

ВІДДІЛ ДІАТОМОВІ ВОДОРОСТІ (*Bacillariophyta, Diatomeae*)

Відділ налічує близько 10 000 видів — мікроскопічних одноклітинних, рідше колоніальних організмів, світло-бурих або жовтих, дуже різноманітних за формою клітин, колоній і способів з'єднання клітин у них.

Будова клітини. Діатомові водорості характерні своєрідною будовою клітини, зокрема наявністю кремнієвого панцира (рис. 12). Цитоплазма займає пристінне положення, є центральна вакуоля, яка іноді розділена цитоплазматичним містком. Клітини одноядерні; ядра бувають кулясті, веретеноподібні, ниркоподібні та інших форм і містять одно або декілька ядерць. Цитоплазма містить зернисті або пластинчасті хроматофори. Розмір хроматофорів та їх кількість у різних груп і видів неоднакові. Здебільшого великі пластинчасті хроматофори властиві бентичним видам, а дрібні, зернисті або дисковидні — планктонним. Колір хроматофорів бурувато-жовтий і визначається пігментами хлорофілом *a* і *c*, каротином, бурими пігментами фукоксантином, філоксантином та ін. (деякі з них раніше називали діатоміном). Хроматофори мають один або кілька піреноїдів. Запасні поживні речовини — олії, волютин, у деяких — лейкозин. Крохмаль в клітинах не утворюється. Протопласт укритий пектиновою оболонкою, до якої щільно прилягає зовнішня тверда кремнеземна оболонка — панцир, хімічний склад якого близький до опалу ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$).

Кремнеземна оболонка (панцир, або тека) складається з двох стулок, що насуваються одна на одну, як кришечка на коробочку. Більшу стулку називають *епітекою* (вона відповідає кришечці), а меншу — *гіпотекою* (вона відповідає коробочці). Епітека і гіпотека в свою чергу складаються із стулки і пояскового кільця (пояска). Поясок епітеки на вільному краю щільно охоплює такий самий поясок гіпотеки. Кількість поясків з кожного боку буває від одного до декількох.

Всю різноманітність форм стулок можна звести до двох основних типів: актиноморфні і зигоморфні. Актиноморфні стулки бувають круглі, трикутні, багатокутні, з радіальною структурою (клас *Centricae*), а зигоморфні — продовгуваті, з бісиметричною структурою (клас *Pennatae*).

У багатьох діатомових водоростей у результаті життєдіяльності клітини в панцирі виникають додаткові кремнеземні утвори — вставні ободки, або проміжні кільця, септи (вирости на проміжних кільцях), особливі пластинки, вторинні стулки та інше. Вставні ободки, або проміжні кільця, виникають між загином стулки і пояском, вклинюються між ними, дещо розсувають їх. Вони дають можливість клітині збільшуватися у розмірі в кілька разів.

Загальні обриси клітин залежно від їх положення в просторі показуються різними для дослідника. Відрізняють вигляди клітин діатомових водоростей із стулки та з пояска (рис. 11). Електронно-мікроскопічне дослідження стулок виявляє їх дуже складну і різноманітну тонку структуру у різних видів (рис. 12). Її створюють наскрізні пори, розміщені у певному порядку, реберця, борізки, риски, камери, різні вирости тощо. Кожному видові властиве певне розміщення структурних елементів та їх розмір. Одні з таких утворів панцира є первинними (пори), а інші — вторинними і формуються в результаті його нерівномірного потовщення. Для окремих представників характерні на стулках (одній чи обох) особливі поздовжні щілини-шви. На кінцях і посередині шва у багатьох видів спостерігаються особливі потовщення оболонки — вузлики. Будова шва та вузликів складна і неоднакова у різних видів. Наявність шва завжди пов'язана із здатністю водоростей до активного руху. Еволюція шва спрямована на пристосування його до більш досконалого руху клітини. Шов, очевидно, полегшує проникнення в клітину води і поживних речовин. Клітини пересуваються внаслідок виділення цитоплазми чи слизу з клітини. Цитоплазма або слиз рухаються вздовж шва і вузликів, виникає тертя об воду чи твердий субстрат, і клітина пересувається у протилежному до руху виділенні напрямку. Клітини деяких видів бувають оточені драглистими плівками. У діатомових відомі випадки диморфізму і поліморфізму панцира.

Розмноження. Діатомовим водоростям властиве розмноження вегетативним поділом клітин. При цьому клі-

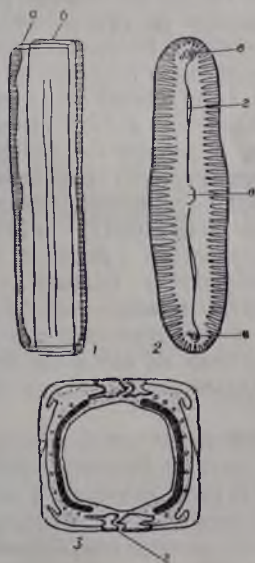


Рис. 11. Будова клітини пінулярії:

1 — вигляд з пояска; 2 — вигляд з стулки; 3 — поперечний розріз панцира з протопластом; а — гіпотека, б — епітека, в — вузлики; г — шов.

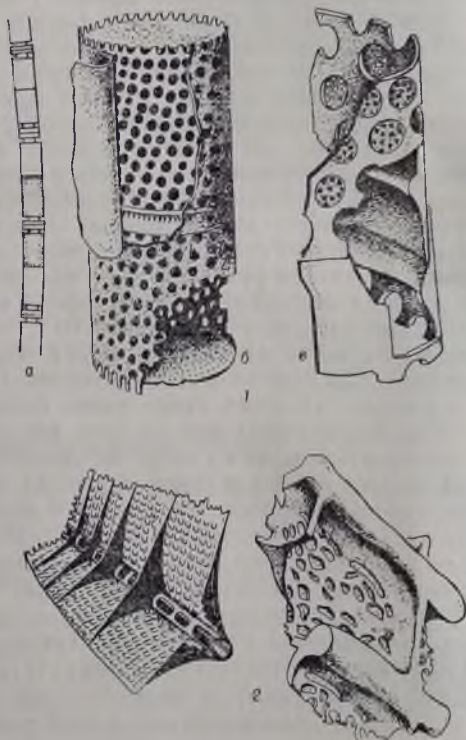


Рис. 12. Субмікроскопічна будова панцира:

1 — мелозира: а — вигляд під оптичним мікроскопом, б — об'ємне зображення частин нитки, в — панцир з урахуванням електронно-мікроскопічних досліджень; 2 — об'ємні зображення частин панцира сурірелі з урахуванням електронно-мікроскопічних досліджень.

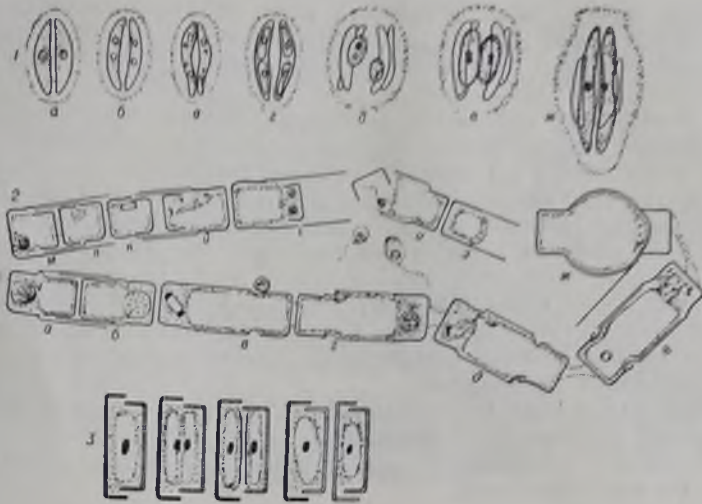


Рис. 13. Розмноження діатомових водоростей:

1 — схема статевого процесу в цимбелі: а — дві зближені клітини, б, в — редуційний поділ ядер і редуція двох ядер, г, ґ — утворення гамет і утворення зигот, е, ж — аукоспори; 2 — схема статевого процесу у мелозирі: а — ж — редуційний поділ в жіночій клітині, запліднення і розвиток аукоспори; м — і — розвиток і вихід сперматозоїдів; 3 — вегетативний поділ клітини.

тинне ядро переміщується до середини клітини, хроматофори переміщуються з пояскових боків на стулкові, збільшується об'єм протопласта, а стулки поступово розсуваються. У клітині з'являється центральне веретено, а в ядрі — хромосоми. Закладання нової оболонки розпочинається тоді, коли хромосоми розходяться. Діляться також хроматофори. Дочірня клітина одержує по одному клітинному ядру, хроматофори, частину цитоплазми і епітеку або гіпотеку. Добудовується завжди менша по відношенню до старої стулка панцира — гіпотека. Дочірні клітини розходяться після добудови гіпотек. Кремнієвий панцир припиняє ріст дочірніх клітин, а постійна добудова під час поділу гіпотекі призводить до поступового здрібнення клітин. Нормальний розмір клітин відновлюється у зв'язку з утворенням аукоспор (ростучих спор). Аукоспори здебільшого виникають внаслідок статевого процесу.

Статевий процес у різних груп діатомових водоростей має свої особливості. У пенатних діатомових він відбувається так (рис. 13). Дві клітини наближаються одна до одної і вкриваються слизистою поволочкою. Ядра клітин поділяються редуційно. З чотирьох ядер, які при цьому утворюються, у одних видів два, а в інших три відмирають. У першому випадку вміст клітини ділиться і утворюються дві клітини, які відіграють роль гамет. Гамети джгутиків не утворюють, але здатні до амєбовидного руху. Через пори і щілини панцира вони виходять назовні, зливаються попарно і утворюють зиготу. У другому випадку клітини скидають панцир, а весь протопласт стає гаметою. Після попарного злиття таких гамет утворюється зигота. Вона вкривається еластичною оболонкою, швидко збільшується, тобто перетворюється в аукоспору. Після припинення росту клітина відтворює типову кремнеземну оболонку.

Статевий процес у пенатних водоростей різноманітний. В одних видів копулюють гамети однакового розміру (ізогамна копуляція у *Pleurosigma nubecula*, *Achnanthes brevipes* та ін.), у інших копулюють гамети неоднакового розміру (гетерогамічна копуляція у *Cymbella lanceolata*). Є автогамне

утворення зиготи, коли копулюють ядра або гамети, що походять із однієї материнської клітини (*Amphora normandi*, *Achnanthes subressilis*). Апогамний і партеногенетичний спосіб утворення аукоспор описаний у видів *Cocconeis*, *Rhabdonema*.

У центричних водоростей особливості статевого процесу досконало ще не вивчені. У представників морського планктону спостерігається редукційний поділ клітин і утворення численних клітин — мікроспор. Мікроспори несуть один або два джгутики, ведуть себе як ізогамети. В окремих видів мезозирі (*Melosira varians*) статевий процес дещо нагадує югамію (рис. 13). В клітинах однієї нитки внаслідок редукційного поділу виникають рухливі чоловічі статеві клітини (сперматозоїди, антерозоїди). 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 аукоспора.

Водорості, в яких виникають вставні кільця, звичайно здатні рости і аукоспор не утворюють (*Rhizosolenia*, *Epithemia* та ін.).

За формою і будовою стулук діатомові водорості поділяють на два класи: пенатні і центричні.

КЛАС ПЕНАТНІ (*Pennatae*)

Водорості цього класу характеризуються двобічною симетрією клітини; зрідка бувають асиметричні форми. Клітини видовжені, переважно еліпсоїдальні або човникоподібні, витягнуті в поздовжньому напрямі. Стулки багатьох видів мають шов, вузлики, пірчасту порисованість (риски, ребра). Нижчі представники шва не мають. Хроматофори малочисленні, пластинчасті, іноді з піреноїдами. Прісноводні і морські види.

Розглянемо найважливіших представників. До роду пінулярія (*Pinnularia*) належать одноклітинні водорості, клітини зрідка з'єднані в стрічки. Стулки лінійно-овальні до ланцетних, з гладенькими реброподібними поперечними рисками і швом (рис. 11). Види пінулярії поширені в прісноводному і морському бентосі. У водоймах УРСР часто трапляються пінулярія велика (*P. major*), п. зелена (*P. viridis*) та ін. Рід плевросигма (*Pleurosigma*) (рис. 14). Клітини з боку стулки мають своєрідну сигмоподібну форму. Стулки вкриті порами, які мають вигляд крапок і розташовані рядами. Поширений в солоних континентальних і морських водоймах. На території УРСР частіше трапляється плевросигма видовжена (*P. elongatum*). У видів роду навікула (*Navicula*) стулки ланцетні,

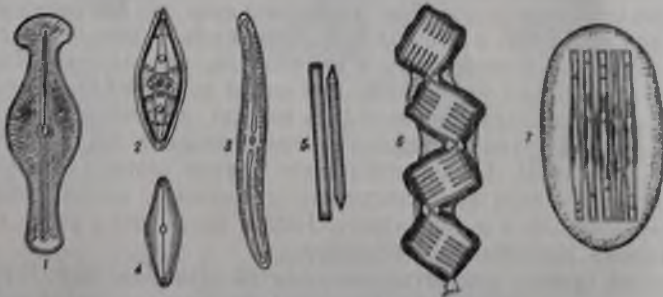


Рис. 14. Пенатні діатомові водорості:

1 — гомфонема; 2 — навікула; 3 — плевросигма; 4 — цимбела; 5 — синедра; 6 — табеллярія; 7 — фрагілярія.

овальні або лінійні, загострені на кінцях, з пірчастими рисками та шліноподібним швом. Рід дуже багатий видами (понад 130 видів). Поширені в прісній та солоній воді. В водоймах УРСР бувають *навікула скриптоголова* (*N. cryptosephala*), *н. променева* (*N. radiosa*) та ін. Рід *синедра* (*Synedra*) — переважно поодинокі паличковидні форми без шва, прісноводні й морські. Дуже поширені *синедра ліктьова* (*S. ulna*), *с. головаста* (*S. capitata*) та ін. Клітини водорості роду *табелярії* (*Tabellaria*) з'єднані в зигзагоподібні або замкнені стрічки, зрідка утворюють зірчасті колонії. Форма клітин прямокутна з пояскою і лінійна із стулки. Панцир з проміжними кільцями і септами. У прибережній зоні водойм поширені *табелярія продірявлена* (*T. fenestrata*), *т. клочкувата* (*T. foveolata*).

У *фрагілярії* (*Fragilaria*) клітини з'єднані в щільно зімкнуті стрічковидні колонії. Стулки лінійні, ланцетні або овальні, часто посередині розширені впоперек або перетягнуті, без шва. З численних прісноводних видів назвемо *фрагілярію складну* (*F. construens*), *ф. кротонську* (*F. crottonensis*) та ін. У водоймах, на ґрунті та в ґрунті зустрічається багато інших видів пенатних водоростей з родів *Cymbella*, *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Eunotia*, *Amphora*, *Surirella*, *Gomphonema* та ін.

КЛАС ЦЕНТРИЧНІ (*Centricae*)

Представники центричних водоростей характерні радіальною симетрією клітин. Стулки круглі, овальні, без шва, структурні елементи представлені порами, горбиками, виростами, рисками, які здебільшого розміщені радіально. Хроматофори численні, зернисті або пластинчасті. Розмножуються ці водорості поділом клітин і статевим (у деяких оогамія). Переважно морські види. Відомо 8 родів нечисленного видового складу. Найчастіше трапляються *циклотела*, *мелозира*, *хетоцерос*, *ризосоленія* (рис. 15). *Циклотела* (*Cyclotella*) має клітини барабаноподібні, поодинокі, рідше вони утворюють слизові безформні або ланцюжкові колонії. Хроматофори дрібнопластинчасті. Види морські і прісноводні. У прісній воді найчастіше трапляється *циклотела Менегіні* (*C. meneghiniana*), *ц. зірчаста* (*C. stelligera*). У *мелозирі* (*Melosira*, рис. 12, 15) клітини циліндричні, з'єднані у нитчасті колонії. Пори на панцирі розміщені на бічній його поверхні поздовжніми рядами. У місці з'єднання ступок є спеціальні структурні отвори. У морських водоймах СРСР є такі види: *мелозира чотиковидна* (*M. moniliformis*), *м. мінлива* (*M. varians*) та ін. Із прісноводних видів слід назвати *м. байкальську* (*M. baicalensis*), *м. неясну* (*M. ambigua*) та ін.

Для дніпровського планктону характерні *Melosira italica*, *M. granulata*.

Ризосоленія (*Rhizosolenia*) має видовжені циліндричні клітини з характерними виростами (щетинками) на кінцях. У водоймах УРСР зрідка поширена *ризосоленія ерієнська* (*B. eriensis*). *Хетоцерос* (*Chaetoceros*) характеризується короткоциліндричними клітинами, які по краях панцира мають чотири довгих щетинки, за допомогою яких вони з'єднані в нит-

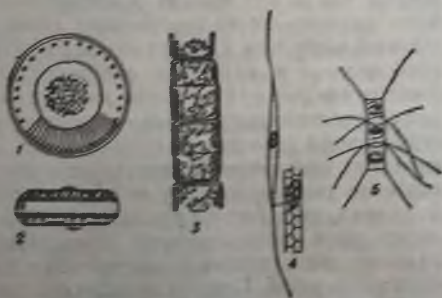


Рис. 15. Центричні водорості:

1 — *циклотела*, 2 — *мелозира*, 3 — *мелозира*, 4 — *хетоцерос*.

часті колонії. У солоних континентальних водоймах СРСР поширені *хетцерос Мюллера (Ch. muelleri)*, *х. Вугама (Ch. wighamii)*. В солоноводних водоймах часто трапляється водорість *Coscinodiscus*.

ПОХОДЖЕННЯ ТА ЕВОЛЮЦІЯ ДІАТОМОВИХ ВОДОРОСТЕЙ

Стародавні викопні діатомові водорості знайдено у відкладах юрського періоду (вік 110—150 мільйонів років). Це вже були досить організовані форми, що дає підставу зробити висновок про їх виникнення в доюрські часи. У крейдовий період відбувався швидкий розвиток центричних діатомових водоростей, який тривав і протягом третинного періоду. Наприкінці третинного періоду стає помітним вимирання багатьох видів і родів цих водоростей. У відкладах верхньої крейди вже трапляються майже всі сучасні роди діатомових водоростей. Представники класу *Pennatae* досягли свого розквіту наприкінці третинного і на початку четвертинного (антропогенного) періодів. Отже, з часів крейдового періоду діатомові водорості пройшли довгий шлях еволюційного розвитку.

Діатомові водорості є добрими індикаторами середовища, в якому вони живуть. На цій особливості базується метод діатомового аналізу, який застосовують для визначення походження, віку осадових порід, сольового, температурного режиму і глибини давніх водойм на підставі вивчення таксономічної належності та кількісного співвідношення викопних діатомових водоростей. Наприклад, нещодавно в товщі відкладів Індійського сектора Антарктиди радянські ботаніки виявили зміну горизонтів, що відповідають епохам потепління і охолодження клімату, а це позначилося на флорі діатомових.

Діатомові водорості філогенетично зв'язані із золотистими водоростями (*Chrysomonadineae*). Про їх спорідненість свідчать такі спільні ознаки, як подібність пігментів, запасних поживних речовин у клітині (олії, у деяких лейкозін), відсутність крохмалю, наявність двошарової оболонки (особливо у цист), скреміння оболонок. Проте від золотистих водоростей діатомові помітно відрізняються тим, що в циклі розвитку у них переважає диплоїдна ядерна фаза.

Існують розбіжності в питаннях про походження діатомових водоростей. Більшість ботаніків вважає, що предками діатомових, очевидно, були давні джгутикові. Є теорії про їх походження від давніх амєбовидних предків. Сучасна наука дотримується того погляду, що діатомові водорості є чітко окресленою, самостійною високоорганізованою групою нижчих рослин, яка не має прямих філогенетичних зв'язків з іншими водоростями. Вони являють собою прогресивну лінію розвитку нижчих рослин, еволюція якої відбулася в межах одноклітинної організації. Своєрідність їх будови полягає в наявності високоорганізованого кремнієвого панцира і особливої форми руху у вищих пенатних видів. Морфологічна еволюція тіла цих водоростей завершилась утворенням колоніальних форм, зокрема нитчастих колоній (мелозира, хетцерос). Еволюція в межах відділу відбулася в напрямках виникнення і розвитку статевого відтворення, формування різноманітних типів панцира у зв'язку з планктонними і бентичними умовами існування, виникнення рухливості у вищих форм, пристосування до мінливих умов навколишнього середовища. Центричні і пенатні — дві паралельні лінії еволюційного розвитку діатомових водоростей. Більш давніми є центричні. Пенатні досягли вищого ступеня розвитку. Прогресивний розвиток пенатних пов'язаний з утворенням і удосконаленням шва, пристосуванням до руху. В сучасних морях бентична флора діатомових на 90% складається з пенатних водоростей, а в прісноводних водоймах — майже на

100%. Саме ці водорості, заселивши повністю сублітораль і літораль, почали поступово проникати в планктон.

Дальша еволюція діатомових водоростей, очевидно, матиме екологічну і біологічну спрямованість, в якій рухомим формам належить майбутнє. В міру угасання давніх центричних панівними будуть пенатні у всіх водоймах земної кулі.

ПОШИРЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ДІАТОМОВИХ ВОДРОСТЕЙ

Діатомові водорості дуже поширені в прісних і морських водоймах, у ґрунті, на різних субстратах як в арктичних, так і тропічних районах земної кулі. Вони становлять більшу частину прісноводного і морського бентосу та значну частину планктону. У планктонних форм є різноманітні пристосування, які збільшують плавучість водоростей — вирости клітин, виділення слизу, утворення стрічковидних колоній, відкладання олії в клітинах. Бентичні форми здатні до активного руху на поверхні твердого субстрату або прикріплюються до поверхні різних підводних тіл. Серед них багато епіфітних видів з родів: *Epithemia*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Synedra*, *Cymbella* та ін. На вологих скелях, ґрунтах, у товщі ґрунту трапляються види *Melosira*, *Pinnularia*, *Navicula*, *Eunotia*, *Hantzschia* та ін.

Переважає більшість діатомових є автотрофними організмами. Тільки деякі види (*Nitzschia leucosigma*, *N. putrida*) безбарвні і живляться сапрофітно. Окремі види досить тіневитривалі і здатні розвиватися на значних глибинах. У деяких прісноводних водоймах знаходять діатомові водорості на глибині до 50—60 м, а в океані вони виявлені навіть на глибині 350 м. Ці водорості стійкі проти низьких температур, переносять значну амплітуду коливання (замерзання, відтаювання тощо). В фітопланктоні антарктичних районів діатомові становлять 90—95% всієї кількості водоростей. Оптимальною для діатомових є температура 15—30°C. Деякі види є у воді гарячих джерел з температурою 50°C і більше.

При несприятливих умовах діатомові водорості здатні переходити в стан спокою. У багатьох морських форм при цьому виникають спочиваючі спори, у інших спостерігається дроблення протопласта на кулясті частинки. Стан спокою у більшості діатомових обумовлений фізіологічними особливостями живого вмісту клітин і проходить без утворення спеціальних клітин. У звичайному стані водорості переносять замерзання, висихання та інші несприятливі умови.

Наявність у воді різних домішок помітно впливає на розвиток діатомових водоростей. Водойми з чистою водою, текучі води загалом багатші на флору цих водоростей. В стоячих водах масово розвиваються, наприклад, види *Diatoma*, у проточних водах — види *Gomphonema*, *Meridion*, на торфовищах — види *Eunotia*, *Navicula*, *Cymbella*, *Pinnularia*, *Epithemia*.

Великий вплив на поширення морських планктонних видів має солоність води: у міру зменшення солоності води збіднюється флора діатомових водоростей.

У житті водних біоценозів діатомові водорості, особливо планктонні, відіграють важливу роль, зумовлюючи нагромадження великої кількості органічної речовини. Вони містять у своєму складі 20—30% білків, 5—20% ліпідів, 12—20% вуглеводів, 20—60% золи (від сухої ваги) і є їжею для багатьох дрібних водяних тварин. У холодних морських водоймах (північна частина Тихого океану, навколо материка Антарктиди та ін.) знаходять сучасні глибоководні осадові породи — діатомовий мул, у складі якого 50—70% панцирів діатомових водоростей. Крем'яні панцирі викопних форм утворили місцями гірські осадові породи діатоміт і трепел (третинні і четвортинні відклади); товщина цих покладів досягає 10—100 м. Великі запаси

діатоміту є в Закавказзі, Середньому Поволжі, на Уралі, в Західному Сибіру. Родовища трепелу відомі в УРСР в межах Хмельницької, Кіровоградської і Донецької областей. В 1 см^3 трепелу іноді налічують до 2, 5 млн. панцирів діатомових водоростей. Діатоміт і трепел використовують в різних галузях промисловості (будівельній, хімічній, нафтовій, харчовій і ін.). Тонка структура панцира цих водоростей дає змогу використати деякі з них (*Pleurosigma*, *Surirella*) як пробні об'єкти лінз об'єктивів мікроскопів.

ВІДДІЛ ЗЕЛЕНІ ВОДОРОСТІ (*Chlorophyta*)

Відділ об'єднує понад 5000 видів мікроскопічних і макроскопічних, одноклітинних, колоніальних, ценобіальних і багатоклітинних водоростей різної зовнішньої будови. Для них властиві майже всі відомі для водоростей форми тіла, крім амебоїдної у вегетативному стані.

Однією з основних рис зелених водоростей є типове зелене забарвлення, оскільки хлорофіл у хроматофорах не замаскований додатковими пігментами, як в інших водоростей.

Будова клітини. Клітини найбільш примітивних форм не мають відокремленої від цитоплазми оболонки. У всіх інших водоростей клітини вкриті пектиноюю, целюлозно-пектиноюю або целюлозною оболонкою. Протопласт виразно диференційований на цитоплазму, хроматофори, мітохондрії, клітинне ядро, вакуолі. Форма хроматофорів надзвичайно різноманітна — пластинчаста, стрічковидна, зірчаста, зерниста та ін. Часто в хроматофорах є піреноїди у вигляді щільних круглих тілець. Піреноїди є особливими органелами клітини, які віддиференціювалися з хроматофору як фізіологічний центр синтезу крохмалю. Їм властиві відносно велика стійкість, упорядкованість структури, здатність до самовідтворення. Піреноїд відрізняється від хроматофора більшою щільністю строми, редукцією і потовщенням ламелярної системи, аж до утворення каналців або трубочок. Строма піреноїда складається з фібрилярних елементів завтовшки $80 \pm 20\text{Å}$. В піреноїді, як і в хлоропластах, є подвійні ламели (диски), які в свою чергу складаються з елементарних дуже тонких ламел завтовшки $60\text{—}100\text{Å}$. У хроматофорах диски зібрані в пучки, від 2—3 до 20—80 в кожному. Гран хроматофори, як правило, не мають. Диски піреноїдів є, очевидно, продовженням дисків хроматофорів. У піреноїдах їх кількість у пучках менша, вони значно товстіші і втрачають паралельне розташування. У деяких водоростей виявлені піреноїди без дисків і каналців.

Пігменти хроматофорів — хлорофіл *a* і *b*, каротин, різні ксантофіли (ауроксантин, віолоксантин та ін.). В пристінному шарі цитоплазми або в центрі клітини на цитоплазматичних тяжках розміщене клітинне ядро. Клітини однопідрні, рідше багатоядерні. Запасні речовини — крохмаль, рідше олієподібні речовини.

Розмноження. Зелені водорості розмножуються вегетативно, нестатевим і статевим.

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

Нестатеве розмноження — зооспорами, автоспорами, апланоспорами і гемізооспорами. Зооспори несуть 2—4 або багато джгутиків, утворюються внаслідок поділу протопласта і після дозрівання завжди залишають оболонку материнської клітини. Вони не мають ізольованої целюлозної оболонки, містять ядро, хроматофори, скоротливі вакуолі, вічко. Гемізооспори дуже нагадують зооспори, розвиток яких не закінчується, а затри-

мався на ембріональній амебоїдній стадії. Вони мають скоротливу вакуолю, позбавлені джгутиків і виходять назовні у вигляді голих амебоїдних клітин або безпосередньо в клітині перетворюються в автоспори або апланоспори.

Автоспори не мають джгутиків, покриті оболонкою; за формою вони є точною копією материнської клітини, тільки менші. *Апланоспори* — нерухливі клітини, які виникають так, як і зооспори. Їх вважають вторинними утворами — зооспорами, які втратили джгутики. Апланоспори вкриваються щільною оболонкою і проростають після стану спокою. Клітини, які дають спори нестатевого розмноження, відповідно називають *зооспороангіями*, *автоспороангіями*, *апланоспороангіями*.

Статеве відтворення представлене різноманітними типами і формами статевого процесу. Зеленим водоростям властиві гологамія, ізогамія, гетерогамія, оогамія, кон'югація.

Гологамія — найпримітивніший тип статевого процесу. При ньому копулюють цілі особини, наприклад, одноклітинні водорості (деякі вольвоксові).

У переважної більшості зелених водоростей у материнських клітинах — гаметангіях — утворюються статеві клітини — гамети, які попарно копулюють, і утворюється зигота. Залежно від будови гамет, що копулюють між собою, розрізняють такі форми статевого процесу: *ізогамію* — попарне злиття рухливих гамет, однакових за величиною і формою; *гетерогамію* — попарне злиття рухливих гамет, з яких одна більша; *оогамію* — попарне злиття жіночої гамети — яйцеклітини, великої за розміром, із значним запасом поживних речовин, без джгутиків, і чоловічої гамети — сперматозоїда, малого за розміром, рухливого, з джгутиками.

Оогамна форма статевого процесу є найбільш складною внаслідок диференціації гамет на чоловічу і жіночу. Гаметангій, який дає численні сперматозоїди, називають *антеридієм*, а гаметангій, де утворюється яйцеклітина, — *оогонієм*. Гаметангії, в яких розвиваються ізогамети, гетерогамети, відповідно називають *ізогаметангіями* і *гетерогаметангіями*.

В одноклітинних водоростей кожний організм може утворювати гамети, тобто перетворюватися у гаметангії. У водоростей з диференційованою сланню тільки деякі клітини можуть утворювати гамети.

Помічено, що при ізогамії часто копулюють гамети, які виникли на тій самій особині. Це явище дістало назву *гомоталізму*, а водорості, у яких воно має місце, називають *гомоталічними*, або *одностатевими*. Проте у багатьох зелених водоростей можлива копуляція гамет, які походять з різних особин. Таке явище називають *гетероталізмом*, а ізогамети, які походять із різних особин, умовно позначають знаками $+$ і $-$.

У водоростей, які не мали в історії свого розвитку джгутикових стадій, зустрічається особлива форма статевого процесу — *кон'югація*. При цьому процесі зливаються протопласти вегетативних клітин, які зовнішньо не диференційовані на гамети, хоч виконують їх функції. У багатьох видів зигота перебуває тривалий час у стані спокою. Під час проростання її відбувається редукційний поділ ядра, утворюється здебільшого 4 зооспори (проростки), з яких розвиваються нові водорості.

У циклі розвитку переважної більшості зелених водоростей лише зигота є диплоїдною. У деяких видів відомі інші типи зміни ядерних фаз і навіть зміна поколінь (генерацій). Усі зелені водорості, крім вольвоксових, нерухливі у вегетативному стані.

Класифікація. У відділі зелені водорості вчені виділяють від 1 до 3 класів. Л. І. Комарницький і Л. І. Курсанов поділяють відділ на 3 класи, Р. Веттштейн і З. Подбельковський виділяють тільки 1 клас з 5 порядками. За новим виданням «*Syllabus'a*» Енглера до відділу *Chlorophyta* зараховано