

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

БІОЛОГІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
спеціальності 101 – Екологія

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
харчових технологій
Протокол № 5
від 31.05.23

Чернігів 2023

Біологія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 101 «Екологія» / Укл.: Буяльська Н.П. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023.– 67 с.

Укладачі: БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук,
доцент

Відповідальний за випуск: ХРЕБТАНЬ ОЛЕНА БОРИСІВНА, завідувач кафедри харчових технологій, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Челябієва Вікторія Миколаївна, кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка»

Зміст

Стор.

Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Визначення закономірностей організації покривних, основних і видільних тканин рослин як адаптацій до умов навколишнього середовища.....	5
Лабораторна робота № 2. Виявлення закономірностей організації механічних, провідних і твірних тканин рослин як адаптацій до умов навколишнього середовища.....	13
Лабораторна робота № 3. Визначення закономірностей організації епітеліальної і нервової тканин тварин як адаптацій до умов навколишнього середовища.....	21
Лабораторна робота № 4. Встановлення закономірностей організації сполучної і м'язової тканин тварин як адаптацій до умов навколишнього середовища	30
Лабораторна робота № 5. Виявлення різноманітності, особливостей будови і життєдіяльності гетеротрофних найпростіших як значимого комплексу організмів природних водних екосистем і об'єктів біологічної очистки стічних вод.....	40
Лабораторна робота № 6. Встановлення різноманітності, особливостей будови і життєдіяльності автотрофних найпростіших як невід'ємного компонента водних екосистем.....	50
Лабораторна робота № 7. Встановлення анатомо-морфологічних особливостей лишайників як індикаторів екологічного стану навколишнього середовища.....	59
Рекомендована література	67

Вступ

Антропогенний вплив на довкілля негативно прямо чи опосередковано впливає живі організми, призводячи до стрімкого скорочення біологічного розмаїття планети. Зникнення біологічних видів, своєю чергою, викликає порушення функціонування екосистем і виснаження біологічних ресурсів. У зв'язку з цим скорочення біологічного розмаїття – одна з глобальних екологічних проблем сучасності.

Вирішення зазначеної проблеми – складне та комплексне завдання. При плануванні заходів щодо збереження конкретного таксону чи екосистеми загалом, передусім, необхідно враховувати біологічні особливості живих організмів. Ця обставина визначає необхідність вивчення дисципліни «Біологія».

Вивчення біології неможливе без всебічного аналізу біологічних об'єктів, проведення якого насамперед має здійснюватися на лабораторних заняттях.

Враховуючи величезну різноманітність живих організмів, робота спеціаліста-еколога пов'язана з необхідністю оперативного аналізу біологічних об'єктів, відомості з яких у науково-практичній літературі, у ряді випадків нечисленні або відсутні. У цьому, однією з актуальних завдань є підготовка сучасних екологів, здатних самостійно отримувати нові наукові дані в галузі біології.

Набуття компетенцій у сфері біології є важливим етапом підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 101 – Екологія, що сприяє їхній ефективній професійній діяльності після отримання відповідної кваліфікації та підвищує їх конкурентоспроможність на ринку праці.

Представлені у методичних рекомендаціях лабораторні заняття відповідають освітній програмі та розроблені із застосуванням дослідницького підходу у підготовці фахівців-екологів.

У методичні рекомендації включені численні ілюстрації живих організмів, їхньої морфологічної та анатомічної будови, що сприяє більш ефективному засвоєнню навчального матеріалу.

Завдання, що пропонуються, засновані на вивченні біологічних об'єктів, що зустрічаються на території м. Чернігів та Чернігівської області.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення закономірностей організації покривних, основних і видільних тканин рослин як адаптацій до умов навколишнього середовища

1.1 Мета: встановити особливості будови покривних, основних і видільних тканин рослин залежно від виконуваних функцій.

1.2. Короткі теоретичні відомості

Покривні тканини.

За походженням розрізняють три типи покривних тканин: первинну, вторинну та третинну. До первинних покривних тканин, що диференціюються із протодерми належать епідерма і епіблема.

Епідерма – жива постійна покривна тканина листків, квіток та багатьох плодів, саме нею вкрито стебло трав'янистих рослин та молоді пагони деревних рослин. Епіблема – покривна тканина кореня, з переважанням функції поглинання.

Поліфункціональність епідермальної тканини відбивається на її будові. Поряд з клітинами, що складають основну масу, епідерма включає в себе замикаючі і навколопродихові клітини, що утворюють продиховий комплекс, різні типи покривних та залозистих волосків. Зовнішні стінки клітин замикачів мають вирости – гребені. Простір, обмежений цими виростами називають переднім двориком. Подібні вирости часто мають і внутрішні стінки клітин-замикачів, вони утворюють задній дворик, який з'єднаний з великим міжклітинником – підпродиховою порожниною. У рослин розрізняють декілька типів продихових комплексів залежно від наявності побічних клітин, їх розміщення відносно продихової щілини та розмірів (рис. 1.1).

1. Аномоцитний – з невизначеною кількістю клітин навколо замикаючих, які за формою і розмірами не відрізняються від інших клітин епідермісу;

2. Перицитний – замикаючі клітини повністю оточені однієї побічної клітиною;

3. Полоцитний – замикаючі клітини оточені однієї побічною клітиною не в повному обсязі, до одного з продихових полюсів примикають одна або дві епідермальні клітини;

4. Діацитний – продих оточують дві побічні клітини, суміжні стінки яких розташовані перпендикулярно до осі продиху;

5. Парацитний – побічних клітин дві або чотири, їх поздовжні осі паралельні продиховій щілині;

6. Анізоцитний – з трьома навколопродиховими клітинами, з яких одна менша;

7. Тетрацитний – 2 побічні клітини латеральні, а 2 – термінальні;

8. Ставроцитний – побічні клітини розміщені навхрест;

9. Енциклоцитний – чотири і більше побічних клітин розташованих вузьким кільцем;

10. Актиноцитний – побічних клітин 5 і більше, вони радіально видовжені.

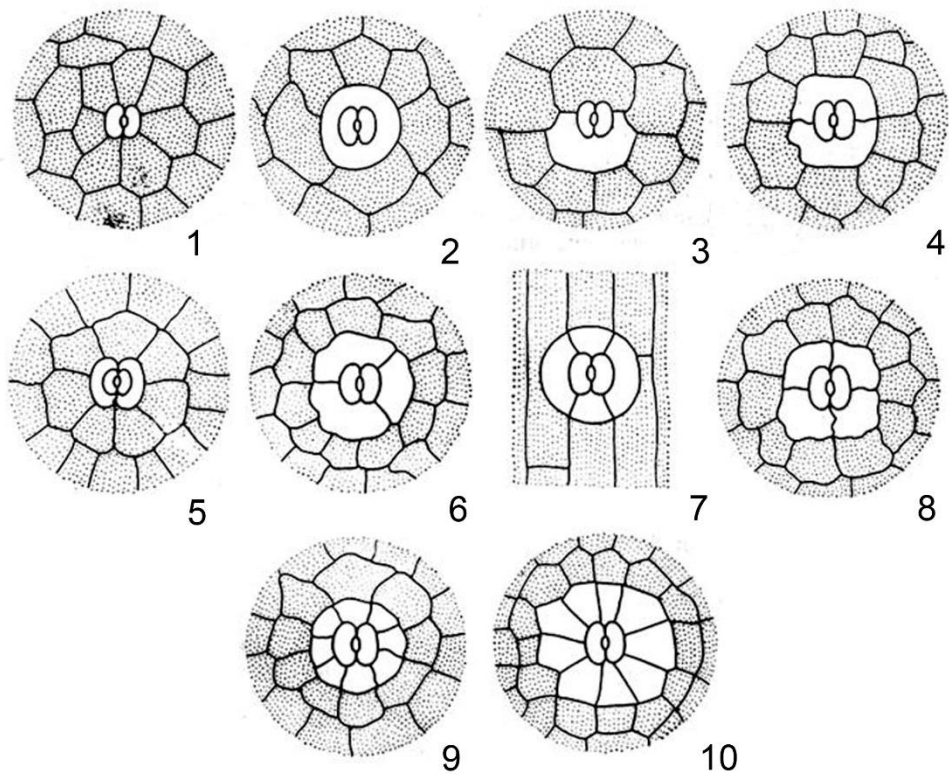


Рисунок 1.1 – Типи продихового комплексу

У всіх рослин епідерма зверху покрита шаром кутикули. Клітини верхньої епідерми листків більші, ніж клітини нижньої епідерми і мають на зовнішніх стінках потужніший шар кутикули. Часто у клітинному соку клітин верхньої епідерми містяться антоціани, які забарвлюють листок і черешок у різні кольори.

Відсутність хлоропластів в основній масі епідермальних клітинах надає їм більшої прозорості, збільшує їхню світлопропускну здатність. Клітини епідерми часто утворюють на поверхні волоски, або трихоми. Вони мають вигляд видовжених загострених клітин, сосочків, горбочків, гачків, лусочок, тощо.

Основні тканини.

Основні тканини називають паренхімами. Клітини живі, тонкостінні, паренхімні. Паренхіма заповнює органи рослин. Основні тканини класифікують за походженням на первинні та вторинні, за функціями – на асимілювальну, поглинальну, запасливу, водоносну, повітроносну. Асимілююча паренхіма (хлоренхіма) представлена живими клітинами, що містять хлоропласти і виконують функції фотосинтезу, характерні для листків та пагонів. Мезофіл – це асиміляційна паренхіма, що розташована між верхньою і нижньою епідермою листка. У багатьох рослин мезофіл диференційований на стовпчасту і губчасту паренхіми. Стовпчаста тканина складається з клітин стовпчастої форми, які орієнтовані в перпендикулярному, відносно до поверхні листка, напрямку.

Запаслива паренхіма – живі паренхімні клітини, що знаходяться в кореневищах, бульбах, насінниках та інших органах запасання поживних речовин і нагромаджують білки, жири та вуглеводи.

Водоносна паренхіма – безбарвні клітини з великими вакуолями, заповненими водянистим вмістом. Тут відбувається не лише запасання води, а й накопичення різних речовин.

Повітроносна паренхіма (аеренхіма) зустрічається у рослин, органи яких занурені у воду. Вона характеризується великою кількістю міжклітинників, заповнених повітрям, і забезпечує рослину не тільки киснем та вуглецем, а й її плавучістю.

Поглинальна паренхіма – це тканина, яка всмоктує поживні речовини, складається з великих паренхімних клітин, в оболонках яких багато пор і різний осмотичний тиск. Знаходиться під епіблемою в зоні всмоктування кореня.

У процесі життєдіяльності клітина утворює різні продукти обміну, які поділяються на запасні і екскреторні – це, як правило, нерозчинні солі кальцію, особливо щавлевокислий кальцій (оксалат кальцію). Він утворюється в результаті зв'язування кальцієм надлишку щавлевої кислоти, яка накопичується у вакуолях в процесі метаболізму клітини. Оксалат кальцію може відкладатися у вигляді одиночних кристалів (зовнішні луски цибулі), зростків кристалів – друз (листя бегонії), пучків голчастих кристалів – рафід (алоє) або кристалічного піску (листя помідорів, бузини).

Видільні тканини.

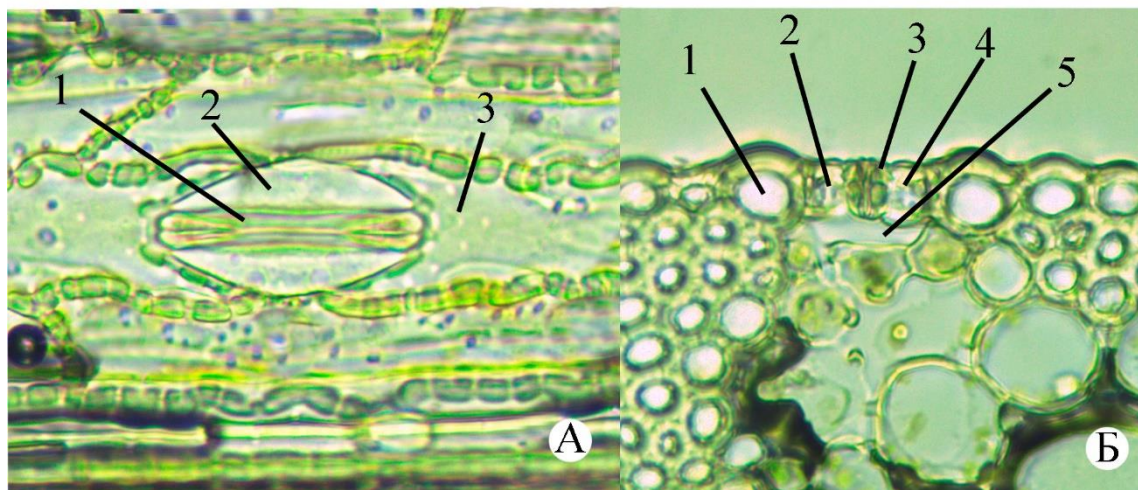
Видільні тканини виводять з рослинного організму речовини, які рослиною не використовуються і поділяються на видільні тканини зовнішньої та внутрішньої секреції. До структур зовнішньої секреції відносять: гідатооди (водні продири), через які виділяється вода при високій вологості повітря; залозисті волоски, які виділяють солі, камеді, ефірні олії, кислоти; нектарники, які виділяють водяний розчин цукру вітамінів алкалоїдів та мінеральних солей (нектар). До структур внутрішньої секреції відносяться: смоляні ходи та вмістилища, які поділяються на 2 типи: схизогенні, що формуються в результаті розсування раніше щільно з'єднаних клітин, та лізігенні, що виникають шляхом лізосу оболонки групи клітин, нагромаджують смоли, дубильні речовини, ферменти, ефірні олії; молочні судини – нагромаджують молочний сік (латекс) і характерні квітковим рослинам (мак, латук, кульбаба, осот жовтий, чистотіл, молочай та інші), бувають членисті і нечленисті (членисті – утворені з групи клітин, що розростаються і діляться, а нечленисті – з однієї, що розростається), ідіобласти – поодинокі клітини, що нагромаджують кінцеві продукти обміну в рідкому стані.

1.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, скальпель, лезо, зразки рослин.

Завдання 1. Підготуйте тимчасовий мікропрепарат епідерми кукурудзи, розгляньте його під мікроскопом. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 1.2. Клітини епідерми кукурудзи сильно витягнуті по довжині листка і мають хвилясті стінки. Між цими клітинами знайдіть ромбоподібний продиховий апарат. Замикаючі клітини мають вигляд гантелей. До кожної замикаючої клітини прилягає більш-менш трикутна побічна клітина. Вони

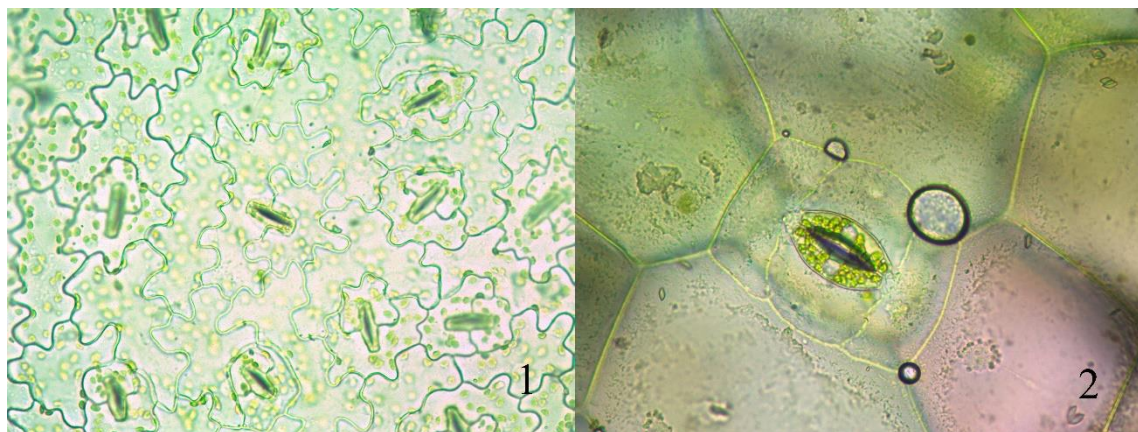
надають продиховому апарату вигляд ромбу. Зарисуйте зображений продиховий апарат. До рисунків зробіть відповідні позначення.



А – вид зверху; Б – повздовжній переріз

Рисунок 1.2 – Епідерма стебла кукурудзи (*Zea mays* L.)

Завдання 2. Підготуйте тимчасові мікропрепарати епідерми глухої кропиви білої та традесканції покривальчастої, розгляньте їх під мікроскопом. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 1.3. Знайдіть складові частини продихового комплексу, визначте його тип. Обґрунтуйте свою відповідь. Зарисуйте продихові апарати. До рисунків зробіть відповідні позначення.



1 – глуха кропива біла (*Lamium album* L.); 2 – традесканція покривальчата (*Tradescantia spathacea* Sw.)

Рисунок 1.3 – Продихові апарати

Завдання 3. Підготуйте тимчасовий мікропрепарат епідерми папороті кочедижник жіночий, розгляньте його під мікроскопом. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 1.4. Визначити структуру, яка не належить більшості клітин епідерми. Обґрунтуйте свою відповідь.



Рисунок 1.4 – Епідерма папороті кочедижник жіночий (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth)

Завдання 4. Приготуйте тимчасові мікропрепарати із запропонованих рослинних зразків, розгляньте їх під мікроскопом. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 1.5. Знайдіть у клітинах паренхіми включення. Зробіть припущення про їхнє значення для рослин. Відповідно до цього, визначте тип паренхіми і можливі органи рослин, в яких вона знаходиться.

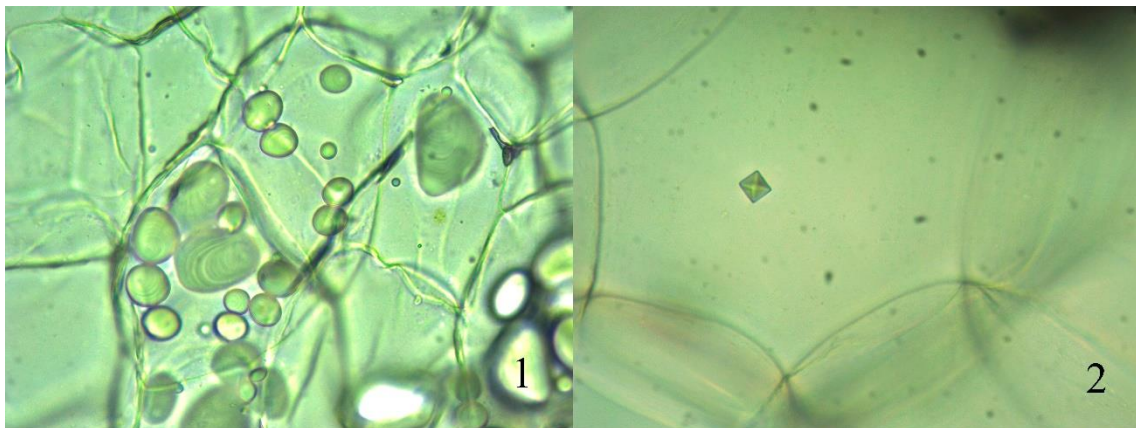


Рисунок 1.5 – Включення в клітинах двох рослин

Завдання 5. Приготуйте тимчасові мікропрепарати поперечного зрізу черешка листків запропонованих рослинних зразків, розгляньте їх під мікроскопом. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 1.6. У першої рослини (1, 2) відносно великі листя, їх продихи розташовані на нижній поверхні, яка повністю покрита численними тонкими довгими криючими трихомами (утворюють повстяне покриття). Друга рослина (3, 4) також має відносно велике листя, але продихи розташовані на верхній поверхні, позбавленої трихом. Зробіть обґрунтований висновок, в яких умовах живуть ці рослини і яке значення мають зазначені особливості їх будови.

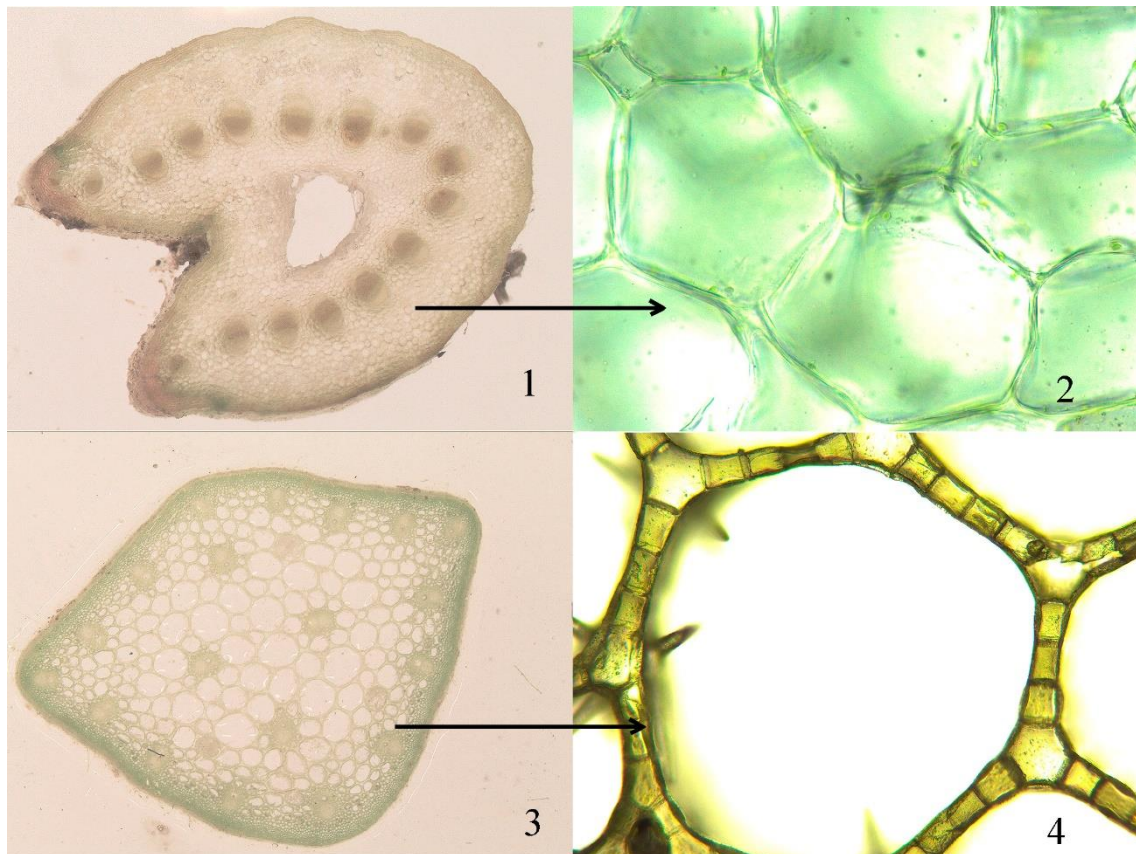
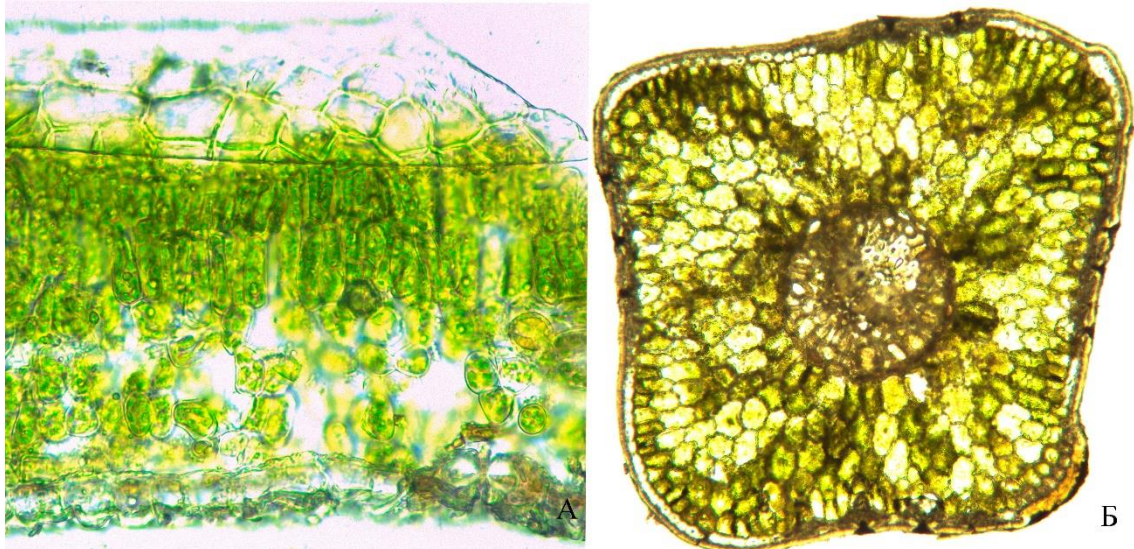


Рисунок 1.6. – Поперечний зріз черешка листків двох рослин

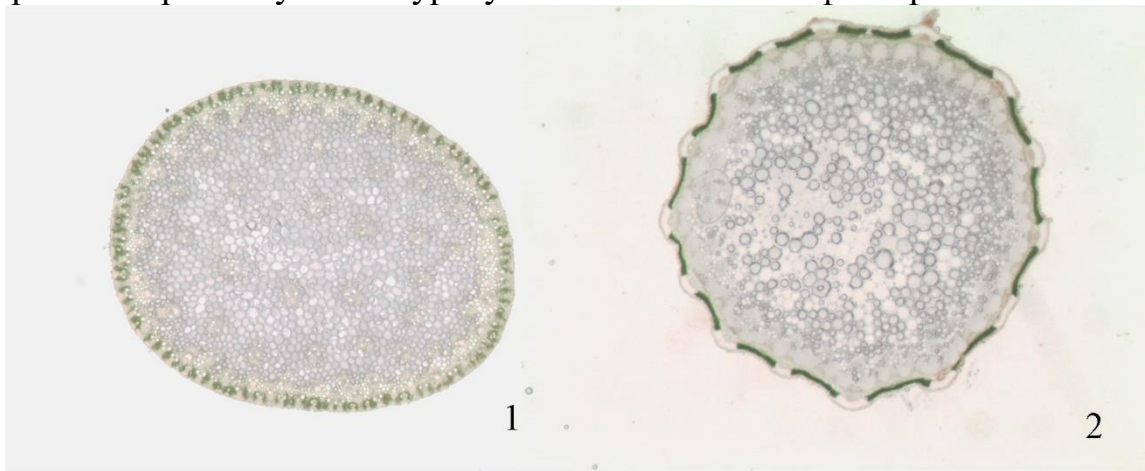
Завдання 6. Приготуйте тимчасові мікропрепарати поперечного зрізу листків груші та ялини європейської, розгляньте їх під мікроскопом. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 1.7. Вкажіть, який тип паренхіми переважає в їх будові. Обґрунтуйте особливості їх паренхіми з урахуванням будови листа та впливу абіотичних факторів.



А – поперечний зріз листа груші (*Pyrus communis* L.); Б – поперечний зріз листа ялини європейської (*Picea abies* (L.) H.Karst.)

Рисунок 1.7 – Поперечний зріз листків

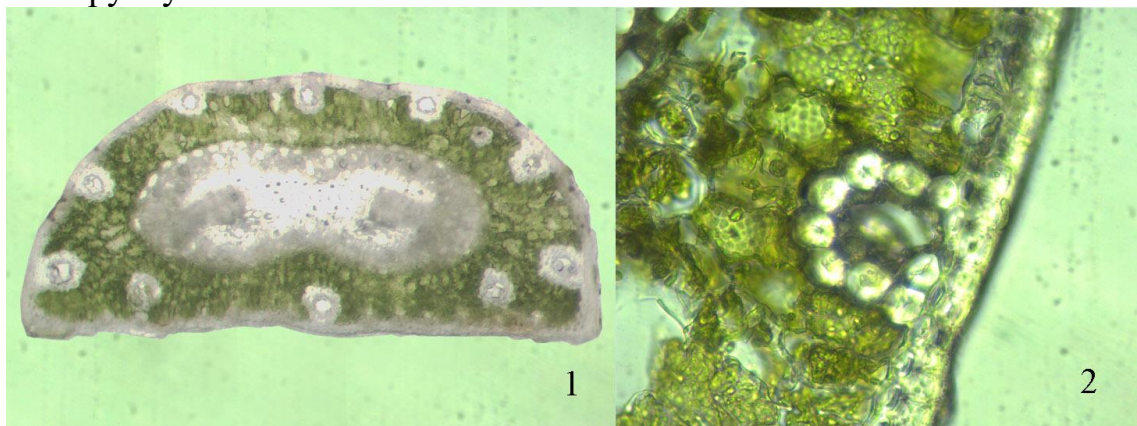
Завдання 7. Приготуйте тимчасові мікропрепарати поперечного зрізу стебел кукурудзи і моркви дикої. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 1.8. Вкажіть місцезнаходження паренхімних тканин. Поясніть подібні риси в їх розташуванні з урахуванням абіотичних факторів.



1 – поперечний зріз стебла кукурудзи (*Zea mays* L.); 2 – поперечний зріз стебла моркви дикої (*Daucus carota* L.)

Рисунок 1.8 – Поперечний зріз стебел

Завдання 8. Підготуйте тимчасовий мікропрепарат хвої сосни звичайної. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 1.9. Знайдіть на ньому смоляні ходи. Вкажіть значення, яке вони мають для рослини. Свій висновок обґрунтуйте.



1 – Загальний вигляд зрізу; 2 – смоляний хід

Рисунок 1.9. – Поперечний зріз хвої сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.)

Завдання 9. Поясніть яким чином забруднення атмосферного повітря може чинити негативний вплив на рослини з урахуванням особливостей будови їх покривних, основних і видільних тканин.

Завдання 10. Розгляньте зразки рослин. Виявити серед них рослини з найбільш потужною кутикулою і з найбільш численними трихомами.

1.4 Висновок

Контрольні питання

1. Яку будову мають покривні тканини рослин?
2. Які типи продихового апарату виділяють і які особливості будові вони мають?
3. Які основні тканини характерні для рослин?
4. Які типи видільних тканин зустрічаються у рослин?
5. Які адаптивні особливості в будові і розташуванні мають покривні, основні і видільні тканини рослин.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Виявлення закономірностей організації механічних, провідних і твірних тканин рослин як адаптацій до умов навколишнього середовища

2.1 Мета: встановити особливості будови покривних, основних і видільних тканин рослин залежно від функцій, що вони виконують.

2.2. Короткі теоретичні відомості

Твірні тканини.

Твірні, або меристематичні тканини – це такі тканини, які забезпечують утворення інших тканин та ріст рослин у висоту і товщину. Клітини цієї тканини дрібні, розташовані щільно одна до одної. Вони мають тонкі клітинні стінки і велике ядро, яке й забезпечує поділ клітини.

Твірні тканини розташовані лише в певних ділянках рослин:

- завжди на верхівці пагона і кінчику кореня – верхівкова (апикальна) меристема, яка забезпечує ріст цих органів у довжину. Твірна діяльність верхівкової (апикальної) меристеми зберігається протягом усього онтогенезу (індивідуального розвитку), тому рослини здатні до необмеженого росту.

- всередині багаторічних коренів і пагонів і охоплює їхню центральну частину у вигляді циліндра – бічна (латеральна) меристема, яка забезпечує ріст цих органів у товщину;

- в основі міжвузлів стебла деяких рослин (наприклад, у злаків) – вставна (інтеркалярна) меристема, яка забезпечує ріст у довжину внаслідок видовження міжвузлів;

- у місцях поранення рослин – ранова меристема, яка забезпечує регенерацію тієї чи іншої тканини.

Розрізняють первинні та вторинні меристеми. Первинні меристеми – тканини, внаслідок діяльності яких утворюються постійні тканини. До первинних меристем належать: прокамбій, конус наростання стебла і кореня, перицикл та інтеркалярна меристема.

Вторинні меристеми – меристеми, що утворюються з первинних меристем або інших спеціалізованих тканин. До вторинних меристем належать пучковий і міжпучковий камбій та фелоген (корковий камбій).

Механічні тканини.

Механічні тканини відносяться до постійних і упродовж життя рослини не змінюються. Вони виконують опорну функцію і їх ще називають арматурними. До механічних тканин відносять: коленхіму, склеренхіму та склереїди. Склеренхіма може бути первинною та вторинною за походженням. Первинна – перициклічного походження, починає центральний циліндр у стеблі та прокамбіального, складає деревні і луб'яні волокна судинно-волокнистих пучків стебла і листка. Вторинна склеренхіма камбіального походження і складає дерев'яні та луб'яні волокна судинно-волокнистих пучків. Склеренхіма зустрічається лише у наземних рослин. Клітини склеренхіми з рівномірно потовщеними стінками, які можуть бути чисто целюлозними (луб'яні волокна), або здерев'янілими (деревні волокна).

Луб'яні волокна – це відносно довгі (до 10 см і більше) ниткоподібні клітини з рівномірно потовщеними клітинними стінками, так що від клітинної порожнини залишається вузький поздовжній канал. Як первинні, так і вторинні луб'яні волокна мають велике практичне значення особливо для текстильної промисловості. Найціннішими вважаються волокна льону, що мають значну довжину (до 60 мм) і нездерев'янілі міцні, дуже еластичні стінки.

Коленхіма – первинна механічна тканина, що входить до складу первинної кори стебла і представлена живими клітинами, тому що оболонки її мають нерівномірне потовщення. Залежно від характеру потовщення розрізняють пластинчасту (потовщені тангентальні стінки), кутову (потовщені стінки по кутах) та пухку (потовщення на тих частинах стінки, що звернуті в міжклітинники). Крім опорної, коленхіма виконує ще й асиміляційну функцію, тому що в клітинах знаходяться хлоропласти.

Склереїди мають потовщення, здерев'янілі оболонки і бувають найрізноманітнішої форми, розмірів і особливостей будови їх оболонок. Як правило, мають паренхімну форму і численні пори в дуже товстій лігніфікованій вторинній стінці. Розрізняють такі типи склереїд:

- брахисклереїди (кам'яністі клітини) – паренхімні клітини з дуже потовщеними, здерев'янілими оболонками і часто зустрічаються в корі, флоемі, серцевині та м'якоті плодів;

- макросклереїди – паличкоподібні клітини, що зустрічаються в шкірці насіння бобових, груші та інших;

- остеосклереїди – стовбчасті клітини, розширені на кінцях, зустрічаються в листках дводольних;

- астросклереїди – зірчасті розгалужені клітини, зустрічаються в листках дводольних.

Бувають і інші типи склереїд – ниткоподібні, гіллясті та інші.

Провідні тканини.

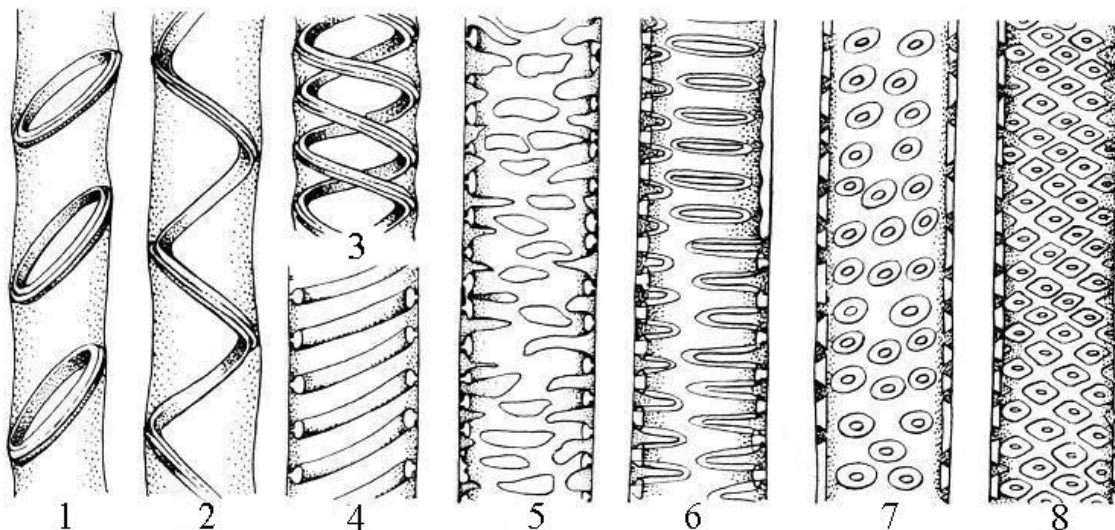
Провідні тканини – це сукупність високоспеціалізованих клітин, які пристосовані до транспорту неорганічних та органічних речовин і є основними компонентами провідних пучків.

Рух води і поживних речовин відбувається по провідних тканинах, які поділяються на два типи і відрізняються за будовою та функціями. До провідних тканин відносяться трахеїди, трахеї (судини) та ситоподібні трубки з клітинами-супутницями, які утворюють ксилему і флоему.

Трахеїди – еволюційно найбільш старі провідні тканини, що зустрічаються у голонасінних та покритонасінних рослин. Це мертві тканини з загостреними або заокругленими кінцями, розміщені паралельно довжині органів, оболонки потовщені і здерев'янілі, є пори, через які відбувається зв'язок між трахеїдами. Вода рухається лише через пори, тому рух її дуже сповільнений. За характером потовщення стінок розрізняють кільчасті, спіральні, драбинчасті, сітчасті, крапчасті трахеїди.

Судини або трахеї – еволюційно пізніші і більш досконалі водопровідні елементи ніж трахеїди. Трахеї утворюються з багатьох клітин, поперечні перегородки яких руйнуються, а поздовжні потовщуються і дерев'яніють

(завдяки лігніну). Тим самим провідні елементи ксилеми виконують також опорну функцію. Судини мертві, бо в результаті розвитку втратили протопласти. По судинах вода рухається вільно, як по трубах. За характером потовщення (за рахунок нерівномірного відкладання лігніну) розрізняють типи судин: кільчасті, спіральні, драбинчасті, сітчасті, крапчасті (рис. 2.1).



1 – кільчасті; 2, 3, 4– спіральні; 5 – сітчасті; 6 – драбинчасті; 7, 8–пористі

Рисунок 2.1 – Різні типи судин

Ситоподібні трубки (складають основу флоєми) – живі клітини, витягнуті в довжину з дещо потовщеними, але не здерев'янілими стінками, якими пересуваються продукти фотосинтезу. У процесі еволюційного розвитку виникли спочатку ситоподібні трубки без клітин супутниць, зустрічаються у голонасінних, а потім з'явилися клітини-супутниці у покритонасінних. Участь клітин-супутників в енергетичному постачанні, за рахунок гарно розвиненої системи мітохондрій, яка створює унікальний для рослинних клітин мітохондріальний ретикулум, доводить регуляторну функцію цих клітин в транспортних процесах. Очевидне також їхнє значення у процесі завантаження флоєми.

Характерною особливістю флоємної паренхіми є наявність в її клітинах більшої кількості хлоропластів, ніж у паренхімі ксилеми, що пояснюється ближчим розташуванням їх до світла.

Провідні пучки:

Залежно від походження і здатності до розростання, провідні пучки поділяють на відкриті і закриті. Найпоширенішими є відкриті пучки, в яких між флоємою і ксилемою зберігається і функціонує прошарок камбію, що утворюється із прокамбію. Його клітини в процесі поділу диференціюються і утворюють нові елементи пучка. Збільшення розмірів рослини під час росту у випадку відкритих пучків забезпечується переважно розростанням самих пучків, а не збільшенням їхньої кількості.

Закриті провідні пучки не мають камбію. У разі формування пучків такого типу прокамбіальний тяж повністю перетворюється на елементи пучка без

збереження меристематичних потенцій, тому вторинне камбіальне потовщення або новоутворення провідних та інших клітин неможливе. Розміри таких пучків залишаються незмінними. Збільшення потреб рослини в транспортуванні забезпечується формуванням нових пучків. Закриті пучки властиві насамперед однодольним рослинам.

Залежно від характеру сполучення і кількості складових компонентів розрізняють прості (неповні) і складні (повні) провідні пучки. Якщо основними компонентами є лише провідні елементи, то такі пучки називають простими. Прості пучки можуть бути складені з елементів лише однієї якоїсь провідної тканини, на підставі чого розрізняють також пучки ксилемні та флоемні. В тих випадках, коли провідні тканини пучка з'єднуються між собою та іншими елементами, їх називають складними (повними). Вживають також термін судинно-волокнисті пучки, який пояснює, що крім судинних елементів до складу пучка входять також волокнисті елементи опорно-механічного призначення (склеренхіма).

Залежно від взаєморозміщення в судинному пучку ксилеми та флоєми розрізняють колатеральні, біколатеральні, концентричні та радіальні типи пучків.

Колатеральні пучки – це такі пучки, у яких ксилема та флоєма безпосередньо прилягають одна до одної. Це звичайний тип судинних пучків насінних рослин.

У концентричних пучках один компонент оточує інший: ксилема оточує флоєму (амфівазальний пучок) або, навпаки, флоєма оточує ксилему (амфікрибральний пучок).

Радіальні пучки характеризуються тим, що між кількома ділянками ксилеми, розташованими по радіусу органа, лежить стільки ж флоємних ділянок. Цей тип судинних пучків властивий кореням.

В коренях судинні пучки займають центральне місце, це адаптивне пристосування для протидії деформуєчим силам розриву. В стеблі ж, навпаки, арматурно-механічні елементи знаходяться переважно на периферії органа, що ефективніше протидіє бічним деформаціям згину.

2.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, скальпель, лезо, зразки рослин, мікропрепарати.

Завдання 1. Приготуйте тимчасові мікропрепарати поздовжнього зрізу стебел запропонованих рослинних зразків, розгляньте їх під мікроскопом. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 2.2. На мікропрепаратах знайдіть структури, що позначені на рисунку 2.2 стрілками. Визначте, що це за структури. Вкажіть, які функції вони виконують.

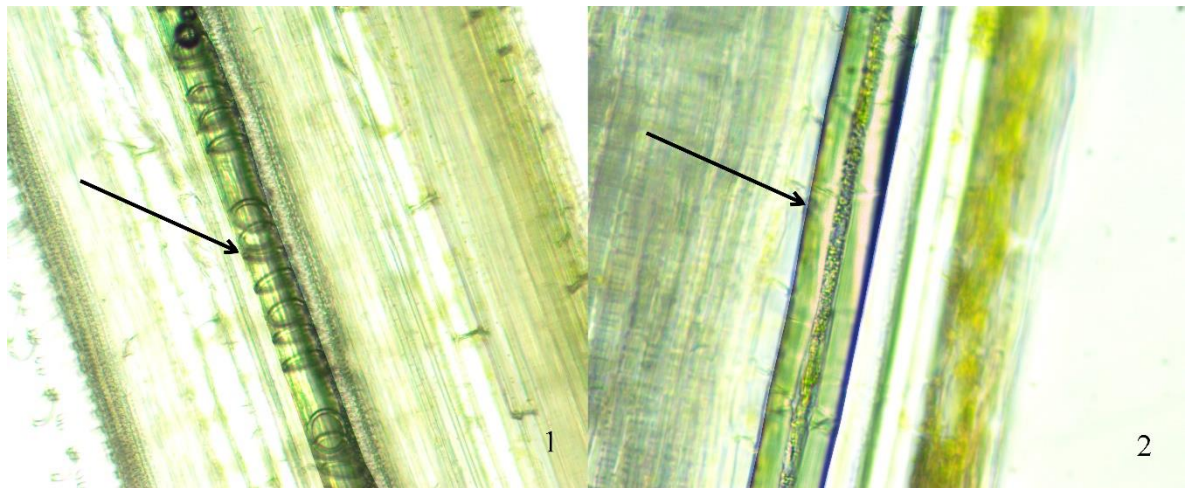
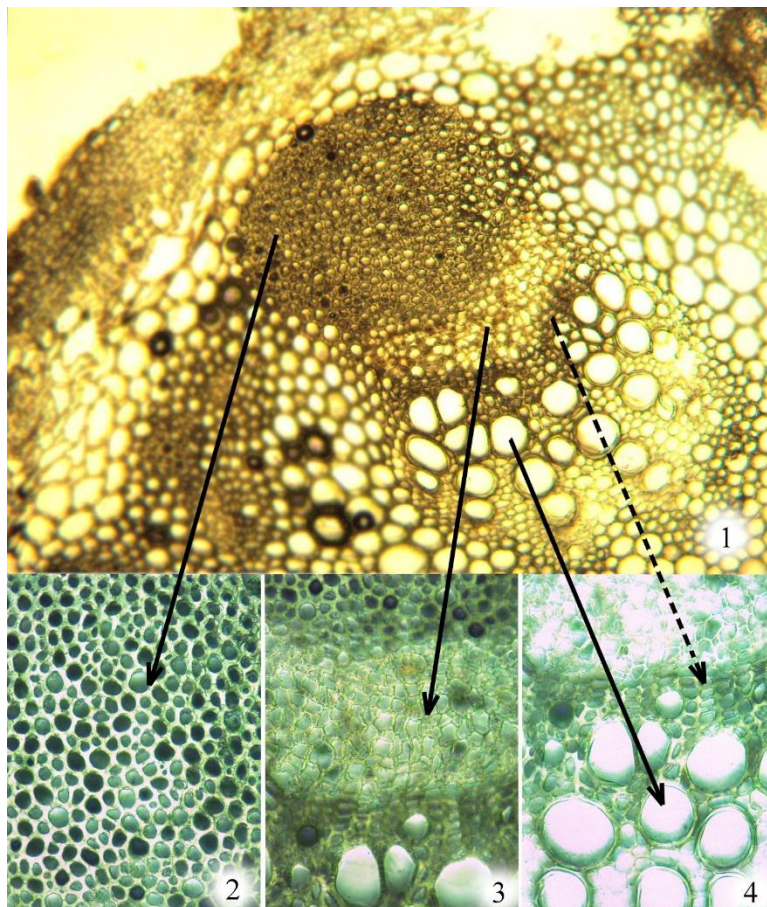


Рисунок 2.2 – Поздовжній зріз стебел двох рослин

Завдання 2. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат із стебла соняшника. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 2.3. Пучки соняшнику відкриті, розташовані рівномірно по окружності стебла. Всередині від пучків знаходиться паренхіма серцевини, яка складає основну масу стебла. Розгляньте колатеральний пучок. Визначте, чим його клітини відрізняються один від одного. Вкажіть, яким чином організований даний тип провідного пучка.



1 – загальний вигляд; 2 – склеренхіма; 3 – ситоподібні трубки; 4 – судини і камбій (пунктирна стрілка)

Рисунок 2.3 – Провідний пучок соняшнику (*Helianthus annuus* L.)

Завдання 3. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат поперечного зрізу стебла кукурудзи. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 2.4. Визначте тип провідного пучка (враховуйте, що кукурудза – це однодольна рослина). Зарисуйте його і підпишіть зображені вами елементи. Зробіть висновок про розташування ситоподібних трубок з урахуванням впливу абіотичних факторів на рослину.

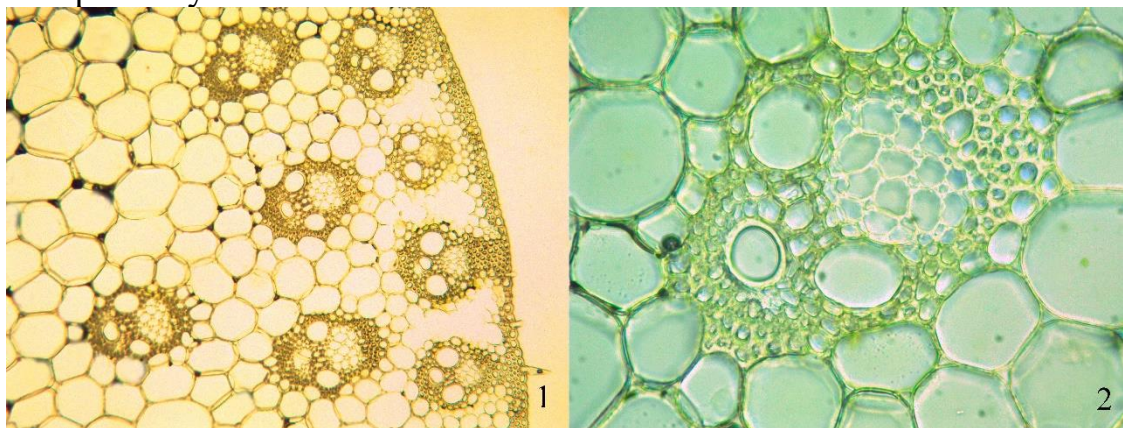


Рисунок 2.4 – Провідний пучок кукурудзи (*Zea mays* L.)

Завдання 4. Розділіть черешок листа подорожника великого на окремі частини. Вкажіть, які спостерігаються вами особливості будови даної рослини. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат. Зразковий вид отриманого мікропрепарату показаний на рис. 2.5. Визначте знаходження склеренхіми і ксилеми. Вкажіть, де розташовуються ситоподібні трубки. Зробіть припущення про те, яку перевагу має подорожник у біоценози завдяки будові його листа.

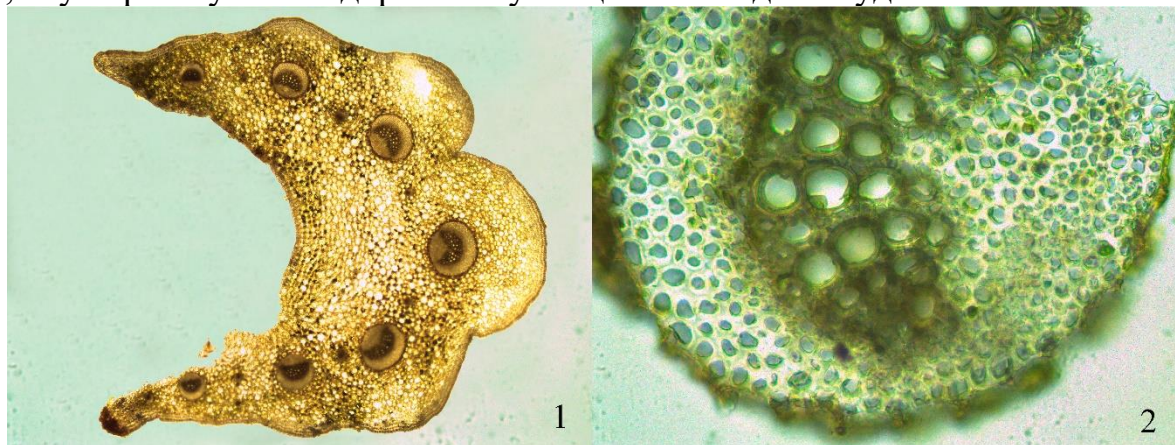


Рисунок 2.5 – Поперечний зріз черешка листа подорожника (*Plantago major* L.)

Завдання 5. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат поперечного зрізу стебла льону. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 2.6. Визначте, які структурні компоненти виконують механічну функцію, а які ні (стебло льону має непучковий тип будови). Стебло непучкового типу будови характеризується відсутністю провідних пучків, а ксилема і флоема розміщені у вигляді суцільних циліндрів). Свій висновок обґрунтуйте.

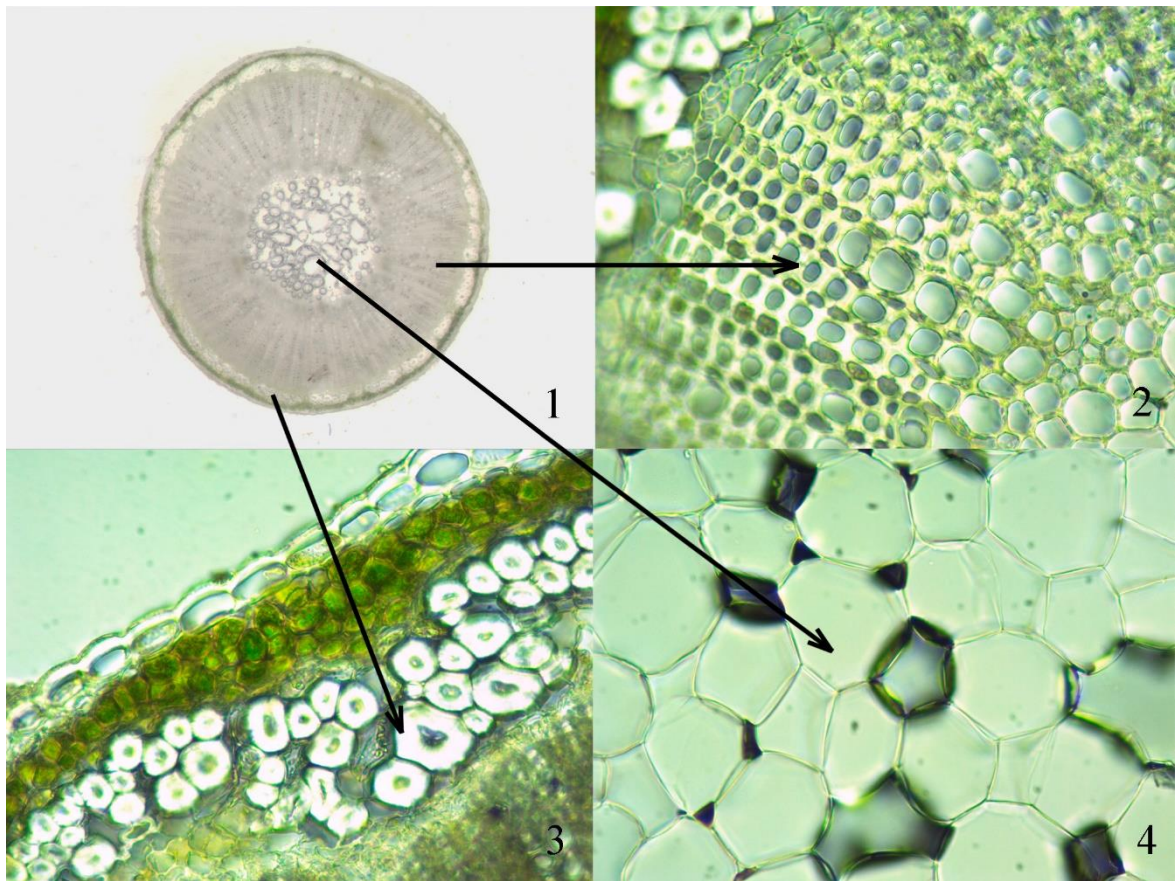


Рисунок 2.6 – Поперечний зріз стебла льону

Завдання 6. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат поперечного зрізу кореневища орляка звичайного. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 2.7. Знайдіть провідні пучки, в яких центральне місце займає ксилема, оточена флоемою. Встановіть, до якого типу відносяться дані провідні пучки.

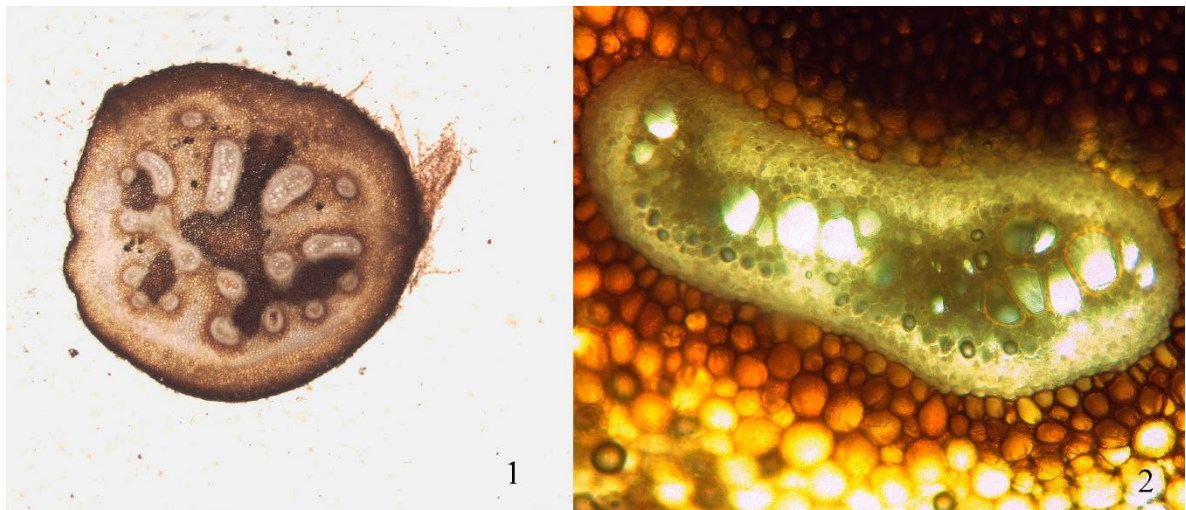


Рисунок 2.7 – Поперечний зріз кореневища папороті (орляк звичайний) (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn)

Завдання 7. Розгляньте роздані мікропрепарати із плодів яблука та груші, приблизний вид яких показаний на рис. 2.8. Визначте який із препаратів

зроблений з паренхімних клітин плоду яблука, а який – груші. Зробіть обґрунтоване припущення про призначення знайдених вами особливостей будови з точки зору адаптацій рослин до умов існування.

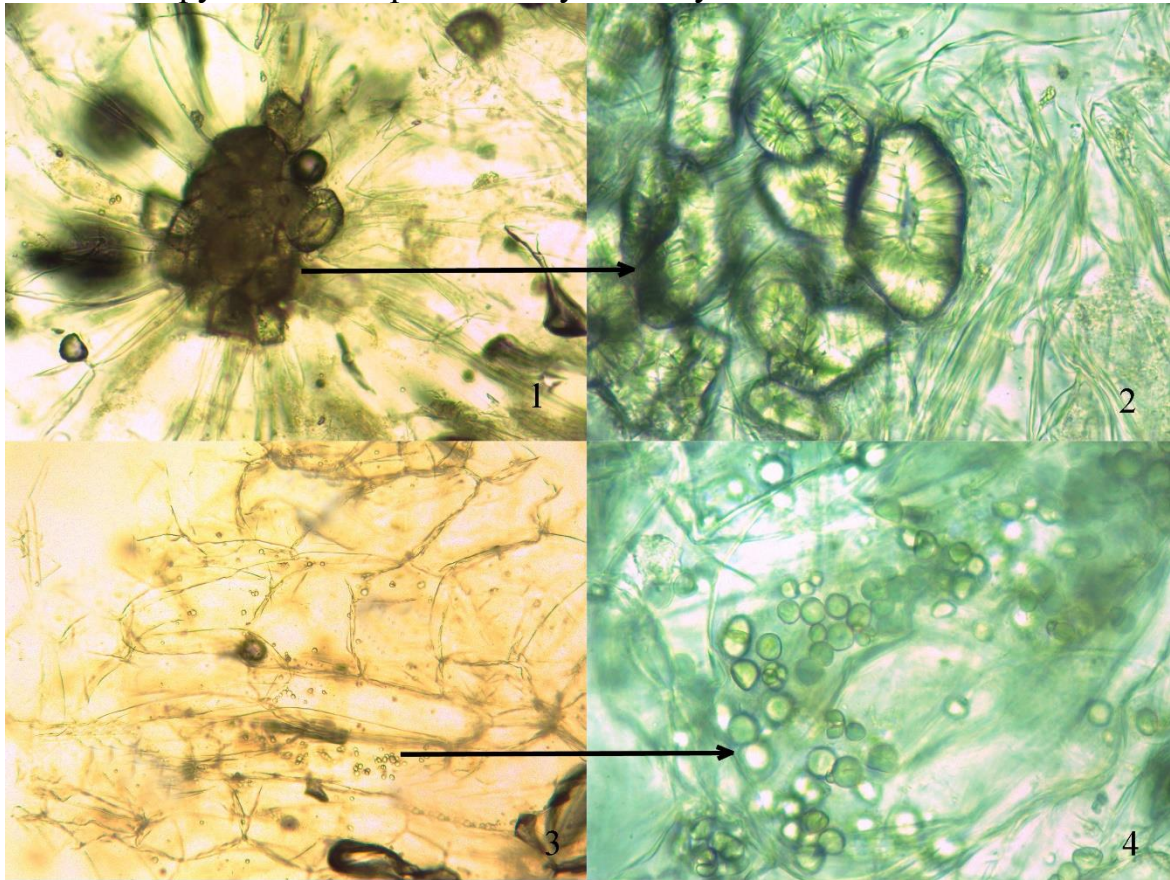


Рисунок 2.8 – Плоди яблука і груші

2.4 Висновок

Контрольні питання

1. Які тканини рослин відносяться до твірних?
2. Які особливості будови характерні для провідних тканин?
3. Які особливості будови характерні для механічних тканин?
4. Які типи судин розрізняють за характером потовщення їх стінок?
5. Які адаптивні особливості в будові і розташуванні мають твірні, механічні і провідні тканини рослин.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення закономірностей організації епітеліальної і нервової тканин тварин як адаптацій до умов навколишнього середовища

3.1 Мета: встановити особливості будови епітеліальної і нервової тканин тварин залежно від функцій, які вони виконують.

3.2. Короткі теоретичні відомості

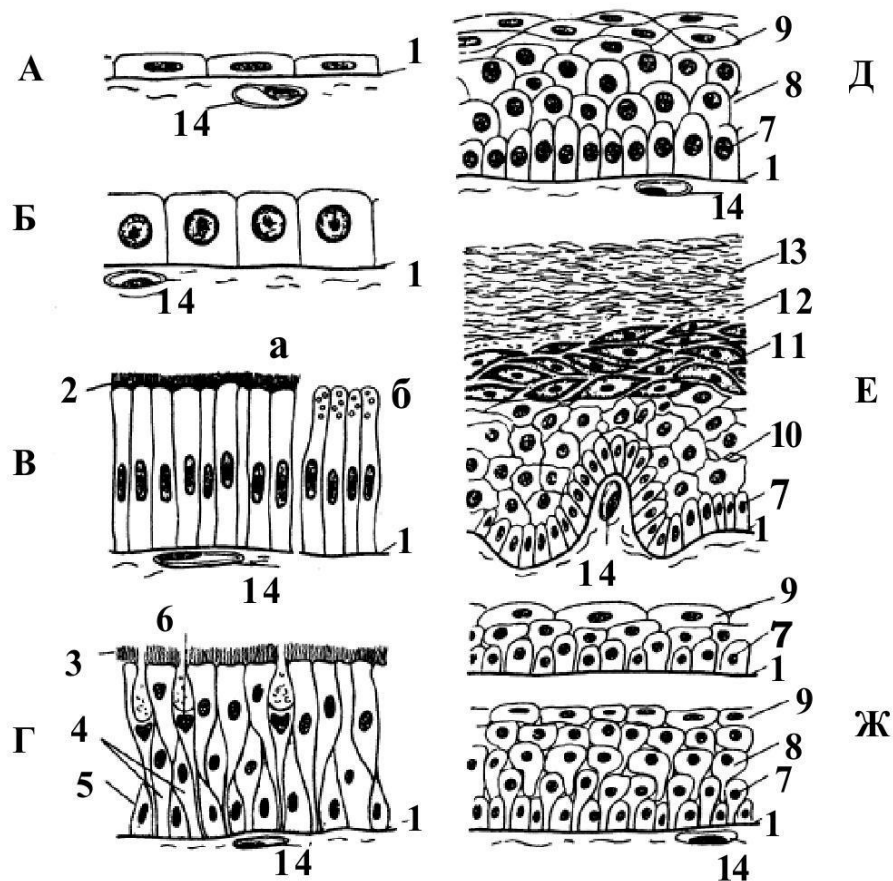
Епітеліальна тканина.

Епітеліальна тканина, що розміщується на поверхні тіла або органів, виконує бар'єрну функцію між внутрішнім та зовнішнім середовищем організму, забезпечує підтримку гомеостазу внутрішнього середовища, а також певний рівень обміну мінеральних солей та води в організмі. Епітеліальна тканина створена щільно притиснутими клітками. Міжклітинної речовини дуже мало, іноді клітки сполучені між собою протоплазматичними містками. Для епітелія характерна здатність до регенерації – відновлення при відмиранні кліток. Епітеліальна тканина здатна синтезувати мінеральні речовини та нейтралізувати за рахунок біологічно активних речовин мікробні частинки. Розміщуючись на поверхні внутрішніх органів і формуючи серозні вистилання, епітеліальна тканина здатна всмоктувати певні речовини шляхом піноцитозу, а також локалізує у межах епітеліального шару або, занурюючись у глибше розміщені структури, формувати залози.

Розрізняють такі різновиди епітеліальних тканин (рис. 3.1):

Одношаровий епітелій: клітини щільно прилягають одна до одної, утворюючи один шар клітин. Функції: регулює обмін речовин, наприклад, газообмін, видалення продуктів обміну, всмоктування поживних речовин у кишечнику. За формою клітин одношаровий епітелій буває плоский (грудна, черевна порожнина, стінки легеневих альвеол), кубічний (вивідні протоки залоз, ниркові каналці), циліндричний (шлунково-кишковий тракт).

Багатошаровий епітелій: клітини щільно прилягають одна до одної, утворюючи багато шарів клітин. Функції: розмежувальна, захисна – захищає тканини, що розташовані глибше. За формою клітин розрізняють плоский, кубічний, циліндричний. Багатошаровий плоский епітелій розташований у слизових оболонках ротової порожнини і глотки, а також утворює зовнішній шар шкіри – епідерміс. Похідними шкіри є волосся (теплоізоляційна функція), нігті (опорно-захисна функція), пір'я птахів та інші.



(а – облямований, б – без облямівки); Г – одношаровий багаторядний війчастий; Д – багатошаровий плоский незроговілий; Е – багатошаровий плоский зроговілий; Ж – багатошаровий перехідний (верхня частина рисунка – у розтягнутому стані, нижня – у скороченому): 1 – базальна мембрана, 2 – облямівка з мікрворсинок, 3 – війчасті епітеліоцити, 4 – довгі вставні клітини, 5 – короткі вставні клітини, 6 – келихоподібні клітини (одноклітинна ендоепітеліальна залоза), 7 – базальний шар, 8 – проміжний шар, 9 – поверхневий шар, 10 – шипуватий шар, 11 – зернистий шар, 12 – блискучий шар, 13 – роговий шар, 14 – кровоносні капіляри

Рисунок 3.1 – Будова різних видів епітелію: А – одношаровий плоский; Б – одношаровий кубічний; В – одношаровий циліндричний

Миготливий (війчастий) епітелій: клітини на своїй вільній поверхні мають війки, що здатні виконувати коливні рухи у певному напрямку, що сприяє видаленню слизу з дихальних шляхів. Розташування в організмі – вистилає верхні дихальні шляхи. Клітини війчастого (миготливого) епітелію високі, призматичної форми, апікальна поверхня яких покрита війками довжиною 6–10 мкм та товщиною до 1 мкм. Келихоподібні клітини (одноклітинні залози) мають розміри 20–40 мкм, за формою нагадують війчасті клітини, але не мають війок і виробляють слиз. Слиз виконує захисну функцію. Вироблення слизу посилюється під дією несприятливих факторів.

Залозистий (секреторний) епітелій складається з клітин, пристосованих до синтезу, накопиченню та виведенню секретів. Залежно від особливостей будови та функцій у залозистому епітелії виділяють: залози зовнішньої секреції і залози внутрішньої секреції. Залози зовнішньої секреції (екзокринні) мають вивідні

протоки, за допомогою яких секрети виводяться в органи або на поверхню шкіри (слинні залози, залози шлунково-кишкового тракту, сальні, потові, молочні).

Епітелії утворюються з усіх трьох зародкових листків. Так, багатошаровий епітелій шкіри (епідерміс), що покриває ззовні поверхню тіла, розвивається з ектодерми; порожнини органів травної (шлунок, кишечник) і дихальної (трахея, бронхи, альвеоли) систем вистелені відповідними видами одношарового епітелію, які розвиваються з ентодерми; серозні оболонки (перикардіальна, плевральна, черевна) і епітелій сечовидільної та статевої систем мають мезодермальне походження.

Функції епітеліальної тканини в організмі:

- захисна – захищає організм від ушкоджувальної дії фізичних і хімічних факторів зовнішнього середовища, захищає від мікроорганізмів;
- бар'єрна – розмежування середовищ шляхом утворення надійних бар'єрів з епітеліальних клітин, з'єднаних міцними контактами;
- секреторна (видільна) – екзоцитоз слизу, який виробляється спеціальними слизовими клітинами епітелію шлунка та статевих шляхів, келихоподібними клітинами в епітелії кишечника, трахеї й бронхів; секреція ферментів, гормонів, факторів росту, що синтезують екзо- та ендокринні залози;
- транспортна – транспорт газів (O_2 і CO_2) через епітелій альвеол легень, амінокислот і глюкози за допомогою спеціальних транспортних білків в епітелії кишки, IgA (імуноглобулін А) та інших молекул на поверхню епітеліальних шарів;
- всмоктувальна – епітеліоцити каналців нирки беруть участь у піноцитозі; епітеліоцити кишечника – в усмоктуванні продуктів травлення; більшість епітеліальних клітин – в опосередкованому рецепторами ендоцитозі.

Нервова тканина.

Нервова тканина – це високоспеціалізована тканина, з якої побудована вся нервова система. Нервова система виконує наступні функції: об'єднує структури організму в єдине ціле; регулює роботу органів і систем; здійснює зв'язок організму із зовнішнім середовищем.

Нервова тканина має здатність сприймати подразнення із зовнішнього та внутрішнього середовищ, а також виробляти, проводити та передавати імпульси, організувати відповідні реакції. Розвивається нервова тканина з нейроектодерми. З неї утворюється спочатку нервова пластинка, а потім нервова трубка. Будова нервової тканини в різних ділянках нервової системи є різною, але скрізь вона побудована з нейронів та нейроглії. Нервова клітина називається нейроном (рис. 3.2) що разом із своїми відростками і кінцевими розгалуженнями є структурними і функціональними елементами нервової тканини та здатні до вироблення та проведення нервового імпульсу.

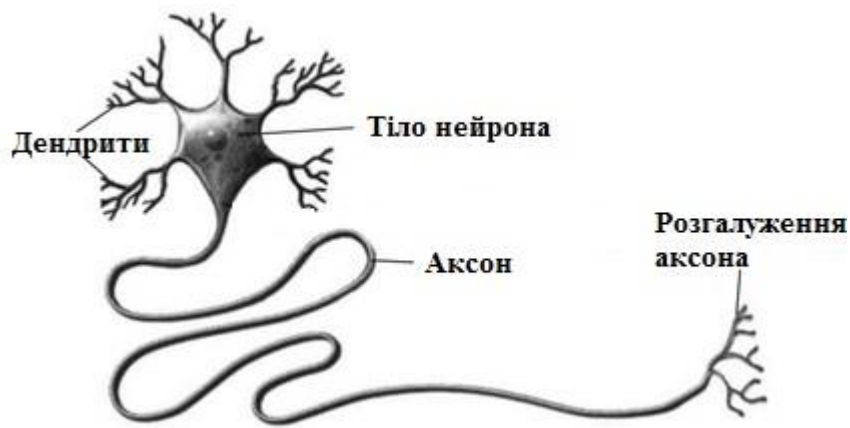


Рисунок 3.2 – Будова нейрона

Нейроглія побудована з клітин, які виконують опорну та трофічну функції.

За величиною нейрони відносяться до досить великих структур – від 7 до 50 мкм. Однак їхня величина є непостійною, що пов'язано з інтенсивністю синтезу білків і ліпідів, а також із вмістом води. Відросток нейрону, по якому нервовий імпульс йде в центральну нервову систему, називається аксоном, а відростки нейронів, що йдуть на периферію і формують нервові закінчення, називаються дендритами.

Від однієї клітини може відходити від одного до 1000 дендритів. Довжина аксона може бути від кількох сантиметрів до 1–1,5 метри. Аксон може вступати у контакти з багатьма сотнями клітин. Довгі відростки клітин утворюють нервові волокна, які складаються з осьового циліндра, утвореного цитоплазмою з її нейрофібрилами і двох оболонок. Внутрішня, товща оболонка, яка складається з жироподібної речовини, називається мієліною. Мієлінова оболонка через проміжки рівної довжини переривається, залишаючи відкритими ділянки осьового циліндра. Це вузли нервового волокна — перехвати Ранв'є. Зовнішня оболонка, що складається з плоских клітин, називається шванівською. Більшість нервів, які іннервують тіло (м'язи, зв'язки, сухожилки, кістя кісток), є мієліновими. Немієлінові волокна тонкі, ізольовані один від одного тільки тоненькою безструктурною ендотеліальною оболонкою, зустрічаються переважно в нервах автономної нервової системи.

Класифікація нейронів за кількістю відростків.

Уніполярні нейрони – це нейрони, що мають тільки один єдиний відросток, властиві гангліонарній нервовій системі безхребетних.

В організмі тварин також існують псевдоуніполярні нейрони спинномозкових гангліїв, які насправді мають два відростки. Під час нейрогенезу від клітини спочатку відходять два відростки, що пізніше зливаються, утворюючи загальний стовбур, який на певній відстані від перикаріону Т-подібно розгалужується на периферійний (дендрит) і центральний (аксон) відростки (нейрони спинномозкових вузлів). Весь цей єдиний тракт покритий мієліною оболонкою.

Біполярний нейрон – це нейрон з одним аксоном та одним галузистим дендритом. В організмі біполярні нейрони представлені чутливими нейронами

(це, наприклад, нюхові рецепторні нервові клітини або чутливі нейрони сітківки ока).

Мультиполярні нейрони становлять переважну кількість усіх нейронів ЦНС, які мають багато відростків (один – завжди аксон, останні – галузисті дендрити). Класичним прикладом є мотонейрони передніх відростків спинного мозку.

Нервові клітини можуть утворити скупчення різного ступеню, залежно від рівня організації тварин. Нервова система гідроїдних поліпів (Тип Кнідарії, клас Гідроїдні) примітивна – дифузного типу – по тілу розсіяні нервові клітини. Нервова система плоских червів – ортогон (непарний надглотковий ганглії – скупчення нервових клітин – знаходиться в передньому відділі тіла, від нього відходить декілька пар нервових тяжів – відростків нервових клітин – з розвиненими боковими стволами, між якими розташовуються комісури (перемички). Нервова система членистоногих представлена парними мозковими гангліями (мозком) і черевним нервовим ланцюжком. Нервова система молосків драбинчастого або розкидано-вузлового типу. Нервову систему хребтних прийнято підрозділяти на дві частини – центральну і периферичну. Перша складається з головного і спинного мозку, друга – з черепно-мозкових (черепних) нервів, спинномозкових нервів і вегетативної нервової системи. Об'єднання нервових клітин дозволяє швидше проводити нервовий імпульс і збільшувати число синапсів, що підвищує можливості нервової системи, прискорює реакцію, ускладнює поведінку тварин. Кількість нервових клітин також різко збільшується від примітивних до високоорганізованих тварин.

Робота нервової системи узгоджується з впливом сигналів зовнішнього середовища. Ряд таких сигналів сприймається і обробляється шкірним аналізатором.

Шкіра людини – складний орган, що виконує численні функції: захисну, видільну, секреторну, тактильну. Зовнішня поверхня шкіри являє собою величезне рецепторне поле, яке є периферичною частиною шкірного аналізатора. Кірковий кінець даного аналізатора розташований в області задньої центральної звивини. Розрізняють чотири види шкірної рецепції: теплову, холодову, больову і тактильну. Останню забезпечують спеціальні тактильні рецептори, які чутливі до механічної стимуляції – дотику, тиску, розтягування, вібрації. Вони належать до групи первинно-чутливих рецепторів і мають різну морфологію – вільні нервові закінчення, що лежать в поверхневому шарі шкіри та сприймають легкий дотик і інкапсульовані, що залягають в глибоких шарах шкіри і служать для рецепції тиску і розтягування.

Тактильні рецептори поділяють також на фазні і статичні. Перші найбільш чутливі до зміни швидкості руху, другі – до постійного дії стимулу. Але не слід забувати, те, що прийнято називати дотиком, є складним рецепторним комплексом, що виникає при подразненні рецепторів, які відносяться до різних видів шкірної чутливості. Кінестатична чутливість – це складна, комплексна чутливість, що включає в себе «статичну» і «кінетичну» пропріорецепцію.

Статична пропріорецепція – це м'язова чутливість, яка відіграє роль при оцінці розмірів і ваги нерухомих предметів. Кінетична («динамічна»)

пропріорецепція – це вид рецепції, який доставляє центральній нервовій системі «відомості» про кожен руховий акт, що виконується (оцінка відстаней, напрямків, тривалості, швидкостей). Кінетична пропріорецепція, в свою чергу, може бути розділена на сприйняття пасивних і активних рухів. Кінестетичний аналізатор відіграє роль внутрішнього каналу зв'язку між усіма аналізаторами і в силу цього займає серед них особливе положення.

Кожна сенсорна система сприймає дію адекватного подразника в обмеженому діапазоні значень його сили. Найменший за інтенсивністю стимул, здатний викликати відчуття, називається порогом відчуття. Величина, на яку один стимул надпорогового діапазону повинен відрізнятись від іншого, щоб їх різницю можна було суб'єктивно розрізнити, отримала назву диференціального порогу або порогу розрізнення. Е. Вебер (1831) встановив, що:

- для розрізнення ваги двох предметів їх різниця повинна бути більше, якщо обидва вони важкі і менше, якщо обидва вони легкі – це абсолютний поріг відмінності – ΔI .
- відносний поріг, тобто відношення мінімального приросту вантажу (ΔI) до його початкової величини (I) – $\Delta I / I$ не залежить від абсолютної ваги порівнюваних вантажів, а є величиною постійною:

$\Delta I / I = (\text{константа})$. Це відношення було названо відношенням Вебера або різницевим порогом.

Г. Фехнер (1860) сформулював «основний психофізичний закон» по якому сила відчуття S пропорційна логарифму інтенсивності подразника I (3.1):

$$S = \frac{k \times \log I}{I_0} \quad 3.1$$

де I_0 – порогове значення інтенсивності подразника.

Ця залежність, що отримала назву закону Вебера-Фехнера, показує, що лінійне збільшення інтенсивності відчуття відображає логарифмічне зростання інтенсивності подразника. Цей закон виконується для багатьох сенсорних модальностей для подразників середньої інтенсивності: для порогових подразнень, а для дуже сильних подразнень закон Вебера-Фехнера вимагає поправок.

3.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, постійні мікропрепарати, вагові гирі.

Завдання 1. Розгляньте постійний препарат епітеліальної тканини під мікроскопом. Зразковий вид мікропрепарату показано на рис. 3.3. Визначте до якого типу відноситься епітелій, представлений на ньому. Свою відповідь обґрунтуйте. Вкажіть, які функції він виконує, зв'язавши їх з впливом на організм різних екологічних факторів.

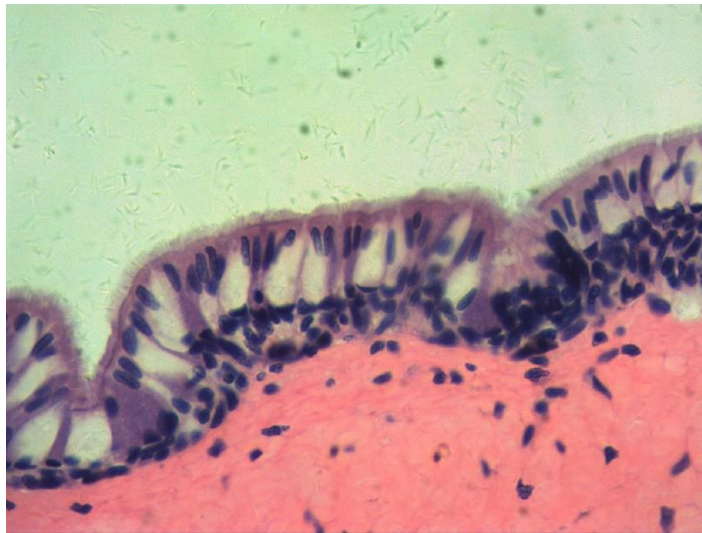


Рисунок 3.3 – Епітелій

Завдання 2. Відомо, що SO_2 – безбарвний газ з гострим запахом, вже в малих концентраціях ($20\text{--}30 \text{ мг/м}^3$) створює неприємний смак в роті, подразнює слизисті оболонки очей і дихальних шляхів. При тривалому впливі він може призводити до хронічного бронхіту. Хронічний бронхіт – дифузне неспецифічне запальне ураження бронхіального дерева з прогресуючим перебігом, обумовлене тривалим подразненням бронхів різноманітними шкідливими агентами, що має хвилеподібну прогресуючу течію і що характеризується порушенням слизоутворення та дренажної функції бронхів, клінічно проявляється кашлем, виділенням харкотиння й задишкою. Він займає п’яте місце серед всіх причин смерті. З огляду на будову і функціонування епітелію, що вистилає дихальні шляхи, поясніть зазначені симптоми цього захворювання.

Завдання 3. Розгляньте рисунок 3.3. Визначте до якого типу нейронів, відносяться зображені нервові клітини. Заповніть таблицю 3.1, вказавши тип нейрона для відповідної цифри, особливості кожного з типів і приклади локалізації нейронів в організмі.

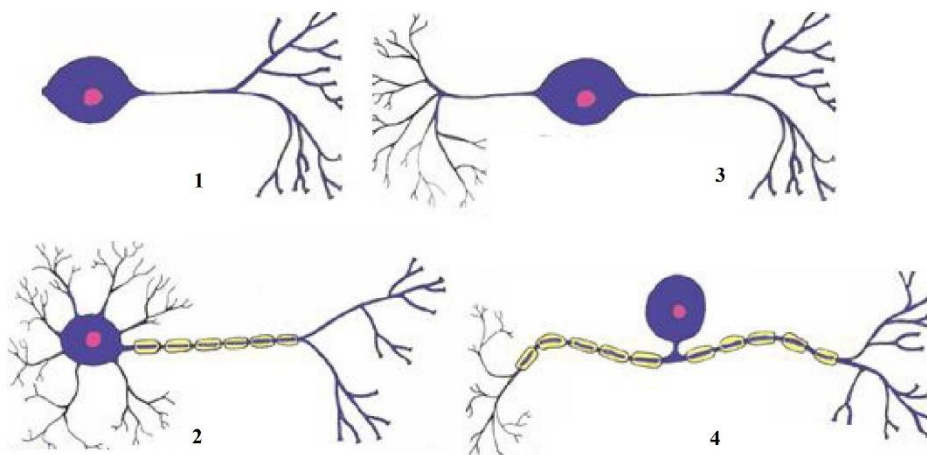


Рисунок 3.3 – Нейрони

Таблиця 3.1 – Особливості будови нейронів

№	Тип нейрона	Відмінні ознаки	Приклади локалізації в організмі
1			
2			
3			
4			

Завдання 4. Заповніть таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Організація нервової тканини тварин

Група організмів	Організація нервової тканини в різні типи нервової системи
Гідроїдні	
Плоскі черви	
Членистоногі	
Молюски	
Хребетні	

Завдання 4. Визначте відносні та абсолютні пороги дозволу маси (експериментальна перевірка закону Вебера-Фехнера).

Хід роботи

Досліджуваний закриває очі і кладе руку на стіл долонею вгору, пальці злегка розведені. Протягом усього досліду пальці повинні стикатися зі столом. Скляна пластинка, зігріта до температури тіла, укладається на середню фалангу середнього пальця. Експериментатор кладе гирю на пластинку, а потім через 3 с змінює її на іншу. Досліджуваний повідомляє, чи була друга гирька важча, легша чи така ж, як перша (дані заносяться в табл. 3.3).

Проведіть дослідження з різними гирьками масою 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200 г. Міняйте гирі без будь-якої системи, іноді накладайте два рази поспіль одну і ту ж вагу.

Виконайте велику кількість спостережень і встановіть найменшу різницю у вазі, при якій вона відчувається. Ця найменша різниця називається абсолютним порогом розрізнення (ΔI). Під відносним порогом розрізнення розуміють відношення абсолютного порога розрізнення до ваги, при якій проводиться визначення – $\Delta I/I$ – це різницевий поріг.

Таблиця 3.3 – Протокол дослідження

Вихідна вага, г	Вага в грамах, що відзначається як менша або більша ніж вихідна вага	Абсолютний поріг розрізнення ΔI	Різницевий поріг $\Delta I/I$

Завдання 5. Проаналізуйте адаптацію шкірного аналізатора людини.

Хід роботи

Досліджуваний сидить на стільці, закривши очі, на тильну поверхню долоні кладуть вантаж масою 20 г. Визначити час зникнення відчуття тиску на шкірну поверхню. Зняти вантаж.

Повторити дослід, збільшуючи масу вантажу (50, 100, 200 г).

Побудувати графік залежності часу настання адаптації від маси вантажу, тобто інтенсивності шкірного подразнення.

3.4 Висновок

Контрольні питання

1. Які особливості будови характерні для епітеліальної тканини?
2. Які особливості будови характерні для нервової тканини?
3. Наведіть приклади різних типів нервової системи тварин.
4. Наведіть приклади особливостей будови та розташування епітеліальної та нервової тканин.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Встановлення закономірностей організації сполучної і м'язової тканин тварин як адаптацій до умов навколишнього середовища

4.1 Мета: встановити особливості будови сполучної і м'язової тканин тварин залежно від виконуваних функцій.

4.2. Короткі теоретичні відомості

Сполучна тканина.

Сполучна тканина дуже поширена в організмі: немає жодного органу, де б не зустрічався той чи інший її тип. Таку назву вона отримала через свою здатність об'єднувати інші тканини та бути для них опорою. Зумовлена ця здатність тим, що певні клітини сполучної тканини виділяють специфічний міжклітинний матеріал, у деяких випадках дуже міцний. Саме він і несе «відповідальність» за підтримку цілісності багатоклітинного організму та надання йому відповідної форми.

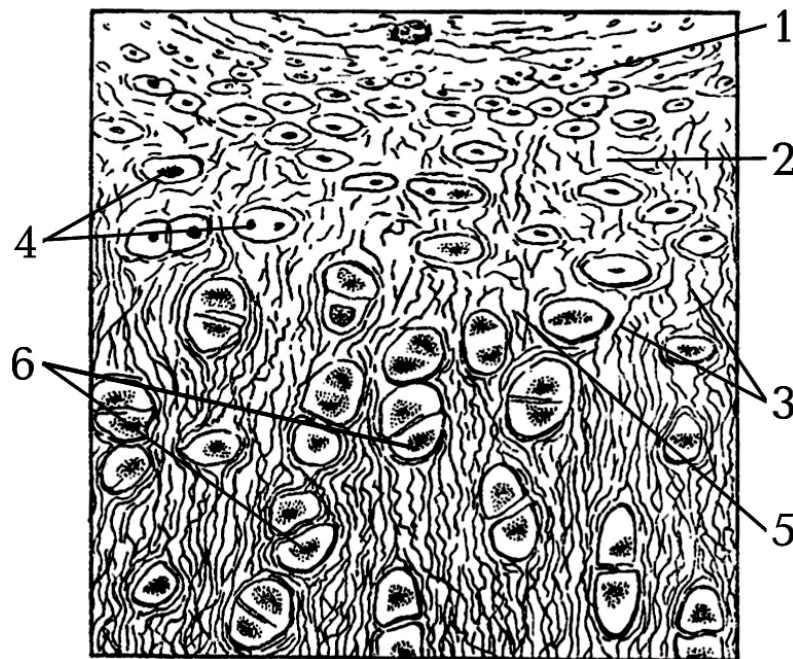
Хрящова тканина.

Хрящова тканина належить до високоспеціалізованої групи сполучних тканин з яскраво вираженими механічними властивостями.

Хрящ складається із хрящових клітин і міжклітинної речовини – хрящового матриксу, молекулярними особливостями якого визначаються такі властивості хряща, як щільність та пружність. В ньому немає кровоносних судин. Хрящова тканина максимально розвинена у хребетних тварин, проте зустрічається і в деяких безхребетних.

В залежності від будови міжклітинної речовини хрящову тканину поділяють на: гіалінову, еластичну, волокнисту. Найпоширенішим типом хрящової тканини є гіаліновий хрящ (рис. 4.1). Із цієї тканини побудована основна частина хрящів повітроносних шляхів, вентральної частини ребер, поверхонь суглобів.

Хондроцити – це оточені матриксом дозрілі клітини хрящової тканини. Вони мають кулеподібну або овальну форму й містять одне або два ядра. У багатьох випадках у хондроцитів є відростки. Їхня довга вісь проходить паралельно поверхні хряща. Хрящові клітини називають хондроцитами незалежно від того, чи утворені вони з мезенхіми скелетного зачатка, чи при диференціації клітин хондрогенного шару. Вони секретують навколо себе міжклітинну речовину й у результаті цього процесу опиняються в невеликих порожнинах – лакунах.



1 – перихондрій; 2 – матрикс; 3 – еластичні волокна; 4 – хондроцит;
5 – лакуна хрящова; 6 – скупчення хрящових клітин.

Рисунок 4.1 – Хрящ

Хрящова тканина завжди багата на міжклітинну речовину. Міжклітинна речовина гіалінового хряща сильно гідратована (загальний склад води в деяких хрящах сягає 70–80 %), що дозволяє речовинам із судин охрястя (оболонка хряща) дифундувати в матриксі та здійснювати живлення хондроцитів. Важливе значення для забезпечення міцності та щільності хряща мають білки хрящового матриксу. Функціонально найважливішими серед них є колагени, протеоглікани й хондронектин.

Еластичний хрящ входить до складу вушної мушлі, рожкоподібних та клиноподібних хрящів гортані. На відміну від гіалінового еластичний хрящ характеризується тим, що в його міжклітинній речовині, крім колагенових фібрил, міститься сітка еластичних волокон, здатних витримувати згинання.

Волокнистий хрящ зустрічається у міжхребцевих дисках, круглій зв'язці стегна, а також у місцях прикріплення сухожилків до кісток. Міжклітинна речовина його утворена пучками колагенових волокон, між якими розміщені хондроцити. Волокнистий хрящ здатний витримувати значні механічні навантаження. Його клітини округлі з світлою і цитоплазмою.

Кісткова тканина.

Кісткова тканина належить до різновиду сполучних тканин з яскраво вираженими механічними функціями. Ця тканина формує кістяк хребетних тварин і визначає форму тіла і його рухові можливості. Кісткова тканина відіграє важливу роль у мінеральному обміні організму, оскільки в міжклітинній речовині кісток містяться фосфорнокислі солі кальцію, магнію, фтору. Близько 97 % усього кальцію, що є в організмі, міститься в кістковій тканині.

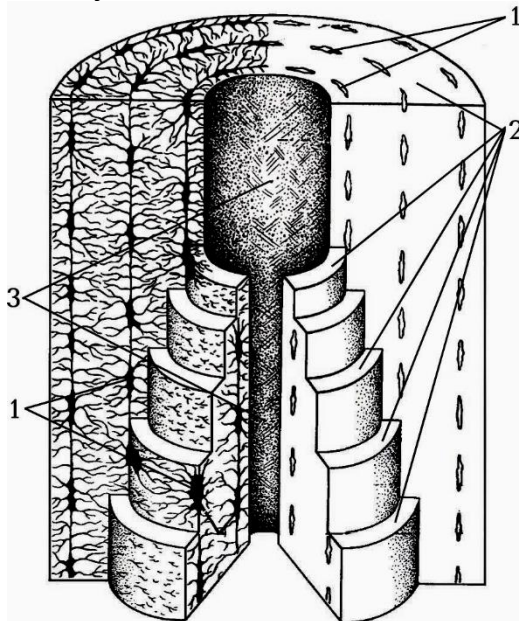
Подібно до хрящової тканини, кісткова тканина побудована із клітин та міжклітинної речовини (матриксу). Мінеральні речовини становлять 65–70 % від

сухої ваги кістки, а 30–35 % припадає на органічні речовини. Неорганічна складова кісткової тканини багата на кальцій (35 %) і фосфор (50 %), який утворює кристали гідроксіапатиту, а також входить до складу інших неорганічних сполук. Органічна частина утворена колагеном.

Кісткові клітини, як і хрящові, розміщені в лакунах усередині матриксу. У кістці ці клітини називають остеоцитами.

Кісткова тканина формується шляхом утворення нових шарів на поверхні кістки. Структурно-функціональною одиницею цієї тканини є остеон (рис. 4.2). Остеон, або система Гаверса, – це сукупність від 4 до 20 концентричних пластинок. Утворення остеона починається з центральної частини (місця його майбутнього каналу), де в складі сполучної тканини проходять кровоносні судини.

Кісткова пластинка – це шар кісткової тканини завтовшки 3–7 мкм. Між сусідніми пластинками в лакунах розміщені остеоцити, а в товщі пластинки в кісткових каналцях проходять їхні відростки. Колагенові волокна в межах пластинки орієнтовані в порядку й лежать під кутом 90° до волокон сусідньої пластинки, що забезпечує більшу міцність пластинчастій кістці.



1 – кісткові клітини; 2 – проміжна речовина; 3 – гаверсов канал

Рисунок 4.2 – Схема остеона

Кров.

Кров є рухливою тканинною системою, яка складається з рідкої міжклітинної речовини (плазми) і клітин (формених елементів). Серед формених елементів крові виділяють еритроцити, лейкоцити й тромбоцити (кров'яні пластинки) (рис. 4.3). Плазма становить 55–60 % об'єму крові, а формені елементи – 40–45 %. Основну масу клітин крові становлять еритроцити.



Рисунок 4.3 – Клітини крові

Еритроцити – це високоспеціалізовані клітини крові хребетних тварин, основною функцією яких є дихальна – перенесення кисню від легенів до тканин і вуглекислого газу від тканин до легенів. Головним білком еритроцита є гемоглобін (становить до 80–90 % сухого залишку еритроцита).

Еритроцити ссавців без'ядерні, по суті, вони є постклітинними структурами, що дозволяє включати більший обсяг гемоглобіну. Еритроцити інших класів хребетних мають овальну, рідше – сферичну й містять ядро.

Більшість еритроцитів у людини має форму двоввігнутих дисків, що забезпечують найбільшу площу поверхні для контакту з плазмою крові.

Лейкоцити – це різноманітні за морфологічними ознаками й функціями клітини крові. В організмі лейкоцити виконують різноманітні функції, спрямовані насамперед на захист від чужорідного впливу шляхом фагоцитарної активності, участі у формуванні гуморального та клітинного імунітету, а також у відновних процесах при пошкодженні тканин.

На основі відмінностей у морфологічних ознаках і у виконуваних функціях лейкоцити поділяють на декілька груп. Ті, у цитоплазмі яких міститься специфічна зернистість, називаються зернистими (гранулоцитами). Дозрілі гранулоцити, як правило, мають розчленоване на сегменти ядро (сегментоядерні гранулоцити). Відповідно до відмінностей у фарбуванні цитоплазматичної зернистості в цій групі виділяють три різновиди клітин: нейтрофільні, еозинофільні (ацидофільні) і базофільні гранулоцити, або нейтрофіли, еозинофіли (ацидофіли) і базофіли.

Основна функція нейтрофілів – фагоцитоз мікроорганізмів. Нейтрофільні гранулоцити – дуже рухливі клітини, які мають високу фагоцитарну активність. Вони всього кілька годин циркулюють у судинній крові, а потім за механізмом позитивного хемотаксису мігрують у сполучну тканину, накопичуються у вогнищі запалення, де й виконують свою основну макрофагічну функцію.

Еозинофільні лейкоцити виконують декілька функцій. Вони рухомі, здатні до фагоцитозу, однак їхня фагоцитарна активність нижча, ніж у нейтрофілів. Еозинофіли беруть участь у захисних реакціях організму на сторонній білок, в алергічних і анафілактичних реакціях.

Базофіли – малорухомі клітини, майже не здатні до фагоцитозу. При дегрануляції базофілів із гранул виходять гістамін і гепарин. Гепарин є нативним

антикоагулянт, тому базофіли беруть участь у регуляції процесу зсідання крові. Гістамін зумовлює різке розширення судин, появу набряків тощо, тобто базофіли також регулюють проникність судин. Крім того, базофіли (теж завдяки виділенню гістаміну) беруть участь в алергічних реакціях.

Лімфоцити – це клітини округлої форми, розміром від 4,5 до 10 мкм. Мають велике кулясте ядро, яке займає майже всю клітину, розташоване в центрі або трохи ексцентрично. Лімфоцити синтезують антитіла до того чи іншого збудника хвороби.

За функціями лімфоцити поділяють на: 1) такі, що забезпечують гуморальний імунітет (В-лімфоцити); 2) що забезпечують клітинний імунітет (Т-кілери); 3) регулятори гуморального імунітету (Т-хелпери, Т-супресори); 4) клітини імунологічної пам'яті.

Тромбоцити – у ссавців це дрібні (2–4 мкм) безколірні тільця округлої, овальної або веретеноподібної форми, які являють собою без'ядерні цитоплазматичні фрагменти, що відокремилися від мегакаріоцитів – гігантських клітин червоного кісткового мозку. В інших класів хордових тромбоцити є клітинами. У цих тварин вони найчастіше овальної форми й мають розміри, дещо менші за розміри еритроцитів.

Основна функція тромбоцитів – участь у процесі згортання крові. При пошкодженні стінки судини в місці пошкодження відбувається агрегація (склеювання) тромбоцитів.

М'язова тканина.

Основною функцією м'язової тканини є забезпечення рухових процесів усередині організму (крово- та лімфообіг, пересування їжі у травному тракті, повітря в дихальних шляхах, робота серця тощо), а також переміщення організму або його частин у просторі. Елементи м'язових тканин містять спеціальні елементи цитоскелету (міофібрили). В їхній основі лежать актинові та міозинові міофіламенти, які своєю взаємодією забезпечують процес скорочення і таким чином здійснюють функцію руху. Відповідно до морфофункціональної класифікації м'язові тканини за особливостями будови, функціями та локалізацією поділяють на дві групи: непосмуговану (гладеньку) і посмуговану, котра, у свою чергу, поділяється на скелетну та серцеву групи (рис. 4.4).

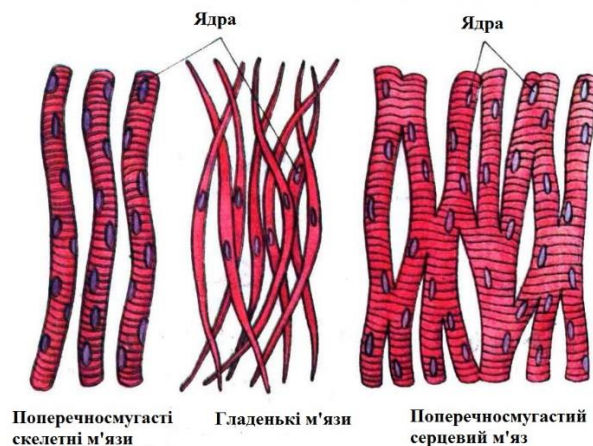


Рисунок 4.4 – Типи м'язів

Непосмугована (гладенька) м'язова тканина.

Цей різновид м'язової тканини входить до складу стінок порожнистих внутрішніх органів (травний тракт, повітроносні, сечовивідні, статеві шляхи, судини), а також міститься в капсулах селезінки та лімфатичних вузлів, у шкірі. Непосмугована м'язова тканина складається з клітин – непосмугованих міоцитів. Це веретеноподібні клітини довжиною від 20 до 100 мкм, діаметром від 5 до 20 мкм. Ядра міоцитів (ці клітини одноядерні) видовженої форми, лежать у центральній широкій частині клітин.

Скорочується непосмугована м'язова тканина ритмічно, повільно, але здатна довго перебувати в стані скорочення, не втомлюючись при цьому. Такий тип скорочення називається тонічним. Повільне скорочення її зумовлено повільним циклом взаємодії міозину з актином. Оскільки іннервується непосмугована м'язова тканина вегетативною нервовою системою, то її скорочення є мимовільним, тобто не піддається контролю свідомості.

У цитоплазмі непосмугованих міоцитів також виявляються тонкі актинові міофіламенти, розташовані переважно поздовжньо, але не так упорядковано, як у посмугованих м'язах. Тому непосмуговані міоцити не мають поперечної посмугованості.

Посмугована скелетна м'язова тканина.

Одиницею будови скелетної м'язової тканини є м'язове волокно. Воно має форму циліндра, кінці його можуть бути заокруглені, скошені або зазубрені.

Довжина м'язового волокна часто збігається з довжиною м'яза й може бути різною залежно від його розмірів. До країв волокна приєднуються колагенові волокна сухожилка. Між м'язовими волокнами розташовані прошарки пухкої сполучної тканини, в яких проходять кровоносні судини й нерви. Кожне волокно оточене плазмолемою. Оскільки це плазмолема не окремої клітини, а міосимпласта, то її називають сарколемою. Вона бере участь у проведенні імпульсів, які стимулюють м'яз. У певних місцях сарколема формує в середину м'язового волокна, формуючи так звані Т-трубочки. Зовні кожне м'язове волокно вкрите базальною мембраною.

Ядра, чисельність яких може досягати кількох десятків тисяч, як правило, лежать на периферії волокна, безпосередньо під плазмолемою. Вони мають видовжено-овальну форму.

Уся центральна частина волокна заповнена міофібрилами, розташованими вздовж м'язового волокна. Основу кожної міофібрили становлять тонкі (актинові) і товсті (міозинові) філаменти. У товстому філаменті молекули міозину лежать паралельно, утворюючи пучок. Актинові та міозинові міофіламенти в посмугованому м'язовому волокні розташовані в чітко визначеному порядку. Актинові філаменти збираються в паралельні пучки, що йдуть уздовж м'язового волокна. Одним своїм кінцем вони прикріплюються до телофрагми або Z-лінії (Z-пластинки), яка йде впоперек м'язового волокна, а другий кінець у них вільний. Z-лінія зигзагоподібна, а точки прикріплення тонких філаментів на одному боці Z-пластинки лежать навпроти проміжків між точками прикріплення таких філаментів з іншого її боку. Z-лінії побудовані з білка α -актиніну та деяких інших білків.

Міозинові філаменти також збираються в паралельні пучки, що йдуть уздовж м'язового волокна. Ділянка між двома телофрагмами (Z-лініями) називається саркомером і є структурною одиницею посмугованого м'язового волокна. Довжина саркомера становить 2–3 мкм.

Зона з лише актиновими філаментами називається I-диском, а та, де розташовані (самостійно, або перекриваючись з актиновими) міозинові філаменти – A-диском (рис. 4.5).

Еферентна (рухова) іннервація скелетних м'язів здійснюється з боку мотонейронів, розміщених у спинному й головному мозку. Тому скорочення цих м'язів залежить від свідомості, на відміну від мимовільного скорочення непосмугованих м'язів. Посмугованим м'язам властивий тетанічний тип скорочення, для якого характерні такі ознаки: скорочення сильні, швидкі (скорочення м'язових волокон у 10–25 разів швидші, ніж непосмугованих м'язових клітин), нетривалі. Посмуговані м'язи швидше втомлюються і не можуть перебувати у стані скорочення так довго, як непосмуговані.

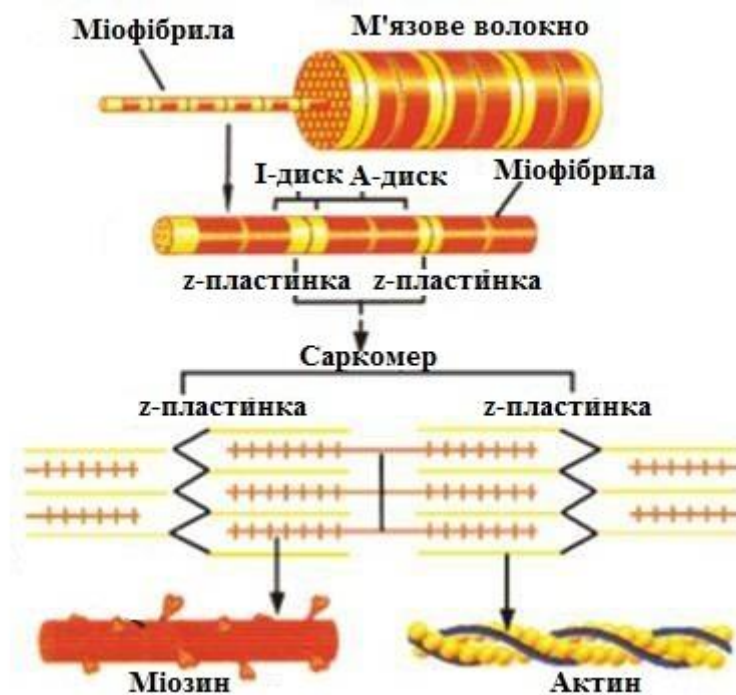


Рисунок 4.5 – Будова м'язового волокна

4.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, постійні мікропрепарати.

Завдання 1. Розгляньте постійні препарати мазків крові ссавця під мікроскопом. Зразковий вид мікропрепарату показано на рис. 4.6. Знайдіть різні типи клітин крові та заповніть таблицю 4.1.

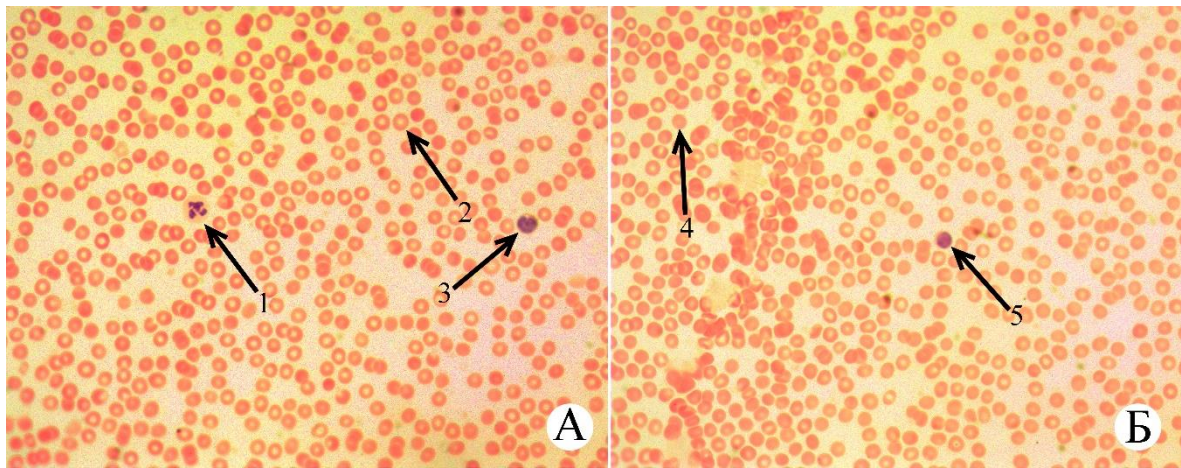


Рисунок 4.6 – Мазок крові ссавця

Таблиця 4.1 – Клітини крові ссавця

Номер	Тип клітини	Функції
1		
2		
3		
4		
5		

Завдання 2. Розгляньте постійні препарати мазка крові ссавця та земноводного під мікроскопом. Зразковий вид мікропрепаратів показано на рис. 4.7. Еритроцити ссавців позбавлені ядра, в той час як, наприклад, в еритроцитах земноводних ядро є. Яким чином можна пояснити дану особливість, враховуючи місця проживання більшості земноводних і особливості їх покривів.

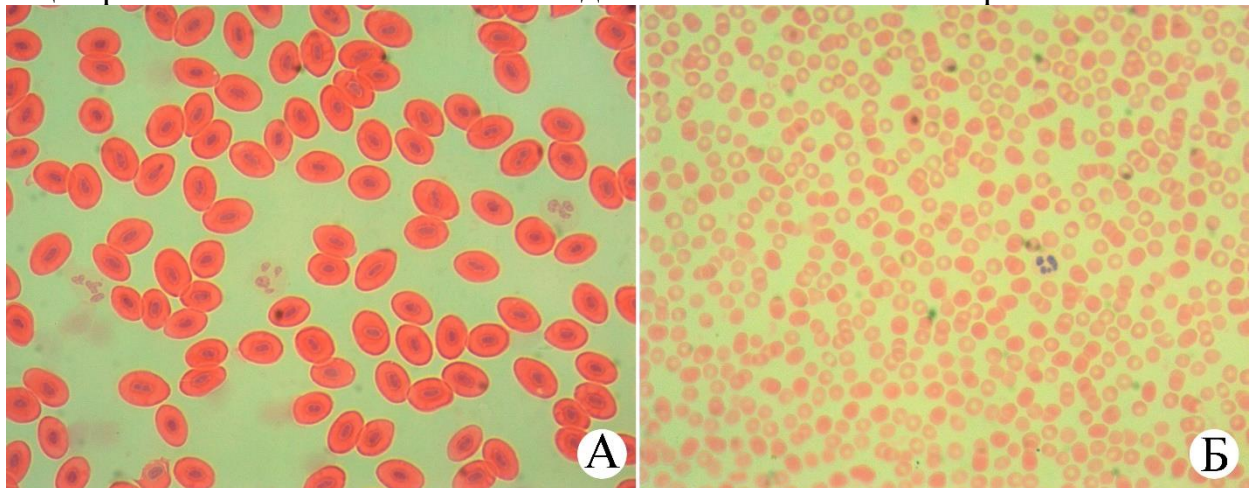


Рисунок 4.7 – Мазок крові (x500): А – жаби; Б – людини

Завдання 3. Розгляньте постійні мікропрепарати хрящової та кісткової тканини під мікроскопом. Зразковий вид мікропрепаратів показано на рис. 4.8. Визначте різні елементи будови цих тканин і заповніть таблицю 4.2.

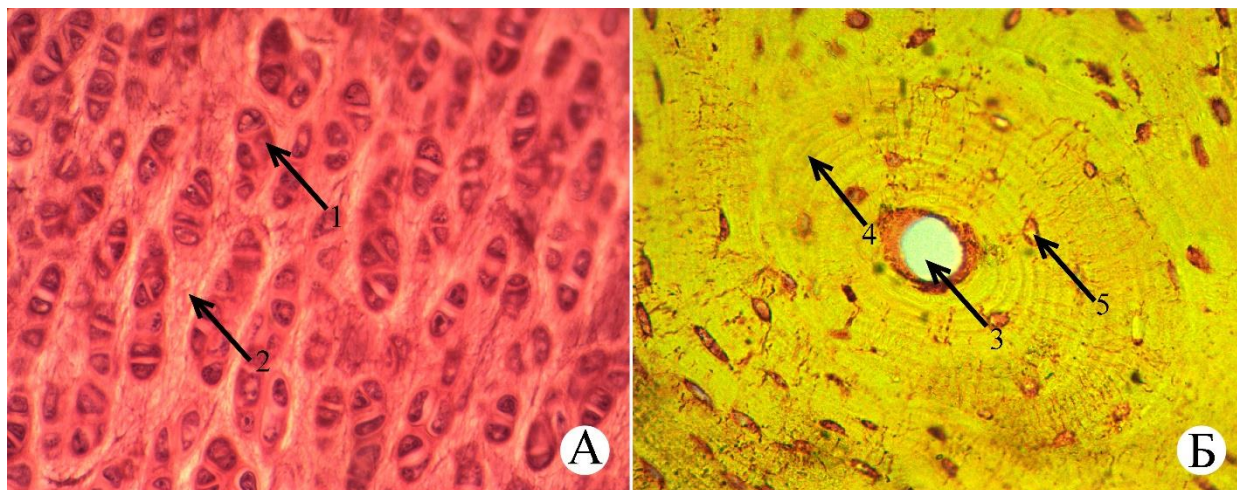


Рисунок 4.8 – Хрящова (А) і кісткова (Б) тканини

Таблиця 4.2 – Хрящова і кісткова тканини

Тип тканини	Особливості будови	Функції	Стрілками вказано
Хрящова (А)			1 – 2 –
Кісткова (Б)			3 – 4 – 5 –

Завдання 4. Розгляньте постійні препарати гладкої та поперечносмугастої м'язової тканини під мікроскопом. Зразковий вид мікропрепаратів показано на рис. 4.9. Визначте різні елементи будови цих тканин і заповніть таблицю 4.3.

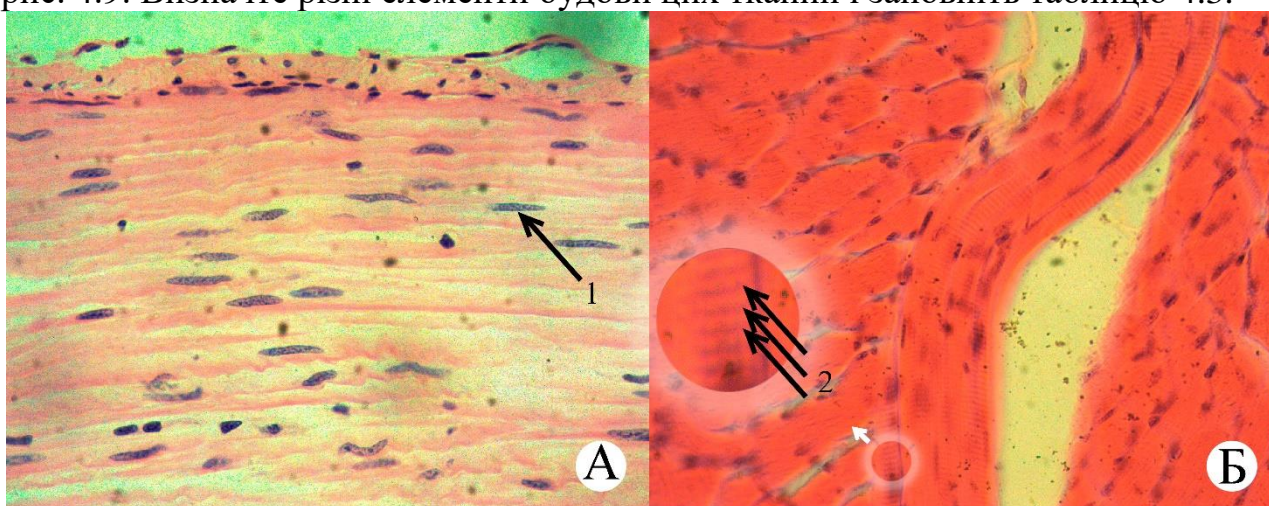


Рисунок 4.9 – Гладенька (1) та поперечносмугаста (2) тканини (див. центральний пучок, одна ділянка тканини збільшена)

Таблиця 4.3 – М'язова тканина

Тип м'язової тканини	Особливості будови	Функції	Стрілками вказано
Гладенька (А)			1 –
Поперечносмугаста (Б)			2 –

4.4 Висновок

Контрольні питання

1. Які особливості будови характерні для сполучної тканини?
2. Які особливості будови характерні для м'язової тканини?
3. Чим відрізняються гладенькі м'язи від поперечносмугастих?
4. Наведіть приклади особливостей в будові і розташуванні сполучної і м'язової тканин.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Виявлення різноманітності, особливостей будови і життєдіяльності гетеротрофних найпростіших як значимого комплексу організмів природних водних екосистем і об'єктів біологічної очистки стічних вод

5.1 Мета: встановити особливості різноманітності, будови и життєдіяльності гетеротрофних найпростіших на прикладі інфузорій і визначити їх значення для очищення стічних вод.

5.2. Короткі теоретичні відомості

Найпростішими називають неоднорідну групу одноклітинних або колоніальних організмів (іноді навіть багатоклітинних, але без тканинного рівня організації). Систематичне положення найпростіших вчені намагаються встановити протягом більше 150 років. Дане питання не вирішене остаточно і в даний час. Проте, застосування молекулярно-генетичних методів в ХХІ столітті дозволило зробити суттєвий крок вперед. Термін «найпростіші» слід використовувати з певною мірою умовності, з огляду на те, що так називають організми різних царств, а «простий» рівень організації має розпливчасті межі.

Серед спроб визначити місце розташування найпростіших в системі еукаріотичних організмів (і, разом з тим, в цілому побудувати струнку систему еукаріотів) можна виділити ряд найбільш значимих. Так, у 1860 р. Джон Хогг запропонував створити для нижчих організмів із проміжними ознаками окреме царство *Protoctista* (Протоктисти). Розвинувши цю ідею, Е. Геккель у 1866 р. установив царство *Protista* (Протисти) яке об'єднало всі відомі на той момент одноклітинні й колоніальні організми, у т. ч. бактерії, водорості й найпростіші.

Обґрунтовуючи необхідність встановлення нового царства, Геккель міркував таким чином: чим примітивніше організми, тим ближче вони до спільного предка всіх живих істот. Цей спільний предок, у свою чергу, повинен був мати зачаткові ознаки як рослин, так і тварин. Отже, найдавніші й найпримітивніші організми неможливо однозначно віднести ані до рослин, ані до тварин: вони являють собою третє, проміжне, царство.

Пропозиція Геккеля благотворно вплинула на систему органічного світу: тварини й рослини «очистилися» від маси примітивних форм, які порушували чіткість кордонів цих царств. Крім цього, існування протистів виявилось вагомим аргументом на користь еволюціонізму.

На межі ХІХ–ХХ сторіч у працях Л. Пастера, Р. Коха, С. М. Виноградського була встановлена своєрідність бактерій. Едуард Шаттон (1925 р.) запропонував створити для цих істот окреме царство *Monera* (дроб'янки) і відокремити його від протистів.

У 1959–1965 рр. відомий американський еколог Роберт Уайттейкер (Віттекер) привів систему Копланда до логічного завершення, виділивши гриби в самостійне царство живої природи. У його системі до дроб'янок були віднесені організми з прокаріотичною будовою клітини, до протистів – найпростіші та численні групи водоростей, до грибів – власне гриби й слизовики, до рослин –

зелені, червоні й бурі водорості, а також вищі рослини, до тварин – тільки багатоклітинні форми.

Однак незабаром виявилися недоліки нової системи. З'ясувалося, що межі між царствами багато в чому не відповідають межам між групами споріднених організмів, як їх бачили в середині ХХ століття. Виникла проблема «схожих неродичів» – ситуація, коли в межах одного царства траплялися явно неспоріднені форми:

1) слизовики й несправжні гриби – організми, які мають поверхневу подібність зі справжніми грибами, однак не споріднені з ними. Уже у ХІХ ст. було відомо, що слизовики не утворюють грибницю і здатні до фаготрофного (тваринного) живлення, тобто не відповідають поняттю «гриби» навіть за формальними ознаками Уайттейкера.

Несправжні ж гриби, хоча часто й мають типово «грибну» будову, містять у клітинній стінці целюлозу, а не хітин, не запасують глікоген, мають сліди втрати хлоропластів. Їхні зооспори близькі за структурою до рухливих клітин хромофітових водоростей (бурих, жовтозелених, золотистих). Усе це вказувало на те, що несправжні гриби – це, по суті, вторинно безхлорофільні водорості, а зовсім не гриби.

2) червоні й бурі водорості – фотосинтезуючі еукаріоти, які в основному мають складну багатоклітинну будову. Вони дуже схожі на зелені рослини загальною будовою тіла і способом життя, але відрізняються складом фотосинтетичних пігментів, клітинних покривів і запасних полісахаридів, особливостями цитоскелету тощо. Уже у середині ХХ ст. було очевидно, що ці організми не споріднені із зеленими рослинами, однак іншого царства для них у системі Уайттейкера не передбачалося.

Цю тупикову ситуацію спробувала розв'язати Лінн Маргуліс, створювачка сучасної теорії ендосимбіогенезу. Вона перенесла «схожих неродичів» у розширене царство протистів, перейменоване, за аналогією із системами Хогга і Копланда, в *Protoctista* – Протоктисти. Використання цієї назви дозволяло включити у склад царства нижчих еукаріотів не лише одноклітинні й колоніальні, але й примітивні багатоклітинні форми, як це раніше зробив Копланд.

За такого розуміння обсягу *Protoctista* із царств *Fungi*, *Plantae* і *Animalia* виключалися вищезгадані неспоріднені групи (червоні водорості, слизовики тощо), у результаті чого ці царства здобували цілісності та природності.

Однак, позбувшись однієї проблеми, Маргуліс породила іншу – «проблему несхожих родичів», тобто споріднених організмів, які опинилися в різних царствах:

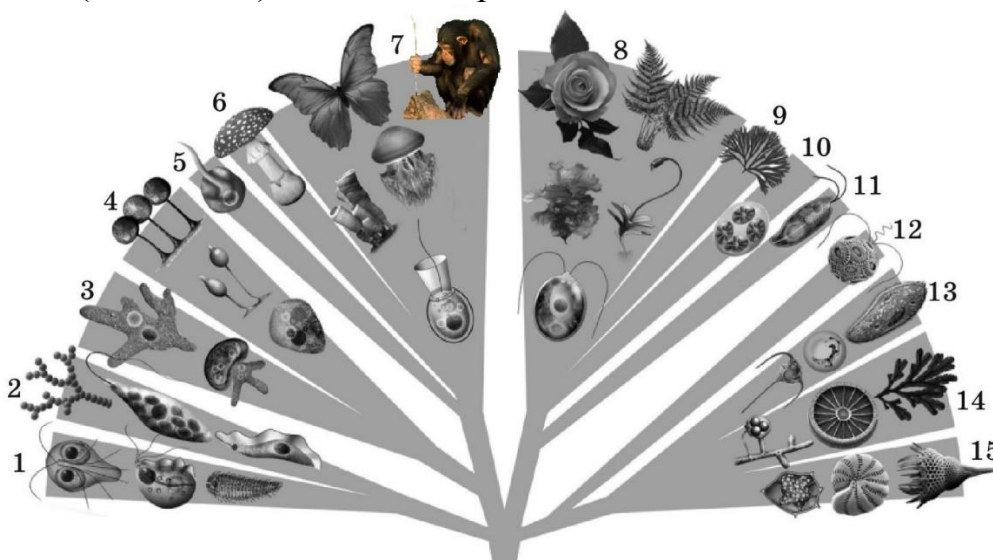
1) зелені водорості – одноклітинні, колоніальні й примітивні багатоклітинні організми, які є безпосередніми предками вищих рослин. Уайттейкер указував, що знайти в його системі місце для зелених водоростей непросто: одноклітинні й колоніальні форми мають бути віднесені до протистів, а багатоклітинні – до рослин. Маргуліс же помістила всі зелені водорості в царство *Protoctista*.

2) нуклеарії й хітридіоміцети. Нуклеарії – примітивні амеби, безпосередні предки справжніх грибів. Ані Уайттейкер, ані Маргуліс, однак, до грибів їх не відносили, оскільки відомості про їхню спорідненість з грибами ще не були одержані. Хітридіоміцети – нижчі гриби, які у деяких випадках мають у край примітивну, «протистну» організацію. Згідно з Уайттейкером, вони є грибами, згідно з Маргуліс – протоктистами.

3) Комірцеві джгутиконосці, або хоанофлагеляти – одноклітинні й колоніальні організми, безпосередні предки тварин. Незважаючи на те що спорідненість хоанофлагелят із тваринами була зрозуміла вже у ХІХ ст., Маргуліс вивела їх зі складу тварин, ґрунтуючись на властивому їм одноклітинному рівні організації.

Ціною винесення зі складу Fungi, Plantae і Animalia неспоріднених їм груп царство Protoctista наповнювалося різноманітними й мало чим схожими організмами. Дати цій групі визначення стало майже неможливо: протоктисти перетворилися на об'єднання істот, які не вписувалися в інші царства. Навіть сама Маргуліс 1981 р. визнала, що «царство Protoctista стає схожим на смітник». Таким чином, домігшись у своїй системі очищення грибів, рослин і тварин від неспоріднених форм, Маргуліс водночас створила царство, у штучності якого навіть у неї не було сумнівів.

Нарешті, у період 2005–2008 рр. установилася одна сучасних систем органічного світу. Найбільший внесок в оформлення сучасної системи зробила міжнародна група під керівництвом голови комітету із систематики й еволюції Міжнародного протистологічного товариства Сайни Едла (S. Adl). Ця група (2005 р.) запропонувала першу редакцію системи еукаріотів, 2012 р. – другу. Структуру системи Едла зі співавторами (2012) із доповненнями Ф. Буркі зі співавторами (2014, 2016) показано на рис. 5.1.



Царства: 1 – Metamonada; 2 – Discoba; 3 – Lobosa; 4 – Conosa;
 5 – Apusozoa; 6 – Holomycota; 7 – Holozoa; 8 – Viridiplantae;
 9 – Rhodophyta; 10 – Glaucophyta; 11 – Cryptista; 12 – Haptista;
 13 – Alveolata; 14 – Chromista; 15 – Rhizaria.

Рисунок 5.1 – Система еукаріотів за С. Едлом та ін., 2012 р.
 з доповненнями Ф. Буркі, 2016 р.

З цієї схеми можна побачити, що найпростіші відносяться до різних царств еукаріотів (*Discoba*, *Viridiplantae*, *Alveolata* и др.). Серед найпростіших найскладнішу організацію мають інфузорії.

Тип Інфузорії (*Ciliophora*) є однією з найбільш чисельних і широко розповсюджених в природі груп гетеротрофних одноклітинних організмів. Інфузорії разом з рослинами, бактеріями та іншими найпростішими складають основну групу організмів активного мулу, який очищує стічні води від органічних забруднень.

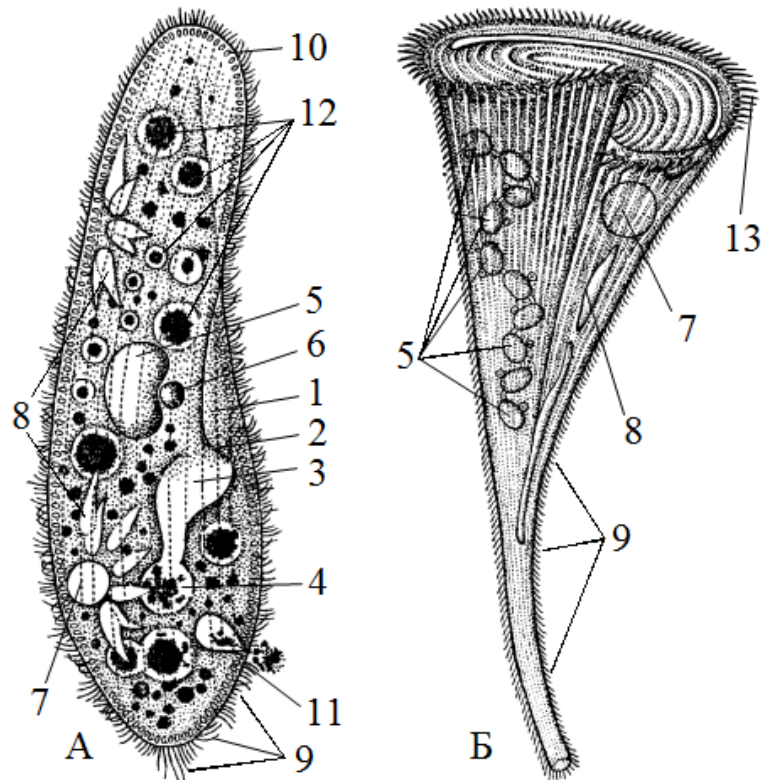
Представники типу мешкають переважно у водному середовищі, серед них є також симбіотичні та паразитичні форми. Відомо близько 7,5 тис. видів інфузорій. Це організми порівняно великих розмірів (50–300 мкм); окремі види (1–3 мм) вкриті війками протягом усього життя або лише на певних фазах життєвого циклу. Для них характерний ядерний дуалізм – одне вегетативне ядро великих розмірів (макронуклеус) і одне або кілька генеративних ядер (мікронуклеус). Макронуклеуси можуть мати різну форму. Так, макронуклеус інфузорії трубочача чоткоподібний. Інфузорії розмножуються поділом або брунькуванням, а також мають особливий тип статевого процесу – кон'югацію.

Ектоплазма (кортекс) інфузорій має дуже складну будову, яку вивчено за допомогою електронно-мікроскопічних методів. У кортексі містяться різноманітні структури, що забезпечують сталість форми тіла. Зовнішня частина кортексу – пелікула – утворена плазматичною мембраною (плазмалемою) та розташованими під нею сплющеними мішечками, які мозаїчно з'єднані між собою. У деяких видів всередині мішечків локалізовані додаткові, опорні структури – білкові або просякнуті вуглекислим кальцієм полісахаридні пластинки. Під пелікулою розташовані базальні тільця (кінетосоми) всіх війок, а також, зв'язані з ними утвори. У більшості інфузорій це три постійні компоненти, які відходять від кінетосоми: 1) розташований під пелікулою поперечносмугастий філамент, що спрямований до переднього кінця клітини; 2) група мікротрубочок, спрямованих уздовж тіла до його заднього кінця; 3) група мікротрубочок, розташована поперек тіла. Сукупність цих трубочок утворює єдиний цитоскелет, що міститься під пелікулою.

У пелікулі перпендикулярно до її поверхні містяться екструсоми – пухирцевидні утвори, всередині яких міститься особливий білок. Вони вистрілюються клітиною під час подразнення, багаторазово подовжуючись внаслідок розтягування білкових молекул. У більшості війчастих вони мають вигляд видовжених тілець, добре помітних під світловим мікроскопом і називаються трихоцистами. Викидаються трихоцисти назовні під час будь-якого сильного механічного чи хімічного подразнення, висихання тощо, їх функцію остаточно не з'ясовано. Припускається, що вони містять отруйні речовини, які вбивають ворогів або виконують функції осморегуляції, прикріплення тощо.

Класичний об'єкт лабораторних досліджень – інфузорія тувелька (*Paramecium caudatum*) (рис. 5.2) – має 5–8 тис. трихоцист. У хижих інфузорій є інші екструсоми – токсосоми. Вони мають вигляд капсули з оболонкою з трубочок, у порожнині якої міститься внутрішня трубка. Під час полювання ця трубка вивертається назовні, як палець рукавички, або телескопічне висувається

з капсули, пронизує тіло здобичі (інші найпростіші, коловертки тощо) та впорскує в неї отруту, паралізуючи, чи вбиваючи.



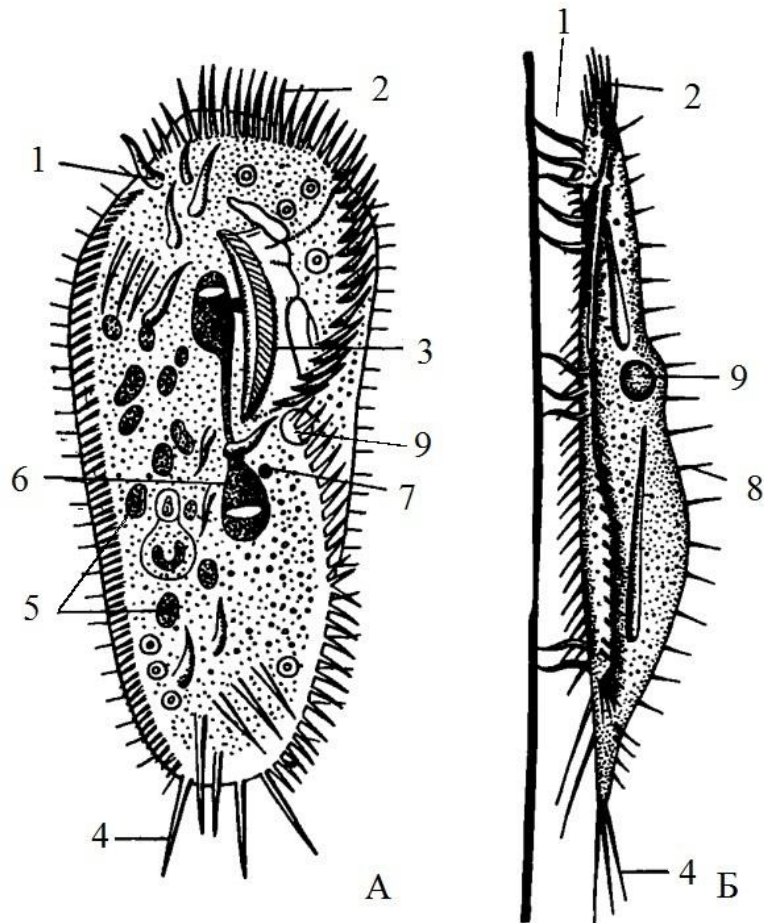
1 – перистом; 2 – клітинний рот; 3 – цитофаринкс; 4 – дно глотки, де утворюється травна вакуоля; 5 – макронуклеус; 6 – мікронуклеус; 7 – резервуар скоротливої вакуолі; 8 – привідні канали (ампули) скоротливої вакуолі; 9 – війки; 10 – трихоцисти (у спокої); 11 – порошиця; 12 – травні вакуолі; 13 – мембранели (навколоротова зона)

Рисунок 5.2 – Інфузорії: А – інфузорія тувелька (*Paramecium caudatum*), Б – інфузорія трубоч (*Stentor polymorphus*)

Війки інфузорій – органи руху – за тонкою будовою не відрізняються від джгутиків. У найпростіших інфузорій вони рівномірно вкривають усю поверхню тіла, проте часто концентруються на певних ділянках або спеціалізуються, утворюючи циррі, мембрани або мембранели. Циррі – це пучочки або китиці з війок, завдяки яким найпростіше може «бігати» по субстрату чи «стрибати» в товщі води (рис. 5.3).

Мембрани – це ряди війок, з’єднані між собою. У мембранелах війки розташовані в ряд, однак не сполучені одна з одною. Мембрани та мембранели забезпечують рух води до ротового отвору. Сукупність усіх війок та їх похідних називається ціліатурою. Війки рухаються узгоджено. Війки розташовані рядами, що називаються кінетами.

Більшість інфузорій, крім деяких ендопаразитичних форм, має клітинний рот – цитостом. Найпростішою формою ротового апарату є термінальний рот, що міститься на передньому кінці тіла й оточений звичайною соматичною ціліатурою.



1 – черевні цирри; 2 – мембранели адоральної (навколоротової) зони; 3 – перистом з навколоротовими війками і мембраною; 4 – каудальні цирри; 5 – травні вакуолі; 6 – макронуклеус (гантелеподібний); 7 – мікронуклеус; 8 – спинні цирри; 9 – резервуар скоротливої вакуолі

Рисунок 5.3 – Інфузорія стилоніхія (*Stylonichia mytilus*)

Рот більшості інфузорій розміщений на бічній частині тіла й заглиблений у вп'ячування, або перистом (вестибулюм), на дні якого відкривається клітинний рот. У деяких видів перистом веде до вузького каналу – глотки, або цитофаринксу, що закінчується в ендоплазмі.

Ціліатура навколо ротового апарата теж диференціюється, війки зливаються у мембранели, що призначені для спрямування їжі до рота. У найпростіших інфузорій – це три паралельно розташовані мембранели з одного боку рота й одна ундулююча мембрана – з іншого. Мембранели створюють течію води, з якою частки їжі надходять до ундулюючої мембрани, яка спрямовує їх до рота. Цей комплекс органел називається тетрахіменіумом (від назви інфузорії *Tetrahymena*, що має такий апарат у найбільш типовому вигляді). Навколоротову ціліатуру мають також інфузорія туфелька (*Paramecium caudatum*) і, в дещо видозміненому вигляді – сидяча сувійка (*Vorticella marginata*).

Навколоротовий апарат складнішої будови – це спіральна закручена праворуч зона навколоротових мембранел, що інтенсивно заганняють їжу до рота. Таку ротову ціліатуру мають інфузорії, які часто трапляються в прісних водоймах: *Stentor*, *Spirostomum*, *Stylonichia* тощо.

Інфузорії з описаною навколоротовою ціліатурою живляться, підганяючи за її допомогою дрібні часточки їжі до рота й заковтуючи їх. Форми, що не мають навколоротової ціліатури, є переважно хижачками. Вони живляться іншими найпростішими, заковтуючи їх (*Didinium*). Деякі заковтують тонкі нитчасті водорості (*Pseudomicrothorax dubius*, *Nassula*). У цих інфузорій є складне пристосування до заковтування їжі – паличковий апарат. Він складається з сотень мікротрубочок, зібраних у правильні пучки й пластинки, які утворюють трубку, що міститься в цитоплазмі навколо рота та виконує опорну функцію під час заковтування цілої здобичі.

Сисні інфузорії (Suctoria) цитостому не мають, у них є багато сисних щупалець. В кожному з них розвинена трубка, що складається з пучків мікротрубочок. За її допомогою цитоплазма здобичі, що прилипає до такого щупальця, всмоктується в тіло сисної інфузорії.

Найбільш детально процеси живлення та травлення досліджені у *Paramecium caudatum*. Перистом у неї переходить у цитофаринкс, який закінчується в ендоплазмі цитостомом – сліпою кишенею, відокремленою від ендоплазми лише однією мембраною. В цій кишені накопичуються часточки їжі й формується травна вакуоля, яка відшнуровується, а на її місці утворюється нова кишеня. Травна вакуоля переміщується в тілі інфузорії, проходячи шлях від місця утворення через усе тіло, й закінчує своє існування в клітинній порошиці, або цитопрокті.

Під час руху вакуолі в ній перетравлюється їжа. Цей процес супроводжується зміною рН середовища всередині вакуолі. До травної вакуолі транспортуються дрібні пухирці, які містять кислоту й викликають різку зміну рН (від нейтрального до кислого), що необхідно для стимуляції дії травних ферментів. Потім до вакуолі підходять і зливаються з нею лізосоми, що несуть травні ферменти.

Після перетравлення їжі дрібні пухирці з поживними речовинами відшнуровуються від травної вакуолі й розподіляються по клітині, а сама вакуоля, в якій залишилися неперетравлені рештки, підходить до спеціального (обмеженого лише мембраною) отвору в пелікулі – порошиці, що розташована недалеко від перистома. Після викиду решток їжі через порошицю вакуоля розпадається на пухирці, які повертаються до цитостому й входять до складу нових травних вакуолей. Травлення у інфузорій триває від 20 хв. до кількох годин.

Скоротливі вакуолі інфузорій, яких у однієї особини міститься одна або кілька, мають складну будову. Вакуоля – це скоротливий пухирець, що відкривається отвором (порою) назовні. В неї впадають зірчасте розташовані ампули, тобто кінці довгого тонкого каналу-провідника. Міцність та фіксоване положення цього комплексу в тілі зумовлюють стрічки з мікротрубочок, що починаються від стінок видільної пори та йдуть уздовж ампул і каналів. Основна функція скоротливої вакуолі – осморегуляція в тілі інфузорії (виведення надлишків води). Частота її скорочень залежить від концентрації солей у воді.

Нестатеве розмноження інфузорій має характер поділу. Під час поділу мікронуклеус ділиться мітотичне, макронуклеус перешнуровується навпіл.

Невідомо, як при цьому розподіляються хромосоми в дочірніх ядрах – випадково (амітоз) чи якимось іншим чином. У процесі поділу цитоплазми, як правило, поперек тіла утворюються по два нові перистоми, рота, глотки, деякі органоїди розподіляються між дочірніми клітинами з відновленням тих структур, яких не вистачає. В ендоплазмі утворюються кінетосоми, що мігрують до плазмалеми, де з них розвиваються війки.

Якщо поділ клітини нерівномірний, він має характер брунькування. Брунькування характерне для сидячих форм, від яких відбруньковуються розселювані стадії – бродяжки. У сисних інфузорій такі бродяжки утворюються в спеціальній камері всередині тіла, причому з материнським організмом їх з'єднує стебельце – своєрідний аналог плаценти, а потім через спеціальний отвір виходять назовні.

Під час статевого процесу інфузорії злипаються бічними поверхнями, в області цитостому в них виникає цитоплазматичний місток. Статевий процес (кон'югація) не супроводжується утворенням гамет, замість них зливаються гаплоїдні ядра. Цікаво, що особини одного й того ж виду кон'югують тільки з особинами, які належать до комплементарного типу парування. Таких типів у *P. caudatum* налічується 40, причому паруватися вони можуть лише в певних комбінаціях. Інфузорії, що належать до одного типу, не кон'югують між собою. Інфузорії комплементарних типів парування пізнають одна одну за допомогою спеціальних біологічно активних речовин – гамонів, що виділяються ними в зовнішнє середовище. Ці речовини змінюють властивості поверхні клітини комплементарної особини, зумовлюючи кон'югацію.

5.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, проби води з р. Стрижень та активного мулу.

Завдання 1. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть інфузорію туфельку. Зразковий вид отриманого мікропрепарату показано на рис. 5.4. Вкажіть структурні елементи її клітини.

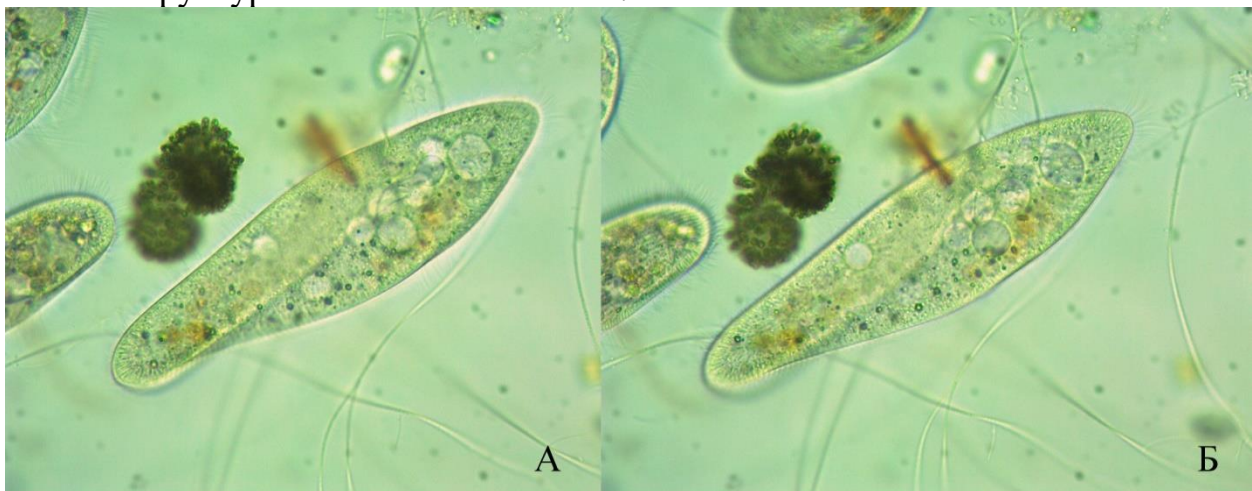


Рисунок 5.4 – Інфузорія туфелька (*Paramecium caudatum*)

Завдання 2. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть інфузорію трубача. Зразковий вид отриманого мікропрепарату показано на рис. 5.5. Вкажіть структурні елементи її клітини.

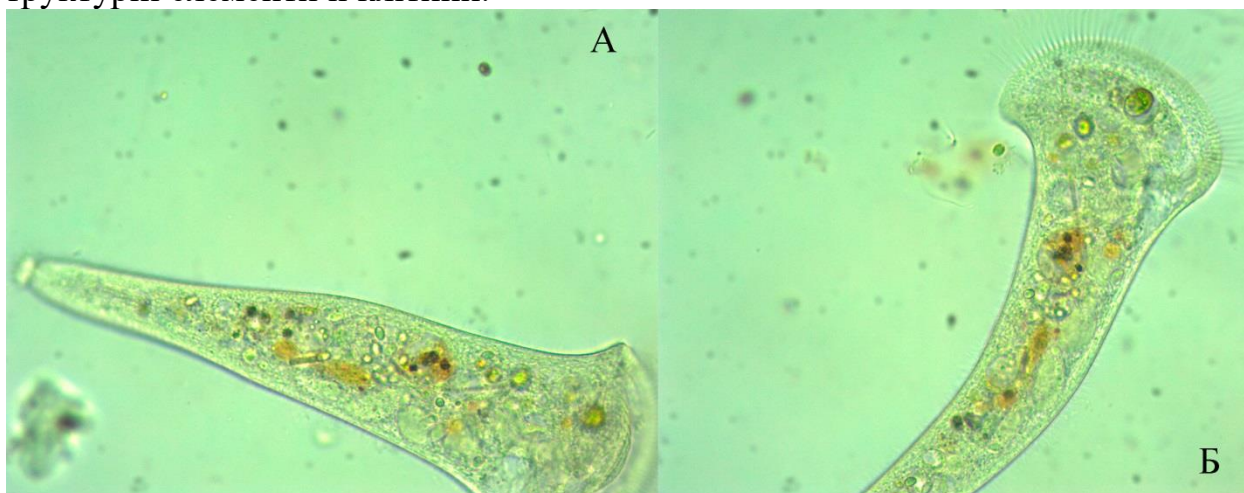


Рисунок 5.5 – Інфузорія трубач (*Stentor polymorphus*)

Завдання 3. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть інфузорію стилоніхію. Знайдіть структури, які показані на рис. 5.6 (він показує зразковий вид отриманого тимчасового мікропрепарату). Вкажіть їхню назву. Структури, позначені під цифрою 3, мають різний колір – від зеленого до коричневого. Вкажіть, чим можна пояснити цю особливість. Поясніть, яким чином дані структури з'являються всередині інфузорій і куди вони зникають з плином часу.



Рисунок 5.6 – Інфузорія стилоніхія (*Stylonichia mytilus*)

Завдання 4. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть інфузорію стилоніхію. Зразковий вид отриманого мікропрепарату показано на рис. 5.7. Вкажіть, який процес життєдіяльності інфузорій строго є періодичним і добре видимим у живих прісноводних інфузорій (цей процес видно на рис. 5.7). Поясніть суть і значення даного процесу.

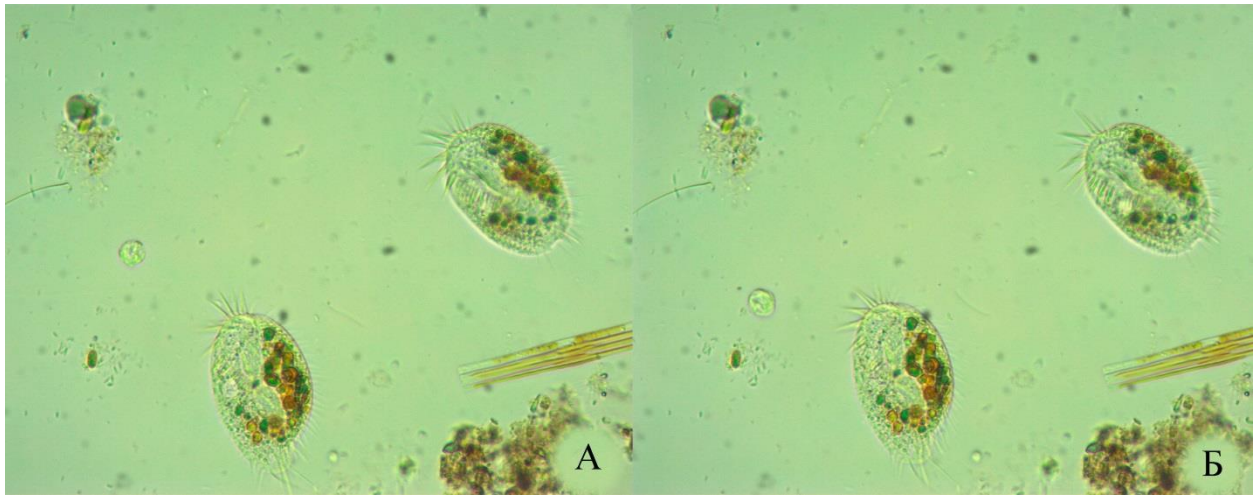


Рисунок 7 – Інфузорія стилоніхія (*Stylonichia pustulata*)

Завдання 5. Розгляньте проби активного мулу під мікроскопом. Знайдіть представників круговійчастих інфузорій. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 5.7. Проведіть спостереження за процесом їх харчування. Зробіть висновок про значення даної групи інфузорій для очищення стічних вод.

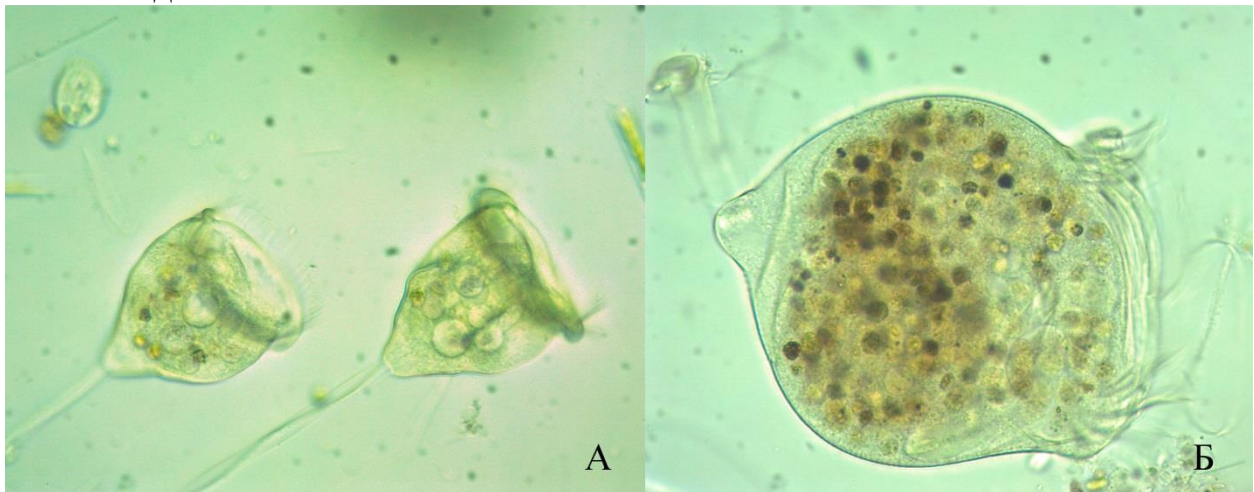


Рисунок 5.7 – Круговійчасті інфузорії

5.4 Висновок

Контрольні питання

1. Як змінювалася систематичне положення найпростіших. Яка система еукаріотів є однією з найбільш сучасних?
2. Які особливості будови характерні для інфузорій?
3. Назвіть особливості життєдіяльності інфузорій.
4. Яке значення мають інфузорії для очищення стічної води?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Встановлення різноманітності, особливостей будови і життєдіяльності автотрофних найпростіших як невід'ємного компонента водних екосистем

6.1 Мета: встановити особливості різноманітності, будови і життєдіяльності автотрофних найпростіших.

6.2. Короткі теоретичні відомості

Водоростями називають збірну групу автотрофних організмів з вегетативним тілом – таломом або сланню, які ведуть переважно водний спосіб існування або вторинно пристосувалися до життя у ґрунті. Багато з них мають будову, характерну найпростішим.

Традиційно в систематичному плані водорості поділяють на ряд самостійних відділів, представники яких відрізняються забарвленням, будовою, а деякі – організацією клітини. Однак, в теперішній час підтверджено, що водорості належать до різних царств еукаріотів.

Спільною для всіх ознакою є наявність пігментів, що забезпечують автотрофне живлення шляхом фотосинтезу. Основні форми існування і будови таломів повторюються в різних систематичних групах, що вказує на певний паралелізм у їх розвитку.

В цілому, розрізняють 10 основних типів морфологічної структури тіла водоростей:

Амебоїдна (ризоподіальна) структура виявлена у нечисленних найпростіших водоростей. Тверда оболонка відсутня, рух відбувається за допомогою псевдоподій. Трапляється у деяких золотистих, жовтозелених, пірофітових водоростей.

Монадна (джугутикова) структура властива одноклітинним і колоніальним водоростям, здатним до активного руху, який забезпечується одним, двома або кількома джугутиками. Монадні форми у вегетативному стані мають стигми, або вічка (специфічний світлочутливий орган червонуватого кольору), і пульсуючі вакуолі. Монадна структура широко розповсюджена серед водоростей.

Кокоїдна структура характерна для нерухомих водоростей, одноклітинних або з'єднаних у колонії різного вигляду (за винятком нитчастих). У діатомових це єдина структура.

Пальмелоїдна структура – це з'єднання багатьох клітин, незалежних одна від одної, але занурених у спільний слиз. Тимчасово існуюче об'єднання клітин називається пальмелоїдним станом.

Нитчаста структура представлена з'єднанням нерухомих клітин у прості або розгалужені нитки з одного ряду клітин. В межах нитчастої виділяють гетеротрихальну (різнострихальну) структуру, якщо одні нитки стеляться по субстрату, а інші відходять від них вертикально вгору і відіграють роль асиміляторів.

Пластинчаста структура утворюється з нитчастої в результаті поділу клітин у двох взаємно перпендикулярних площинах – поздовжній і поперечній. Пластинки можуть складатися з двох або кількох шарів клітин.

Тканинна структура виникає шляхом поділу клітин у трьох площинах. У водоростей з такою структурою може спостерігатись диференціація слані на асиміляційну, запасуючу, провідну, покривну зони.

Сифональна структура представлена однією гігантською клітиною, яка може мати різну форму з великою кількістю ядер, але не поділена на окремі клітини.

Сифонокладова структура – це з'єднання багатоядерних сегментів у розгалужений талом.

Харофітна структура характеризується великим багатоклітинним таломом лінійно-членистої будови, розчленованим на головний пагін, бічні гілочки, розміщені кільцями по вузлах, і ризоїди.

Організація клітини суттєво не відрізняється у представників різних відділів (крім синьо-зелених). Клітинна оболонка різного хімічного складу (пектин, целюлоза, інколи лігнін, кутин), часто ослизнена або інкрустована мінералами (солями заліза, кремнію, кальцію). Деякі монадні форми, гамети і зооспори вкриті лише плазмалею.

Цитоплазма заповнює майже всю порожнину клітини. Вакуолі з клітинним соком трапляються лише в клітинах з надмірно інтенсивним ростом. Монадним формам властиві пульсуючі вакуолі.

Пігменти водоростей зосереджені в хлоропластах (хроматофорах). Останні мають ламелярну структуру і різноманітну форму: пластинчасту, сітчасту, стрічкоподібну, лопатеподібну, зіркоподібну тощо). В хроматофорах можуть бути специфічні білкові тільця – піреноїди (клітинна органела багатьох водоростей, яка представляє собою утворення білкової природи округлої чи вузлуватої форми всередині хлоропласту чи на ньому і є місцем утворення крохмалю). Крім крохмалю, запасними продуктами фотосинтезу в різних групах водоростей є волютин, лейкозин, ціанофіцин, багрянковий крохмаль, ламінарин, маніт.

Водорості – фототрофні організми, але серед них є групи, що досить легко переходять до міксотрофного (змішаного) і гетеротрофного живлення. Окремі види можуть існувати як паразити. Розмножуються водорості вегетативним, безстатевим і статевим шляхом.

Вегетативне розмноження відбувається поділом клітини (в одноклітинних), у колоніальних – розпадом колоній або утворенням дочірніх колоній всередині материнської. Нитчасті форми розриваються на окремі фрагменти, а деякі групи мають особливе пристосування – бульбочки на ризоїдах, з яких після періоду спокою проростають нові водорості, а також спочиваючі спори – акінети.

Нестатеве розмноження здійснюється шляхом утворення спеціалізованих клітин – спор, що покидають материнську клітину через отвір у бічній стінці. Вихід продуктів поділу з оболонки материнської клітини – найсуттєвіша ознака відмінності нестатевого розмноження від вегетативного.

Спори можуть бути рухливими, з монадною структурою, майже завжди без целюлозно-пектинових оболонок (зооспори). Клітина, де формуються зооспори, має назву зооспорангій. Спори нестатевого розмноження, позбавлені джгутиків,

мають загальну назву апланоспор. Вони вкриваються оболонками всередині материнської клітини, а також можуть набувати в ній подібної до материнської форми (автоспори), утворювати потовщені оболонки (гіпноспори). Кількість спор коливається від однієї (моноспори) до багатьох (тетраспори, поліспори). Утворенню спор передуює поділ ядра материнської клітини шляхом мітозу або мейозу, залежно від особливостей циклу розвитку.

Статеве розмноження спостерігається у водоростей усіх систематичних груп. Статевий поділ різноманітний: у одноклітинних монадних форм він полягає у злитті двох вегетативних особин (гологамія); злиття двох недиференційованих вегетативних безджгутикових клітин називають кон'югацією.

У водоростей поширена гаметогамія у формі ізо-, гетеро-, оогамії. Розрізняють гомоталічні види, у яких можуть копулювати гамети одного талома, і гетероталічні, у яких копуляція гамет можлива лише з різних таломів.

В результаті будь-якого статевого процесу утворюється зигота, яка може проростати по-різному, у зв'язку з чим у водоростей спостерігаються три типи чергування ядерних фаз. У більшості водоростей редукція кількості хромосом відбувається під час проростання зиготи, і рослина, що утворилася, має гаплоїдний набір хромосом (гапlobіонт).

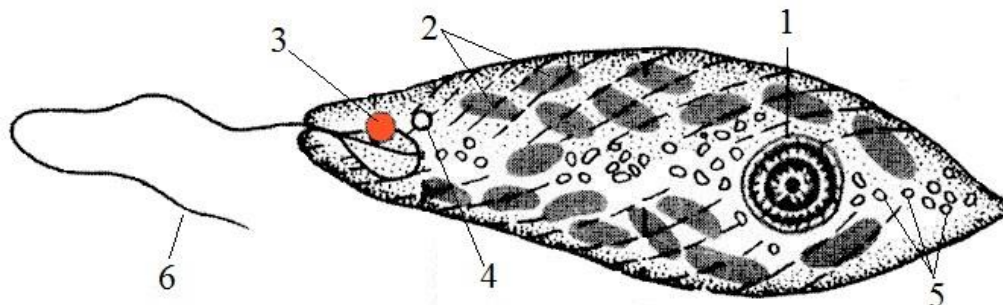
У циклоспорових бурих та діатомових зигота проростає без редукції хромосом. Виникає диплоїдна рослина – диплобіонт. У деяких високоорганізованих зелених (кладофорові, ульвові), бурих та червоних водоростей зигота без редукційного поділу проростає у диплоїдну рослину – спорофіт, на якій формуються органи безстатевого розмноження і в результаті мейозу утворюються гаплоїдні спори. Останні проростають у гаплоїдний гаметофіт, на якому утворюються гамети. Отже, крім чергування ядерних фаз, у останніх спостерігається чергування поколінь спорофіта і гаметофіта. Якщо спорофіт і гаметофіт морфологічно не відрізняються, зміна поколінь ізоморфна, якщо ж вони морфологічно різні – гетероморфна.

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 нітрогенвмістних 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.

В якості прикладу водоростей, що мають рівень організації найпростіших, можна розглянути водорості відділів Euglenophyta, Bacillariophyta і Chlorophyta.

Евгленофітові водорості (Euglenophyta). Близько 1000 видів одноклітинних організмів монадної морфологічної структури. Серед них є фотоавтотрофні, а також первинно та вторинно гетеротрофні. За типом живлення

вони автотрофи, гетеротрофи, міксотрофи. Наприклад, евглена зелена (рис. 6.1) на світлі може харчуватися за рахунок процесу фотосинтезу. У темряві і при великій кількості органічної їжі евглена харчується гетеротрофно, поглинаючи органіку. Види часто переходять до пальмелоїдного стану, утворюючи слизові скупчення. Зустрічаються переважно у прісних водоймах.



1 – ядро; 2 – хлоропласти; 3 – вічко; 4 – скоротлива вакуоля; 5 – включення поживних речовин; 6 – джгутик

Рисунок 6.1 – Евглена зелена (*Euglena viridis*)

За формою тіла найбільш поширеними є веретеноподібна, стрічкоподібна, дископодібна, інші зустрічаються рідше. Пігменти клітини – хлорофіли а і b, каротиноїди – β -каротин, віолаксантин, антераксантин, лютеїн. Фотоавтотрофні представники зеленого кольору, гетеротрофні – безбарвні. Піреноїд напівзанурений, вільний, виступає за межі поверхні хлоропласта. Запасна речовина клітини – парамілон, що концентрується у цитоплазмі, а також олія. У видів, що не мають піреноїда, скупчення парамілону розкидані по всій цитоплазмі клітини.

Клітинним покривом у евгленових є пелікула білкової природи, на якій звичайно є штрихи, що виконують захисну і опорну функцію. Вона складається з розташованих під плазмалею вузьких протейнових смужок, що утворюють спіральну обгортку клітини. Ряд представників мають будиночки, в яких вільно розташовуються клітини. Будиночки з пектину, просочені солями мангану, феруму та ін., мають отвір, через який виступають джгутики, а при поділі через отвір виходить одна з дочірніх клітин. Джгутиків у евгленових 1–2, рідше кілька або немає зовсім. За довжиною джгутики можуть бути різні, або однакові, або взагалі може бути тільки один джгутик, другий – редукований. Вони субапикальні, виходять з дна глотки, яка має форму трубочки і розширюється на задньому кінці в резервуар, в який переливається вміст скоротливих вакуолей.

Діатомові водорості (Bacillariophyta). Більше 20 тис. видів. Представлені таломами кокоїдної морфологічної структури і можуть бути одноклітинними і колоніальними.

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.

Розрізняють два головних типа стулок: актиноморфні, через які можна провести три і більше плоскостей симетрії і зигоморфні, продовгуваті з бісиметричною структурою, через які можна провести не більше двох плоскостей симетрії.

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.

Форма панцира діатомових водоростей різноманітна: у вигляді шару, диска, циліндра тощо. Протопласт клітини під панциром вкритий плазмалею. Вакуоль одна, або кілька. Хлоропласти різної форми і положенню в клітині.

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 -каротини, ксантофіли (переважає фукоксантин, у менших кількостях представлені діатоксантин, діадіноксантин та неоксантин). Пігментна система діатомових водоростей забезпечує фотосинтез на глибині до 50 м 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.

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.

Зелені водорості (Chlorophyta). Більш ніж 20000 видів. Зелені водорості автотрофи, поширені в прісних водоймах, в морях та океанах, в наземних біотопах, на снігу та льоду.

Серед зелених водоростей є індивіди одноклітинні, неклітинні, багатоклітинні, колоніальні (ценобіальні – особлива форма колоній водоростей, в якій об'єднуються клітини тільки однієї генерації; ріст ценобія відбувається за рахунок збільшення розмірів клітин, а не їх кількості). Зустрічаються всі типи структури вегетативного тіла крім амебоїдного.

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 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, антераксантин). 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.

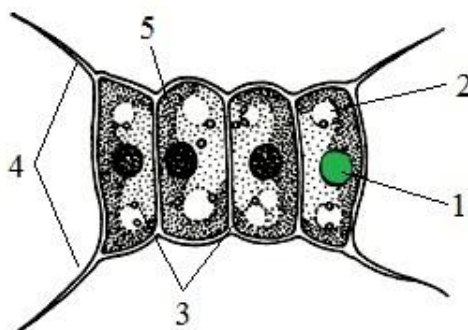
Основний продукт асиміляції – крохмаль, який завжди відкладається в хлоропласті часто – навколо піреноїду. Крім крохмалю можуть накопичуватися олія, лейкози, а у сифонофіцієвих водоростей основним асимілятом може бути полісахарид інουλін.

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 і будовою.

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.

Характерним прикладом даного відділу є водорості роду *Scenedesmus* (рис. 6.2). Ценобії у представників цього роду мають вигляд платівок з 4 або 8, рідше 2 або 16 видовжених клітин, з'єднаних боками паралельно одна до одної. Ценобії інколи вкриті слизом. Клітини у ценобії розміщуються в один чи два ряди, або розташовуються альтернативно – по черзі вище і нижче від певного середнього рівня. Оболонка клітин має різноманітні вирости у вигляді ребер, шипів, шипиків, щетинок, бородавок, довгих рогів (полегшують рух в товщі води).



1 – піреноїд; 2 – вакуоля; 3 – включення поживних речовин; 4 – вирости клітинної стінки бічних клітин ценобію; 5 – хлоропласт

Рисунок 6.2 – Сценедесмус (*Scenedesmus quadricauda*)

6.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, пробирки води з р. Стрижень.

Завдання 1. Розгляньте пробирки води під мікроскопом. Знайдіть мікрowodорості. Зразковий перелік водоростей, які можуть бути виявлені в пробі води, показано на рис. 6.3. Перелічіть відділи, до яких належать наведені водорості, вказавши в дужках після кожного з них число видів, що до них належать.



1 – *Acutodesmus acuminatus*; 2 – *Scenedesmus arcuatus*; 3 – *Coelastrum microporum*; 4 – *Cosmarium laeve*; 5 – *Navicula cryptocephala*; 6 – *Pediastrum duplex*; 7 – *Pediastrum simplex*; 8 – *Ankistrodesmus falcatus*; 9 – *Spirogyra nitida*; 10 – *Phacus longicauda*
Рисунок 6.3 – Водорості з різних систематичних груп

Завдання 2. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть водорості евглени та сценедесмус. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 6.4. Перерахуйте структури клітин цих водоростей, які видно на мікропрепараті. Зробіть висновок про способи пересування і харчування цих водоростей.

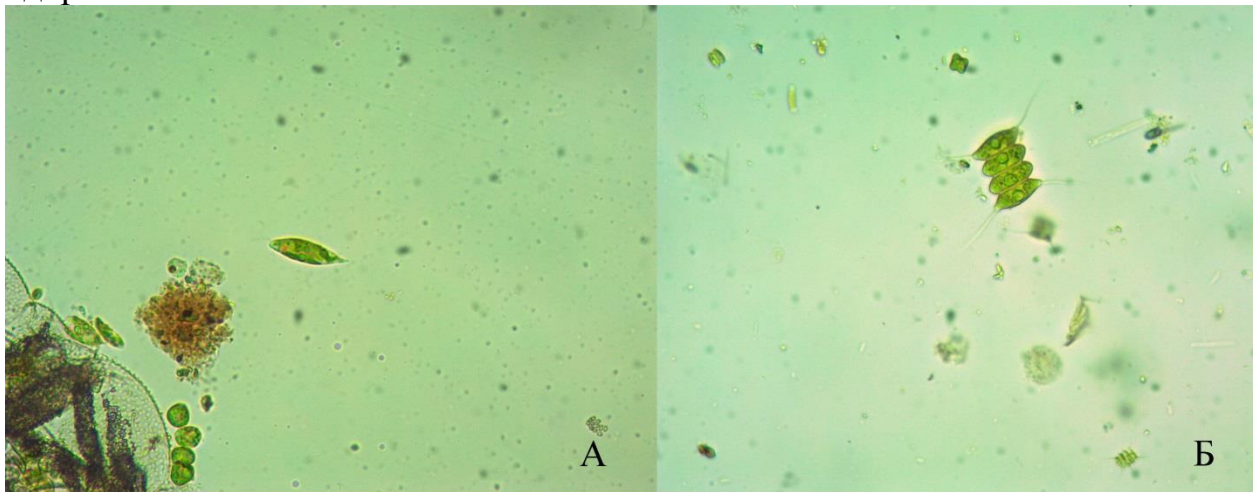


Рисунок 6.4 – Водорості: А – Евглена зелена (*Euglena viridis*); Б – Сценедесмус (*Scenedesmus quadricauda*)

Завдання 3. Заповніть таблицю, порівнявши будову різних водоростей.

Таблиця 6.1 – Характерні ознаки будови водоростей

Признак	Euglenophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta
Морфологічні структури тіла			
Пігменти клітини			
Запасні речовини			

Завдання 4. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть два види водоростей з роду Клостерій (*Closterium*). Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 6.5. Прочитайте короткий опис представників даного роду (представлено нижче). Спираючись на нього, визначте структури, які видно на мікропрепаратах (позначені цифрами на рис. 6.5), проаналізуйте ознаки, за якими представлені види відрізняються один від одного.

Closterium: Клітини веретеноподібні, прямі або вигнуті. Оболонка целюлозна, пронизана мілкими порами. На кінцях клітини є великі, складно побудовані пори, через які виділяється слиз. Відштовхуючись слизом від субстрату, клостеріум здатний пересуватись. Перетяжка в плоскості симетрії відсутня. Кожна половина клітини має по одному великому центральному хлоропласту, що має форму конуса від якого відходять радіально декілька пластинок. 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 клостерій в планктоні водойм, у торфових болотах, іноді – на вологих скелях та мохах.



Рисунок 6.5 – Два види з роду *Closterium*

Завдання 5. Розгляньте рис. 6.6. Вкажіть, які види водоростей зображені на ньому.

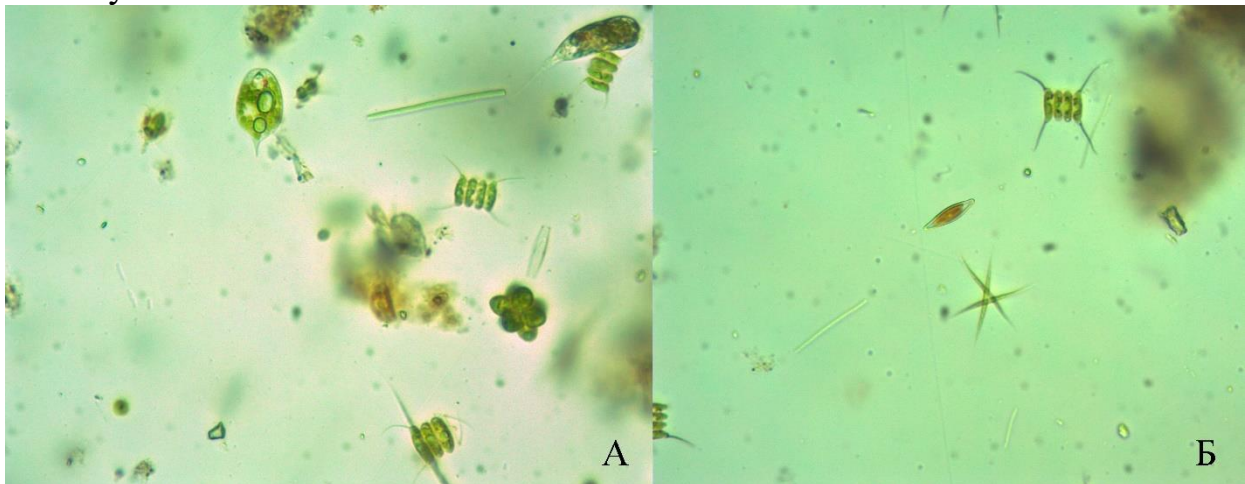


Рисунок 6.6 – Комплекс водоростей

6.4 Висновок

Контрольні питання

1. Якими особливостями будови характеризуються водорості, що мають рівень організації найпростіших організмів.
2. Назвіть особливості життєдіяльності водоростей, що відрізняють їх від гетеротрофних найпростіших.
3. Назвіть представників різних груп водоростей, що мають рівень організації найпростіших організмів.
4. Наведіть приклад відмінностей будови водоростей, що відносяться до одного роду.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Встановлення анатомо-морфологічних особливостей лишайників як індикаторів екологічного стану навколишнього середовища

7.1 Мета: Встановити анатомо-морфологічні особливості лишайників, які дозволяють використовувати їх в біоіндикації.

7.2. Короткі теоретичні відомості

Лишайник – комплексний організм, до складу якого входить два компоненти: водорість – автотрофний фікобіонт і гриб – гетеротрофний мікобіонт. Подвійну природу лишайників у 60-х роках XIX ст. відкрив німецький ботанік С. Швенденер.

Лишайники на цей час не вивчені повністю. Сучасний етап розвитку таксономії лишайників пов'язаний з широким застосуванням молекулярної філогенії. Однак складність у таксономії лишайників зумовлена тим, що вони включені до системи грибів лише в останні 35 років і їх класифікаційна система зазнає суттєвих змін кожні 5 – 10 років.

Зараз описано більш 26 тис. видів лишайників. Поширені по всій Земній кулі: від аридних пустель до Арктики (на голому ґрунті, стовбурах дерев, скалах, заборах, альпійських піках).

Грибний компонент лишайників – в 98% випадках представлений грибами відділу Ascomycota. У вільноживучому стані мікобіанти в природі не зустрічаються, а в культурі ростуть дуже повільно й не утворюють плодових тіл.

Водоростевий компонент – найчастіше представлений зеленими водоростями (можуть бути також ціанобактерії). Більшість цих водоростей існують у вільноживучому стані, однак деякі зустрічаються лише в лишайниках, у вільному стані поки що не виявлені. Водорості в слані лишайника дуже змінюють свій зовнішній вигляд. Особливо це стосується нитчастих водоростей, які в лишайнику розпадаються до окремих клітин і змінюються до невпізнання. У лишайнику водорості стають стійкішими до високих температур, можуть витримувати тривале висушування. У разі культивування їх на штучних середовищах (окремо від грибів) набувають вигляду, характерного для вільноживучих форм.

Партнерство в лишайниках - скоріш за все контрольований паразитизм гриба на автотрофі, ніж симбіоз. Гриб і водорість вступають у тісні, довготривалі відносини і формують особливі морфологічні форми та шляхи метаболізму. Гриб є облігатним паразитом. Він формує особливі гіфи – гаусторії, які проникають у клітини водоростей і слугують для обміну речовинами. Гриб поступово може з'їдати вміст водорості, залишаючи при цьому резерв, оскільки знищення всієї водорості призведе до його загибелі. У свою чергу водорість отримує від гриба воду та мінеральні речовини.

Живлення змішане – автотрофно-гетеротрофне. Живлення лишайників здійснюється за рахунок процесів фотосинтезу в клітинах водоростей. Синтезовані при цьому органічні речовини використовуються грибом.

Поглинання води та мінеральних солей забезпечує грибний компонент (мікобіонт) слані лишайника.

Активність процесів фотосинтезу, дихання, поглинання води та мінеральних солей залежить від освітленості, температури, вологості. Інтенсивність фотосинтезу у лишайників за оптимальних умов значно нижча, ніж у автотрофних рослин. Проте органічних речовин утворюється достатньо, щоб забезпечити нормальну життєдіяльність лишайників.

Лишайники невибагливі до умов середовища і характеризуються високою стійкістю проти впливу несприятливих факторів. Вони можуть рости в найрізноманітніших умовах освітлення й вологості, легко витримують тривалу нестачу води, різкі коливання температури, однак по різному реагують на забруднення повітря.

Забарвлення лишайників від білого до чорного через різні відтінки червоного, оранжевого, коричневого, жовтого і зеленого. Колір слані зумовлений наявністю пігментів в оболонках гіфів.

Традиційно лишайники поділяють на три основні морфо типи: накипні, листуваті й кущисті.

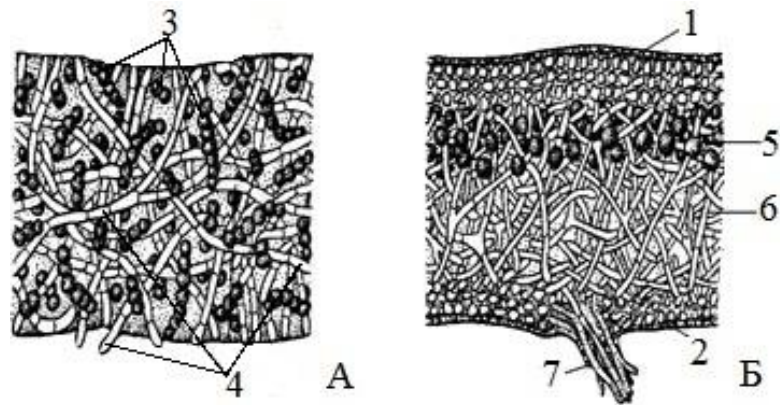
– накипні або коркові мають таломи у вигляді порошистих, зернистих, гладеньких нальотів або кірочок, які щільно зростаються із субстратом. Товщина кірочок різна – від ледве помітного накипу або порошкоподібного нальоту до 0,5 см, діаметр – від кількох міліметрів до 20 – 30 см. Накипні лишайники ростуть на поверхні ґрунтів, гірських порід, на корі дерев і кущів, оголеній деревині, що гниє. До цієї групи лишайників входить найбільше видів (близько 80 %), що трапляються в різних умовах;

– листуваті мають вигляд дорзовентральної пластинки, що приростає до субстрату тільки серединою. Приростання відбувається за допомогою ризин. Пластинки, як правило, округлі, 10–20 см у діаметрі.

Характерною особливістю листуватих лишайників є неоднакові забарвлення й будова верхньої і нижньої поверхонь слані. У більшості з них на нижній частині слані утворюються органи прикріплення до субстрату – ризин, що складаються із зібраних у пучки гіфів. Вони ростуть на поверхні ґрунту, серед мохів. Листуваті лишайники порівняно з накипними є більш високоорганізованими формами.

– кущисті – мають вигляд галузистих кущиків або стрічок, які зростаються із субстратом лише основою. За рівнем організації кущисті лишайники є найвищим етапом розвитку слані. Їхня слань буває різних розмірів: від кількох міліметрів до 30 – 50 см. Бородаті лишайники можуть досягати 7–8 м. Є проміжні і перехідні форми. Кущисті, лишайники часто використовують для біоіндикації і як індикатори дії, і як індикатори накопичення.

Слань лишайника складається з переплетених ниток – гіфів і розміщених між ними клітин водоростей. Розрізняють два основних типи мікроскопічної структури слані лишайників: гомеомерний і гетеромерний (рис 7.1).



1 – верхній коровий шар; 2 – нижній коровий шар; 3 – водорості; 4 – гіфи гриба; 5 – водоростевий шар; 6 – серцевина; 7 – ризини

Рисунок 7.1 – Будова слані лишайників: А: гомеомерний тип; Б – гетеромерний тип

– гомеомерний – більш примітивний тип, в якому клітини фікобіонта розташовані рівномірно в товщі слані і гіфи гриба проходять між ними. В сухому стані вони мають вигляд чорних ламких кірочок або зморшкуватих подушечок, які при зволоженні набрякають. Ці лишайники утворюють групу, відому під назвою слизистих лишайників, оскільки водорості виділяють слиз, в який вкраплені клітини гриба і водорості. Такий тип зустрічається тільки приблизно у 3% лишайників.

– гетеромерний тип, на поперечному зрізі якого відрізняються кілька шарів, зверху слань вкрита верхньою корою, утвореною щільно сплетеними гіфами гриба (плектенхіма), наступний шар – скупчення клітин фікобіонта (гонідіальний), далі – серцевина, яка складається із пухко сплєтених гіфів гриба, між ними є великі пустоти, заповнені повітрям. Зісподу слань вкрита нижньою корою, яка подібна до верхньої. Із серцевини в нижню кору проходять грибні гіфи – ризини, за допомогою яких лишайник прикріплюється до субстрату.

Слань лишайників може бути первинною чи утворювати вторинну слань – подеції.

Подеції – вертикальні порожнисті вирости слані різної форми: кубкоподібні (сцифи), шилоподібні, у вигляді розгалужених кущиків, пальцевидні.

Лишайники, як цілісний організм, розмножуються лише вегетативно. Вегетативне розмноження здійснюється частинами слані, соредіями та ізидіями (рис 7.2).

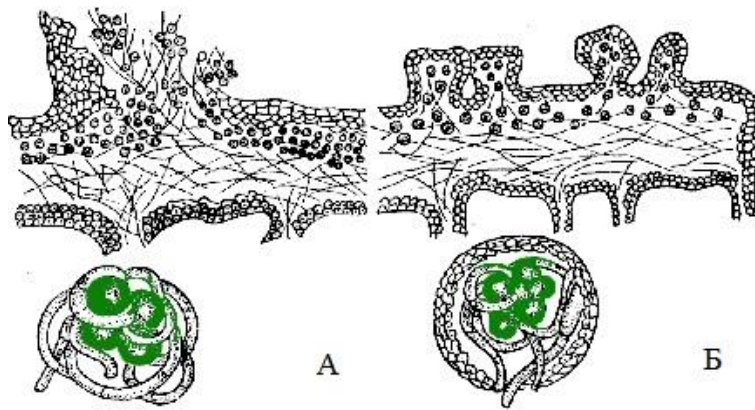


Рисунок 7.2 – Вегетативне розмноження: А – соредії; Б – ізидії

Соредії – дрібні утворення, що складаються з однієї або кількох клітин водорості, оточених гіфами грибів. Соредії утворюються всередині слані в гонідіальному (водоростевому) шарі листуватих та куцистих лишайників. Сформовані соредії виштовхуються із слані назовні, підхоплюються й розносяться вітром. За сприятливих умов вони проростають у нових місцях і утворюють нові лишайники. Соредіями розмножується близько 30 % лишайників.

Ізидії – зовнішні вирости слані лишайника, які складаються з фікобіонта і мікобіонта, але вкриті корою. Мають вигляд зернин – циліндричних або коралоподібних виростів чи маленьких листочків. На відміну від соредій, ізидії не висипаються на поверхню слані, а разом з його шматочками відламуються тваринами чи людиною і за сприятливих умов розростаються в лишайник. Розмноження ізидіями трапляється у 15 % лишайників.

Статевий процес характерний тільки для мікобіонта. Для утворення спор на лишайнику утворюються плодові тіла грибів – апотеції і перітеції.

Апотеції – один з основних типів плодового тіла грибів, що характеризуються відкритим розташуванням гіменіального шару. Часто має вигляд маленького блюдця з диском в центрі, оточеним виступаючим краєм.

Перітеції – закриті плодові тіла, завжди мають зверху вузький вивідний отвір. Зовні перітеції оточені щільною і зазвичай твердою оболонкою.

Безстатеве розмноження мікобіонту пов'язане із пікнокондіями, де формуються пікноспори, різноманітні за формою і розмірами.

Водорості в таломі лишайника розмножуються вегетативним і безстатевим способами. У першому випадку клітини водорості зазвичай діляться на 2, 4, 8, 16 клітин, а після утворення дочірніх клітин вони розподіляються спеціалізованими гіфами гриба. Безстатеве розмноження зводиться до утворення автоспор. Ціанобактерії розмножуються в таломі простим поділом.

Характерна біологічна особливість лишайників – утворення лишайникових кислот, які відкладаються на поверхні гіфів у вигляді кристалів, паличок, зерняток тощо. Ними зумовлений колір лишайників. Відомо до 150 лишайникових кислот. Біологічне значення їх ще не вивчене. Деякі з них мають антибіотичні або токсичні властивості і, очевидно, виконують захисну функцію.

Лишайники чутливі до забруднення середовища внаслідок таких особливостей:

1) у лишайників відсутня непроникна кутикула, завдяки цьому обмін газів відбувається вільно через усю поверхню;

2) більшість токсичних газів концентрується в дощовій воді, а лишайники вбирають воду всією сланню на відміну від рослин, які поглинають воду переважно коренями;

3) більшість рослин активна лише влітку, коли рівень забруднення сірчистим газом набагато нижчий (унаслідок зменшення спалювання вугілля в топках – основного джерела сірчистого газу), тоді як лишайники мають здатність до росту і за температур нижче ніж 0°C.

Численні дослідження в районах промислових об'єктів, на заводських і прилеглих до них територіях засвідчують пряму залежність між забрудненнями атмосфери і скороченнями кількості певних видів лишайників. Особлива чутливість лишайників пояснюється тим, що вони не можуть виділяти в середовище поглинені токсичні речовини, які спричиняють фізіологічні порушення і морфологічні зміни. Особливо шкідливі для лишайників SO₂, CO, NO, сполуки флуору. Лишайники нагромаджують радіоактивні елементи – уран, радій, торій. Процедура визначення якості повітря за допомогою лишайників має назву лихеноіндикація.

7.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, зразки лишайників.

Завдання 1. Розгляньте зразки лишайників. Приклади лишайників наведено на рис. 7.3. Визначте до якого типу лишайників відносяться отримані зразки. Свою відповідь обґрунтуйте.



Рисунок 7.3 – Комплекс лишайників на корі дерев

Завдання 2. Розгляньте зразки лишайників з роду Кладонія. Приклад лишайників, які можуть бути видані для виконання завдання, показано на рис. 7.4. Знайдіть порожнисті структури різної форми. Вкажіть як називаються ці структури та яка їхня будова.



Рисунок 7.4 – Лишайники з роду кладонія: А – *Cladonia fimbriata*; Б – *Cladonia coniocraea*

Завдання 3. Приготуйте тимчасові мікропрепарат для вивчення внутрішньої будови ксанторії настінної. Розгляньте його під мікроскопом. Загальний вигляд лишайника та зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рис. 7.5. Охарактеризуйте будову цього лишайника.

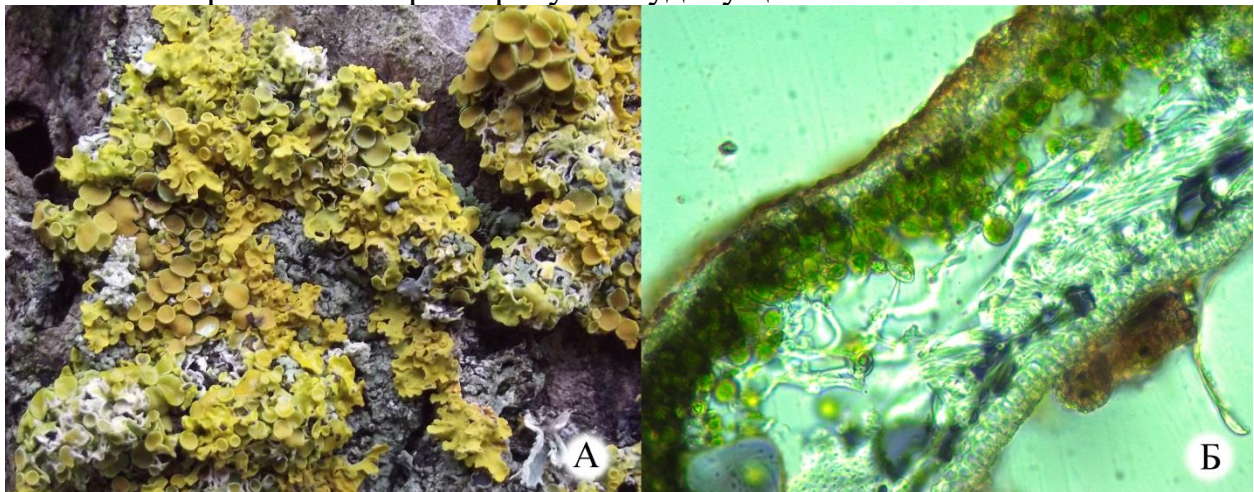


Рисунок 7.5 – Ксанторія настінна (*Xanthoria parietina*): А – Загальний вигляд; Б – Поперечний зріз слані

Завдання 4. Розгляньте лишайник фісцію зірчасту. Розкрийте численні блюдцеподібні структури та розгляньте спори гриба під мікроскопом. Загальний вигляд лишайника та зразковий вид одержаного мікропрепарату спор показаний на рис. 7.6. Визначте, що це за структури і яке значення вони мають для лишайника. Наведіть максимально розгорнуту відповідь.

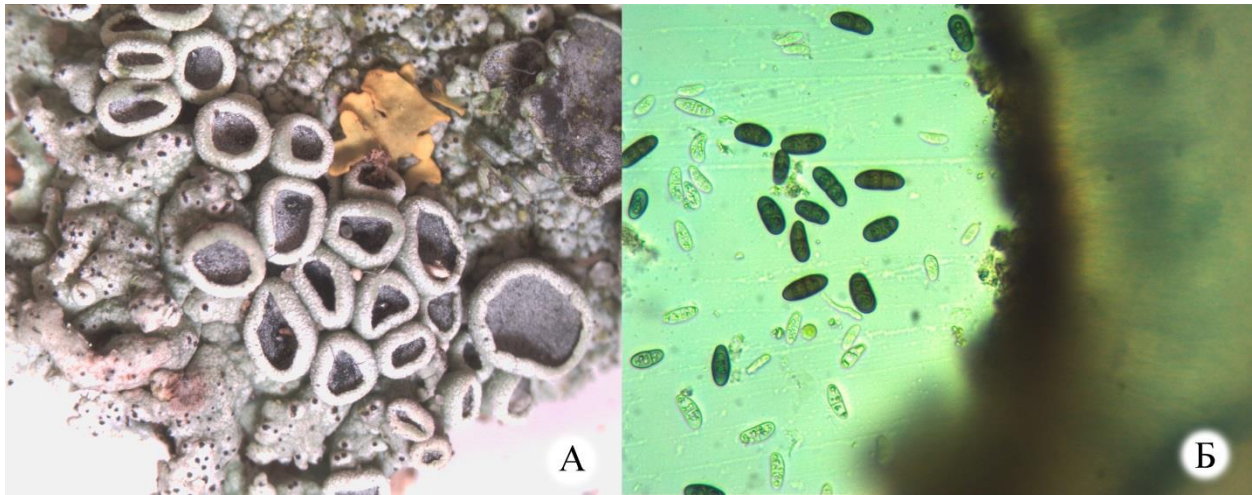


Рисунок 7.6 – Фісція зірчаста (*Physcia stellaris*): А – Загальний вигляд; Б – Спори

Завдання 5. Розгляньте зразки епіфітних лишайників. Їхні приклади, які можуть бути видані для виконання завдання, показано на рис. 7.7. Вкажіть характерні для них особливості організації.



Рисунок 7.7 – Епіфітні лишайники: А – Евернія сливова (*Evernia prunastri*); Б – Рамаліна борошниста (*Ramalina farinacea*)

Завдання 6. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат із мікроскопічних структур, що знаходяться на поверхні лишайника *Cladonia coniocraea*. Вони не зв'язані з таломом та легко відокремлюються від лишайника внаслідок будь-якого зовнішнього впливу. Розгляньте мікропрепарат під мікроскопом. Загальний вигляд частини лишайника та зразковий вид одержаного мікропрепарату спор показаний на рис. 7.8. Поясніть, що це за структури і яку функцію вони виконують.

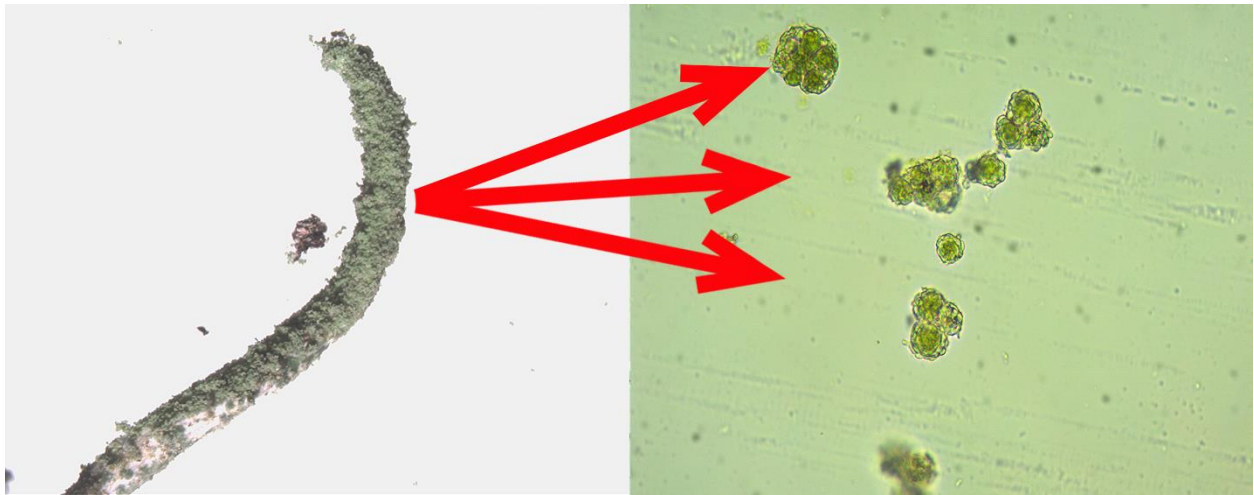


Рисунок 7.8 – Структури, виявлені на поверхні слані *Cladonia coniocraea*

Завдання 7. Заповніть таблицю 7.1. Зазначте, які особливості лишайників вказують на симбіотичні, а які на паразитичні взаємовідносини грибів і водоростей в лишайниках (в стовпцях 2 і 3 вкажіть знаки «+» або «-»).

Таблиця 7.1 – Взаємовідносини грибів і водоростей у складі лишайників

Особливість будови і життєдіяльності лишайників	Симбіотичні взаємовідносини	Паразитичні взаємовідносини

7.4 Висновок

Контрольні питання

1. Які анатомічні особливості будови талому лишайників?
2. Які способи розмноження характерні для лишайників?
3. Які існують взаємовідносини між компонентами лишайника?
4. Чому лишайники швидко зникають в забруднених районах?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ботаніка : навч. посіб. / М. В. Швиденко, Т. О. Ястреб. Харків : О. В. Бровін, 2018. 167 с.
2. Загальна цитологія та гістологія. Частина 2: Гістологія : навчальний посібник / Держинський М. Е. та ін. ; за ред. М. Е. Держинського. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. 223 с.
3. Леонт'єв Д. В. Система органічного світу. Історія та сучасність. Харків : Вид. група «Основа», 2018. 112 с.
4. Маруненко І. М. Неведомська Є. О., Волковська Г. І. Анатомія, фізіологія, еволюція нервової системи : навчальний посібник. Київ : «Центр учбової літератури», 2013. 184 с.
5. Неведомська Є. О., Маруненко І. М., Омері І. Д. Ботаніка : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 218 с.
6. Новак В. П., Мельниченко А. П. Цитологія, гістологія, ембріологія : навч. посіб. Біла Церква : Білоцерківський державний аграрний університет, 2005. 255 с.
7. Панюта О. О., Ольхович О. П. Анатомія рослин. К. : Либідь, 2007. 304 с.
8. Продромус спорових рослин України: лишайники : монографія / Кондратюк С. Я. та ін. ; за ред. чл.-кор. НАН України П. М. Царенка. Київ : Наукова думка, 2021. 726 с.
9. Швиденко М. В., Ястреб Т. О. Ботаніка : навч. посіб. Харків : Бровін О. В., 2018. 167 с.
10. Schierwater B., DeSalle R. Invertebrate Zoology: A Tree of Life Approach. 1st Edition. Boca Raton : CRC Press, 2021. 628 p.

Допоміжна

1. Бойко М. Ф. Ботаніка. Систематика несудинних рослин. Київ : Ліра-К, 2016. 250 с.
2. Водорості та лишайники : методичні рекомендації до лабораторних занять для студентів I курсу біологічного факультету / Коцун Л. О. та ін. Луцьк, 2013. 68 с.
3. Зоологія безхребетних : у 3. кн.: підруч. для студ. біол. спец. ун-тів. Кн. 1. / Щербак Г. Й. та ін. Київ : Либідь, 1995. 320 с.
4. Миколайчук В. Г. Ботаніка. Ч. 1. Миколаїв : МНАУ, 2016. 57 с.
5. Перфільєва Л. П., Перфільєва М. В. Ботаніка. Лабораторні роботи. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 208 с.
6. Фізіологія сенсорних систем : методичні рекомендації / Іонов І. А., Комісова Т. Є., Слюсарев В. Ф., Шаповалов С. О. Харків : ЧП Петров В. В., 2016. 45 с.
7. Худий О. І., Васіна Л. М. Гістологія : навч.-метод. посіб. Чернівці : Рута, 2019. 119 с.
8. Crang R., Lyons-Sobaski S., Wise R. Plant Anatomy: A Concept-Based Approach to the Structure of Seed Plants. 1st ed. Springer, 2018. 741 p.