїдних ядра дегенерують, а два інших зливаються, відновлюючи диплоїдне ядро і утворюючи зиготу, що перетворюється на ауксоспору.

Життя водорості проходить у диплоїдній фазі. Мейоз відбувається перед утворенням гамет.

Значення

Діатомові водорості дуже широко поширені і живуть у різноманітних біотопах, прісних і солоних водоймах, вологих скелях, ґрунті та ін. В планктоні морів та океанів переважають центричні, зустрічаються і безшовні діатомові. В планктоні прісних водойм переважають шовні. Здатність до паріння у товщі води забезпечується невеликим розміром протопласту і наявністю чисельних крапель масла та тонкого панцира із різноманітними виростами, які збільшують поверхню.

Бентосні фітоценози формуються з переважною участю шовних діатомей. У ґрунті діатомові зустрічаються до глибини 1м і представлені дрібними рухливими формами.

Роль в природі і практичне значення діатомових дуже великі. В морях та океанах вони складають до 80% і більше систематичного складу водоростей, утворюють 50% всієї органічної маси океану і практично 1/4 глобальної продукції живої речовини Землі, щорічно поглинаючи із Світового океану біля 10 млрд. т вуглецю. Діатомові – головна складова трофічних ланцюгів водних екосистем. Щорічно поглинаючи із Світового океану біля 3 млрд. кремнію, вони відіграють головну роль у його кругообігу. Особливе значення діатомові мають в екологічному моніторингу, виступаючи індикаторами забруднення водного середовища. При відмиранні діатомових на дні утворюються діатомові та сапропелеві мули, діатоміти міцністю до декілька сот метрів, які застосовують у найрізноманітніших галузях.

У деяких країнах існувало явище геофагії – населення поїдало жирні діатомові землі. Так, у Мексиці ацтеки в голодні роки поїдали мул з дна озера. Відомі були їстівні мули в Китаї, Східному Сибіру, Південній Африці, Італії.

Система відділу

Поділ на класи проводиться, в першу чергу, за типом симетрії стулочок (актиноморфні чи зигоморфні) та наявністю шва. З цим комплексом ознак корелює чимало ознак, пов'язаних з будовою протопласту та особливостями статевого процесу. Відділ поділяють на три класи – **Coscinodiscophyceae**, **Fragilariophyceae** та **Bacillariophyceae**.

Клас Косцинодискофіцієві, або Центричні – Coscinodiscophyceae (Centrophyceae)

Об'єднує водорості з актиноморфними стулками, які завжди позбавлені шва. Лише у центричних діатомей виявлено оогамний статевий процес та рухливі сперматозоїди. Представники цього класу мешкають переважно у планктоні морів та прісних водойм. В класі виділяють 22 порядки, серед яких у прісних водоймах найпоширенішими є представники Melosirales.

Порядок Мелозиральні – Melosirales

Об'єднує водорості з актиноморфними стулками, у яких немає виростів із підпорками, ареоли закриті кремнеземовою платівкою з зовнішнього боку і переважно не утворюють чітких правильних штрихів. Пластиди у мелозиральних численні, дрібні, лопатеві, розміщуються у периферичному шарі цитоплазми.

Мелозира (Melosira)

Клітини з'єднані в нитки за допомогою слизу, іноді в скріпленні стулок приймають участь шипики. Панцир циліндричний, рідше дисковидний або ін. форми. Стулки складаються із круглого диску і згину стулки. Обидві стулки панцира з'єднані одна з одною безпосередньо краями згину стулки, поясок у більшості видів утворюється тільки під час ділення клітин. Сусідні клітини колонії з'єднані поміж собою дисками. Хлоропласти чисельні, у вигляді дрібних пластин, які прилягають звичайно до згину стулки. У видів роду мелозира спостерігається оогамний статевий процес. В клітинах однієї нитки внаслідок редукційного поділу виникають рухливі сперматозоїди. В клітинах інших ниток теж відбувається редукційний поділ, життєздатним виявляється тільки одне ядро, і весь протопласт стає жіночою гаметою (яйцеклітиною). Внаслідок запліднення такого протопласта сперматозоїдом утворюється ауксоспора. Зустрічається мелозира в прісних водоймах, передусім в планктоні.

Циклотела (Cyclotella)

Клітини поодинокі, рідко з'єднані слизом у прямі або звивисті нещільні ланцюги. Панцир дисковидний або коротко циліндричний. Стулки круглі, іноді плоскі, у деяких видів з численними тонкими щетинками по краю. Хлоропласти численні, у вигляді дрібних пластинок які прилягають до стулок. Ядро лежить у цитоплазматичному містку, з обох боків якого розташовані вакуолі. У видів роду спостерігається оогамний статевий процес. Циклотела широко поширена у прісноводних, рідше в солонуватих і дуже рідко в морських водоймах у планктоні.

Клас Бацилярієфіцієві, або Шовні – Bacillariophyceae

До цього класу включені водорості з зигоморфними стулками, у яких на одній або на обох стулках є шов. У водоростей з Bacillariophyceae джгутикові стадії повністю відсутні, статеві процеси представлені ізо-, гетеро- та автогамією.

Шов є структурою, з якою пов'язана здатність бацилярієфіцієвих водоростей до активного ковзаючого руху. Поява такої здатності розглядається як крупний ароморфоз. Тому ознаки, пов'язані зі швом (зокрема, його тип, кількість, положення на стулці, ступінь розвитку і т.д.) покладені в основу поділу Bacillariophyceae на порядки. Bacillariophyceae поділяють на десять порядків, з яких нижче розглядаються один – Naviculales.

Порядок Навікуляльні – Naviculales

Водорості цього порядку мають розвинені щілиноподібні шви на обох стулках. Самі стулки або бісиметричні, або S-подібні (дзеркально симетричні). Представники Naviculales поширені майже в усіх типах морських та прісноводних угруповань. Характерними прикладами навікуляльних водоростей є роди *Navicula* та *Pinnularia*.

Рід навікула – *Navicula*

Види *Navicula* мають досить просту будову: стулки лінійні, ланцетні, еліптичні загострені на кінцях або закруглені. По середині осьового поля проходить прямий щілиноподібний шов. На поверхні стулок розташовуються штрихи, утворені правильними рядами ареол. Центральне поле відносно невелике, і не доходить до країв стулки. При вигляді з пояска клітини видовжено-прямокутні. Пояскові обідки прості, і не мають вставних обідків. Хлоропластів два, вони пластинчасті, розташовуються вздовж пояскових обідків на різних боках стулки і містять по одному паличкоподібному піреноїду. Рід дуже багатий видами які поширені в прісній та солоній воді на дні, в обростаннях, рідко в планктоні.

Рід пінулярія – *Pinnularia*

Одноклітинні, рідко колоніальні діатомові водорості, широко поширені в бентосі прісних водойм. Рідко зустрічаються в солонуватих водах, знайдені у ґрунтах.

Із сторони стулки клітина пінулярії має форму еліпса, а з боку пояска - прямокутника. На кінцях стулки і в середині її знаходяться вузли: центральний і два полярних. Вздовж стулки проходить шов. Стулки несуть на поверхні поперечні риски різної довжини, які представляють собою ряди ареол - отворів, через які протопласт сполучається із зовнішнім середовищем. Цитоплазма займає в клітині пристінне положення; два пластинчастих хлоропласта розташовані так, що їх широка сторона звернута до пояска, а ребром до стулки. В центрі клітини у цитоплазматичному містку розташовується ядро. З обох боків містка містяться вакуолі із клітинним соком і краплями масла.

Практична частина

1. Приготувати препарат, розглянути під мікроскопом і замалювати клітину живої діатомової водорості *Pinnularia* (або іншу). Визначити колір хлоропласта, наявність олії, ядро, характер руху.
2. Розглянути під мікроскопом представників порядків Мелозиральні і Навікуляльні використовуючи живий або фіксований матеріал. Обов'язковими об'єктами повинні бути *Melosira*, *Cyclotella*, *Pinnularia*, *Navicula*. Замалювати об'єкти та позначити на прикладі *Pinnularia* ептеку, гіпотеку, щілиновидний шов, штрихи, центральне і осьове поле, центральний і полярні вузлики.
3. Записати систематичне положення кожного об'єкта, систематичні ознаки представників на рівні роду, порядку, класу.
4. Замалювати схему життєвого циклу діатомових водоростей.

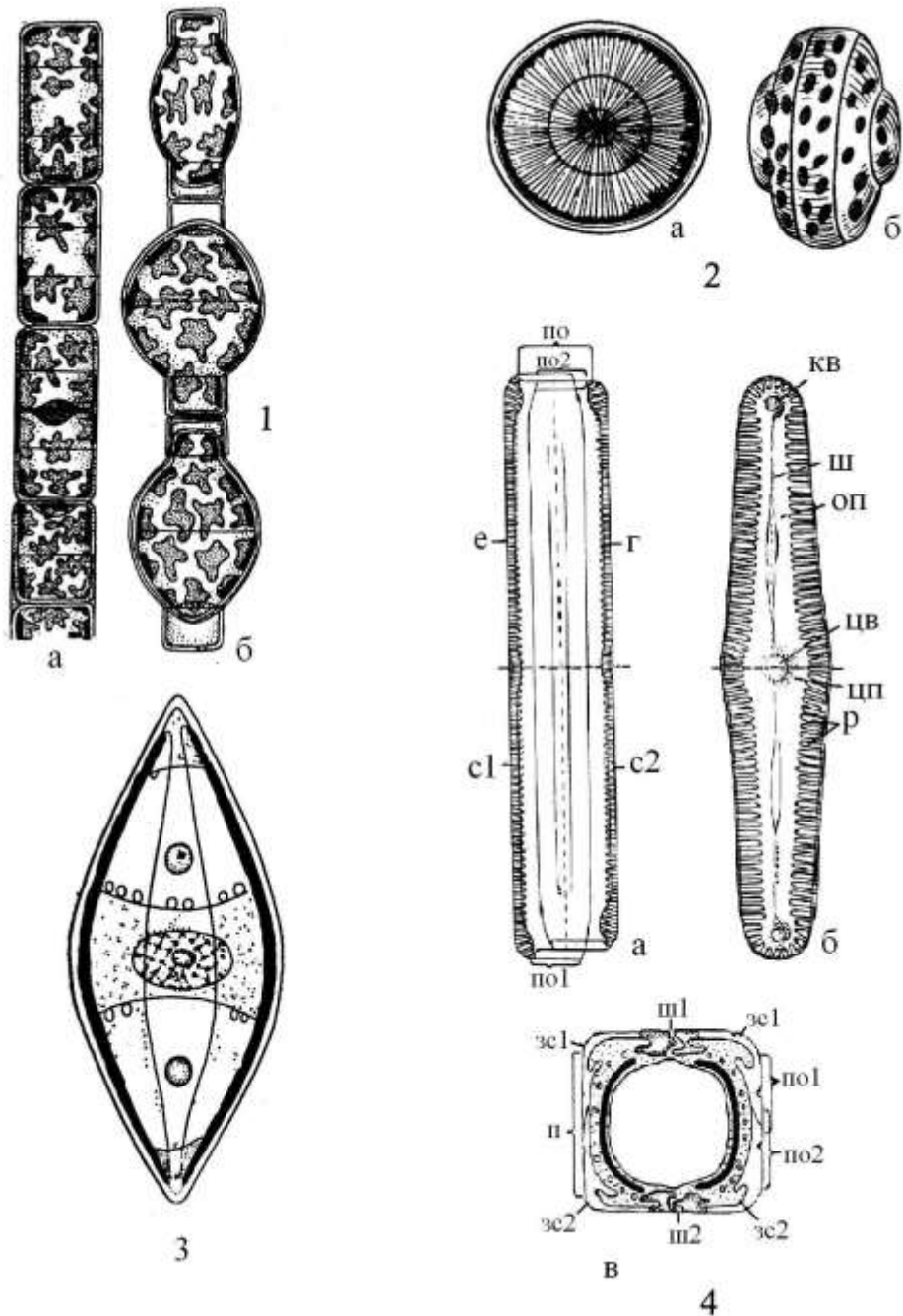


Рис. 5. Діатомові водорості:

1 – мелозіра (а - нитка з пояска, б – нитка з ауксоспорами), 2 – циклотела (а – вид із стулки, б- вид з пояска), 3 – навікула, 4 – пінулярія (а – вид з пояска, б – вид із стулки, в – поперечний зріз через клітину, е - епітета, г – гіпотека, с1 – стулка епітети, с2 – стулка гіпотеки, по1 – поясковий ободок епітети, по2 – поясковий ободок гіпотеки, по (п) – поясок, зс1 – згин стулки епітети, зс2 – згин стулки гіпотеки, оп – осьове поле, цп – центральне поле, ш – шов, ш1 – шов епітети, ш2 – шов гіпотеки, цв – центральний вузол, кв – кінцевий (полярний) вузол, р – ребра.

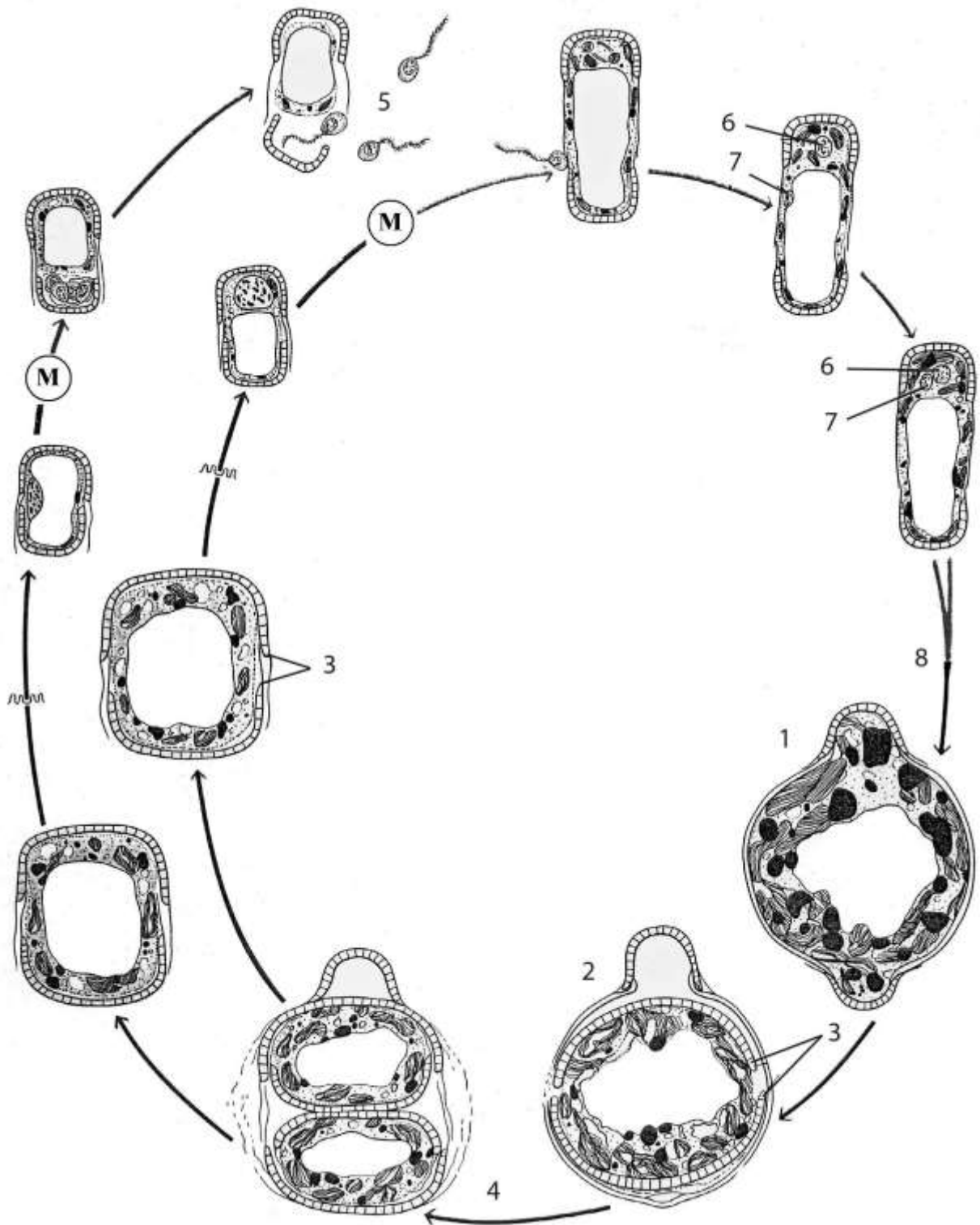


Рис. 6. Життєвий цикл діатомової водорості із оогамним статевим процесом
 1 – ауксоспора або зигота, 2 – ауксоспора, що утворює нові стулки, 3 – стулки, 4 – вегетативне ділення, 5 – сперматозоїди, 6 – ядро яйцеклітини, 7 – ядро сперматозоїда, 8 – злиття ядер яйцеклітини і сперматозоїда (сингамія).

Питання для самоконтролю

1. Як поділяють відділ діатомових водоростей на класи і порядки?
2. Що представляє собою панцир діатомових водоростей?
3. Чим відрізняється будова клітини центричних і шовних діатомових водоростей?

4. В чому особливості будови бентосних і планктонних форм діатомових водоростей?
5. Як розмножуються діатомові водорості?
6. За рахунок чого відбувається зв'язок протопласта із зовнішнім середовищем?
7. Яке практичне значення діатомових водоростей?

Питання на самостійну підготовку

1. Особливості будови джгутика сперматозоїдів діатомових водоростей.
2. Давність групи діатомових водоростей. Різні точки зору на еволюцію діатомових водоростей.
3. Роль діатомових водоростей у геологічних процесах.
4. Екологічні особливості діатомових водоростей.
5. Значення діатомових водоростей в екологічному моніторингу.

Тема: Відділ червоні водорості-Rhodophyta

Мета заняття: Вивчити особливості будови, розмноження і значення червоних водоростей. Ознайомитись із найбільш поширеними червоними водоростями морів, прісноводними видами, навчитись розпізнавати представників відділу Rhodophyta на рівні класів і порядків.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, постійні препарати зрізів ділянок таломів *Porhyra*, гербарний матеріал та фіксовані екземпляри *Porhyra*, *Batrachospermum*, *Polysiphonia*, *Corallina*, *Ceramium*, покривні і предметні скельця, препарувальні голки, серветка, чашка Петрі з водою, таблиці, навчальні посібники, визначники.

Об'єкти: *Porhyra*, *Batrachospermum*, *Polysiphonia*, *Corallina*, *Ceramium*.

Хід заняття

Теоретична частина

1. Вивчити основні ознаки водоростей відділу **Rhodophyta**, принципи поділу на класи і порядки.
2. Ознайомитись із родовими ознаками об'єктів вивчення.

Відділ червоні водорості об'єднує близько 5000 переважно морських бентосних і перифітонних видів. В прісних і солонуватих континентальних водоймах, а також у аерофітних умовах живе не більше ніж 50 видів. В альгофлорі України відомо 148 видів червоних водоростей.

Морфологічна будова

Серед червоних водоростей зустрічається кокоїдний, пальмелоїдний, нитчастий, але найчастіше різнонитчастий та пластинчастий типи морфологічної структури вегетативного тіла. Специфічна ознака червоних водоростей – повна відсутність джгутикових стадій.

Будова клітини

Клітина має трьохшарову оболонку. Внутрішній шар - целюлозний, середній - із пектину з фікоколоїдами (агар-агаром, агароїдом, каррагеніном), зовнішній шар – кутикула (утворена згущеною полімеризованою манозою). Примітивні бангії водорості целюлозного шару позбавлені. У деяких видів оболонка інкрустована солями кальцію, магнію, заліза і дуже тверда.

Пластиди первинно симбіотичні, родофітного типу (родопласти), з поодинокими тилакоїдами, вкриті двома мембранами. В клітинах хлоропластів багато, у нижчих представників зірчастої форми, з піреноїдами, а у вищих - пластинчастої, дисковидної, без піреноїдів. Пігменти: хлорофіл а та фікоціанін, аллофікоціанін і фікоеритрин. Звичайно фікоеритрин переважає над двома іншими фікобілінами. Каротиноїди представлені α - та β -каротинами, криптоксантином, тараксантином, зеаксантином та лютеїном. Різне співвідношення пігментів зумовлює жовтуватий, яскраво-малиновий, темно-червоний, темно-фіолетовий, оливково-зелений та ін. колір таломів.

Продукт асиміляції – багрянковий крохмаль, що відкладається у цитоплазмі. Від йоду багрянковий крохмаль не синіє, а червоніє. У примітивних бангійських водоростей продуктом асиміляції є глікоген. Додатковими запасними поживними речовинами можуть бути галактозид, флоризид, багатоатомні спирти (манніт), у незначній кількості – олія. Всі продукти асиміляції відкладаються поза межами хлоропластів.

Клітини талому поєднуються між собою за допомогою пор, серед яких розрізняють первинні і вторинні. Первинні формуються у результаті розвитку неповної перегородки між двома дочірніми клітинами, що тільки утворились. У деяких червоних можуть утворюватися ще і вторинні пори: клітина формує виріст, з'єднується із сусідньою і при цьому відбувається переміщення одного із дочірніх ядер з клітини в клітину.

Розмноження і цикли розвитку

Життєвий цикл червоних водоростей характеризується повною відсутністю джгутикових стадій. Вегетативне розмноження кокоїдних і колоніальних водоростей відбувається діленням клітини на дві або більше дочірніх. Інші можуть утворювати додаткові пагони, які відростають від подошви, або ниток що стеляться.

Безстатеве розмноження відбувається моноспорами (утворюються в спорангіях по одній) і тетраспорами (утворюються в спорангіях по чотири). Спори червоних водоростей позбавлені оболонки і здатні до амебоїдного руху. При утворенні спор в спорангіях, як правило, відбувається редуційний поділ. Таким чином, спори гаплоїдні.

Статеве розмноження - оогамія. Чоловічі статеві органи – антеридії (сперматангії), жіночі - карпогони, які у високоорганізованих представників складаються із розширеної черевної частини і довгої ниткоподібної частини - трихогони. Одразу після запліднення зигота без періоду спокою проростає в особливе покоління, присутнє лише у червоних водоростей – карпоспорофіт. На карпоспорофіті утворюються карпоспори, які дають початок новому спорофіту. Утворення карпоспор може відбуватися трьома

основними шляхами, які обумовлюють три основні плани будови карпоспорофіту.

У найпростішому випадку зигота одразу починає ділитися, утворюючи карпоспори безпосередньо у карпогоні. В цьому варіанті карпоспорофіт дуже простий і представлений карпогоном з карпоспорами.

При складнішому варіанті від заплідненого карпогону відростають багатоклітинні нитки з диплоїдними ядрами – гонімоласти. Далі клітини таких гонімоластів перетворюються на карпоспори. Тут покоління карпоспорофіту представляють карпогон, гонімоласти та карпоспори.

Третій варіант найскладніший. Його особливістю є наявність особливих клітин – ауксиллярних, з яких починається розвиток гонімоласту. З карпогону після запліднення у напрямку до ауксиллярної клітини утворюється виріст (або ообластемна нитка, якщо ауксиллярна клітина знаходиться на відстані від карпогону) по якому ядро зиготи пересувається із карпогону до ауксиллярної клітини. Після того як до ауксиллярної клітини потрапило ядро зиготи вона стає центром розвитку гонімоласту. Ядра ауксиллярної клітини і зиготи не зливаються, оскільки ауксиллярна клітина лише дає додаткове живлення для розвитку гонімоласта. Диплоїдне ядро кілька разів мітотично ділиться, дочірні ядра мігрують у периферичні випини клітини. Кожний випин відокремлюється перегородкою і проростає в гонімоласт, клітини якого перетворюються на карпоспори. В цьому варіанті карпоспорофіт складається з карпогону, клітини злиття, ауксиллярних клітин, гонімоластів та карпоспор.

Таким чином, життєвий цикл у Rhodophyta переважно гаплодиплофазний зі споричною редукцією і чергуванням трьох поколінь – гаметофіту, карпоспорофіту та спорофіту.

Значення

За виключенням небагатьох представників, червоні водорості є морськими організмами. Звичайною межею їх масового розповсюдження є глибина 40-60м, але вони можуть рости і на глибині 100-200м завдяки наявності червоних пігментів, здатних засвоювати незначні кількості світла в спектральному діапазоні, який є недосяжним для інших водоростей.

Морські червоні водорості грають важливу роль в природі. Вони є джерелом органічних речовин, їжею для багатьох морських тварин. Червоні водорості використовуються людиною для виготовлення агару. Його отримують із видів родів *Gelidium*, *Gracilaria* та ін. Агар застосовується в медицині, харчовій промисловості та ін. Крім того, із червоних водоростей отримують карагенани, агароїд та ін. Червоні водорості разом із іншими використовують для виготовлення водоростевої муки, яка йде на корм свійським тваринам і на добриво. Деякі вживаються в їжу людиною. Найбільш популярними серед них є *Rhodomenia palmate* (червоний морський салат), *Porphyra leucosticte*, *P. laciniata*. Вони багаті на вітаміни, мають ряд дієтичних і лікувальних речовин, у тому числі йод. В Японії розвинуто промислове культивування порфіри. Деякі червоні водорості використовують як біологічні індикатори.

Система відділу

За будовою карпогону, хлоропластів, способами безстатевого розмноження, продуктами асиміляції та наявністю вторинних пор відділ поділяють на два класи – *Bangiophyceae* та *Florideophyceae*.

Клас бангієві (*Bangiophyceae*)

Водорості цього класу (близько 70 видів) примітивної будови, Одноклітинні, колоніальні, багатоклітинні нитчастої, гетеротрихальної і пластинчастої структури. Клітини містять один зірчастий хлоропласт з піреноїдом. Безстатеве розмноження моноспорами. Карпогон без трихогони. Зигота проростає безпосередньо в карпоспори. Більш примітивні види живуть у прісних водоймах, наземних біотопах, більш високоорганізовані - в морських водоймах. У Чорному морі трапляється порфіра (*Porphyra*).

Рід Порфіра (*Porphyra*)

Зустрічається в літоралі північних і південних морів. Талом листовидний (до 50см) яскраво-пурпуровий, прикріплюється основою до субстрату. Пластинка з одного або двох шарів клітин. Росте дифузно. В оболонках клітин немає пор, ядро одне, хлоропластів 1-2 зірчастої форми із піреноїдом. Антеридії і карпогони розвиваються на різних рослинах. Після запліднення зигота ділиться на 2-32 карпоспори. Карпоспори спочатку голі, але через кілька днів вкриваються оболонкою і розвиваються у нитчасті таломі, які утворюють червоні плями на черепашках молюсків. На нитчастому таломі розвиваються моноспори, які проростають у листовидні таломі порфіри. Багато видів порфіри їстівні і використовуються в їжу у вигляді салатів, приправ, гарнірів до м'яса і риби. В Чорному морі її вирощують на спеціальних морських фермах.

Клас флоридеєві (*Florideophyceae*)

Багатоклітинні водорості різноманітної форми псевдопаренхіматозної структури, найчастіше складної анатомічної будови. Клітини одно- або багатоядерні. Хлоропласт один, або декілька пристінних, пластинчатих, стрічкоподібних без піреноїдів. Вегетативне розмноження зустрічається рідко. Безстатеве розмноження тетраспорами. Карпогон завжди з трихогіною. Зигота терпить складні перетворення, перш ніж дає карпоспори. Більшість флоридеєвих - типові морські організми, широко розповсюджені по всьому Світовому океану.

Порядок Немаліальні – *Nemaliales*

Таломі у немаліальних переважно гетеротрихальні або псевдопаренхіматозні. Характерні ознаки порядку – відсутність ауксиллярних клітин. Життєві цикли гаплодиплофазні, зі споричною редукцією та зміною поколінь. Типовий представник – *Batrachospermum*.

Рід Батрахоспермум (*Batrachospermum*)

Прісноводна водорість. Талом оливково-синюватий, має галузисту осьову нитку з великих клітин. На ній кільцями розташовані короткі гілки з дрібних клітин з численними хлоропластами - клітин-асиміляторів. Статеві органи - антеридії і карпогони - розвиваються на одній або різних рослинах. Антеридії утворюють нерухомі статеві гамети - спермації, які переносяться водою на карпогон з трихогіною. Після запліднення з черевної частини карпогона виростають галузисті

гоніомобласти, кінцеві клітини яких дають карпоспори. Структура, утворена гоніомобластами з карпоспорами, має сферичну форму, зовні вкрита тонкою слизовою обгорткою і називається цистокарпієм. З карпоспор виростають галузисті кущики іншого вигляду, які можуть розмножуватись моноспорами (цю стадію розглядають як диплоїдне утворення, яке відповідає тетраспорофіту інших червоних водоростей). При сприятливих умовах з його верхівкових клітин виростають типові таломі батрахоспермума.

Порядок Коралінальні – Corallinales

Найяскравішою особливістю представників порядку є кальцифікація клітинних покривів. Таломі багатоосьові, звичайно просякнуті вапном і мають вигляд червоного каміння, невеликих кущиків або нагадують корали. Чергування поколінь у представників порядку ізоморфне. Органи як безстатевого, так і статевого розмноження (тетраспорангії, карпогони та антеридії) розвиваються у спеціальних заглибинах талому, що називаються концептакулами. Карпоспорофіти складаються з багатьох елементів.

Одним із поширених родів є *Corallina*.

Рід Кораліна (*Corralina*)

Розповсюджена у всіх морях, зокрема в Чорному морі, особливо у тропіках і приймає участь в утворенні коралових рифів. Талом у вигляді вертикального кущика, який галузиться найчастіше в одній площині і вивпнений вапном. Органи розмноження у кораліні (антеридії, карпогони, тетраспорангії) розвиваються завжди на різних індивідах на кінцівках гілочок в особливих заглибленнях - концептакулах, які з'єднані із зовнішнім середовищем невеликим отвором. На відміну від батрахоспермума тут є ауксиллярні клітини, які розвиваються до запліднення карпогону і розсіяні по талому на певній відстані від нього. З карпогону після запліднення до ауксиллярних клітин ростуть багатоклітинні нитки, які називаються ообластемними. Після злиття ауксиллярної клітини з клітиною ообластемної нитки і переходу диплоїдного ядра клітини нитки в ауксиллярну клітину (ядра ауксиллярної клітини і ообластемної не зливаються) виникають гоніомобласти з карпоспорами (карпоспорофіт). Карпоспори проростають у диплоїдні рослини - тетраспорофіти. При утворенні тетраспор відбувається мейоз і гаплоїдні тетраспори проростають у гаплоїдні рослини - гаметофіти. Гаметофіт і тетраспорофіт морфологічно не відрізняються.

Кораліну використовують як лікарську водорість, виготовляючи з неї препарати для усунення печії.

Порядок Цераміальні – Ceramiales

Об'єднує водорості з ниткоподібними одноосьовими таломами, що прикріплюються до субстрату підосвою, яку утворює базальна клітина; сланкі нитки таломів редуковані. Спорофіти цераміальних мають тетрадричні тетраспорангії, гаметофіти утворюють прокарпії, карпоспорофіти – цистокарпії. Характерні представники – *Ceramium* та *Polysiphonia*.

Рід церамій – *Ceramium*. Види роду мають вигляд невеличких кущиків, утворених дихотомічно розгалуженими нитками із загнутими всередину гачкоподібними верхівками. Талом утворений однорядною опірною ниткою, у якої зона контакту суміжних клітин вкрита корою. У деяких видів кора вкриває

весь талом, проте частіше, середня частина клітин опірних ниток лишається відкритою. Як наслідок, рослина набуває членистого вигляду – прозорі відкриті ділянки опірних клітин чергуються з ділянками, вкритими корою, що забарвлена в інтенсивний червоний колір. Кора являє собою асиміляторні короткі нитки, що щільно притискаються до оболонок клітин опірної нитки. Деякі асиміляторні нитки видозмінюються у щетинки або шипи. Сперматангії та карпогоніальні нитки у гаметофітів та тетраспорангії у спорофітів розвиваються з клітин кори. *Ceramium* зустрічається в усіх широтах, але масово розвивається переважно у теплих морях, зокрема в Чорному та Азовському.

Рід Полісифонія (Polysiphonia)

Має нитковидний розгалужений талом. У центрі його є центральний сифон (один ряд осьових клітин), від якого відокремлюються периферичні клітини (корові), розміщені правильними горизонтальними рядами. Розповсюджена полісифонія як в південних так і в північних морях. Статеві органи виникають на особливих гілочках гаметофітів (чоловічому і жіночому). Після запліднення біля карпогона відокремлюється ауксиллярна клітина (сукупність ауксиллярної клітини і карпогона носить назву прокарпії). Ауксиллярна клітина зливається з червонною частиною заплідненого карпогона, після чого розвиваються гонімобласти з карпоспорами, вкриті псевдопаренхіматозною оболонкою (зрілі гонімобласти, замкнені в оболонку, називають цистокарпом). З карпоспор виростають тетраспорофіти, морфологічно подібні з гаметофітами. При утворенні тетраспор відбувається мейоз. Різні види полісифонії поширені у Чорному морі.

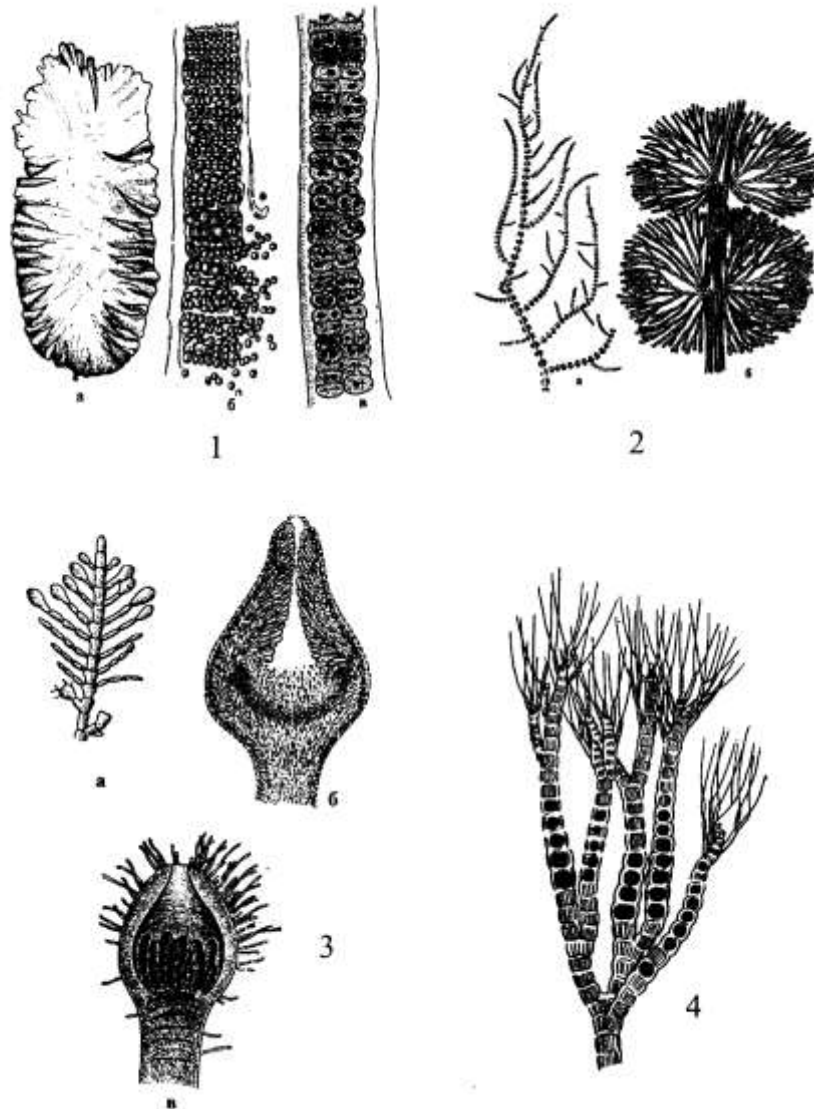


Рис. 7. Червоні водорості:

1 – порфіра (а зовнішній вигляд, б – зріз талому з антеридіями, в – зріз талому з карпогонами, вміст яких після запліднення ділиться з утворенням карпоспор), 2 – батрахоспермум (а – зовнішній вигляд, б – частина талому з карпоспорангіями), 3 – кораліна (а – зовнішній вигляд талому, б – концептакул з антеридіями, в – концептакул з тетраспорангіями), 4 – полісіфонія (тетраспорофіт із тетраспорангіями)

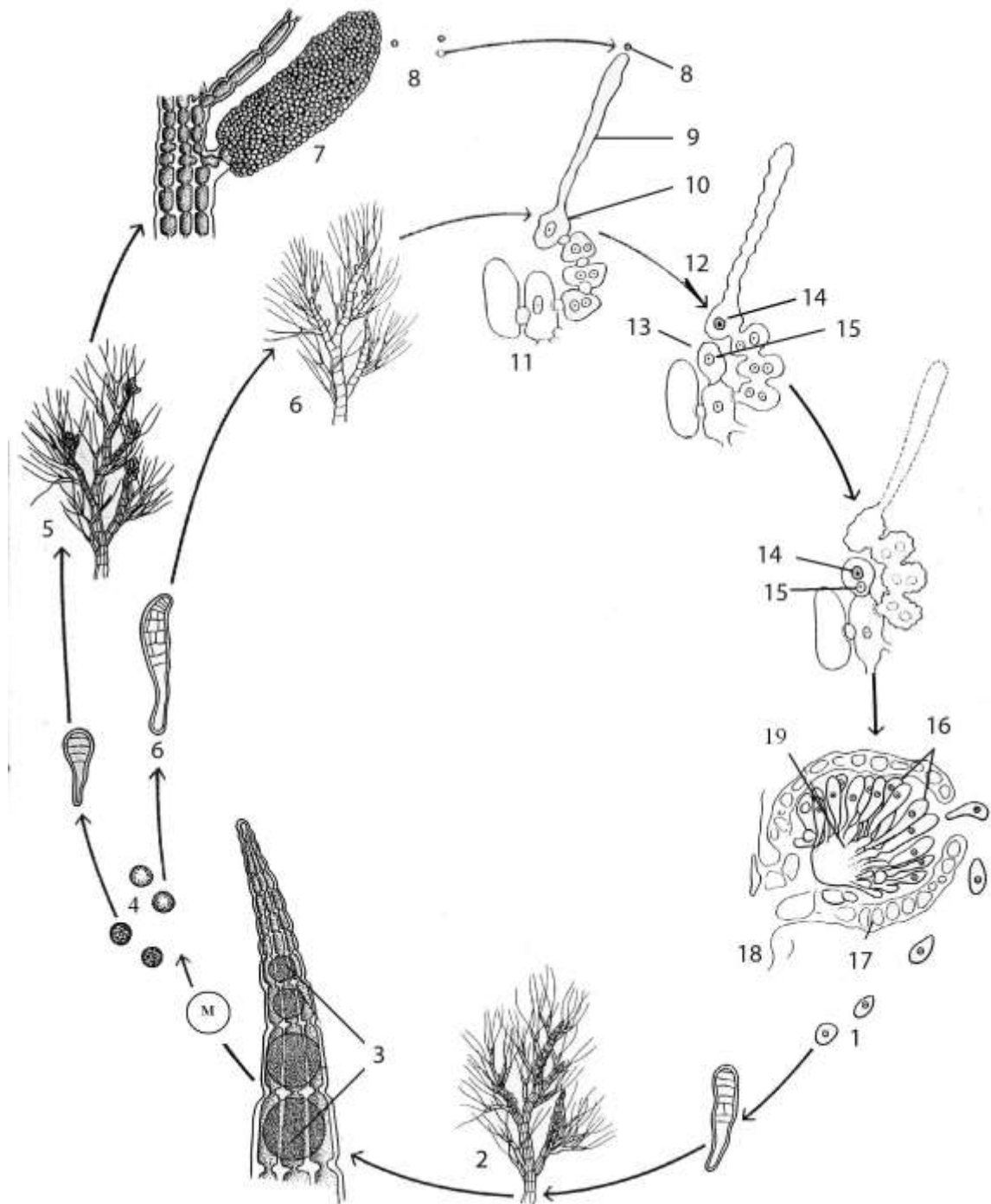


Рис. 8. Життєвий цикл полісіфонії.

1 – карпоспори, 2 – тетраспорофіт, 3 – тетраспорангії, 4 – тетраспори, 5 – чоловічий гаметофіт, 6 – жіночий гаметофіт, 7 – сперматангій, 8 – спермації, 9 – трихогіна, 10 – яйцеклітина в базальній частині карпогону, 11 – карпогоніальна гілка, 12 – злиття спермація і яйцеклітини (сингамія), 13 – ауксиллярна клітина, 14 – ядро зиготи, 15 – ядро ауксиллярної клітини, 16 – гонімоласти з карпоспорам, 17 – перикарп, 18 – цистокарп, 19 – карпоспорофіт всередині перикарпа.

Практична частина

1. По гербарним зразкам та використовуючи фіксований матеріал розглянути (під мікроскопом) представників класів Bangiophyceae і Florideophyceae: *Porhyra*, *Batrachospermum*, *Corallina*, *Ceramium*, *Polysiphonia*.

2. Записати систематичне положення кожного об'єкта, поширення та практичне значення.

3. Замалювати схеми життєвих циклів порфіри, батрахосперму, кораліни, полісіфонії.

Питання для самоконтролю.

1. Вкажіть систематичні ознаки, особливості розмноження і поширення червоних водоростей.

2. Назвіть принципи поділу відділу на класи та порядки.

3. У чому полягають особливості життєвого циклу червоних водоростей? Як утворюються карпоспори у різних представників червоних водоростей?

4. Характеризуйте практичне значення представників Rhodophyta.

Питання на самопідготовку.

1. Екологічні особливості червоних водоростей.

2. Охорона та моніторинг червоних водоростей.

Тема: Відділ зелені водорості -Chlorophyta

Клас зелені водорості - Chlorophyceae

Мета заняття: Вивчити особливості будови, розмноження, поширення та значення зелених водоростей із класу Chlorophyceae. Навчитись розпізнавати представників порядків Volvocales, Chroococcales та Scenedesmales, ознайомитись із найбільш поширеними родами цих порядків.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, покривні та предметні скельця, препарувальні голки, серветка, чашка Петрі з водою, 1 % розчин метиленового синього, 40 % формальдегід, фільтрувальний папір, пінцет, живі культури або фіксовані водорості родів *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Chlorococcum*, *Hydrodictyon*, визначники, навчальні посібники, методичні вказівки, таблиці.

Об'єкти: *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Chlorococcum*, *Hydrodictyon*.

Хід заняття

Теоретична частина

1. Вивчити основні ознаки водоростей класу зелені водорості - Chlorophyceae, принципи поділу на порядки.
2. Ознайомитись із родовими ознаками об'єктів вивчення.

Відділ об'єднує більш ніж 20000 видів еукаріотичних водоростей. Зелені водорості поширені в прісних водоймах, в морях та океанах, в наземних біотопах, на снігу та льоду. В альгофлорі України відомо 2005 видів зелених водоростей.

Морфологічна будова

Серед зелених водоростей є індивіди одноклітинні, неклітинні, багатоклітинні, колоніальні (ценобіальні). Зустрічаються всі типи структури

вегетативного тіла крім амебоїдного.

Будова клітини

Будова клітини різноманітна. Деякі представники мають клітини вкриті лише плазмалею, але більшість має клітинну оболонку з целюлози і пектину. Клітини містять від одного до багатьох ядер. Пластиди первинно симбіотичні, хлорофітного типу (хлоропласти). Вони різні за формою (чашовидні, пластинчасті, стрічкоподібні, дисковидні, сітчасті та ін.), розміром та положенню в клітині (пристінні, осьові). Фотосинтезуючі пігменти: хлорофіл а, в, каротини (α , β , γ та ϵ -каротин) і ксантофіли лютеїнового ряду (лютеїн, зеаксантин, неоксантин, віолаксантин, антраксантин). У деяких виявлені ще ряд специфічних ксантофілів. За складом фотосинтезуючих пігментів зелені водорості подібні до вищих рослин. Клітини у деяких зелених водоростей можуть набувати оранжево-червоного забарвлення у несприятливих умовах при зміні співвідношення між основними групами пігментів а також при накопиченні вторинних каротиноїдів. Хлоропласти звичайно містять від одного до багатьох піреноїдів із крохмальною обгорткою або ні.

Основний продукт асиміляції – крохмаль, який завжди відкладається в хлоропласті (як і у вищих рослин) часто – навколо піреноїду. Крім крохмалю можуть накопичуватися олія, лейкози, а у сифонофіцієвих водоростей основним асимілятом може бути полісахарид інулін.

У монадних форм і стадій зелених водоростей з хлоропластом пов'язана стигма. У місці розташування стигми оболонка хлоропласта тісно прилягає до плазмалеми. Ця ділянка плазмалеми виконує функції фоторецептора, а стигма – функцію ширми, яка регулює кількість світла, що падає на фоторецептор.

Джгутиків у монадних зелених найчастіше два, іноді чотири і більше однакових за довжиною (ізоконтних) і будовою (ізоморфних). Багатоджгутикові форми називаються стефанокотними. Поверхня джгутиків звичайно гладенька або вкрита органічними субмікроскопічними лусочками чи мастигонемами.

Мітохондрій у клітинах від однієї до кількох і їм притаманні пластинчасті кристи.

Вакуолярний апарат зелених водоростей представлений справжніми вакуолями з клітинним соком. У клітинах багатьох монадних та гемімонадних прісноводних та наземних водоростей звичайно є дві, зрідка – кілька скоротливих вакуолей.

В цитоплазмі зелених водоростей відмічені також лізосоми, пероксисоми, сферосоми, ірісові тіла, ломасоми та система мікротрубочок яка не відрізняється суттєво від такої ж у інших відділах водоростей.

В залежності від ступені узгодженості процесів мітозу і цитокінезу спостерігається послідовне, одночасне і сегментаційне клітинне ділення. Мітоз закритий, напівзакритий або відкритий. У монадних клітин центріолі звичайно відсутні, їх функцію виконують базальні тіла джгутиків. У клітинах представників, позбавлених здатності до активного руху, центріолі наявні (за винятком більшості харофіцієвих водоростей).

Розмноження і цикли розвитку

Вегетативне розмноження відбувається внаслідок поділу клітин, частинами слані, утворенням нових ценобіїв із вмісту клітин старих ценобіїв, а у деяких - особливими бульбочками.

Безстатеве розмноження зелених водоростей проходить за допомогою спеціалізованих клітин - зооспор, апланоспор, автоспор, гіпноспор та ін.

Статевий процес відбувається у виді гологамії, ізогамії, гетерогамії, оогамії, кон'югації. Серед зелених водоростей є гомо- і гетероталічні види. У деяких зелених водоростей статевий процес відсутній. Цикли розвитку зелених водоростей дуже різноманітні. Серед тих, що мають статевий процес життєві цикли представлені гаплофазними, гаплодиплофазними та диплофазними циклами із зиготичною, гаметичною, споричною та соматичною редукцією, з ізо- та гетероморфною зміною поколінь.

Значення

Зелені водорості широко розповсюджені у воді, ґрунті, наземних місцевостях. Вони зустрічаються у прісних та солоних водоймах, серед них є як планктонні так і перифітонні та бентосні організми. Зелені водорості вступають у симбіотичні відношення з грибами і утворюють лишайники.

Масовий розвиток мікроскопічних зелених водоростей викликає зелене чи червоне "цвітіння" води, ґрунту, снігу та ін.

Деякі види мають господарське значення як індикаторні організми, агенти самоочищення зливних вод, інші - перспективні об'єкти біотехнологій для отримання біогазу, кормів, вітамінних та ферментативних препаратів та ін.

Система зелених водоростей

За сучасними системами відділ поділяють на шість класів: Prasinophyceae, Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, Siphonophyceae та Charophyceae. В основі поділу відділу на класи покладено комплекс ознак, пов'язаних з особливостями будови клітинних покривів, джгутикового апарату, мітозу та цитокінезу та ін. З цими ознаками узгоджуються також екологічні особливості представників різних класів.

Клас Хлорофіцієві – Chlorophyceae

Об'єднує водорості з одноклітинною, багатоклітинною, зрідка – неклітинною будовою, які мешкають переважно у прісних водоймах. Клітини вкриті оболонками. Мітоз закритий. Більша частина представників здатна до гіперсинтезу вторинних каротиноїдів, і, як наслідок, на певних стадіях життєвого циклу може змінювати забарвлення з зеленого на червоне або жовто-гаряче.

Клас поділяють на вісім порядків у відповідності з типом морфологічної структури тіла, типом зооспор, здатністю до гіперсинтезу вторинних каротиноїдів, особливостями поділу клітин тощо. Нижче розглядаються три порядки – Volvocales, Chlorococcales, Scenedesmales.

Порядок вольвоксові (Volvocales)

Нараховує близько 1000 видів монадної організації, які можуть бути одноклітинними або колоніальними організмами.

Розповсюджені головним чином у прісних водоймах і при масовому

розвитку викликають їх "цвітіння". Деякі викликають червоне "цвітіння" солоних водойм і снігу.

Спалахи цвітіння водойм відомі з давніх-давен і викликали різні марновірства, призводили до появи різноманітних пророкувань. Особливо бентежні думки виникали у випадках криваво-червоного цвітіння, які пов'язували найчастіше із лихом, яке було у минулому або має бути і цвітіння – прикмета, передвісник, попередження про його наближення. А насправді таке цвітіння викликають організми, які мають червоний пігмент – гематокром.

Вольвоксові є важливою групою організмів, що активно сприяють самоочищенню водойм. Їх використовують у біомоніторингу, для доочистки стічних вод, вони є об'єктами біотехнології. Деякі з них, (наприклад, *Dunaliella*) є перспективними об'єктами для отримання каротину.

Одноклітинні форми у порядку представляють роди *Chlamydomonas*, *Dunaliella*, ценобіальні – *Gonium*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Volvox*.

Хламідомонада (Chlamydomonas)

Рід нараховує біля 500 видів, які живуть у калюжах, мілких прісних водоймах, ґрунті.

Одноклітинна дводжгутикова водорість кулястої, яйцевидної, овальної, іноді несиметричної форми, з м'якою пектиново-геміцелюлозною оболонкою. На передньому кінці клітини знаходиться носик випуклої, сідлоподібної, плоскої або іншої форми. Хлоропласти чашовидні. Клітина має дві скоротливі вакуолі, стигму. В середині клітини знаходиться ядро.

За несприятливих умов клітини хламідомонад втрачають джгутики, але зберігають здатність до поділу і утворюють слизові скупчення - так звані пальмелодні стани. Тривалість перебування у цьому стані може значно перевищувати тривалість перебування у монадному.

Розмножується хламідомонади зооспорами. При цьому клітина втрачає джгутики, а її вміст ділиться і дає 2-4 або 8 зооспор. Зооспори звільнюються з оболонки материнської клітини через її ослизнення. Статевий процес - ізогамія, гетерогамія і оогамія. Ізогамети утворюються у великій кількості в кожній клітині (32-64). Зигота вкривається товстою оболонкою, в ній нагромаджуються запасні речовини і червоний пігмент гематокром. Після тривалого спокою вона проростає, ділячись редуційно і даючи 4 зооспори.

Вольвокс (Volvox)

Кулясті ценобії його досягають 2мм, складаються з багатьох тисяч дводжгутикових клітин (від 500 до 20000 (50000)), розміщених у кулі, яка утворюється щільною одношаровою слизовою обгорткою (інволюкрум). Кожна клітина вкрита власною оболонкою, яка зростається з оболонками сусідніх клітин, набираючи полігональної (5-6-кутної) форми. Крім того, апікальний бік оболонки притискається та щільно з'єднується з інволюкрумом. Як наслідок, безпосередньо під інволюкрумом утворюється периферичний шар камер-оболонок, в яких вільно лежать протопласти клітин, ніби підвішені на джгутиках. Джгутики крізь канали в інволюкрумі виходять назовні. Простір між протопластами та клітинними оболонками, а також вільна від клітин порожнина ценобію, виповнені водянистим слизом. Хлоропласт у клітинах

великий, чашовидний, піреноїд один або декілька. Є стигма. Скоротливих вакуолей 2 і більше (до 6). В ценобії чітко виражена полярність, яка виявляється в напрямку руху і морфологічній відмінності клітин, які складають ценобій. Органи безстатевого (гонідії) і статевого (антеридії і оогонії) розмноження утворюються лише в задній частині ценобія. Серед видів вольвоксу відомі як одноклітинні так і двоклітинні індивіди.

При розвитку з гонідій (партеноголідій) дочірніх ценобіїв спостерігається багаторазове ділення протопласту, утворення багатоклітинної пластинки, яка потім загинається і вивертається. На певній стадії розвитку дочірні ценобії переходять в порожнину материнського ценобія, а звідтіля завдяки розриву оболонки звільнюються назовні. Схожий процес спостерігається при утворенні нових ценобіїв із заплідненої яйцеклітини оогонія. Яйцеклітина запліднюється сперматозоїдами, які утворюються в антеридіях і представляють собою видовжені веретеневидні клітини з двома довгими джгутиками. Зигота вкривається товстою горбкуватою оболонкою і переходить у стан спокою. По його завершенні ядро зиготи редуційно ділиться. Три дочірні ядра дегенерують, життєздатним лишається тільки одне. Як наслідок, зигота проростає однією зооспорою, яка після серії поділів розвивається у новий ценобій.

Зустрічається вольвокс в планктоні текучих і стоячих водойм, особливо часто в болотах. В Україні найбільш поширений *V. globator*, який може викликати "цвітіння" води калюж.

Порядок хлорококальні (Chlorococcales)

Об'єднує поодинокі або зібрані у тетради кокоїдні водорості. Представники порядку не здатні до гіперсинтезу вторинних каротиноїдів і залишаються зеленими на всіх стадіях життєвого циклу. Зооспори із оболонкою. Хлорококальні водорості відіграють велику роль в природі як продуценти органічної речовини і кисню, є агентами самоочищення води. Їх використовують як біоіндикаторні організми, вони є об'єктами різноманітних досліджень. Типовим представником порядку є *Chlorococcum*.

Хлорококум (Chlorococcum)

Клітини окремі, іноді у нестійких рихлих скупченнях невизначеної форми, еліпсоїдні і кулясті. Оболонка гладенька, потовщується з часом. Хлоропласт один, пристінний, чашовидний та ін. форми, звичайно з одним піреноїдом. При несприятливих умовах вегетативні клітини можуть вкриватися товстою шипуватою оболонкою і перетворюватись на спочиваючі клітини – гіпноспори. Розмножується дводжгутиковими зооспорами. Іноді апланоспорами. Статеве розмноження - ізогамія. Гамети морфологічно не відрізняються від зооспор.

Види роду належать до амфібіальних організмів – вони дуже часто зустрічаються у ґрунтах, переважно лісових фітоценозів, в неглибоких прісних водоймах та в аерофітних умовах.

Порядок Сценедесмальні – Scenedesmales

Об'єднує одноклітинні, колоніальні та ценобіальні водорості з кокоїдним типом морфологічної структури тіла. Оболонки містять шар кристалічно

впорядкованої целюлози. Представники порядку здатні до гіперсинтезу вторинних каротиноїдів (особливо при нестачі азоту) і на певних стадіях життєвого циклу можуть набувати червоного забарвлення. Зооспори завжди голі. Характерними представниками порядку є роди *Bracteacoccus*, *Hydrodictyon*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*.

Гідродікціон (*Hydrodictyon*)

Своєрідна ценобіальна водорість у вигляді великої (до 20-40см) мішковидної сіточки, складеної з величезної кількості клітин (до 20000). Клітини циліндричні, з'єднуються кінцями, утворюючи сітчасту стінку мішковидного ценобія. Хлоропласт пристінний, складно розчленований, з великою кількістю піреноїдів. В центрі клітини - велика вакуоль з клітинним соком. Ядер багато. Розмножується зооспорами і ізогамно. Дводжгутикові голі грушовидні зооспори утворюються у великій кількості в кожній клітині і під оболонкою материнської клітини з'єднуються у новий дочірній ценобій.

При статевому розмноженні протопласт клітини розпадається на кілька тисяч голих дводжгутикових ізогамет. Через отвір в оболонці материнської клітини гамети виходять назовні. Далі гамети різних статевих знаків копулюють. Утворюється зигота, що переходить у стан спокою. По його закінченні відбувається мейоз і зигота проростає чотирма великими гаплоїдними зооспорами. Вони здатні відпливати від місця утворення на значну відстань, і, таким чином, виконують функцію розселення. По закінченні руху кожна зооспора проростає у багатокутну багатоядерну клітину – поліедр, що являє собою спорофіт водяної сіточки. Протопласт поліедру ділиться на велику кількість зооспор, що, не виходячи за межі поліедру, складаються у новий ценобій.

Єдиний вид цього роду – гідродікціон сітчастий (*H. reticulatum*) – часто можна знайти влітку у невеличких калюжах, затоках річок, в заростях вищих водних рослин тощо.

Практична частина

1. Приготувати препарати водоростей порядку Volvocales (*Chlamydomonas*, *Volvox*). Рід *Chlamydomonas*: розглянути особливості будови клітини припинивши її рух розчином 40 % формальдегіду. Знайти клітинну оболонку, джгутики, хлоропласт, піреноїд, пульсуючи вакуолі. Рід *Volvox*: розглянути колонії, знайти ценобії із партеногонідами і дочірніми ценобіями та ценобії із оогоніями з однією шаровидною яйцеклітиною темно-зеленого кольору і антеридіями із сперматозоїдами, які не мають зеленого кольору, а також із товстими зірчастими зиготами. Зафарбувати колоніальний слиз 1 % розчином метиленового синього.

2. Приготувати препарат *Chlorococsum* із порядку *Chlorococcales*. У клітинах відмітити клітинну оболонку, хлоропласт, піреноїд.

3. Приготувати препарат *Hydrodictyon* із порядку *Scenedesmales*. Розглянути фрагмент ценобію. Звернути увагу на характер з'єднання клітин. У клітинах відзначити хлоропласт, піреноїди.

4. Вказати систематичне положення, коротку характеристику об'єктів, замалювати їх будову та схеми життєвих циклів.

Питання для самоконтролю

1. Характеризуйте систематичні ознаки відділу зелених водоростей.
2. Які типи морфологічних структур зустрічаються серед зелених водоростей?
3. Вкажіть особливі риси водоростей класу Chlorophyceae.
4. Наведіть приклади монадних і кокоїдних видів зелених водоростей.
5. Опишіть основні ознаки порядків Volvocales, Chlorococcales та Scenedesmales.

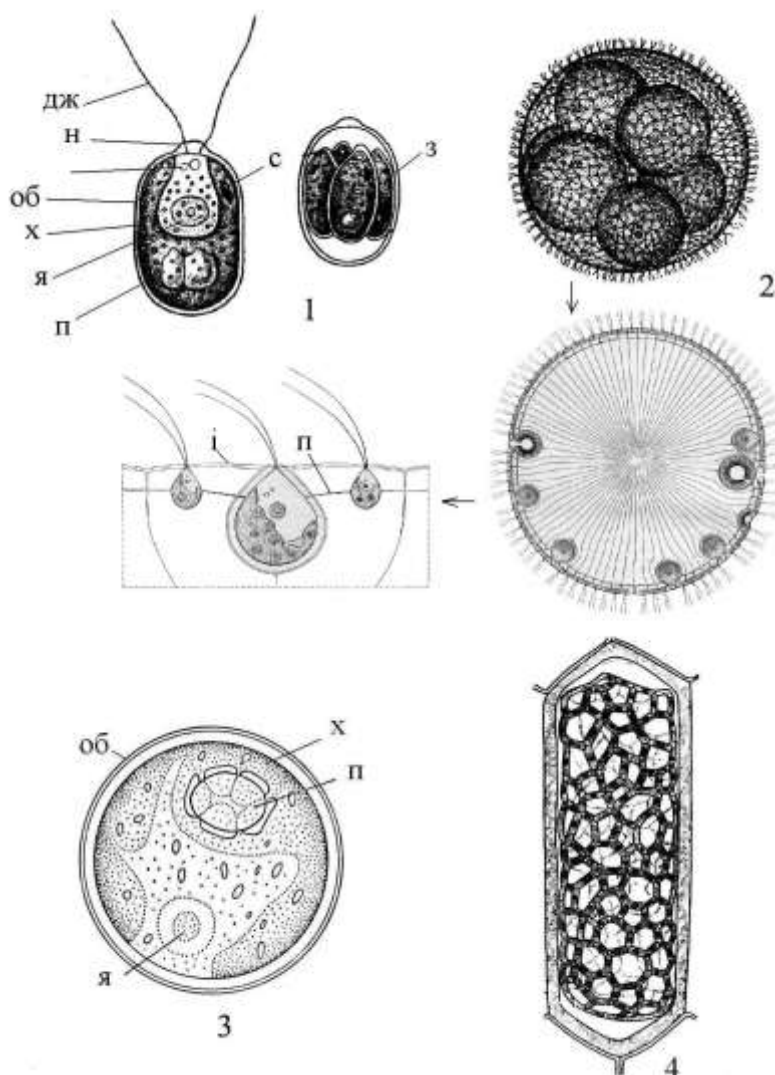


Рис. 9. Водорості з класу Chlorophyceae:

1 – хламідомонада (дж – джгутики, н – носик, об – клітинна оболонка, х – хлоропласт, я – ядро, п – піреноїд, с – стигма, з – утворення зооспор), 2 – вольвокс (загальний вигляд ценобій із дочірніми ценобіями, поперечний зріз через ценобій і фрагмент ценобію на якому видно інволюкрум – і та плазмодесми – п), 3 – хлорококум (об – клітинна оболонка, х – хлоропласт, п – піреноїд, я – ядро), 4 – гідродікціон (молодий ценобій всередині материнської клітини).

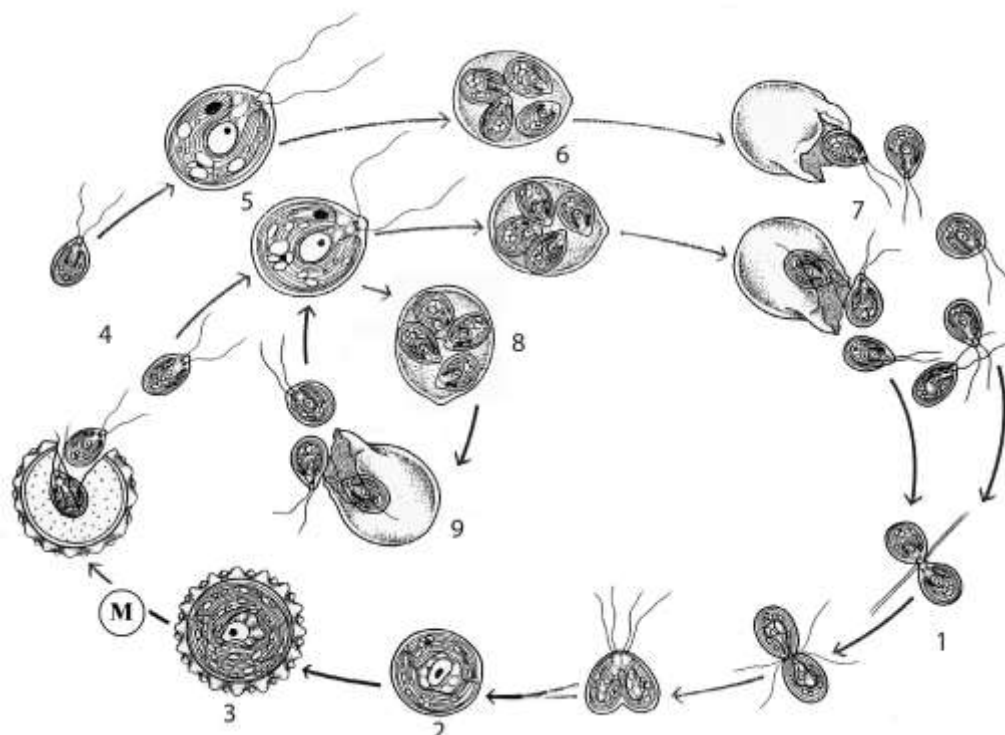


Рис. 9. Життєвий цикл хламідомонади:

1 – злиття гамет, 2 – зигота, 3 – зигота у стані спокою, 4 – зооспори, 5 – дорослі клітини, 6 - утворення «+» і «-» гамет, 7 – вихід «+» і «-» - гамет, 8 – утворення зооспор, 9 – вихід зооспор.

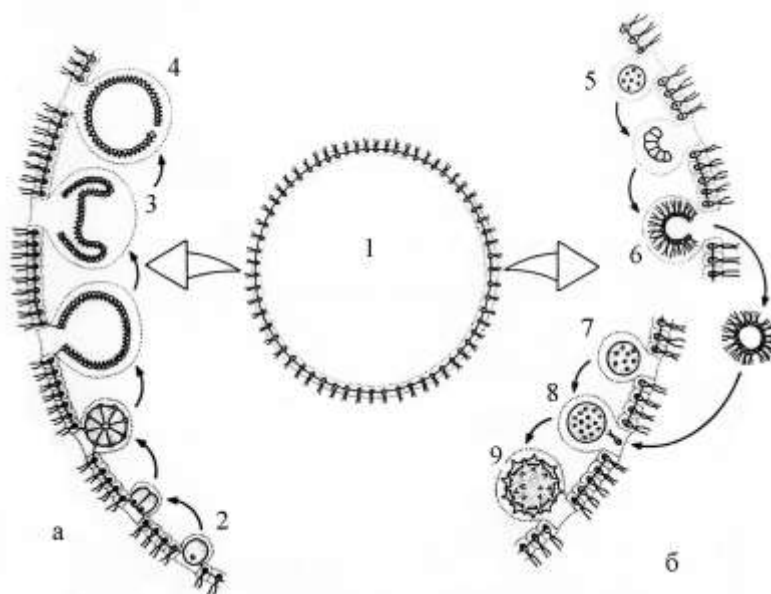


Рис. 10. Життєвий цикл вольвоксу:

1 – материнський ценобій, 2 – гонідія, 3 – утворення багатоклітинної пластинки та її вивертання, 4 – дочірній ценобій, 5 – антеридій, 6 – сперматозоїди, 7 – оогоній з яйцеклітиною, 8 – запліднення яйцеклітини сперматозоїдом, 9 – зигота у стані спокою.

Питання на самопідготовку.

1. Способи ділення клітин зелених водоростей.
2. Особливості цитокінезу у зелених водоростей.
3. Зелені водорості як ендосимбіонти.
4. «Цвітіння» води. Причини і наслідки.

Тема: відділ зелені водорості – Chlorophyta
Клас Требуksiєфіцієві – Trebouxiophyceae
Клас Ульвофіцієві - Ulvophyceae

Мета заняття: Розглянути особливості будови, розмноження, розповсюдження і значення зелених водоростей з класів Требуksiєфіцієві - Trebouxiophyceae та Ульвофіцієві і – Ulvophyceae. Ознайомитись із найбільш поширеними родами класів, навчитись розпізнавати представників класів.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, покривні і предметні скельця, препарувальні голки, серветка, чашка Петрі з водою, фільтрувальний папір, пінцет, культури з видами родів хлорела (Chlorella), улотрикс (Ulothrix), гербарій і фіксований матеріал з ульвою (Ulva), кладофорою (Cladophora), таблиці, навчальні посібники, методичні вказівки.

Об'єкти: *Chlorella, Ulothrix, Ulva, Cladophora.*

Хід заняття

Теоретична частина

1. Вивчити основні ознаки водоростей класів Требуksiєфіцієві - Trebouxiophyceae та Ульвофіцієві – Ulvophyceae.
2. Ознайомитись із родовими ознаками об'єктів вивчення.

Клас Требуksiєфіцієві – Trebouxiophyceae

Нараховує біля 250 видів кокоїдних, сарциноїдних, нитчастих та гетеротрихальних водоростей, що мешкають переважно у позаводних екотопах – у ґрунтах, в аерофітних умовах, входять до складу лишайників.

Клітини требуksiєфіцієвих завжди вкриті целюлозно-пектиновою оболонкою, яка у багатьох представників містить додатковий шар спорополеніну. Монадні клітини завжди голі, дводжгутикові (зрідка чотириджгутикові), представлені зооспорами, зрідка – гаметами. Всі представники не здатні до гіперсинтезу вторинних каротиноїдів і протягом всього життя залишаються зеленими.

Система класу

За наявністю монадних клітин, типами морфологічної структури тіла, здатністю до статевого розмноження та ін. клас поділяють на п'ять порядків, з яких нижче розглядається один –Chlorellales.

Порядок Хлореляльні – Chlorellales

Включає кокоїдні та нитчасті водорості, які ніколи не утворюють зооспор, а також не здатні до статевого розмноження. Типовий представник – *Chlorella*.

Хлорела (Chlorella)

Одноклітинна куляста або овальна водорість. Клітини окремі, рідко в скупченнях. Оболонка тонка, гладенька. Хлоропласт один пристінний, пластинчастий, чашоподібний, суцільний або сітчастий. Піреноїд з крохмальною обгорткою або без, іноді він відсутній. Розмножується тільки автоспорами. Описано близько 100 видів, які розповсюджені в прісних і мінералізованих водоймах, аерофітних умовах і ґрунтах.

Хлорела досить широко культивується, вона може давати до 70г сухої речовини на 1 м² площі водоймища. В сухій речовині міститься до 40% повноцінних білків, вуглеводів, жирів, вітамінів В, С і К. Проте, хоча водорість відносно легко культивується, біомасу хлорели важко переробляти, оскільки клітинна оболонка містить вельми стійкий до хімічних та механічних обробок шар спорополеніну.

Клас Ульвофіцієві – Ulvophyceae

Об'єднує переважно морські бентосні та перифітонні водорості, хоча в межах класу представлені також і прісноводні та аерофітні форми. Майже всі ульвофіцієві водорості мають багатоклітинні таломі. Переважаючі типи морфологічної структури тіла – нитчастий, гетеротрихальний та сифонокладальний.

Клітини ульвофіцієвих завжди вкриті целюлозно-пектиновою або целюлозною оболонкою. Монадні клітини завжди голі, чотиридзгугутикові або дводзгугутикові, представлені зооспорами та гаметами. Мітоз закритий. До класу входить біля 80 родів, що об'єднують більш ніж 1000 видів.

Система класу

Ознаки, за якими клас поділяють на порядки, пов'язані з типами морфологічної структури тіла, життєвими циклами, ультратонкою будовою зооспор та гамет, а також з особливостями поширення. До класу входить шість порядків, з яких нижче розглядаються три – Ulotrichales, Ulvales, Cladophorales.

Порядок Улотрихальні – Ulotrichales

Об'єднує морські та прісноводні водорості з нитчастим та гетеротрихальним типом структури.

Життєвий цикл гаплодиплофазний, з гетероморфною зміною поколінь. Спорофіт одноклітинний. Раніше він розглядався як самостійний рід кодіолум (Codiolum). Типовий представник – *Ulothrix*.

Улотрикс (Ulothrix)

Більшу частину життя водорість проводить у стані гаметоспорофіту, який має вигляд довгих ниток. Нитки однорядні, нерозгалужені, іноді вкриті слизовою гомогенною піхвою, прикріплені до субстрату або вільно існуючі. У кожній клітині нитки (за винятком базальної) є пристінний хлоропласт у вигляді незамкненого кільця, один або кілька піреноїдів, одне ядро; центр клітини зайнятий вакуолею з клітинним соком. Всі клітини здатні до поділу, що обумовлює постійне наростання талому в довжину, а також утворення репродуктивних клітин. Базальна клітина, за допомогою якої водорість прикріплюється до субстрату, відрізняється від звичайних вегетативних клітин нитки: вона витягнута у короткий ризоїд, не здатна до поділу, має редукований хлоропласт.

Вегетативне розмноження відбувається фрагментацією нитки. При безстатевому розмноженні у будь-якій клітині утворюються 2-4 (8) зооспор. Зооспори чотиридзгугутикові із стигмою.

Статевий процес ізогамний. Нитки *Ulothrix* є роздільностатевими, оскільки, незважаючи на морфологічну схожість гамет, одні нитки продукують лише фізіологічно жіночі гамети ("плюс"-гамети), інші нитки – фізіологічно

чоловічі ("мінус"-гамети). Гамети дводжгутикові, грушовидні із стигмою. Після копуляції зигота деякий час зберігає джгутики і рухається, тобто перебуває у стані планозиготи. Далі вона зупиняється, втягує джгутики, виробляє товсту оболонку і переходить у стан спокою. По його завершенні зигота проростає у булавоподібний одноклітинний спорофіт (стадія *Codiolum*): спочатку формується трубковидний випин, куди переходить цитоплазма та ядро; далі випин здувається, набуваючи грушоподібної форми; потім диплоїдне ядро спорофіту редуційно ділиться і спорофіт утворює 4-8 чотириджгутикових зооспор. Останні через отвір у клітинній оболонці виходять назовні у слизовому міхурі; слиз швидко розчиняється, і зооспори звільняються. Після деякого періоду активного руху зооспори осідають на субстрат і проростають, даючи початок новим нитчастим гаметоспорофітам.

Види роду поширені у морях, прісних водоймах. Деякі зустрічаються у ґрунтах.

Порядок Ульвальні – Ulvales

Включає майже виключно морські водорості з гетеротрихальною або пластинчастою будовою. Життєвий цикл гаплодиплофазний, з ізоморфною зміною поколінь. Характерні представники – *Ulva* та *Enteromorpha*.

Ульва (*Ulva*)

Слань макроскопічна, пластинчаста, двохарова, проста або лопатева, з рівними або звивистими краями, часто з перфораціями. До основи звужена в коротку ніжку, яка прикріплюється до субстрату базальним диском. В клітині один пластинчастий хлоропласт з одним або кількома піреноїдами. Вегетативне розмноження фрагментами слані і проростанням клітин базального диску з утворенням додаткових пагонів. Статевий процес - ізо- або гетерогамія. Гамети дводжгутикові. Для ульви характерна гетероталічність – гаметофіти відрізняються в статевому відношенні: одні продукують гамети зі знаком "+", інші – зі знаком "-". Копуляція відбувається лише між гаметами різних статевих знаків. Якщо статевий процес ізогамний, "+" та "-" таломи розрізнити не вдається. У випадку гетерогамії таломи різних статевих знаків розпізнаються навіть неозброєним оком, за забарвленням плодючих ділянок. Так, у чоловічих таломів ці ділянки жовтуваті, у жіночих – темно-зелені.

Зигота без редуційного поділу проростає зразу в нову багатоклітинну слань (спорофіт). Зооспори чотириджгутикові, утворюються редуційним поділом. Для ульви характерна ізоморфна зміна поколінь.

Види роду *Ulva* мешкають в морях теплого та помірнього поясів, зокрема, в Чорному морі. Водорість є їстівною (зелений морський салат) і в деяких країнах навіть введена в аквакультуру та вирощується на спеціалізованих морських фермах.

Порядок Кладофоральні – Cladophorales

Об'єднує водорості з сифонокладальним типом морфологічної структури тіла, хоча таломи у більшості морських та прісноводних представників мають вигляд нерозгалужених ниток або розгалужених кущиків. У деяких морських родів таломи представлені системою розгалужених міхурів, або складаються з

центральної вісі та з'єднаних з нею бічних сегментів, або набувають псевдопаренхіматозного вигляду.

Життєвий цикл гаплодиплофазний з ізоморфною зміною поколінь. Клітинні оболонки целюлозні, позбавлені пектинових речовин. Вегетативні клітини мають багато ядер, пристінний сітчастий хлоропласт або велику кількість дрібних дископодібних хлоропластів, з'єднаних між собою дуже тонкими тяжами; у хлоропластах розташовуються дрібні піреноїди. Мітоз у різних ядрах однієї клітини відбувається синхронно, проте цитокінез та каріокінез між собою не скоординовані. У кладофоральних виявлено специфічний ксантофіл – сифоноксантин. Характерний представник – *Cladophora*.

Рід кладофора – *Cladophora* є провідним родом порядку. Таломи кладофори кушикоподібні, складаються з багатоядерних клітин, що утворюють системи розгалужених ризоїдальних та висхідних ниток. Клітини звичайно вкриті товстими шаруватими оболонками, до яких прикріплюються численні епіфітні організми. В цитоплазмі окремої клітини міститься пристінний сітчастий хлоропласт з багатьма піреноїдами та численні ядра. В живому стані ядра не помітні в світловий мікроскоп, тому щоб їх роздивитися рекомендується забарвити препарати ацетокарміном. Водорість розмножується фрагментацією таломів, зооспорами, акінетами та статевим шляхом. Статевий процес – ізогамія.

При безстатевому розмноженні у верхівкових клітинах спорофіту відбувається мейоз, після якого утворюється велика кількість чотириджгутикових зооспор. Через отвір в оболонці спорангію зооспори виходять у зовнішнє середовище і проростають у гаметофіт. Гаметофіти кладофори є роздільностатевими. Чоловічі та жіночі гамети морфологічно не відрізняються між собою, проте різняться фізіологічно. Після копуляції гамет зигота осідає на субстрат і без періоду спокою починає проростати у новий спорофіт.

Найпоширенішим видом морів помірних та теплих широт є *Cladophora vagabunda*. У прісних водоймах найчастіше трапляється *C. glomerata*. Морфологічно ці два види не відрізняються між собою, але перший має гаплодиплофазний життєвий цикл зі зміною поколінь, тоді як у другого статевий процес відсутній, а безстатеве розмноження відбувається дводжгутиковими зооспорами.

Практична частина

1. Приготувати препарати представників порядків Chlorellales (*Chlorella*), Ulotrichales (*Ulothrix*), Ulvales (*Ulva*), Cladophorales (*Cladophora*). Розглянути їх будову, замалювати і зробити відповідні підписи.

- Рід *Chlorella* – відмітити форму клітин та їх будову (клітинна оболонка, хлоропласт із піреноїдом), знайти клітини-спорангії і розглянути автоспори.
- Рід *Ulothrix* – розглянути будову нитчастого талому, у клітинах відмітити клітинну оболонку, хлоропласт із піреноїдом.

- Рід *Ulva* - знайти при малому збільшенні тонке місце і при великому збільшенні розглянути особливості будови окремих клітин, відмітити хлоропласт із піреноїдом, клітинну оболонку.

- Рід *Cladophora* - розглянути зовнішній вигляд талому, частину нитки роздивитись при малому збільшенні мікроскопу і звернути увагу на форму клітини, характер галузнення.

2. Вказати систематичне положення, коротку характеристику об'єктів, замалювати схеми їх життєвих циклів.

Питання для самоконтролю

1. Вкажіть специфічні риси водоростей класів Требухсієфіцієві - Trebouxiophyceae та Ульвофіцієві – Ulvophyceae.

2. Чим характеризується кокоїдний, нитчастий, пластинчастий тип морфологічної структури талому водоростей.

3. Опишіть систематичні ознаки порядків Chlorellales, Ulotrichales, Ulvales, Cladophorales.

5. Характеризуйте систематичне положення, морфологію, розмноження родів *Chlorella*, *Ulothrix*, *Ulva*, *Cladophora*.

Питання на самопідготовку

1. Еволюція талому у Ульвофіцієвих.

2. Ґрунтові Требухсієфіцієві - Trebouxiophyceae та Ульвофіцієві – Ulvophyceae.

3. Охорона та (або) моніторинг Требухсієфіцієвих - Trebouxiophyceae та Ульвофіцієвих – Ulvophyceae.

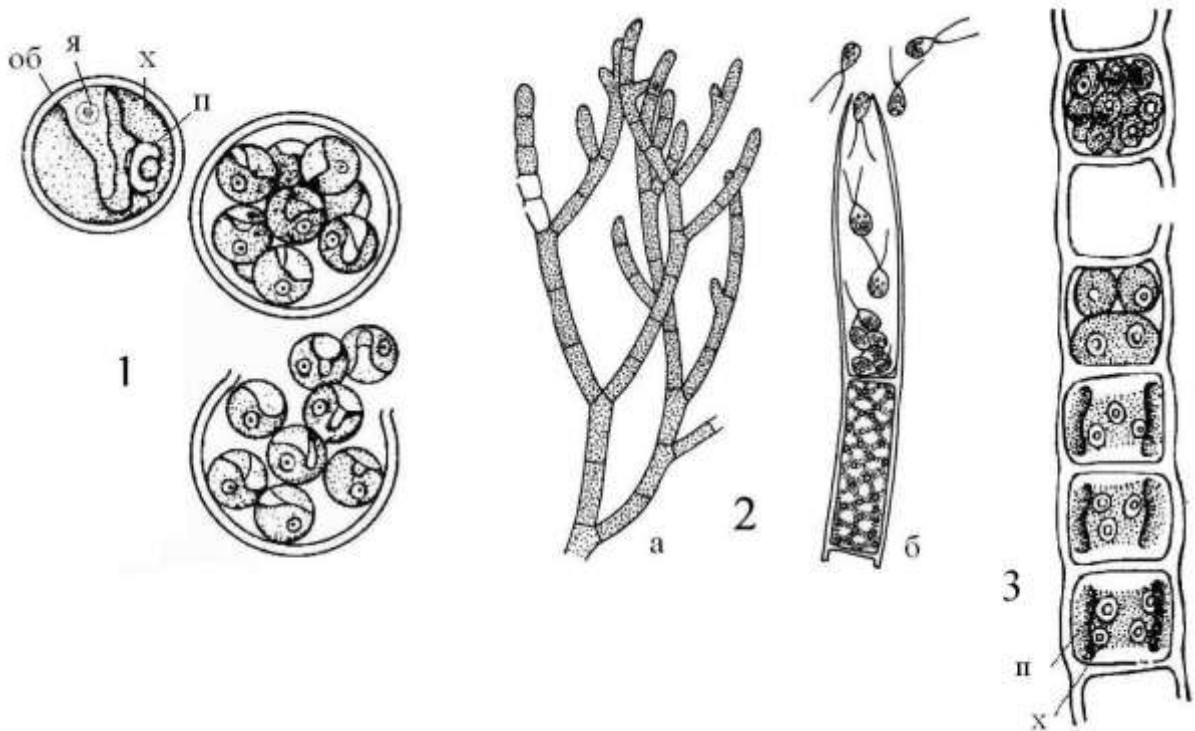


Рис. 12. Водорості класі Trebouxiophyceae, Ulvophyceae:

1 – хлорела, зовнішній вигляд і утворення автоспор (об – клітинна оболонка, я – ядро, х – хлоропласт, п – піреноїд), 2 – кладофора (а – загальний вигляд

талому, б – утворення гамет), 3 – улотрикс (х – хлоропласт, п – піреноїд).

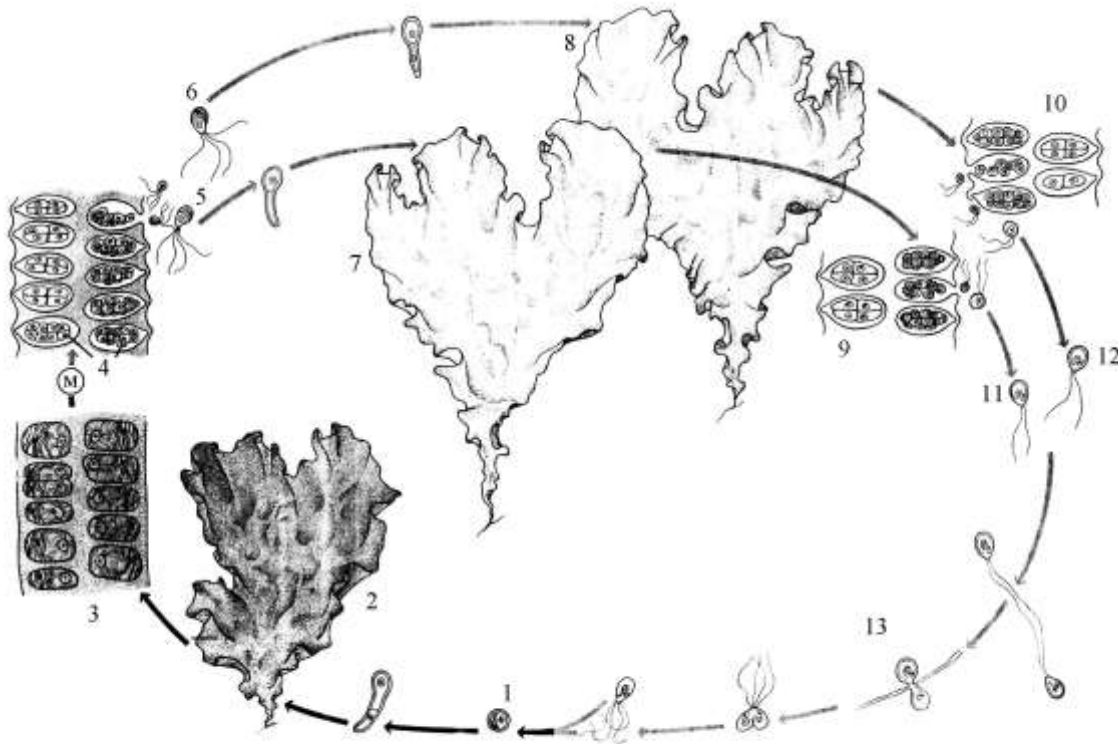


Рис. 13. Життєвий цикл ульви:

1 – зигота, 2 – спорофіт, 3 – спорангії, 4 – зооспори, 5 – «+» зооспора, 6 – «-» зооспора, 7 - «+» гаметофіт, 8 - «-» гаметофіт, 9 - «+» гаметангії, 10 - «-» гаметангії, 11 - «+» гамети, 12 - «-» гамети, 13 – злиття гамет (сингамія).

Тема:

Відділ зелені водорості – Chlorophyta

Клас Сифонофіцієві – Siphonophyceae

Клас Харофіцієві – Charophyceae

Мета заняття: Розглянути особливості будови, розмноження, розповсюдження і значення зелених водоростей з класів Сифонофіцієві – Siphonophyceae та Харофіцієві – Charophyceae, навчитись розпізнавати представників порядків Bryopsidales, Zygnematales, Desmidiiales, ознайомитись з найбільш поширеними родами цих порядків.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, покривні і предметні скельця, препарувальні голки, серветка, чашка Петрі з водою, фільтрувальний папір, пінцет, живі чи фіксовані водорості родів бріопсиса (Bryopsis), кодіума (Codium), спірогіри (Spirogira), кластеріума (Closterium), космаріума (Cosmarium), таблиці, визначники, навчальні посібники, методичні вказівки.

Об'єкти: *Bryopsis*, *Codium*, *Spirogira*, *Closterium*, *Cosmarium*.

Хід заняття

Теоретична частина

1. Вивчити основні ознаки водоростей класів Сифонофіцієві – Siphonophyceae та Харофіцієві – Charophyceae
2. Ознайомитись із родовими ознаками об'єктів вивчення.

Клас Сифонофіцієві – Siphonophyceae

Сифонофіцієві - одна з найбільш древніх груп морських водоростей які мають неклітинний сифональний тип структури вегетативного тіла. У сучасній флорі їх нараховується близько 400-600 видів. Розповсюджені сифонові насамперед в морях тропічної зони, значно менше їх зустрічається в морях помірних широт і лише деякі представники живуть у прісних водоймах.

Морфологічна будова

Індивіди сучасних представників морських сифонофіцієвих водоростей звичайно макроскопічні, деякі до 0,5м і більше, відрізняються великим різноманіттям зовнішньої будови і складним розчленуванням тіла на стебло-, листко-, і корневищеподібні частини. Прісноводні види побудовані більш просто.

Будова клітини

Клітини мають целюлозні оболонки. Центральна частина протопласту - велика вакуоль. Ядер багато. Хлоропласт або один сітчастої будови, або їх багато і вони веретеновидні, еліпсоїдні, дисковидні. В хлоропластах сифонофіцієвих, крім звичайних для зелених водоростей пігментів, хлорофілу, каротину, ксантофілів містяться два специфічних - сифонеїн і сифоноксантин. Піреноїди є або відсутні. Продуктом асиміляції замість крохмалю може бути полімер фруктози – полісахарид інулін.

У деяких сифонофіцієвих талом має два типи пластид – забарвлені хлоропласти та безбарвні лейкопласти які виконують функції накопичення запасних полісахаридів.

Розмноження і цикли розвитку

Розмноження вегетативне відбувається шляхом фрагментації талому, за допомогою виводкових бруньок, зрідка акінетами. Безстатеве розмноження здійснюється за допомогою дво-, чотириджгутикових та стефаноконтних зооспор. При утворенні репродуктивних клітин на спорангій або гаметангій може перетворитися або весь талом, або лише його частина. Перший шлях розвитку називають холокарпічним, другий – еукарпічним. Статеве розмноження представлено ізо-, гетеро- і оогамією. Зигота не має стану спокою. Проростання починається з утворення сифональної одноядерної протонеми, яка стелиться, або неклітинного пухиря.

У циклі розвитку відбувається ізоморфна і гетероморфна зміна форм розвитку.

Система класу

Клас поділяють на чотири порядки – Bryopsidales, Halimedales, Dichotomosiphonales та Dasycladales. В основу поділу на порядки покладено тип симетрії талому, наявність стефаноконтних зооспор, особливості фотосинтетичного апарату (зокрема, наявність лейкопластів), тип статевого процесу та ін. Нижче розглядаються один порядок – Bryopsidales.

Порядок Бриопсидальні – Bryopsidales

Об'єднує водорості, таломи яких не мають радіально-симетричної будови і являють собою одну велетенську клітину з багатьма (інколи – до кількох тисяч) ядрами. Центріолі зазвичай відсутні. Фотосинтетичний апарат представлений лише хлоропластами, лейкопластів немає. Характерна особливість бриопсидальних – наявність у життєвому циклі стефаноконтних зооспор.

При утворенні гамет від талому особливими перегородками відокремлюється гаметангій, а при формуванні зооспор на спорангій може також перетворитися частина талому як і при статевому розмноженні або весь талом. Розмножуються бриопсидальні фрагментацією талому, апланоспорами, стефаноконтними зооспорами та статевим шляхом. Статевий процес – гетерогамія. Типовий представник порядку – *Bryopsis*, який широко поширений у Чорному морі.

Рід бриопсис – *Bryopsis*. Гаметофіти цієї водорості диференційовані на сланкі ризоїдальні та висхідні асиміляторні сифони. Висхідні сифони зазвичай пірчасто розгалужені і нагадують пташине пір'я. При утворенні гамет деякі бічні сифони відокремлюються перегородкою. З сифонів, забарвлених в інтенсивно зелений колір, утворюються жіночі гаметангії, з світліших, жовтуватих сифонів – чоловічі. Далі вміст гаметангіїв розпадається на численні дводжгутикові жіночі та чоловічі гамети, що різняться за розмірами. Через отвір в оболонці гамети виходять у зовнішнє середовище, де попарно копулюють, утворюючи планозиготу.

Планозигота осідає на субстрат, втрачає джгутики і без періоду спокою починає проростати у диплоїдний розгалужений ниткоподібний спорофіт, що отримав назву стадії *Derbesia*. Розвиток стадії *Derbesia* відбувається 2-4 місяці. Ядро у 8-20 разів збільшується у діаметрі, переходячи зі стадії диплоїдного зиготичного ядра у стадію первинного ядра. Далі у первинному ядрі відбувається серія мітотичних поділів, дочірні ядра зменшуються у діаметрі до 5-10 мкм. Останній поділ ядра є редуційним. Після мейозу завершується формування вторинних ядер і спорофіт холо- або еукарпічним шляхом дає початок одноядерним стефаноконтним гаплоїдним зооспорам. Ці зооспори проростають або у нові гаметофіти, які складаються з сифонів пірчастої будови, або у нові спорофіти стадії *Derbesia*.

За певних умов планозигота може безпосередньо проростати у гаметофіт, не проходячи стадію *Derbesia*. Проте, процеси, що відбуваються з ядром при цьому шляху розвитку, залишаються недослідженими.

Таким чином, *Bryopsis* має гаплодиплофазний життєвий цикл з неправильним гетероморфним чергуванням поколінь та споричною редуцією (принаймі, при типовому шляху розвитку зиготи).

Рід кодіум – *Codium* є прикладом водорості зі складно диференційованим сифональним таломом. Талом, прикріплений до субстрату базальним диском, має вид циліндричних розгалужених шнурів, що досягають довжини 50 см при діаметрі 8 мм. Центральна частина талому складається зі щільно переплетених видовжених серцевинних сифонів. На периферії від них відгалужуються

пухирчасті вирости – утрикули, що утворюють шар, подібний до кори. Утрикули багаті на хлоропласти і виконують функцію асиміляторів.

Codium розмножується лише статевим шляхом. Статевий процес – гетерогамія. Дводжгутикові жіночі та чоловічі гамети формуються у гаметангіях, що відокремлюються від утрикул перегородками, тобто водорість є еукарпічною. Чоловічі гаметангії забарвлені у жовтуватий колір, жіночі – у темно-зелений. Після копуляції зигота без періоду спокою проростає у новий гаметофіт. Вважається, що мейоз у *Codium* гаметичний, і життєвий цикл, відповідно, диплофазний. Гамети здатні також проростати партеногенетично.

Кодіум мешкає у теплих морях, переважно на глибині від 5 до 40 м. В Чорному морі досить поширеним видом є *Codium vermilara*.

Клас Харофіцієві – Charophyceae

Об'єднує одноклітинні та багатоклітинні прісноводні, солонуватоводні та наземні водорості з кокоїдним, нитчастим та гетеротрихальним типами морфологічної структури тіла. Монадні клітини (коли вони є) мають асиметричний цитоскелет. Мітоз відкритий або напіввідкритий. Цитокінез відбувається за участю фрагмопласту.

Система класу

За будовою талому, наявністю джгутикових стадій, типом статевого процесу, особливостями організації клітинних оболонок, порового апарату, будовою жіночих статевих органів та ін. клас поділяють на вісім порядків, які представляють різні лінії харофіцієвих водоростей. Одна з них – так звані кон'югати: *Zygnematales* та *Desmidiaceae*.

Порядок Зигнематальні – Zygnematales

Об'єднує водорості з кокоїдним та нитчастим типами морфологічної структури тіла у яких джгутикові стадії та центріолі відсутні, гладка клітинна оболонка без порового апарату. Клітини в кокоїдних форм не диференційовані на напівклітини.

Статеве розмноження – кон'югація: заключається в злитті протопластів двох клітин, не диференційованих на гамети. Протопласти пересуваються по коопуляційним відросткам і оскільки поведінка клітин при кон'югації відрізняється, то сприймаючу клітину називають жіночою, а віддаючу — чоловічою. Зигота вкривається товстою оболонкою і після стану спокою проростає редуційним діленням.

Життєвий цикл гаплофазний, без чергування поколінь, з зиготичною редуцією. На роди зигнематальні поділяються, в першу чергу, за типом морфологічної структури та формою хлоропласту. До найбільш поширених зигнематальних водоростей належать нитчасті водорості з родів *Spirogyra*, *Zygnema* та *Mougeotia*.

Спірогіра (Spirogyra)

Розповсюджена в прісних водоймах, де утворює нитчасті слизькі скупчення. Талом спірогіри має вид нерозгалуженої ярко-зеленої нитки. Клітини циліндричні, вкриті цільною оболонкою без пор і слизистою піхвою яка виразно помітною стає у розчині туші, а також на дотик.

Хлоропласти у виді однієї чи багатьох стрічок, розташовані у пристінній цитоплазмі і спірально опоясують клітину. У багатьох видів вздовж стрічки проходить гребінь із піреноїдами. Краї хлоропластів нерівні, городчасті. Центр клітини займає велика вакуоля з клітинним соком. Ядро велике, з добре помітним ядерцем. Ядро "підвішене" в центрі вакуолі в цитоплазматичному мішечку, від якого на різні боки до периферії клітини відходять цитоплазматичні тяжі.

Вегетативне розмноження у спірогіри здійснюється фрагментацією ниток внаслідок відмирання окремих інтеркалярних клітин. Ці фрагменти, і навіть окремі клітини, можуть проростати у нові нитки. Статеве розмноження - кон'югація. Найбільш часто зустрічається драбинчаста кон'югація, яка відбувається між клітинами двох ниток, які розташовані паралельно одна одній. Бокова кон'югація відбувається між сусідніми клітинами однієї нитки. Зигота вкривається товстою оболонкою і після стану спокою проростає редукційним діленням, причому з чотирьох ядер життєдіяльним є тільки одне, і відповідно розвивається тільки один проросток.

Порядок Десмідіальні – Desmidiaceae

Включає кокоїдні водорості, у яких джгутикові стадії та центріолі відсутні, статевий процес – кон'югація, мітоз напіввідкритий. Клітинні оболонки переважно скульптуровані, обов'язково мають простий або складний поровий апарат. У примітивніших десмідіальних клітин не диференційовані на напівклітини, у більш продвинутих клітин поділена на дві напівклітини, що з'єднуються між собою перешийком, в якому розташовується ядро. Подібно до зигематальних, життєвий цикл гаплофазний, без чергування поколінь, з зиготичною редукцією. Вегетативно розмножуються діленням клітин впоперек, при цьому кожна напівклітина добудовує ту частину, яка недостає. При кон'югації дві клітини наближаються, вкриваються спільним слизом. Із середньої частини кожної клітини утворюється вирости, які ростуть назустріч один одному і утворюють коопуляційний канал, в середині якого зливаються протопласти. У деяких коопуляційний канал не утворюється, протопласти звільнюються після розходження половинок клітинної оболонки.

Зигота після стану спокою проростає редукційне, при цьому життєдіяльними, як правило, залишається два ядра. Таким чином, зигота проростає двома проростками.

Найбільш поширеними та багатими у видовому відношенні представниками порядку є *Closterium* та *Cosmarium*.

Клостерій (*Closterium*)

Клітини веретенувидні, прямі чи більш або менш сильно вигнуті. Оболонка целюозна, пронизана мілкими порами. На кінцях клітини є великі, складно побудовані пори через які виділяється слиз, відштовхуючись слизом від субстрату клостеріум здатний пересуватись. Перетяжка в площині симетрії відсутня. Кожна напівклітина має по одному великому центральному хлоропласту, який має форму стержня від якого відходять радіальне декілька пластин. В хлоропласті є піреноїди. В центрі клітини знаходиться ядро.

Вакуолі розміщуються біля кінців клітини, а також вздовж пластинок хлоропласта. У вакуолях на полюсах клітини зустрічаються кристали гіпсу.

Зустрічається кластерій в планктоні водойм, у торфових болотах, рідше - на вологих скелях та мохах.

Космаріум (Cosmarium)

Клітини з глибокою перетяжкою, напівклітини різноманітної форми: округлі, пірамідальні, багатокутні. Клітинна оболонка може мати різноманітні вирости. В центрі перехвату знаходиться ядро, в кожній напівклітині розташовано по одному центральному хлоропласту з чотирма уздовж вигнутими пластинками. Хлоропласт з піреноїдами.

На території України водорості цього роду дуже поширені і різноманітні за видовим складом. Більшість видів належить до β -мезосапробів і мешкає у прісних водоймах різного типу (річках, озерах, ставках, калюжах). Проте, найчастіше види космаріуму зустрічаються у сфагнових болотах.

Практична частина

1. Розглянути зовнішній вил талому бріопсіса або кодіума по живому або фіксованому матеріалу.

2. З невеликої частини талому бріопсіса або кодіума зробити препарат і розглянути його під мікроскопом при малому збільшенні. Для препаратів беруть з талому бріопсіса невелику частину вісі з “пір’ячками”, а з талму кодіума роблять зріз впоперек, затиснув його у серцевину бузку.

3. Записати характерні особливості екології, будови і розмноження бріопсіса. Замалювати схему життєвого циклу бріопсіса.

4. Розглянути при малому збільшенні мікроскопа вегетативні клітини одноклітинних кон’югат, знайти клітини які діляться. Замалювати клітини кластеріума, космаріума. Підписати ядро, хлоропласти із піреноїдами. Записати характерні риси екології, будови, розмноження.

5. При малому збільшенні мікроскопа розглянути зовнішній вигляд талому спірогіри. Перевести на велике збільшення і вивчити будову окремих клітин. Замалювати фрагменти слані у вегетативному стані. Підписати хлоропласти, піреноїди, ядро. Спостерігати процес кон’югації на живому матеріалі або по готовим препаратам.

6. Записати систематичне положення кожного об’єкта.

Питання для самоконтролю

1. Вкажіть принципи розподілу зелених водоростей на класи. Надайте порівняльну характеристику класів Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Siphonophyceae та Charophyceae.

2. Що таке сифональний і сифонокладальний тип структури вегетативного тіла водоростей? Наведіть приклади.

3. Який склад фотосинтетичних пігментів у сифонофіцієвих водоростей?

4. Як розмножуються сифонофіцієві водорості? Де зустрічаються сифонофіцієві водорості?

5. Які типи структури вегетативного тіла характерні для кон’югат?

6. Як розмножуються кон’югати? Де розповсюдженні кон’югати?

7. Яке значення в природі і діяльності людини мають сифонові водорості і кон'югати?

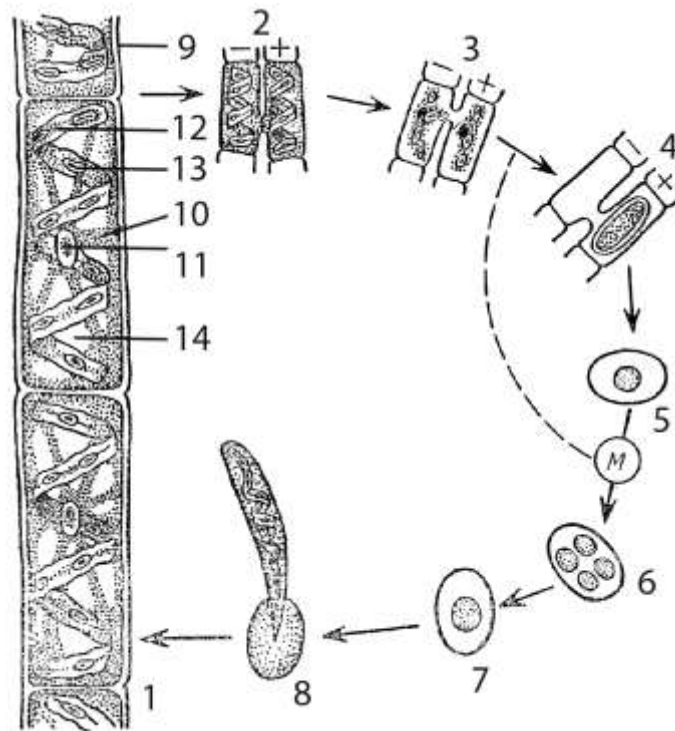


Рис. 14. Життєвий цикл спірогири.

1 – нитчастий талом спірогири, 2 – зближення гетероталічних («+» та «-») таломів, 3 – утворення коопуляційного каналу, 4 – злиття протопластів, 5- зигота, 6 – проростання зиготи мейозом, 7 – одне з чотирьох ядер, яке залишається життєдіяльним, 8 – проростання зиготи одним проростком, 9 – клітинна оболонка, 10 – тяжі цитоплазми, 11 – ядро із ядрцем, 12 – хлоропласт, 13 – піреноїд, 14 – вакуоля.

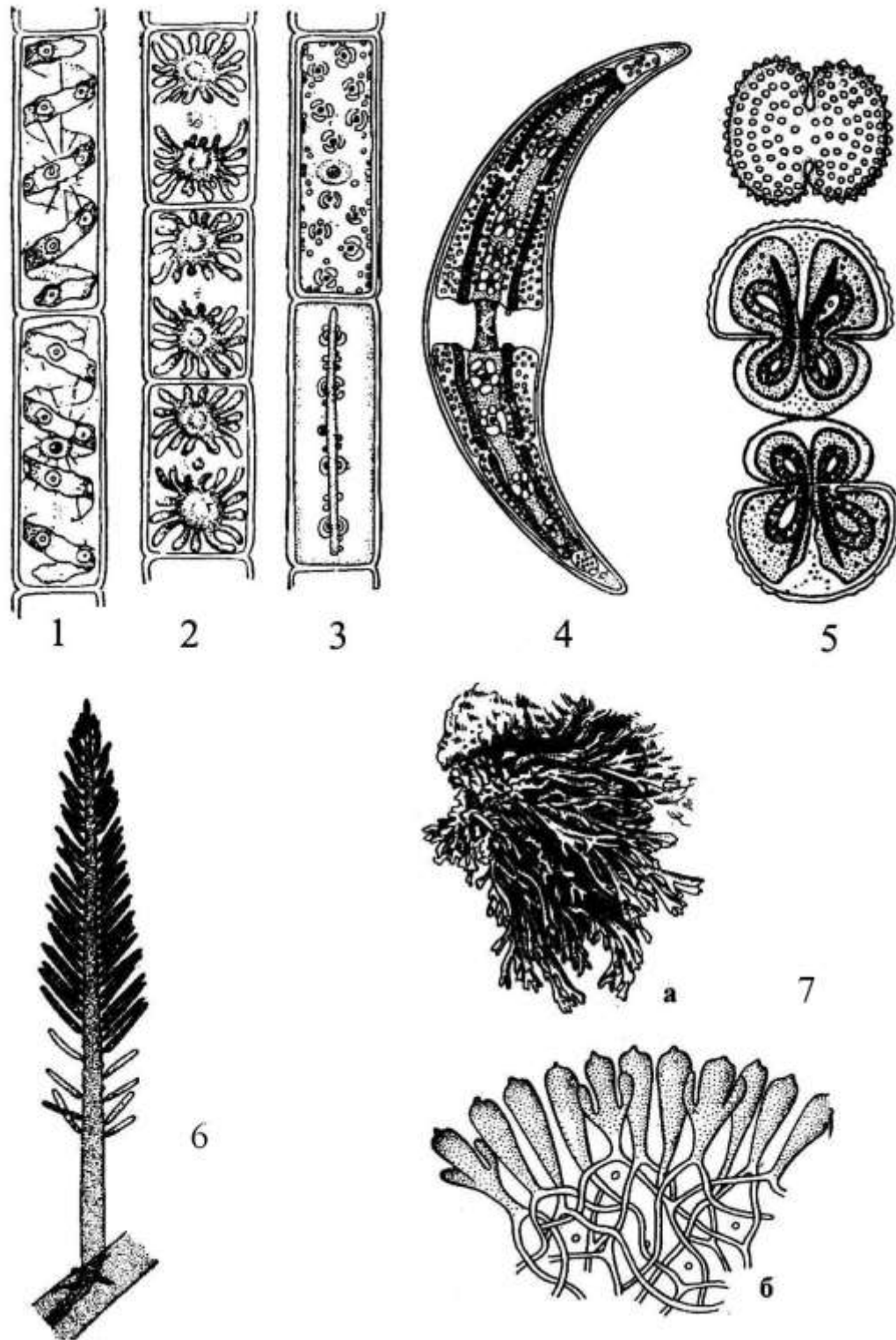


Рис. 15. Водорості класів Charophyceae і Siphonophyceae: 1 – спірогіра, 2 – зігнема, 3 – мужоція, кластерій, 5 – косматій (зовнішній вигляд клітини і ділення клітини), 6 – бріопсіс, 7 – кодіум (а – зовнішній вигляд талому, б – частина поперечного зрізу талому).

Питання на самопідготовку

1. Історичні основи поняття «неклітинний тип будови».
2. Особливості фізіологічної анізогамії (або гетерогамії) у кон'югат.

ЕКОЛОГІЯ ВОДОРОСТЕЙ

Водорості поширені по всій Землі і зустрічаються в різноманітних водних, наземних і ґрунтових біотопах. Виділяють такі екологічні групи водоростей: планктонні водорості, бентосні водорості, наземні водорості, ґрунтові водорості, водорості гарячих джерел, водорості снігу і льоду, водорості солоних водойм, водорості вапнякових субстратів.

Планктон – це сукупність організмів, які проводять все життя в товщі води у підвішеному стані і переносяться рухом води. Планктонні водорості – головний, а в деяких випадках і єдиний продуцент первинної органічної речовини, на основі якої існує все живе у водоймі. Серед планктонних організмів виділяють як безпосередньо планктонні, тобто ті, що живуть у товщі води, так і нейстонні – ті, що мешкають у поверхневій плівці води. Видовий склад планктонних водоростей у різних водоймах не однаковий і пов'язано це із хімічними, фізичними особливостями кожного з них. Крім того, склад планктону змінюється в кожний сезон. Так, наприклад, у прісних водоймах з початком весни у планктоні чисельні евгленові, динофітові, золотисті і деякі холодостійкі діатомові водорості. Влітку, при температурі води вище 15 °С, спостерігається інтенсивний розвиток синьозелених водоростей, евгленових і зелених. Морський планктон складається передусім із діатомових і динофітових водоростей. Не дивлячись на те, що морські екосистеми пов'язані між собою і представляють практично єдиний простір склад планктону у різних частинах не однаковий. Це пов'язано із різною солоністю, температурою, освітленістю, вмістом поживних речовин, що відповідають різним акваторіям.

Всі планктонні водорості мають особливі пристосування для існування у воді в підвішеному стані. Планктонні водорості як правило дрібні, деякі з видів мають різні вирости (шипи, перетинки, парашути), інші - утворюють порожні або плоскі колонії і виділяють багато слизу або накопичують в тілі масла, чи мають газові вакуолі.

Нейстонні водорості – це своєрідна група організмів, яка існує у поверхневій плівці води. Деякі з них мають характерні пристосування – слизисті або лусковидні парашути, що втримують їх на поверхні води. Іноді нейстонні водорості розвиваються у великій кількості і вкривають поверхню води суцільною плівкою.

Бентос – це сукупність організмів, які пристосовані до існування у прикріпленому або неприкріпленому стані на дні водоймищ. Для росту бентосних водоростей як фотосинтезуючих рослин особливо важливим є світло, проте ефективність його використання залежить і від інших екологічних факторів: температури, вмісту біогенних і біологічно активних речовин, кисню і неорганічних джерел вуглецю, а також темпів надходження цих речовин в організм водоростей. Найбільший розвиток бентосних водоростей відмічається в місцях із інтенсивним рухом води.

Серед бентосних водоростей континентальних водойм відмічені діатомові, зелені, синьозелені і жовтозелені нитчасті водорості. Наприклад види родів навікула, кладофора, улотрикс, спірогира, мужоція, зигнема, осциляторія, лінгбія, формідій, трібонема, вошерія та ін.

Головні бентосні водорості морів та океанів – бурі та червоні водорості, іноді зелені. Це види родів Бангі, фукус, порфіра, ентероморфа, ламінарія та ні. Всі вони можуть обростати дрібними діатомовими, синьозеленими та іншими водоростями.

В залежності від місця, де ростуть бентосні водорості, серед них розрізняють кілька екологічних груп: епіліти, які живуть на поверхні твердого ґрунту (скелі, каміння та ін.), епіпеліти, ті, що населяють поверхню рихлих ґрунтів (пісок, мул), епіфіти, ті, які живуть на поверхні інших рослин, ендоліти, або свердлувальні водорості, які занурюються у вапняковий субстрат, ендофіти, які оселяються в тілі інших рослин але живляться самостійно, паразити, живуть в тілі інших рослин і не мають нормальних хлоропластів.

Іноді виділяють особливу групу водоростей, які живуть на предметах, що рухаються або обмиваються водою – **перифітон**. Ці організми віддалені від дна і мешкають в особливих екологічних умовах.

Водорості гарячих вод живуть при температурі 35-52°C, а в окремих випадках до 84°C і вище. Часто ця вода містить значну кількість мінеральних або органічних речовин, які надходять із стічними водами різноманітних підприємств. Типовими мешканцями гарячих вод є синьозелені, дещо менш різноманітні діатомові і зелені.

Водорості снігу і льоду включають переважно представників зелених, синьозелених і діатомових водоростей. У випадку їх масового розвитку спостерігається явище «цвітіння» снігу або льоду. Ці водорості називають кріофільними і більшість з них не мають спеціальних морфологічних пристосувань для перенесення низьких температур.

Водорості солоних водойм отримали назву галобіонти. Вони живуть при збільшеній концентрації у воді солей, яка досягає 285г/л в озерах із переважанням повареної солі і 347 г/л в глауберових озерах. Дуже високу концентрацію солей витримує небагато водоростей. В пересолених (гіпергалінних) водоймах переважають одноклітинні зелені водорості – гіпергалоби, клітини яких позбавлені оболонки і вкриті лише плазма лемою (наприклад, дуналієла). Ці водорості відрізняються збільшеною концентрацією хлористого натрію в протоплазмі, високим внутрішньоклітинним осмотичним тиском (до $250 \cdot 10^3$ ГПа), накопиченням в клітинах каротиноїдів і гліцерину, великою лабільністю ферментативних систем і обмінних процесів. Дно гіпергалінних водоймищ може бути вкрито розростаннями синьозелених водоростей.

Крім водяного середовища водорості зустрічають і позаводяних місцезростаннях. Розрізняють аерофільні, едафофільні і літофільні.

Основним життєвим середовищем **аерофільних водоростей** є оточуюче їх повітря. Типові місцезростання - поверхня різних позаґрунтових твердих субстратів, які не мають на біонтів чіткого фізико-хімічного впливу (скелі, камені, кора дерев та ін.). В залежності від ступеня зволоженості їх поділяють на дві групи: повітряні, які існують тільки в умовах атмосферного зволоження, і водно-повітряні, які існують при постійному зрошенні водою (під бризками водоспаду, прибою та ін.). Умови існування водоростей аерофільних ценозів

характеризуються, як правило, різкими змінами вологості, температури, освітленості. До несприятливих існування пристосувалась відносно незначна кількість водоростей із синьозелених, зелених і в значно меншій кількості діатомових.

Основним життєвим середовищем **едафотільних водоростей** є ґрунт. Типові місцезнаходження - поверхня і товща ґрунтового шару, який має на біонтів певний фізико-хімічний вплив. В залежності від місзнаходження водоростей та їх образу життя в межах цього типу розрізняють три групи ценозів: наземні водорості, які масово розвиваються на поверхні ґрунту в умовах атмосферного зволоження; водно-наземні водорості, які масово розростаються на поверхні ґрунту постійно насиченого водою; ґрунтові водорості, які населяють товщу ґрунтового шару. Типові умови - життя серед ґрунтових часток під впливом середовища, досить складному за комплексом факторів. Серед ґрунтових водоростей найчастіше відмічені види синьозелених, зелених, жовто-зелених, діатомових і евстигматофітових водоростей.

Основним життєвим середовищем **літофільних водоростей** є оточуючий їх непрозорий щільний вапняковий субстрат. Типові місцезнаходження - в глибині твердих порід певного хімічного складу, які оточені повітрям або водою. В залежності від фізіологічних особливостей водоростей, які входять в цю групу, розрізняють два угруповання: свердловальні водорості, які активно проникають у каменистий субстрат і заселяють утворені ними невеликі ходи і пори. За допомогою яких вони сполучаються з навколишнім середовищем; туфоутворюючі водорості, які відкладають навколо свого тіла вапно і існують в периферійних шарах відкладеного ними середовища в межах доступних для дифузії світла і води. З часом наростання відкладів ці ценози поступово відмирають із середини.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ ТА ПОНЯТЬ

Автоспори - апланоспори, які вкриваються оболонкою і приймають форму материнської клітини ще знаходячись всередині материнської клітини.

Акінети – особливі нерухливі клітини у деяких нитчастих водоростей здатні округлюватись, потовщувати свої оболонки, накопичувати велику кількість запасних поживних речовин і пігментів, що дозволяє їм переживати несприятливі умови у стані спокою.

Антеридій – чоловічий статевий орган в якому утворюються чоловічі статеві клітини, найчастіше сперматозоїди.

Апланоспори – нерухливі спори безстатевого розмноження деяких водоростей, які утворюються в несприятливих умовах з протопласту материнської клітини, який при цьому відокремлюється від оболонки, округлюється і виділяє товсту оболонку.

Ауксиллярна клітина – клітина багата на поживні речовини, з якої розвивається гонімобласт (після злиття карпогона з ауксиллярною клітиною).

Ауксоспора – спора росту, спора статевого розмноження, яка утворюється внаслідок копуляції двох протопластів діатомових водоростей, які вийшли із

стулок панцирів.

Бентос – сукупність організмів, які мешкають на ґрунті і в ґрунті морських і материкових водоймищ.

Гаметофіт – статеве покоління у рослин, які мають чергування поколінь. Для клітинних ядер гаметофіту характерна половинна кількість хромосом (гаплоїдна) в порівнянні з клітинними ядрами у спорофіта.

Гетерогамія – тип статевого процесу, при якому відбувається злиття (копуляція) статевих клітин (гамет), які розрізняються по розмірам, формі або поведінці при копуляції.

Гетероморфний тип чергування поколінь – чергування гаметофіта і спорофіта, морфологічно не подібних один до одного.

Гетероталізм – роздільностатевість у деяких водоростей, яка не відображається зовні на будові вегетативних або статевих органів і статевих клітин, однакових у обох статей, але утворюючихся на різних екземплярах, які прийнято умовно позначати знаками плюс та мінус.

Гетероцисти – характерні для нитчастих синьозелених водоростей своєрідні клітини, які утворюються із вегетативних клітин у різних частинах трихому і відрізняються добре вираженою двошаровою оболонкою і вмістом завжди позбавленим асиміляційних пігментів, газових вакуолей і зерен запасних речовин

Гетероцитний трихом – трихом водоростей який складається з клітин неоднакових по формі, функціям, локалізацією.

Гіпноспори – спори, які вкриваються особливо товстою оболонкою всередині материнської клітини і здатні тривалий час знаходитись в стані спокою.

Гологамія – найпростіший тип статевого процесу у одноклітинних організмів, при якому не утворюються гамети, а зливаються цілі особини.

Гомоталізм – двостатевість у деяких водоростей, при якій всі особини даного виду мають морфологічно і фізіологічно рівноцінні таломи.

Гомоцитний трихом – трихом водоростей який складається з клітин однакових по формі, функціям.

Гонімоласти – особливі нитчасті вирости, які розвиваються із заплідненого карпогону червоних водоростей і утворюють на своїх відгалуженнях карпоспорангії.

Гормогонії – фрагменти трихомів синьозелених водоростей, які здатні до вільного активного руху і проростання в нові особини; служать для розмноження.

Зооспори – активно рухливі клітини у багатьох водоростей, які рухаються за допомогою джгутиків і служать для безстатевого розмноження.

Ізогамія – тип статевого процесу, при якому гамети, які зливаються, не розрізняються морфологічно.

Ізоморфний тип чергування поколінь – чергування поколінь (статевого і безстатевого), подібних по зовнішньому вигляду, але різних в цитологічному і фізіологічному відношенні.

Карпогон – одноклітинний жіночий статевий орган червоних водоростей у вигляді пляшечки з витягнутою верхньою (трихогіна) і розширеною нижньою

(черевце) частинами, в якій розміщується одне жіноче ядро.

Карпоспори – спори у червоних водоростей, які утворюються з зиготи і дають початок новому організму, спочатку вони голі, а перед проростанням вкриваються оболонкою.

Карпоспорофіт – диплоїдна безстатева фаза життєвого циклу червоних водоростей, яка представляє собою гонімобласт із карпоспорами.

Кокоїдна структура – структура, яка характеризується окремими або з'єднаними в колонії клітинами різноманітної форми, з твердою оболонкою і в вегетативному стані завжди позбавлені джгутиків або псевдоподіїв.

Концептакули – особливі заглиблення на таломач червоних і бурих водоростей, в яких розвиваються органи розмноження.

Кон'югація – форма статевого процесу при якій зливаються протопласти двох рівноцінних клітин, які не мають морфологічної диференціації на чоловічі і жіночі статеві елементи.

Монадна структура – структура, яка характеризується наявністю одного чи декількох джгутиків, за допомогою яких водорості активно рухаються у воді, зустрічається серед одноклітинних, колоніальних і ценобіальних форм.

Моніторинг – слідкування за станом навколишнього середовища з метою попередження критичних ситуацій, які можуть статись.

Моноспори – спори, які утворюються по одній в клітині у деяких водоростей.

Нитчаста структура – структура, яка характеризується складенням клітин (нерухомих) в нитки однорядні чи з декількох рядів клітин, прості або розгалужені.

Областемні нитки – нитовидні вирости, які розвиваються із заплідненого карпогону у червоних водоростей, досягають ауксиллярних клітин і переливають в них частину свого плазменного вмісту. Ядра ауксиллярної клітини і клітини областемної нитки не зливаються, але з таких клітин згодом розвиваються гонімобласти і карпоспори.

Оогамія – тип статевого процесу, при якому велика і нерухома жіноча статеві клітина (яйцеклітина) запліднюється невеликою і найчастіше рухливою чоловічою статевою клітиною.

Оогоній – жіночий статевий орган багатьох водоростей, у більшості випадків одноклітинний і лише у харових водоростей багатоклітинний.

Пальмелоїдний стан – тимчасова стадія розвитку, яка зустрічається у деяких водоростей при потраплянні в несприятливі умови. Клітини водоростей при цьому втрачають джгутики, переходять у стан спокою і утворюють слизисті скупчення непевної форми.

Піреноїд – клітинна органела багатьох водоростей, яка представляє собою безкольорові щільні утворення білкової природи округлої чи вузлуватої форми всередині хлоропласту чи на ньому і є місцем утворення крохмалю.

Планктон – сукупність організмів, які проводять все життя в товщі води у зв'язаному стані і переносяться рухом води.

Пластинчаста структура – структура тіла водоростей, яка характеризується багатоклітинною сланню у формі пластинки з одного, двох або декількох шарів клітин.

Прокарпій – утворення у червоних водоростей, яке характеризується тісним зближенням карпогона і ауксиллярної клітини.

Різнострижчаста структура – нитчаста структура, яка складається з двох частин – горизонтальної, яка стелиться по субстрату і вертикальної, прямостоячої.

Сифонова структура – структура, яка характеризується відсутністю всередині слані клітинних перегородок при наявності великої кількості ядер.

Сифонокладальна структура – структура, яка характеризується складно побудованою сланню з первинно багатоядерних сегментів.

Скафідії – особливі місткості в слані бурих водоростей в яких серед численних волосків розміщуються органи статевого розмноження.

Спермації – безджгутикові, пасивнорухливі чоловічі статеві клітини.

Спорофіт – безстатеве покоління у рослин, в циклі розвитку яких є чергування поколінь.

Стефанокотні зооспори – спори з великою кількістю джгутиків, розташованих вінцем.

Тетраспори – спори безстатевого розмноження, які утворюються в спорангіях по чотири.

Тетраспорофіт - спорофіт у червоних водоростей.

Трихом – з'єднання клітин в однорядні або рідше багаторядні нитовидні структури у синьозелених водоростей.

Ценобій – особлива форма колоній водоростей, в якій об'єднуються клітини тільки однієї генерації. Ріст ценобія відбувається за рахунок збільшення розмірів клітин, а не їх кількості.

Цистокарп – зрілий гонімобласт у червоних водоростей разом із обгорткою із вегетативної тканини, яка вкриває його.

Тестові питання (відповідь «так» або «ні»)

1. Синьозелені водорості - еукаріотичні організми.
2. Серед пігментів Phodophyta є фікоеритрин.
3. Клітинна оболонка Зелених водоростей має целюлозу.
4. Рід Chlamydomonas має одноклітинний талом.
5. Водорості, що знаходяться в товщі води, називають бентосними.
6. Рухливі Xanthophyta мають два однакових джгутика.
7. Всі Bacillariophyta активно рухливі у вегетативному стані.
8. У Діатомових водоростей переважає гаплофаза.
9. Тетраспори Phodophyta мають джгутики
10. У Фукусових є чітко виражена зміна поколінь.
11. Золотисті водорості найбільш поширені в забруднених водоймах.
12. Евритермні види існують тільки в холодних водоймах.
13. Криптофітові водорості вкриті альвеолованою амфієсмою.
14. Глаукоцистофітові водорості - прокаріотичні організми.
15. Запасна речовина клітин Phodophyta - багрянковий крохмаль.

16. Під *Spirogyra* відноситься до класу *Siphonophyceae*.
17. Клітинна оболонка *Xanthophyta* містить пектин.
18. Талом Діатомових водоростей диплоїдний.
19. Більшість Криптофітових і Динофітових водоростей поширені в планктоні.
20. Водорості, що знаходяться на поверхні ґрунту, називають планктонними.
21. Зміна поколінь у роду *Ламінарія* ізоморфна.
22. Жіночий статевий орган *Phodophyta* – оогоній.
23. Різні за розмірами гамети називають гетерогаметами.
24. Клітини Динофітових водоростей вкриті перипластом.
25. Морський фітопланктон представлений переважно діатомовими та жовтозеленими водоростями.
26. Зелені водорості розмножуються тільки вегетативно.
27. Клітина *Cyanophyta* має мітохондрії.
28. Талом *Phodophyta* тільки багатоклітинний.
29. Внаслідок статевого розмноження у Діатомових водоростей утворюється аукоспора.
30. Запасна речовина в клітинах Зелених водоростей – ламінарін.
31. Водорості поширені в товщі води називають планктонними.
32. Для Жовтозелених водоростей розмноження статевим шляхом не типова ознака.
33. В антеридіях Червоних водоростей утворюються сперматозоїди.
34. Всі нерухливі спори водоростей називають апланоспорами.
35. Синьозелені водорості викликають “цвітіння” води.
36. Донні водорості утворюють перифітон.
37. Серед кокоїдних зелених відомі: хлорела, хлорококум, гідродіктіон.
38. Запасна речовина клітин Золотистих водоростей - багрянковий крохмаль.
39. Одним із видів вегетативного розмноження у водоростей є фрагментація.
40. Синьозелені водорості поширені тільки у водоймах.
41. Статеві спори у Червоних водоростей називають карпоспорами.
42. Представники *Desmidiaceae* розмножуються статеві тільки кон'югацією.
43. *Bacillariophyta* трапляються у ґрунті.
44. У *Fucus* вид статевого розмноження - ізогамія.
45. Гетерогамети розрізняються між собою розмірами.
46. Зооспори у водоростей мають тільки один джгутик.
47. У водоростей відомі лише два види первинно симбіотичних пластид: хлоропласт і родопласт.
48. У Сифонових водоростей переважає гаплофаза.
49. Серед бурих водоростей відомі: *Navicula*, *Nostoc*, *Fucus*.
50. Ціанофіцінові гранули – запасна речовина *Cyanophyta*.
51. У *Cyanophyta* один із видів розмноження – оогамія.
52. Серед *Phodophyta* є одноклітинні представники.
53. У Зелених водоростей зустрічається статевий процес гологамія.
54. В протопласті клітин Діатомових водоростей зустрічається завжди пластинчастий хлоропласт.
55. У *Phaeophyta* тільки ізоморфна зміна поколінь.

56. Зооспори у водоростей можуть бути багатоджгутиковими.
57. Існують безджгутикові чоловічі гамети.
58. Латинська назва Зелених водоростей - Xanthophyta.
59. Піреноїд – фоторецепторна органела водоростей.
60. У таломі бурих водоростей розрізняють меристодерму, кору, проміжну тканину та серцевину.
61. *Cosmarium*, *Spirogira*, *Chlamydomonas* – представники зелених водоростей.
62. Порфіра - прісноводна червона водорість.
63. Гетероцисти – спочиваючі клітини синьозелених водоростей.
64. Утворення гормогоній відбувається при вегетативному розмноженні синьозелених водоростей.
65. У Phodophyta при безстатевому розмноженні утворюються тільки моноспори.
66. У сифонових водоростей зооспори стефанокотні.
67. *Chlorella* – нитчаста зелена водорість.
68. Латинська назва Бурих водоростей - Phaeophyta.
69. У Desmidiales з зиготи утворюється два проростки.
70. У Діатомових водоростей рідко зустрічається безстатеве розмноження.
71. Запасна речовина клітин Phaeophyta - ламінарін.
72. Водорості можуть жити на корі дерев'янистих рослин.
73. У бурих водоростей зустрічається тільки гетероморфна зміна поколінь.
74. *Cladophora* – сифонокладальна водорість з ізоморфною зміною поколінь.
75. Хризоламінарін – продукт асиміляції жовтозелених водоростей.
76. У Бурих водоростей є морфологічна диференціація талому.
77. Серед Суанорфита є азотфіксатори.
78. Запасна речовина в клітинах Зелених водоростей – глікоген.
79. Рід Вольвокс відноситься до класу Сифонофіцієвих.
80. У роду Хламідомонада клітини кокоїдні.
81. До Суанорфита відносять: носток, кодіум, лінгбію.
82. Рід Церамій має зміну трьох поколінь.
83. Запасна речовина клітин Діатомових водоростей – крохмаль.
84. Діатомові водорості поширені тільки в планктоні.
85. З таломів Phodophyta одержують агар-агар.
86. Водорості використовуються для визначення сапробності води.
87. У *Ulva* гаплодиплофазний життєвий цикл з ізоморфною зміною поколінь.
88. Аерофільні водорості живуть у верхньому шарі води водойм.
89. Суанорфита трапляються в ґрунті.
90. Рід Полісіфонія має зміну двох поколінь у життєвому циклі.
91. У роду Спірогіра стрічкоподібний хлоропласт.
92. Запасна речовина клітин Зелених водоростей - крохмаль.
93. Латинська назва Жовтозелених водоростей - Chlorophyta.
94. Вегетативне розмноження синьозелених може відбуватися гормогоніями.
95. При проростанні ауксоспори відбувається мейоз.
96. *Vacillariophyta* поширені і в планктоні і в бентосі.

- 97.3 таломів Бурих водоростей одержують агар-агар.
 98. У Phodophyta зустрічаються тільки багатоклітинні таломи.
 99. Водорості тільки автотрофні організми.
 100. Орган безстатевого розмноження водоростей - гаметангій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Апрышко Г.Н., Нехорошев М.В., Іванов В.Н., Мильчакова Н.А. Противоопухолевые препараты из морских водоростей Средиземноморского бассейна // Альгология. – 2005. - Т. 15, № 4. - С. 485-491.
2. Бухтиярова Л.Н. Вассариофита в биомониторинге речных экосистем. Современное состояние и перспективы использования // Альгология. – 1999. - Т. 9, № 3. - С. 89-104.
3. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П., и др. Водоросли. Справочник. - К.: Наукова думка, 1989. - С. 219-258.
4. Воронова О.К. Одноклеточные водоросли – потенциальный источник противоопухолевых углеводов? // Альгология. – 1994. - Т. 4, № 2. - С. 76-84.
5. Горбунова Н.П. Альгология: Учеб. пособие для вузов по спец. «Ботаника». – М.: Высш. шк., 1991. – 256 с.
6. Жизнь растений (под ред. М.М. Голлербаха), т. 3. Водоросли. Лишайники. – М.: Просвещение, 1997, с. 192–250.
7. Змитрович И.В. Ревизия филогенетического древа эукариот: вариант евгленозойного предка // Альгология. – 2003. - Т. 13, № 3. - С. 227-269.
8. Кондратьева Н.В., Сиренко Л.А. Хозяйственное значение Суанопхита (обзор) // Альгология. – 1997. - Т. 7, № 1. - С. 87-103.
9. Кондратьева Н.В. Об организации работ, направленных на создание Красного списка видов водорослей Украины // Альгология. – 2003. - Т. 13, № 2. - С. 117-137.
10. Коновалова Г.В. «Красне приливы» в морях (некоторые итоги изучения) // Альгология. – 1992. - Т. 2, № 3. - С. 18-26.
11. Курс низших растений (под ред. М.В. Горленко). – М.: Высшая школа, 1981, с. 81–98.
12. Лавітська З.Г. Корисні нижчі рослини. – К.: Вид-во КУ, 1968. – 226 с.
13. Масюк Н.П., Костиков И.Ю. Современные взгляды на положение водорослей в системе органического мира // Альгология. – 2002. - Т. 12, № 2. - С. 151-183.
14. Масюк Н.П. Понятийный аппарат, касающийся бесполого размножения эукариотических водорослей // Альгология. – 1993. - Т. 3, № 4. - С. 25-37.
15. Нестерева Д.А. «Цветение» воды в северо-западной части Черного моря (Обзор) // Альгология. – 2001. - Т. 11, № 4. - С. 502-514.
16. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. – 2000. - Т. 10, № 4. – 309 с.
17. Сиренко Л.А., Кондратьева Н.В. Роль Суанопхита в природе // Альгология. – 1998. - Т. 8, № 2. - С. 117-132.
18. Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. - К.: Вища школа, 1984. – С. 4-27; 84-109.

19. Царенко П.М. Номенклатурно-таксономические изменения в системе «зеленых» водорослей // Альгология. – 2005. - Т. 15, № 4. - С. 459-468.

20. Штина Э.А. Роль водорослей в биогеоценозах суши // Альгология. – 1991. - Т. 1, № 1. - С. 23-36.

1. Костіков, І. Ю., Романенко, П. О., Демченко, Е. М., Дарієнко, Т. М., Михайлюк, Т. І., Рибчинський, О. В., Солоненко, А. М. (2001). Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори). Київ: Фітосоціоцентр.

2. Maltsev, Y. I., Maltseva, I. A., Solonenko, A. N., Bren, A. G. (2017). Use of soil biota in the assessment of the ecological potential of urban soils. *Biosystems Diversity*, 25(4).

3. Костіков, І. Ю., Романенко, П. О., & Демченко, Е. М. (2001). Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори). ІЮ Костіков, ІЮ Романенко, ЕМ Демченко [и др.] – Київ.

4. Солоненко, А. Н., Яровой, С. А., & Яровая, Т. А. (2008). Водоросли солончаков устьевой части реки Корсак и урочища Тубальский лиман. *Бюллетень государственного Никитского ботанического сада*, (96).

5. Яровой, С. А., Яровая, Т. А., & Солоненко, А. Н. (2008). К изучению водорослей солончаков Бердянской косы в районе озера Красное. *Екологія та ноосферологія*, 19(1-2), 160-162.

6. Kostikov, I. J., Romanenko, P. O., Demchenko, E. M., Darienko, T. M., Mikhayljuk, T. I., Rybchnnskiy, O. V., & Solonenko, A. M. (2001). Soil algae of Ukraine (*Vodorosti gruntiv Ukrajinu*).—300 pp. *Phytosotsiologichniy center, Kiev*. [in Ukrainian].

7. Солоненко А.Н., Яровой С.А., & Яровая Т.А. (2008). Водоросли солончаков устьевой части реки Корсак и урочища Тубальский лиман. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*, (96), 26-29.

8. Солоненко, А. Н., Яровой, С. А., Подорожний, С. Н., & Разнополов, О. Н. (2006). Водоросли солончаков Степановской и Федотовой кос северозападного побережья Азовского моря. *Ґрунтознавство*, (7, № 3-4), 123-127.

9. Солоненко, А. Н., Яровой, С. А., Разнополов, О. Н., & Подорожний, С. Н. (2005). Водоросли солончаков побережья залива Сиваш. *Вісн. Запорізьк. ун-ту*, 163-167.

10. Солоненко, А. Н., & Костиков, И. Ю. (1995). Почвенные водоросли типчаково-ковыльной степи заповедника «Аскания-Нова» (Украина). *Альгология*, 5(1), 59-64.

11. Maltseva, S. Y., & Solonenko, A. N. (2015). Urban flora of city Primorsk (Zaporozhskaya oblast, Ukraine). *Chernomorsk. bot. zh*, 11(4), 433-437.

Y. I. Maltsev, I. A. Maltseva, A. N. Solonenko, & A. G. Bren (2017). Use of soil biota in the assessment of the ecological potential of urban soils. *Biosystems Diversity*, 25 (4), 257-262. doi: 10.15421/011739

ЗМІСТ

Вступ

Тема відділ Синьозелені водорості	16
Тема відділ Бурі водорості	22
Тема відділ Діатомові водорості.....	31
Тема відділ Червоні водорості	38
Тема відділ Зелені водорості, клас Зелені водорості	45
Тема відділ Зелені водорості, клас Требуksієфіцієві, клас Ульвофіцієві ...	53
Тема відділ Зелені водорості, клас Сифонові, клас Харофіцієві	59
Екологія водоростей	
Словник термінів і понять	66
Література	69