

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

## **ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ**

Частина II

### **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

Загальна екологія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 101 – Екологія. Частина II / Укл.: Буяльська Н.П. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 70 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»

<b>Зміст</b>	<b>Стор.</b>
<b>Вступ</b> .....	4
<b>Лабораторна робота № 1.</b> Дослідження трофічних зв'язків в екосистемі.....	5
<b>Лабораторна робота № 2.</b> Вивчення ролі продуцентів в екосистемах....	10
<b>Лабораторна робота № 3.</b> Визначення біомаси і продуктивності лісової екосистеми.....	14
<b>Лабораторна робота № 4.</b> Дослідження участі рослин у кругообігу води в біосфері.....	23
<b>Лабораторна робота № 5.</b> Вивчення середовищеутворюючої ролі живих організмів в біосфері (на прикладі сфагнових мохів).....	27
<b>Лабораторна робота № 6.</b> Виявлення інвазійних видів як факторів загроз для біологічного різноманіття.....	37
<b>Лабораторна робота № 7.</b> Визначення анатомо-морфологічних пристосувань гідробіонтів до життя у водному середовищі.....	42
<b>Лабораторна робота № 8.</b> Вивчення комплексу видів тварин, включених до Червоної книги України.....	52
<b>Лабораторна робота № 9.</b> Визначення анатомо-морфологічних і фізіологічних пристосувань організмів до життя в наземно-повітряному середовищі.....	57
<b>Лабораторна робота № 10.</b> Визначення анатомо-морфологічних пристосувань організмів до життя в ґрунті.....	63
<b>Рекомендована література</b> .....	69

## Вступ

Друга частина методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Загальна екологія» включає 10 лабораторних робіт, присвячених розгляду адаптацій живих організмів до різних середовищ життя в біосфері, основних процесів, що забезпечують функціонування екосистем, а також інвазійних або включених до Червоної книги видів.

Завдяки лабораторним роботам, що включені до методичних вказівок, здобувачі вищої освіти опановують вміння аналізувати трофічні зв'язки в екосистемах, визначати роль рослин як продуцентів, утворювачів середовища та ланок кругообігу води в біосфері, встановлювати продуктивність екосистем, виявляти пристосування живих організмів до проживання в наземно-повітряному, водному та ґрунтовому середовищах, ідентифікувати інвазійні та охоронювані види тварин та рослин з використанням сучасних інформаційних ресурсів.

Лабораторні роботи передбачають використання здобувачами дослідницького підходу, що дає можливість підготуватися до вирішення не лише стандартних завдань, а й одержання об'єктивних результатів у нових ситуаціях, з якими стикаються екологи під час виконання професійних обов'язків. Вони повною мірою доповнюють теоретичні знання, здобуття яких передбачено лекційними заняттями.

Завдання лабораторних робіт складені з урахуванням регіонального аспекту та включають розгляд видів, що мешкають у Чернігівській області. Насамперед до них належать види, які включені до Червоної книги України.

Лабораторні роботи супроводжуються оригінальними ілюстраціями, на яких насамперед відображено приблизний набір біологічних об'єктів, з якими здобувачі працюватимуть при виконанні завдань, а також зразковий вид тимчасових мікропрепаратів під мікроскопом, які мають бути приготовлені згідно з завданнями. Наявність таких ілюстрацій дозволяє підвищити ефективність підготовки до лабораторних робіт та якість їх виконання.

Комплексний підхід до набору тем лабораторних робіт, застосування компетенцій, отриманих раніше при вивченні дисципліни «Біологія», широкий спектр завдань дозволяють достатньою мірою охопити предмет досліджень, яким характеризується загальна екологія.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

## Дослідження трофічних зв'язків в екосистемі

**1.1 Мета роботи:** встановити закономірності функціонування трофічних ланцюгів в екосистемах.

### 1.2 Короткі теоретичні відомості

Взаємозв'язки між організмами в біосфері виникають насамперед на основі потреб споживання і засобів добування енергії, необхідної для життєвих процесів. Перенесення енергії від її продуцента – зелених рослин – через ряд організмів (шляхом поїдання одних особин іншими) називається ланцюгом живлення.

Кожна з ланок ланцюга живлення може використовувати лише 5–15 % енергії харчів для побудови речовини свого тіла. Внаслідок неминучої втрати енергії кількість утвореної органічної речовини в кожній наступній ланці зменшується. Таким чином, кожен ланцюг споживання містить, як правило, не більше 4–5 ланок, тому що внаслідок втрати енергії загальна біомаса кожної наступної ланки приблизно в 10 разів менша за попередню. Ця закономірність називається правилом екологічної піраміди (або правилом 10 % – перехід енергії з одного трофічного рівня на інший складає всього близько 10 % від енергії, що споживається з їжею).

У пасовищному трофічному ланцюзі (ланцюг виїдання) основу становлять автотрофні організми, потім ідуть споживачі їх рослиноїдні тварини (наприклад, зоопланктон, що харчується фітопланктоном), потім хижаки (консументи) 1-го порядку (наприклад, риби, споживачі зоопланктон), хижаки 2-го порядку (наприклад, щука, що харчується іншими рибами). Особливо довгі трофічні ланцюги в океані, де багато видів (наприклад, тунці займають місце консументів 4-го порядку).

У детритних трофічних ланцюгах (ланцюги розкладання), найпоширеніших у лісах, більша частина продукції рослин не споживається безпосередньо рослиноїдними тваринами, а відмирає, піддаючись потім розкладанню сапротрофними організмами і мінералізації. Таким чином, детритні трофічні ланцюги починаються від органічних останків, ідуть до організмів, які ними харчуються, а потім до їх споживачів – хижаків. У водних екосистемах (особливо у евтрофних водоймах і на великих глибинах океану) частина продукції рослин і тварин також надходить у детритні трофічні ланцюги. Наземні детритні ланцюги харчування більш енергоємні, оскільки більша частина органічної маси, створеної автотрофними організмами, залишається незатребуваною і відмирає, формуючи детрит. У масштабах планети, на частку ланцюгів виїдання доводиться близько 10 % енергії та речовин, що запасені автотрофами, 90 % включається в круговорот за допомогою ланцюгів розкладання.

Речовинно-енергетичні відносини груп організмів угруповання, де всі живі істоти є об'єктами живлення інших, тісно пов'язані між собою. Найчастіше кожен організм може житися не одним, а кількома видами, і сам споживається

в їжу декількома іншими видами. Внаслідок того, що різні трофічні ланцюги часто переплітаються один з одним, формується трофічна сітка. Щоб встановити існування трофічних сіток використовують аналіз вмісту шлунків. Існування трофічної сітки забезпечує стійкість екосистеми: якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, легко замінюються кормові об'єкти і сумарна продуктивність екосистеми залишається сталою.

Організми, будучи елементами харчових ланцюгів, відносяться до різних екологічних груп (зоофаги, монофаги тощо).

Харчовий режим – це природа харчового матеріалу, що є джерелом енергії для того чи іншого виду тварин.

Типи харчових режимів:

1) зоофагія – це використання тваринами в їжу інших тварин та продуктів їхньої життєдіяльності:

2) фітофагія – це використання в їжу рослинних організмів та їхніх похідних (плоди, насіння, пилок). Їхня харчова спеціалізація базується на здатності реагувати на певні хімічні компоненти рослин (наприклад, репеленти – відштовхують (відлякують), атрактанти – приваблюють).

3) детритофагія – це харчування рослинами, які розкладаються та продуктами їх розкладу. Детритофаги приймають активну участь у розкладанні лісової підстилки, обміні речовин між ґрунтом і рослинністю.

Харчова спеціалізація – це різноманітність харчових матеріалів (від широкого до обмеженого), що використовує даний вид.

1. Види-гетеротрофи розділяють на три екологічні групи залежно від обмеженості доступу до їжі:

1) поліфаги – це організми, які використовують в якості їжі різноманітні групи тварин і рослин (наприклад, таргани, бурі ведмеді, деякі паразити). Лімітуючим чинником для них є якість їжі.

2) олігофаги. Спектр харчових об'єктів таких організмів обмежений порівняно вузькими рамками, лише певними родами чи родинами організмів.

3) монофаги. Об'єкти їхнього харчування належать до одного виду або декількох близьких видів одного роду рослин, тварин тощо. Лімітуючим чинником для організмів цієї групи є кількість їжі.

### **1.3 Експериментальна частина**

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, зразки вмісту кишечника жуків-горбаток фауни України.

**Завдання 1.** Приготуйте тимчасовий мікропрепарат вмісту кишечника жуків-горбаток фауни України. Розгляньте його під мікроскопом. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 1.1. Визначте трофічну спеціалізацію проаналізованих видів жуків.

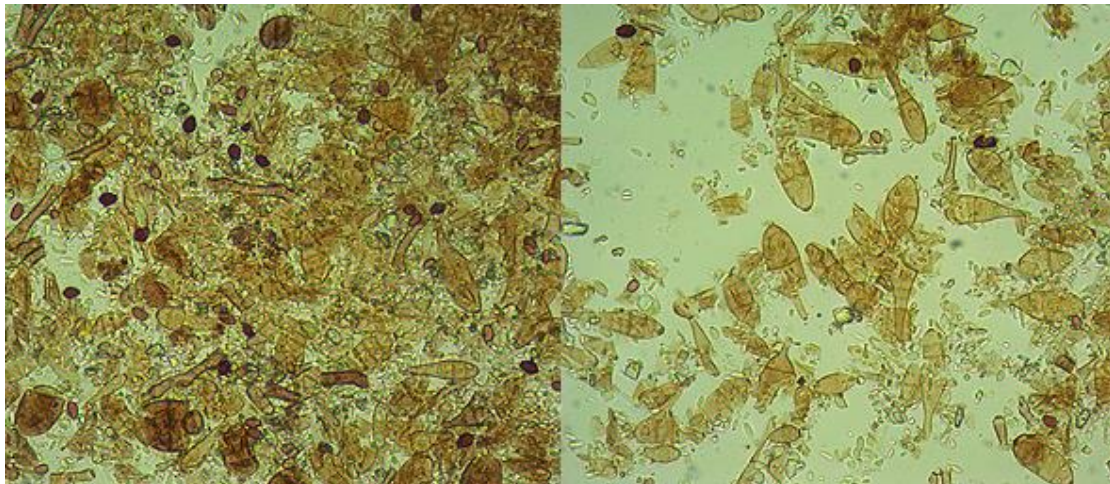


Рисунок 1.1 – Вміст кишечника жуків-горбаток фауни України

**Завдання 2.** З якою ефективністю (в %) використовує кукурудза електромагнітну енергію сонячного проміння за такими даними: 1 га кукурудзи одержав за 1 день 210 000 кДж чистої енергії і за добу у вигляді приросту сухої речовини накопичилось 4 830 кДж? Як використовувалась решта енергії?

**Завдання 3.** Користуючись табл. 1.1 визначте, яка площа (га) відповідного біоценозу може прогодувати одну особину останньої ділянки в ланцюзі живлення:

- а) рослини – заєць – лисиця – вовк (50 кг);
  - б) рослини – безхребетні – короп (3 кг).
- З указаної в дужках маси 60 % становить вода.

Таблиця 1.1 – Первинна біологічна продуктивність біоценозів (маса сухої речовини на 1 м<sup>2</sup> площі за рік)

Організм або продукція	Екосистема	Суха маса, г/м <sup>2</sup> *рік
Донна рослинність	Прісна водойма або море	1000
Рослинність наземна	Луки, степ	200
Рослинність наземна	Пустеля	40
Культура зернових, картопля	Поле	50–800
Культура цукрової тростини	Плантація	3000–5000
Опале листя	Діброва	400
Дерева	Листяні ліси помірних зон	2500–3000
Дерева	Хвойні ліси	1500–1600
Дерева	Тропічні ліси	5500–6500
Деревина (річний приріст дерев)	Листяні ліси помірних зон	1500
Деревина дерев	Листяні ліси тропічних зон	1300

**Завдання 4.** Протягом одного року 1 га кукурудзяного поля поглинає 76650000 кДж, з яких тільки 2,3 % акумулюється у вигляді приросту сухої речовини. Складіть ланцюг живлення і визначте, скільки га такого поля потрібно,

щоб прогодувати людину протягом року, якщо за добу людині необхідно приблизно 10000 кДж.

**Завдання 5.** Біомаса планктону на 1 м<sup>2</sup> становить 1 кг. За правилом екологічної піраміди визначте площу (у га) відповідної екосистеми, в якій зможе вирости і прогодуватися пара судаків 4 кг кожний у ланцюзі живлення: планктон – рослиноїдні риби – судак. Із вказаних значень маси планктону і риб 40% припадає на суху речовину.

**Завдання 6.** Побудуйте трофічні ланцюги з організмів, показаних на запропонованих зображеннях, зроблених у природних умовах Чернігівської області. Приклади зображень наведено рис. 1.2. Побудуйте гіпотетично можливу трофічну сітку, що включає елементи зображених харчових ланцюгів. Вкажіть екологічні групи зображених організмів (продуценти, консументи, редуценти). Для консументів вкажіть їх порядок: консументи I, консументи II тощо. Які екологічні особливості представлених на організмів необхідно знати для того, щоб встановити їх місце в реально існуючій трофічній сітці (свою відповідь обґрунтуйте).



Рисунок 1.2 – Трофічні зв'язки організмів

**Завдання 7.** Дорослий птах вагою 6 кг (60 % маси становить вода) харчується рибою серед якої хижа риба становить 30 %, мирна – 70 %. Хижа риба поїдає 80 % мирної риби і 20 % дрібної хижої риби, яка харчується дрібною мирною рибою. Мирна риба на 80% живиться рослинною їжею і на 20 % рослиноїдними безхребетними тваринами. Продуктивність рослинної їжі становить 1 г/м<sup>2</sup> площі водойми. Визначте площу водойми, необхідну для харчування сім'ї рибоїдних птахів, яка складається з двох птахів.

**Завдання 8.** 1 м<sup>2</sup> площі культурного біоценозу дає 800 г сухої біомаси за рік. Побудуйте ланцюг живлення і визначте, скільки га потрібно, щоб прогодувати людину масою 70 кг (з них 63% становить вода).

**Завдання 9.** Суто рослинний приріст біомаси на 1 м<sup>2</sup>/рік (у перерахунку на суху речовину) відрізняється у різних біогеоценозах. У пустелях становить 1 г, у напівпустелях – 50 г, у відкритому океані – 130 г, у тундрі – 140 г, у мішаних лісах помірного поясу – 1 200 г, у тропічному лісі – 2 200 г. Враховуючи екологічні фактори, які впливають на інтенсивність фотосинтезу, поясніть, чому продуктивність так значно змінюється у різних екосистемах?



**Завдання 10.** Біомаса сухого сіна з 1 м<sup>2</sup> луки становить 200 г, а вико-вівсяного поля – 500 г. Використавши правило екологічної піраміди, визначте, скільки га луки потрібно, щоб нагодувати протягом року одного школяра масою 52 кг (із них 63 % становить вода) при ланцюзі живлення трава – корова – людина. Скільки потрібно для цього га вико-вівсяного поля?

**Завдання 11.** Лісовий масив площею 1 100 га оброблений інсектицидом «А», що розпилюється з літака в формі суспензії та містить 10 % інсектициду «А». Витрата дусту склала 110 кг. На хвої і гілках залишається 40 % суспензії, на траві – 20 %. Лось вагою 500 кг з'їдає 50 кг корму в якому гілки і хвоя складають 80 %, трав'яниста рослинність – 20 %. Продуктивність гілкового корму становить 10 г/м<sup>2</sup>, трав'янистого – 100 г/м<sup>2</sup>. У тіло лося з корма переходить 50 % інсектициду «А», концентрація інсектициду «А» в тілі лося не повинна перевищувати 1 мг на кг ваги. Швидкість розпаду інсектициду становить 10 % в день. Визначте на скільки діб слід обмежити доступ лося в даний лісовий масив.

**1.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

#### *Контрольні питання*

1. Що таке трофічний ланцюг?
2. Поясніть поняття трофічна сітка.
3. Які групи організмів виділяють за типом харчових режимів?
4. Які групи організмів виділяють за типом харчової спеціалізації?
5. В чому полягає сутність правила 10 % ?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### Вивчення ролі продуцентів в екосистемах

**2.1 Мета:** Визначити вміст первинної органічної речовини в складі клітин рослин як основних продуцентів в наземних екосистемах.

#### 2.2 Короткі теоретичні відомості

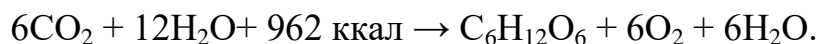
Продуценти – організми, які синтезують органічну речовину із неорганічних сполук. До них належать: автотрофи (рослини, водорості, деякі бактерії), які синтезують із неорганічних речовин органічні в процесі фотосинтезу; хемотрофні організми (мікроорганізми), які синтезують органічну речовину із неорганічної за рахунок енергії окислення аміаку, сірководню та інших речовин.

У суто хімічному плані автотрофне живлення полягає в утворенні великих молекул органічних сполук з окремих атомів хімічних елементів або простих молекул неорганічних сполук. Так, наприклад, зелені рослини в ході процесу живлення з ізольованих атомів вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  та іонів мінеральних речовин ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  та ін.) утворюють макромолекули органічних речовин. Таким чином, автотрофне живлення – це процес агрегування атомів у макромолекули, з яких складається жива речовина. Він вимагає обов'язкового притоку енергії. Без нього автотрофне живлення неможливе.

У живих організмів з автотрофним живленням у процесі еволюції виробилися два біохімічні механізми, які здатні забезпечувати їх енергією, – фотосинтез та хемосинтез.

Фотосинтез – це процес утворення зеленими рослинами і деякими бактеріями органічних речовин із  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  за рахунок енергії світла. Процес фотосинтезу – основний шлях надходження енергії Сонця в біосферу. Завдяки фотосинтезу сонячна енергія стає доступною всім живим організмам. Фотосинтез – основний процес, завдяки якому утворюється основна маса первинного органічної речовини.

У спрощеній формі сумарне рівняння фотосинтезу можна записати у такий спосіб:



Таким чином, при фотосинтезі на утворення однієї молекули глюкози споживається 962 ккал енергії у формі квантів сонячного світла.

Продуценти, перш за все рослини, постійно поповнюють неминучі втрати органічних сполук на планеті; нагромаджують у продуктах фотосинтезу велику кількість хімічної енергії; запобігають нагромадженню в атмосфері надлишку вуглекислого газу. Рослини відіграють провідну роль у кругообігу мінеральних речовин, що забезпечує безперервне існування життя на Землі, неможливе без мінерального живлення. Рослини істотно впливають на клімат. Вони зв'язують родючі часточки поверхневих шарів ґрунту, запобігають їх змиву та ерозії ґрунтів.

Під час фотосинтезу не тільки утворюються органічні речовини, а й відбувається виділення кисню. Первинна атмосфера планети мала

відновлювальний характер. До її складу входили азот, карбону оксид, водень та інші гази. Вільний кисень у ній був зовсім відсутній. Надходження кисню до атмосфери Землі почалося тільки з моменту виникнення (приблизно 3 млрд. років тому) ціанобактерій, які проводили фотосинтез. За час фотосинтезуючих продуцентів в атмосфері накопичилося 20,95 % кисню.

Гетеротрофним організмам необхідно постійно мати енергію для транспорту і синтезу поживних речовин і білків, скорочення м'язів тощо. Причому вона необхідна і для виконання роботи, і для втрат енергії, зв'язаних з ентропією. Джерелом енергії є поживні речовини, в яких є енергія у вигляді хімічних зв'язків, а синтезувати органічні речовини здатні тільки зелені рослини-продуценти. Тому, роль продуцентів у природному середовищі надзвичайно важлива. Вони – основа сталості протікання природних процесів.

### 2.3 Експериментальна частина

**Обладнання та матеріали:** піщана баня, крохмаль, йод, спирт, скляні стаканчики, скляні палички, піпетка, скляні пластинки, пінцет, електроплитка, установка для водяної бані, хромова суміш, фотоколориметр, зразки рослин.

**Завдання 1.** Визначення інтенсивності утворення органічної речовини в листках рослин за методом Тюріна в модифікації Бородуліної.

Приготування хромової суміші. 9,8 г  $K_2Cr_2O_7$  розчиніть в 200–300 мл дистильованої води і перенесіть в мірну у колбу на 0,5 л. До розчину як каталізатор додайте 10 мл 10 %-го розчину  $CuSO_4$  і розчин доведіть до мітки. До 0,5 л біхромату прилийте рівнин об'єм 0,5 л (1:1) концентрованої сірчаної кислоти. Приготовлену суміш зберігайте в банці з темного скла.

#### Хід роботи

Для виконання роботи вирізати з листків кімнатної рослини по 5 дисків відомої площі, помістити їх у пробірку (на 20–40 мл), куди з бюретки додати 10 мл 0,2 н хромової суміші. Хромову суміш необхідно приготувати завчасно. Паралельно цьому частину рослин виставити на 1 годину на інтенсивне світло. Реакційну суміш слабо прокип'ятити протягом 5 хв. на піщаній бані під тягою. Після повного охолодження розчин із пробірки кількісно перенесіть в мірну колбу на 50 мл, промиваючи пробірку дистильованою водою і доведіть об'єм до мітки. Оптичну густину розчину визначте на фотоколориметрі з жовтим фільтром проти контролю. Контролем служить 0,2 н розчин хромової суміші, розбавлений у 5 раз (10 мл хромової суміші доведіть до мітки 50 мл).

Одержані показники оптичної густини переведіть в значення концентрації глюкози за допомогою калібрувального графіка.

Побудова калібрувального графіка. Для побудови калібрувального графіка у 5 пробірок додати 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 та 1,0 мл стандартного розчину глюкози (1 г глюкози на 100 мл розчину; 1 мл такого розчину вміщує 10 мг глюкози) і по 10 мл 0,2 н хромової суміші. В шосту пробірку тільки 10 мл хромової суміші. Вміст пробірок прокип'ятити 5 хв. на піщаній бані. Після охолодження розчин із пробірок кількісно перенесіть в мірні колби на 50 мл, доведіть до мітки дистильованою водою, перемішайте і виміряйте оптичну густину (D) на фотоколориметрі з жовтим фільтром проти контролю (шостої пробірки). По осі

абсцис відкладіть концентрацію глюкози (мг в 50 мл розчину), а по осі ординат – відповідне значення оптичної густини. Точки перетину з'єднайте і отримайте калібрувальну криву (одну калібрувальну криву готують на 2-х здобувачів).

Враховуючи співвідношення атомної (чи молекулярної) ваги, проведіть перерахунок органічної речовини на Карбон ( $M_c$ ) чи карбону діоксид ( $M_{CO_2}$ ), виходячи із розрахунків:

$$M_c = 0,4M_{гл}, M_{CO_2} = 0,4M_{гл}$$

де  $M_{гл}$  – кількість глюкози, що відповідає вмісту органічної речовини, знайдена за калібрувальною кривою.

Кількість *вуглекислого газу органічної речовини* (в мг), що вміщується в шматочку листка площею в  $1 \text{ дм}^2$ , розрахуйте за формулою 2.1:

$$X = \frac{1,4M_{гл} \times 100}{S} \quad (2.1)$$

де  $S$  – площа дисків,  $\text{см}^2$ .

Результати занесіть у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати досліджень

Об'єкт	Час визначення	Площа дисків ( $\text{см}^2$ )	Оптична густина (D)	Вміст глюкози за калібровальною кривою	Вміст $\text{CO}_2$ , мг/ $\text{дм}^2$	Інтенсивність фотосинтезу (мг $\text{CO}_2$ / $\text{дм}^2 \cdot \text{ГОД}$ )
	Початок досліду					
	Після перебування рослин на світлі 1 год.					

Порівняйте інтенсивність фотосинтезу декількох видів рослин. Зробіть висновок.

**Завдання 2.** Визначення крохмалю в листках рослин.

Хід роботи

1. Наносимо розчин крохмалю на скляну пластинку. Додаємо краплю йоду – крохмаль забарвлюється в темно-синій колір.

2. Листок герані за добу до досліду обгорнути чорним папером і закріпили. На чорному папері вирізати фігурний отвір (кружок, хрестик тощо) і виставити рослину на світло.

3. Зрізаємо листок і знімаємо чорний папір.

4. На водяній бані підготувати киплячі розчини води і спирту.
5. Опускаємо листок у стакан з киплячою водою, а потім з киплячим спиртом. Листок знебарвлюється, хлорофіл розчиняється.
6. Знову опускаємо листок на 1–2 с. у киплячу воду, щоб він розм'як.
7. Поміщаємо листок на скляну пластину і змочуємо розчином йоду. Синій колір проявляється там, куди потрапило світло (кружок, хрестик), решта частина листка залишається безбарвною.

**2.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

### *Контрольні питання*

1. Які організми називають продуцентами?
2. Дайте коротку характеристику фотосинтезу.
3. Які існують джерела енергії для функціонування екосистем?
4. Яку роль в екосистемах відіграють рослини як основні продуценти?
5. Яким чином можна визначити вміст вуглеводів в клітинах рослин?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### Визначення біомаси і продуктивності лісової екосистеми

**3.1 Мета роботи:** навчитися визначати біомасу і продуктивність лісової екосистеми.

#### 3.2 Короткі теоретичні відомості

Кінцевим результатом утворення і розпаду органічної речовини на Землі, кругообігів хімічних елементів, що проходять через біоту, є накопичення біомаси. В наземних екосистемах 99,2 % біомаси приходить на рослинну частину і лише 0,8 % – на тварин.

Біомаса – загальна маса особин одного виду, групи видів чи спільноти в цілому, яка припадає на одиницю поверхні або об'єму місцеперебування; один з найважливіших екологічних термінів. Біомаса найчастіше висловлюють в масі сирої або сухої речовини (г/м<sup>2</sup>, кг/га, г/м<sup>3</sup> і т. д.) або в пропорційних їй одиницях (маса вуглецю або азоту органічних речовин тіла та ін.). Біомаса рослин називається фітомасою.

Фітомаса виражається зазвичай в кілограмах, тонах або кілокалоріях сухої речовини на гектар. Приріст фітомаси – головний показник біологічної продуктивності. Максимальні величини фітомаси спостерігаються в дощових тропічних лісах, мінімальний – в тундрі. При цьому приріст фітомаси або первинна продукція (продуктивність) складає в тропічних лісах 25–30 т/га, а в тундрі 2–2,5 т/га. Фітомаса складається із складних органічних сполук, які є основою для існування живих організмів, що використовують їх як поживний матеріал.

Основна маса деревної рослини зосереджена в його стовбурі. Стебло деревних рослин має таку топографію: первинна кора, до складу якої відносять і покривну тканину, а також центральний циліндр, який складається з вторинної кори, камбіального кільця, деревини і серцевини.

З самого початку формування вторинної будови стебла деревних рослин зовнішнім шаром кори є перидерма. У багатьох деревних порід перидерма з часом замінюється, перетворюється на кірку. Під перидермою до осевого циліндра розташована коро́ва паренхіма.

Коро́ва паренхіма у деревних рослин виконує асиміляційну (зовнішні шари містять хлоропласти) і запасуючу (внутрішні шари) функції. Іноді стінки клітин зовнішніх шарів коро́вої паренхіми потовщуються, і ці клітини перетворюються на коленхіму, яка функціонує лише у перші роки життя гілки. З віком і у міру потовщення перидерми коленхімні клітини втрачають механічне значення і, змішуючись з наростаючою масою коро́вої паренхіми, стають непомітними.

Під коро́вою паренхімою розпочинається вторинна кора – зона флоємних елементів (лубу). Луб відмежовується від деревини прошарком камбію. Камбій – бічна вторинна меристема. В результаті діяльності камбію формуються вторинна флоєма і вторинна ксилема. Функціональна активність камбію має сезонний характер. Найактивніший камбій навесні. Під камбієм розташована вторинна ксилема, або деревина.

Усі гістологічні елементи деревини утворюються в результаті диференціації клітин камбію, які активні тільки протягом вегетаційного періоду: його діяльність розпочинається навесні і закінчується восени. Деревину, що виникає навесні, називають весняною, і вона істотно відрізняється від деревини, що утворюється в другій половині вегетації – осінньої. Весняна деревина містить більше провідних елементів, паренхімні елементи крупніші, розташовані пухкіше і мають тонкі стінки. Клітини осінньої деревини, навпаки, дрібніші, мають товсті клітинні стінки, утворюють темнішу зону річного кільця. Осінні елементи здійснюють в основному механічну функцію, а весняні проводять воду та мінеральні речовини. За кількістю річних кілець можна визначити вік дерева, а за їхньою структурою можна скласти певне уявлення про умови, в яких деревні рослини розвивалися.

При встановленні продуктивності необхідно проводити розрахунок по сухій масі (формула 3.1).

$$A = \frac{a - b}{b - v} \times 100 \quad 3.1$$

де  $A$  – вологість, у %  $a$  – маса сирого зразка з бюксом;  $b$  – маса сухого зразка з бюксом;  $v$  – маса порожнього бюкса.

### 3.3 Експериментальна частина

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, лезо, зразки рослин, сушильна шафа, бюкси, ексікатор.

**Завдання 1.** В однорідному лісовому насадженні (вторинний ліс, посаджений людьми, 1 га) закладена пробна площа розміром 50 x 50 м, яка характеризує даний фітоценоз. Проведено вимірювання діаметрів всіх дерев на висоті 1,3 м (висота грудей) та їх висоти. Визначено вік кожного дерева (табл. 3.1). Обчислити фітомасу деревини в перерахунку на суху речовину. Визначити продуктивність деревного насадження.

Таблиця 3.1 – Результати вимірів дерев

Кількість вимірюваних дерев	Висота, м	Діаметр стовбура на висоті 1,3 м, см		Вік, років
		північ-південь	схід-захід	
Сосна звичайна				
1	12	36	33	31
2	12,8	36	35	31
3	13	42	40	31
1	16,4	52,1	53	33
1	18,3	60	57	34
2	9,5	22,7	21	25
2	14	41	41,9	25
1	18	56	53,7	27
1	15,7	50	47,4	34
3	14,2	40,5	40	26

## Продовження таблиці 3.1

2	12	36	36,5	26
1	16	53,5	50,9	25
1	15,2	40	39,4	27
1	18	31	29,8	28
1	16,1	35,2	34,1	26
Ялина європейська				
1	17	35	34,2	35
1	16	28,6	28	33

## Хід роботи

3. За таблицями 3.2 і 3.3 визначаємо об'єм кожного стовбура в м<sup>3</sup>.
4. Визначаємо загальний об'єм деревостану в м<sup>3</sup>.
5. Перерахуємо одержані дані на 1 га.
6. Користуючись перевідними коефіцієнтами (таблиця 3.4), визначаємо біомасу в кг або т на 1 га.

Таблиця 3.4 – Біомаса дерев

Порода дерева	Біомаса 1 м <sup>3</sup> , кг
Дуб	1020
Ясен	924
Береза	878
Тополя	750
Липа	792
Ялина	794
Сосна	863

8. Обчислюємо фітомасу деревини в перерахунку на суху речовину. Візьміть проби на вологість деревини в трикратній повторності. Для цього в алюмінієві бюкси з номерами з відомою масою закладіть шматочки деревини гілок, бюкси закрийте і перенесіть в лабораторію для зважування. Після зважування бюкси відкрийте, верхню кришку помістіть під дно бюкса, покладіть у сушильну шафу і сушіть при температурі +105°C до постійної маси (повного випаровування води). Потім бюкси закрийте кришкою і помістіть в ексікатор. Обчисліть вологість за формулою 3.1. При неможливості проведення лабораторного дослідження прийміть вологість деревини 48 %.

9. Розраховуємо продуктивність деревного насадження в т/га або кг/га в рік, що дорівнює розміру фітомаси (в перерахунку на суху речовину), поділеному на вік насадження. Якщо віки дерев близькі, середній можна визначити як середньоарифметичний з віку всіх дерев.



Таблиця 3.2 – Об'єм стовбурів сосни звичайної у корі в залежності від діаметру та висоти, м<sup>3</sup>

Діаметр, см	Висот, м																
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
8	0,024	0,027	0,031	0,035	0,038	0,042	0,046										
10	0,037	0,043	0,048	0,054	0,059	0,065	0,071										
12	0,052	0,061	0,069	0,077	0,085	0,093	0,101	0,110	0,118								
14		0,082	0,093	0,104	0,114	0,125	0,136	0,148	0,160	0,173							
16		0,107	0,121	0,135	0,149	0,163	0,178	0,193	0,208	0,224	0,241						
18		0,134	0,152	0,170	0,187	0,205	0,224	0,242	0,262	0,282	0,304						
20			0,187	0,208	0,230	0,252	0,275	0,298	0,322	0,347	0,373	0,400					
22			0,225	0,251	0,277	0,304	0,331	0,359	0,388	0,418	0,450	0,482					
24			0,267	0,298	0,329	0,360	0,393	0,426	0,460	0,496	0,533	0,572	0,612				
26				0,3348	0,385	0,421	0,459	0,498	0,538	0,580	0,624	0,669	0,716				
28				0,403	0,445	0,487	0,531	0,576	0,622	0,671	0,721	0,773	0,828	0,885			
30				0,461	0,509	0,558	0,608	0,659	0,712	0,768	0,825	0,885	0,948	1,01			
32				0,523	0,577	0,633	0,690	0,748	0,808	0,871	0,936	1,00	1,08	1,15	1,23		
36				0,659	0,727	0,797	0,868	0,942	1,02	1,10	1,18	1,26	1,35	1,45	1,55		
40					0,894	0,979	1,07	1,16	1,25	1,35	1,45	1,55	1,66	1,78	1,90	2,02	
44						1,18	1,20	1,40	1,51	1,63	1,75	1,87	2,01	2,14	2,29	2,44	
48						1,40	1,53	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,38	2,54	2,71	2,86	
52						1,64	1,78	1,93	2,09	2,25	2,42	2,60	2,78	2,97	3,17	3,38	
56							2,06	2,24	2,42	2,61	2,80	3,00	3,22	3,44	3,67	3,91	
60							2,36	2,50	2,77	2,98	3,21	3,44	3,68	3,93	4,20	4,48	
64							2,68	2,91	3,14	3,38	3,64	3,90	4,48	4,46	4,77	5,08	
68							3,02	3,27	3,54	3,81	4,10	4,39	4,70	5,03	5,37	5,72	
72										4,26	4,58	4,91	5,26	5,62	6,00	6,40	6,81

## Продовження таблиці 3.2

76										4,74	5,09	5,46	5,85	6,25	6,67	7,11	7,53
80										5,24	5,63	6,04	6,46	6,91	7,38	7,86	8,37
84										5,76	6,19	6,64	7,11	7,60	8,11	8,65	9,21
88										6,31	6,78	7,28	7,79	8,33	8,89	9,48	10,1
92										6,89	7,40	7,94	8,50	9,08	9,70	10,3	11,0
96										7,48	8,04	8,63	9,24	9,87	10,5	11,2	12,0

Таблиця 3.3 – Об’єм стовбурів ялини європейської у корі в залежності від діаметру та висоти, м<sup>3</sup>

Діаметр, см	Висота, м																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
8	0,019	0,023	0,027	0,031	0,035	0,039	0,044											
10	0,029	0,035	0,042	0,048	0,055	0,061	0,068	0,074										
12		0,051	0,059	0,069	0,079	0,088	0,098	0,107	0,117									
14		0,069	0,082	0,095	0,107	0,120	0,133	0,146	0,159	0,172	0,185							
16		0,090	0,107	0,123	0,140	0,157	0,174	0,191	0,208	0,225	0,242							
18			0,135	0,156	0,178	0,199	0,220	0,242	0,263	0,284	0,306	0,327	0,349					
20			0,167	0,193	0,219	0,246	0,272	0,298	0,325	0,351	0,378	0,404	0,430	0,457				
24				0,278	0,316	0,354	0,392	0,430	0,468	0,506	0,544	0,582	0,620	0,658	0,696			
28				0,378	0,430	0,482	0,533	0,585	0,637	0,688	0,740	0,792	0,844	0,895	0,947	0,999		
32				0,494	0,561	0,629	0,696	0,764	0,832	0,899	0,967	1,03	1,10	1,17	1,24	1,30		
36					0,710	0,796	0,881	0,967	1,05	1,14	1,22	1,31	1,39	1,48	1,57	1,65	1,74	
40						0,983	1,09	1,19	1,30	1,40	1,51	1,62	1,72	1,83	1,93	2,04	2,14	
44						1,19	1,32	1,44	1,57	1,70	1,83	1,96	2,08	2,21	2,34	2,47	2,59	
48							1,57	1,72	1,87	2,02	2,18	2,33	2,48	2,63	2,78	2,94	3,09	3,24
52							1,84	2,02	2,20	2,37	2,55	2,73	2,91	3,09	3,27	3,44	3,62	3,80
56							2,13	2,34	2,55	2,75	2,8	3,17	3,37	3,58	3,79	4,00	4,30	4,41

Продовження таблиці 3.3

60								2,69	2,92	3,16	3,40	3,64	3,87	4,11	4,35	4,59	4,82	5,06
64									3,33	3,60	3,87	4,14	4,41	4,68	4,95	5,22	5,49	5,76
68									3,76	4,06	4,37	4,67	4,98	5,28	5,59	5,89	6,20	6,50
72										4,55	4,89	5,24	5,58	5,92	6,26	6,60	6,95	7,29
76											5,45	5,83	6,21	6,60	6,98	7,36	7,74	8,12
80											6,04	6,46	6,89	7,31	7,73	8,15	8,58	9,00
84											6,65	7,13	7,57	8,06	8,52	8,99	9,45	9,92
88											7,31	7,82	8,33	8,84	9,35	9,87	10,4	10,9
92											7,99	8,55	9,11	9,67	10,2	10,8	11,3	11,9
96											8,70	9,31	9,92	10,5	11,1	11,7	12,3	13,0
100											9,44	10,1	10,8	11,4	12,1	12,7	13,4	14,1

**Завдання 2.** Розгляньте запропоноване зображення спиляного стовбура дерева (зразкове зображення наведено на рис. 3.1) та дайте відповідь на питання:

1) Приблизно протягом якого періоду відбувалося накопичення біомаси даного деревного насадження (якщо проводити аналіз даного дерева)?

2) Відрізнялася або була приблизно однаковою продуктивність даного деревного насадження в період з 2010 по 2020 рік (якщо проводити аналіз даного дерева)?

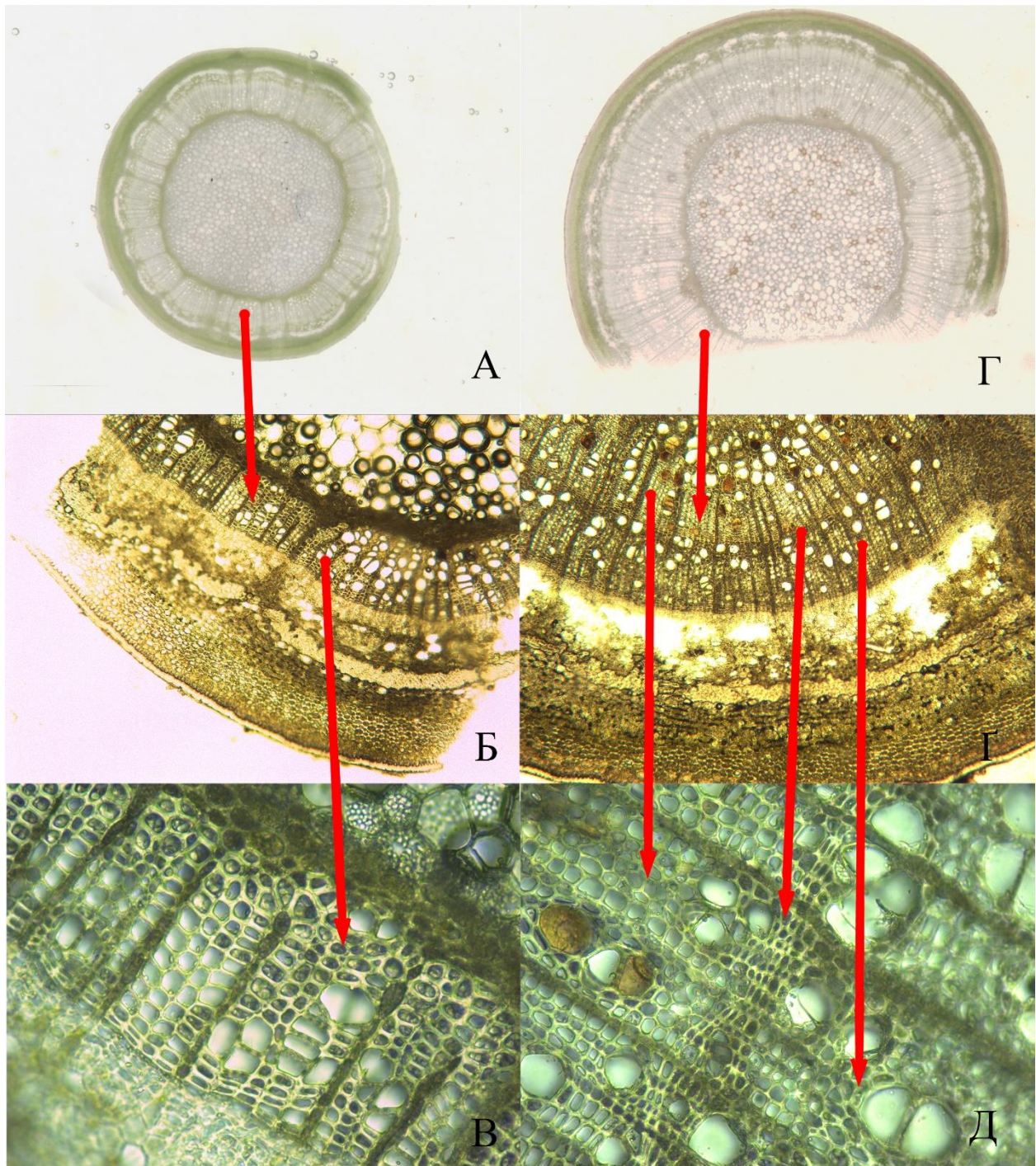
3) Яка рослинна тканина дає основну масу цієї рослини?

4) Завдяки якому процесу відбувається накопичення фітомаси. Що є основним продуктом даного процесу, а що побічним? Яке значення ці продукти мають для функціонування екосистем?



**Рисунок 3.1 – Клен американський: А – спіл стовбура; Б – листя**

**Завдання 3.** Приготуйте тимчасовий мікропрепарат із запропонованих гілок деревини. Розгляньте їх під мікроскопом. У тезисній формі проведіть порівняльний аналіз їх деревини, також вказавши завдяки чому відбувається приріст біомаси. Зразковий вид одержаних мікропрепаратів показаний на рис. 3.2.



**Рисунок 3.2 – Стебло клена американського: А, Б, В – однорічний; Г, Г, Д – дворічний**

**Завдання 4.** Під густим пологом лісу виявлена ялина європейська, висота якої склала 2 м. Проведений аналіз показав, що її вік не відповідав висоті. Яка екологічна особливість ялини європейської дозволяє їй тривалий період часу знаходитися в стані низького рівня накопичення біомаси.

**3.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

### ***Контрольні питання***

1. Назвіть головний показник біологічної продуктивності.
2. В яких екосистемах спостерігаються максимальні та мінімальні величини фітомаси?
3. В чому значення фітомаси для живих організмів?
4. Як проводять вимірювання діаметра та висоти дерева?
5. Які особливості вторинної будови стебла деревних рослин забезпечують накопичення біомаси в лісових екосистемах?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### Дослідження участі рослин у кругообігу води в біосфері

**4.1 Мета:** визначити інтенсивність транспірації, як частини загального процесу кругообігу води в біосфері, залежно від впливу різноманітних факторів.

#### 4.2. Короткі теоретичні відомості

З поверхні океанів, морів, рік і озер щорічно випаровується величезна маса води. В атмосфері пари води конденсуються, захоплюючи гази, які потрапляють в атмосферу під час виверження вулканів, дегазації мантиї Землі й радіоактивного розпаду хімічних елементів, та знову надходять у водні басейни й на сушу.

Значні маси атмосферної води потрапляють на сушу, де взаємодіють з корінними гірськими породами, продуктами їхнього звітрювання і ґрунтами й знову в іншому, зміненому хімічному складі стікають водними потоками в ріки, моря й океани.

Вода входить до складу живих організмів (в тому числі рослин), без якої вони існувати не можуть. Після їхнього відмирання, а також в процесі життєдіяльності (наприклад, транспірації) вода виділяється в ґрунти, а також атмосферу, а звідти – знову у водні басейни.

Рослини відіграють важливу роль в кругообігу всіх речовин в біосфері: кисню і сполук Оксигену, азоту і сполук Нітрогену, сполук Карбону, Сульфуру, Фосфору тощо. Рослини відіграють важливу роль в передачі мінеральних солей ґрунтів тваринам, а після їх загибелі мінеральні речовини знову повертаються в ґрунти. Крім того, рослинність значно впливає на клімат, водойми, тваринний світ тощо, в тому числі за рахунок участі в кругообігу води. Протягом життя рослина використовує та випаровує крізь продихи (транспірує) велику кількість води. Наприклад, посів кукурудзи на площі 1 га за вегетаційний сезон транспірує біля 3 млн. 600 тис. літрів води. З усієї води, що проходить крізь рослину, тільки 0,5–1,0% йде на синтез рослинної маси. На утворення 1 г сухої речовини рослина витрачає від 200 до 1000 мл води.

Органом, що випаровує основну кількість води, яка надходить до рослини через кореневу систему, є лист. Процес транспірації (випаровування води рослинами) має три фази: 1 – пересування води із листкових жилок у верхні шари стінок клітин мезофілу; 2 – випаровування води з клітинних стінок у міжклітинні простори та порожнини навколо продихів; 3 – наступна дифузія в навколишнє середовище, через продихи (продихова транспірація) або випаровування з клітинних стінок епідермісу в атмосферу (кутикулярна транспірація).

Протягом доби транспірація у рослин відбувається з різною інтенсивністю. В ясну, але не дуже суху погоду в більшості рослин продихи відкриваються на світанку й продихові щілини досягають максимуму в ранкові години. Опівдні вони поступово звужуються й закриваються під час заходу сонця. У хмарну погоду продихи звичайно відкриті, але не так широко, як в ясну. В суху ж вони відкриваються удосвіта і вже о 10–11-й годині закриваються.

Транспірація вимірюється кількістю випарованої води на одиницю листової поверхні за одиницю часу. Величина транспірації залежить від

багатьох факторів (температури, освітлення, водопостачання тощо), а також змінюється впродовж доби в межах  $10\text{--}300\text{ г м}^{-2}\text{год}^{-1}$ .

Одним із методів визначення інтенсивності транспірації є ваговий, який базується на обліку кількості випаруваної води. Цим методом можна визначити транспірацію цілої рослини або її частини.

Відносна транспірація – відношення інтенсивності транспірації до інтенсивності випаровування з вільної водної поверхні за тих самих умов. Цей показник характеризує здатність рослин регулювати транспірацію і становить  $0,1\text{--}0,5$ , піднімаючись до 1, а у добре захищених від втрати води рослин дорівнює  $0,01$  і менше.

Транспірація відіграє важливу роль в житті рослин. Насамперед вона:

- 1) створює неперервний потік води з кореневої системи до листків, поєднуючи всі органи рослин у єдине ціле;
- 2) транспірація захищає рослинний організм від перегріву;
- 3) нарешті, з транспіраційним потоком пересуваються розчинні мінеральні та частково органічні поживні речовини, і чим інтенсивніша транспірація, тим швидше відбувається і цей процес.

Така регуляція сприяє створенню оптимальних умов для фотосинтезу. Завдяки інтенсивній транспірації рослини переносять не тільки підвищену температуру, але і атмосферну засуху. Транспірація проходить більш інтенсивно тоді, коли більш сухіша атмосфера. Рух продихових клітин залежить від температури середовища, чим вона вища, тим швидше відкриваються продихи.

### 4.3 Експериментальна частина

**Матеріали та обладнання:** дослідні рослини, олія, технічні ваги, хімічні стакани, чашки Петрі, звичайний і міліметровий папір, лінійки, вентилятор, ножиці.

Порівняти транспірацію різних видів рослин за різних умов (швидкість вітру, освітленість тощо) і зробити висновки про здатність рослин регулювати транспірацію.

#### Хід роботи

1. В хімічні стакани налити воду, в які занурити черешок листка (гілку). Попередньо зрізи поновити з метою видалення з трахей і трахеїд повітря.

2. На поверхню води нанести декілька крапель рослинної олії і ретельно зважити її з точністю до третього знаку. Помістити стакани в різні умови за вказівкою викладача. За одну годину повторно зважити і визначити кількість води, що випарувалась.

3. Визначити площу поверхні листка. Для цього вирізати з паперу квадрат площею  $100\text{ см}^2$  ( $10 \times 10\text{ см}$ ) і зважити. Папір повинен бути рівномірним за щільністю. На цей квадрат накласти листок, який був у досліді, і гострим олівцем обвести контур його. Вирізати контур листка, встановити масу його і вирахувати площу за пропорцією. Поверхню листка ще простіше визначити після нанесення його контуру на міліметровий папір.



4. Отримати величину інтенсивності транспірації, поділивши кількість випаруваної води в грамах на площу поверхні листкової пластинки в см<sup>2</sup>. Обчислити інтенсивність транспірації  $T$  (г м<sup>-2</sup>год<sup>-1</sup>) за формулою 4.1:

$$T = \frac{10000 \times C}{S \times t} \quad (4.1)$$

де  $C$  – кількість випаруваної листком води за 1 год.;  $t$  – тривалість дослід, год.;  $S$  – площа листка, см<sup>2</sup>.

5. Паралельно, за тих самих умов, визначити інтенсивність випаровування води з вільної водної поверхні ( $E$ ). Для цього встановити кількість випаруваної води за 1 год. з поверхні чашки Петрі ( $\Delta m = m_1 - m_2$ ). Площу поверхні чашки Петрі підрахувати за формулою 4.2:

$$S = \pi r^2 \quad (4.2)$$

6. Розрахувати  $E$  і обчислити величину відносної транспірації ( $BT$ ) (формули 4.3, 4.4):

$$E = \frac{10000 \times \Delta m}{S \times t} \quad (4.3)$$

$$T = T/E \quad (4.4)$$

7. Результати дослідів записати в таблиці 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 – Визначення інтенсивності транспірації ваговим методом

Варіант дослід	Транспірація			Інтенсивність транспірації ( $T$ ) г м <sup>-2</sup> год <sup>-1</sup>
	маса пробірки з листком, г		Маса води (г), що випарувалась	
	на початку дослід	в кінці дослід		

Таблиця 4.2 – Визначення інтенсивності випаровування води з вільної поверхні

Варіант дослід	Випаровування			Інтенсивність випаровування ( $E$ ), г м <sup>-2</sup> год <sup>-1</sup>	$T/E$
	маса чашки Петрі з водою, г		втрата води, г		
	на початку дослід	в кінці дослід			

#### 4.4 Висновки

### ***Контрольні питання***

1. Що таке транспірація рослин?
2. Що таке відносна транспірація?
3. Яку роль відіграє транспірація у житті рослин?
4. Яку роль відіграє транспірація у кругообігу води в біосфері?
5. Які фактори можуть впливати на транспірацію?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

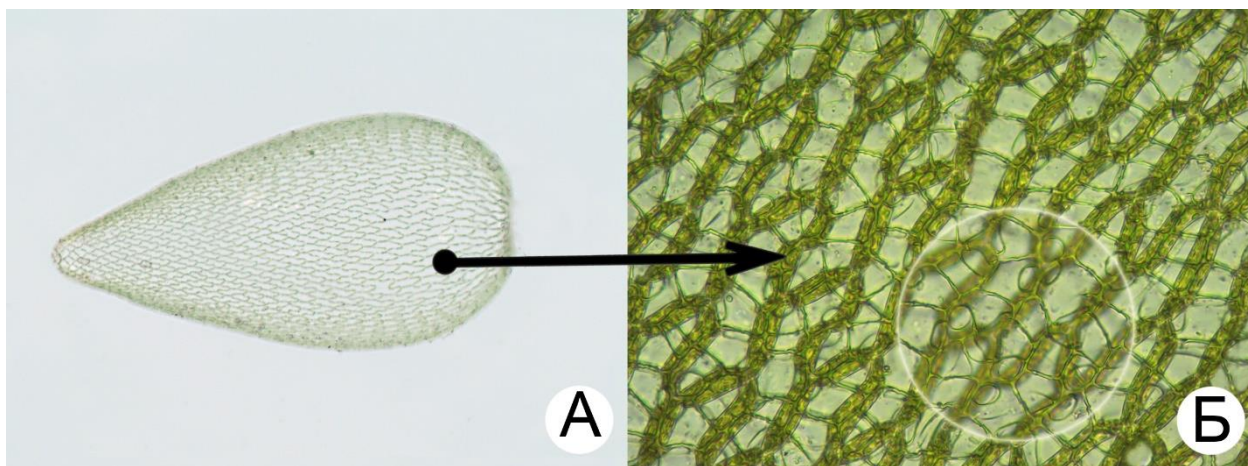
### Вивчення середовищеутворюючої ролі живих організмів в біосфері (на прикладі сфагнових мохів)

**5.1 Мета роботи:** Визначити середовищеутворюючу роль сфагнових мохів і значення охорони сфагнових боліт для вирішення глобальних екологічних проблем.

#### 5.2 Короткі теоретичні відомості

Середовищеутворююча функція живих організмів в біосфері значною мірою є інтегративною (результат спільної дії інших функцій живих організмів). З нею пов'язана зміна фізико-хімічних параметрів середовища. В широкому розумінні результатом цієї функції є все природне середовище, яке створене живими організмами і підтримується ними у відносно стабільному стані в усіх геосферах. У результаті цієї функції в географічній оболонці відбулися наступні найважливіші події: був перетворений газовий склад первинної атмосфери; змінився хімічний склад вод первинного океану; утворилася товща осадових порід у літосфері; на поверхні літосфери виник родючий ґрунтовий покрив (також родючі води океану, рік і озер) тощо.

Важливу середовищеутворюючу функцію виконують сфагнові мохи. Сфагнові мохи – вологолюбиві рослини з багаточисленними особливостями, що дають їм можливість утримувати і зберігати воду. Гаметофіти сфагнових мохів без ризоїдів, мають прямостояче стебло, яке поступово відмирає знизу, і розміщених на ньому і на бічних гілках листків – філоїдів. Вони без жилок, мають один шар клітин: вузьких живих зелених – хлорофілоносних та безбарвних, мертвих – водоносних або гіалінових, які заповнені повітрям або водою. У стінках гіалінових клітин є великі пори (рис. 5.1).



**Рисунок 5.1** – Філоїд сфагнового моху: А – загальний вигляд; Б – філоїд під мікроскопом (з фокусом на гіалінових клітинах)

Стебло сфагнових мохів вкрите багатошаровим шаром клітин – це гіалодерма. Гіалодерма складена з досить великих прозорих і мертвих клітин. У стінках цих клітин є пори. Клітини гіалодерми завжди наповнені водою. Вона

виконує функцію провідної тканини, а також накопичує воду. Глибше залягають прозенхімні клітини (витягнуті, довжина у багато разів перевищує ширину, і загострені на кінцях, на відміну від паренхіми, клітини) з потовщеними оболонками, які надають міцності стеблу. У центрі стебла знаходиться потужна серцевина, що утворена крупноклітинною паренхімою (запасає поживні речовини, а також бере участь у проведенні води). Гіалінові клітини і клітини гіалодерми містять колоїдну речовину – гіалін. Гіалін виявляє кислу реакцію, завдяки чому не тільки сама рослина, але і навколишнє його середовище має кислу реакцію. Цим пояснюються антисептичні властивості сфагнуму. Пригнічення діяльності бактерій призводить до зниження швидкості розкладання рослинних залишків.

Завдяки таким особливостям будови сфагнум може поглинати і утримувати на одиницю своєї сухої маси до 30 одиниць маси води. Розростання мохів сприяє появі і подальшому функціонуванню боліт. Сфагнові мохи складають основу рослинного покриву багатьох боліт. Найбільш широко сфагнові мохи розповсюджені в холодних та помірних областях північної півкулі. Вони ростуть щільними, густими дернинами, утворюючи суцільні покриви.

Болотом називається природне утворення, яке постійно перебуває у стані застійного або слабкопроточного зволоження. Походження боліт пов'язане із заростанням водойм (озер, водосховищ, ставків) або із заболочуванням суші (головний вид утворення боліт). Болота поширені на земній кулі в різних кліматичних зонах на більшості континентів.

Рослини боліт і заболочених або надмірно зволжених ґрунтів – це гелофіти. Вони мають екологічну специфіку, яка забезпечує їхню життєдіяльність у гідрологічно екстремальних умовах – надмірне зволоження та нестача кисню в ґрунті. Деякі рослини здатні витримувати такі умови, однак на заболочених територіях вони пригнічені і характеризуються більш низькою біомасою. В цілому, біологічне різноманіття боліт характеризується багатьма специфічними рисами. У зв'язку зі скороченням площі боліт багато видів, які живуть тільки на болотах, скоротили чисельність своїх популяцій і занесені в регіональні та Міжнародну червону книгу.

Торфова маса погано прогривається, бідна на мінеральні речовини, і тому рослинний покрив боліт в цілому досить бідний. Болотному ґрунті характерна так звана фізіологічна сухість. При загальній високій вологості коріння рослин ледь отримують з нього воду. Перешкодою є низька температура торфової маси та насиченість води гуміновими кислотами. Надлишок вологи в ґрунті спричиняє погіршення кисневого і мінерального живлення рослин.

За характером водно-мінерального живлення, формою поверхні і складом рослинності торфові болота поділяються на три типи: низинні, верхові і перехідні. Утворення боліт супроводжується накопиченням органічного матеріалу на поверхні ґрунту. Органічний матеріал ущільнюється, деформується і поступово перетворюється в органічну породу – торф. Загальна площа торфових боліт становить приблизно 2,7 млн. км<sup>2</sup>, або близько 2 % площі суші,

в них зосереджено майже 11,5 тис. км<sup>3</sup> води, або 0,03 % прісних вод гідросфери. Площа ж боліт усіх типів на земній кулі близько 3,5 млн. км<sup>2</sup>.

Торф – це органічна гірська порода, горюча корисна копалина, що представляє більш-менш ущільнену масу коричнювато-чорного кольору – продукт неповного розкладання болотних рослин в умовах високої вологості та обмеженого доступу повітря. Він містить 55–60 % карбону (не менш 50 % органічної речовини). Якщо вміст органічної речовини не перевищує 50 %, таке утворення називається гумусом. Щорічний приріст, відмирання і неповний розпад органічної маси призводять до поступового нашарування торфу.

Родовище торфу – геологічне утворення, що складається з нашарувань торфу і характеризується у своїх природних межах надлишковим зволоженням і специфічним (болотним) рослинним покривом.

Торфові ресурси України становлять 2,17 млрд т, балансові запаси – 934 млн. т. Річний видобуток торфу в країні складає 0,6–0,7 млн. т за умовної вологості 40 %. Понад 80 % видобутої сировини використовується як паливо. Основною паливною продукцією є торфові брикети та гранули, кусковий та фрезерний торф. Решта торфОВОЇ сировини використовується для потреб сільського господарства.

У сільському господарстві в чистому виді торф використовують для покращення структури ґрунту, для акумулювання і тривалого утримання вологи, сприяння процесам обміну кисню. З торфу одержують якісний ґрунт з урахуванням виду рослини і кліматичних умов. Для цього його змішують з мікро- і макроелементами, необхідними для рослин. Торф'яні блоки застосовують для облаштування газонів і зміцнення укосів земляних насипів каналів і водойм, для вирощування розсади.

Розподіл торфових запасів України по адміністративних областях наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Розподіл торфових запасів по адміністративних областях України

Адміністративні області	Кількість родовищ	Балансові		Забалансові	
		тис. т	%	тис. т	%
Волинська	226	241390	25,8	130506	14,2
Рівненська	332	187747	20,1	173396	18,9
Чернігівська	198	112614	12,1	137304	15,0
Львівська	128	78316	8,4	121659	13,3
Сумська	115	64967	7,0	36489	4,0
Житомирська	187	50990	5,5	32682	3,6
Київська	51	46844	5,0	100955	11,0
Полтавська	49	45490	4,9	24316	2,7
Тернопільська	76	36418	3,9	65683	7,2
Хмельницька	80	31509	3,4	30010	3,3

## Продовження таблиці 5.1

Черкаська	37	25242	2,7	26863	2,9
Івано-Франківська	35	5370	0,6	7938	0,9
Вінницька	47	4547	0,5	29181	3,2
Херсонська	3	2508	0,3	214	0,0
ВСЬОГО	1564	933952	100,0	917196	100,0

За типами покладів торфові родовища поділяються на низинні, перехідні, верхові та змішані. Розподіл торфових ресурсів України за типами покладів приведений у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розподіл торфових ресурсів України за типами покладів

Тип покладів	Кількість родовищ	Площа, га	Геологічні запаси, млн т	Геологічні запаси, %
Низинний	2397	608421	2083,1	96,0
Верховий	57	14221	37,9	1,8
Змішаний	9	4150	13,5	0,6
Перехідний	38	12583	34,5	1,6
ВСЬОГО	2501	639375	2169	100

Болота беруть безпосередню участь в круговороті парникових газів в біосфері.

Валовий викид парникових газів болотної екосистемою  $M$ , т/рік, розраховується за формулою 5.1:

$$M = M_H + M_B \quad (5.1)$$

де  $M_H$  – валовий викид парникових газів низинним типом торфу в поклади, т/рік, що визначається за формулою 5.2.

$M_B$  – валове поглинання парникових газів верховим типом торфу в поклади, т/рік, що визначається за формулою 5.2.

$$M_{H,B} = S \times (M_{CH_4} \times 21 + M_{N_2O} \times 310 - M_{CO_2}) \quad (5.2)$$

де  $S$  – площа боліт в природному стані, га;

$M_{CH_4}$  – питомий показник викидів метану ( $CH_4$ ) болотною екосистемою, т/(рік·га);

$M_{N_2O}$  – питомий показник викидів нітроген (I) оксиду ( $N_2O$ ) болотною екосистемою, т/(рік га);

$M_{CO_2}$  – питомий показник поглинання діоксиду карбону ( $CO_2$ ) болотною екосистемою, т/(рік га).

Питомий показник поглинання діоксиду карбону з атмосфери болотною екосистемою  $M_{CO_2}$ , т/(рік га), розраховується за формулою 5.3:

$$M_{CO_2} = 10^{-3} \times 3,67 \times h \times \gamma \times (100 - W) \times (100 - A) \times C \quad (5.3)$$

де 3,67 – коефіцієнт переведення карбону в вуглекислий газ, що дорівнює відношенню відносної молекулярної маси діоксиду карбону до відносної атомної маси карбону;

$h$  – щорічний вертикальний приріст торф'яного шару в субатлантичний період, м. Субатлантичний період – останній період, що триває до сьогоднішнього дня, кліматичний період голоцену (0–2 500 років тому);

$\gamma$  – щільність торфу в покладі, (т/м<sup>3</sup>), визначається за формулами 5.4 і 5.5;

$W$  – фактична вологість торфу (%), визначається за формулами 5.6 і 5.7;

$A$  – фактична зольність торфу, %;

$C$  – вміст карбону в органічній речовині, %.

Щільність торфу  $\gamma$ , т/м<sup>3</sup>, визначається за формулами 5.4 і 5.5:

Для низинного торфу:

$$\gamma = 0,001 \times \left( \frac{1400 \times R}{100 - W + R} - 4 \times R + 60 \right) \quad (5.4)$$

Для верхового торфу:

$$\gamma = 0,001 \times \left( \frac{1700 \times R}{100 - W + R} - 5 \times R - 90 \right) \quad (5.5)$$

де 0,001 – коефіцієнт переведення з кг/м<sup>3</sup> в т/м<sup>3</sup>;

$W$  – фактична вологість торфу, %, визначається за формулами 5.6 і 5.7;

$R$  – ступінь розкладання торфу, %.

Вологість торфу:

Для низинного торфу:

$$W = 95 - 0,2 \times R \quad (5.6)$$

Для верхового торфу:

$$W = 96 - 0,1 \times R \quad (5.7)$$

де  $R$  – ступінь розкладання торфу, %.

### 5.3 Експериментальна частина

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, лезо, зразки мохів.

**Завдання 1.** Приготуйте тимчасовий мікропрепарат поперечного зрізу стебла сфагнового моху. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рисунку 5.2. Заповніть табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Будова стебла сфагнового моху

Цифра, яка вказує визначений елемент будови стебла	Компонент анатомічної будови стебла	Особливості будови	Функції
1			
2			
3			

**Завдання 2.** Приготуйте тимчасовий мікропрепарат поперечного зрізу стебла *Pleurozium schreberi*. Зразковий вид одержаного мікропрепарату показаний на рисунку 5.3. Заповніть табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Відмінні риси моху плевроцій шребера (не відноситься до сфагнових мохів)

Вид моху	Принципова відмінність будови стебла від сфагнового моху	Принципова відмінність впливу на середовище існування у зв'язку з анатомічною будовою в порівнянні зі сфагновими мохами
Плевроцій шребера		

**Завдання 3.** Розгляньте запропоновані зображення екосистем, у яких мохи відіграють помітну роль. Заповніть табл. 5.5. Приклад зображень, які можуть бути запропоновані для виконання завдання, показано на рис. 5.4.

Таблиця 5.5 – Характеристика фітоценоза соснового лісу

Сосновий ліс	Загальна характеристика видового складу рослин фітоценозу (високе / низьке)	Стан сосни звичайної за зовнішнім виглядом рослин цього виду	Причини відмінностей фітоценозів один від одного
А			
Б			

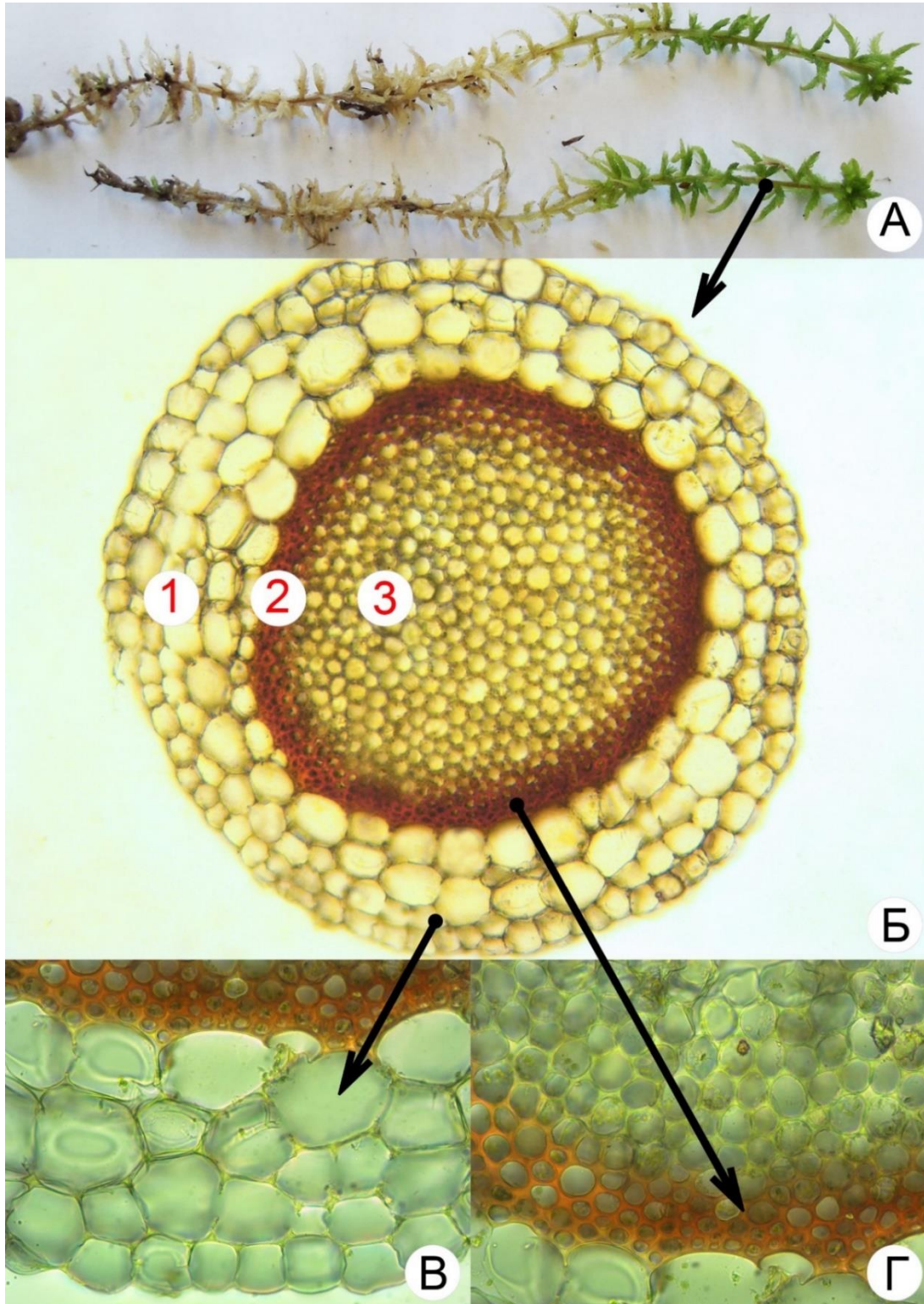
**Завдання 4.** Розрахувати викиди і поглинання парникових газів низинним і верховим торфом, що залягає в межах сфагнових боліт України. В якості вихідних даних прийняти середні показники торфу:

1) питомий показник викидів метану болотною екосистемою: верховий торф – 0,05; низинний торф – 0,1 т/(рік га).

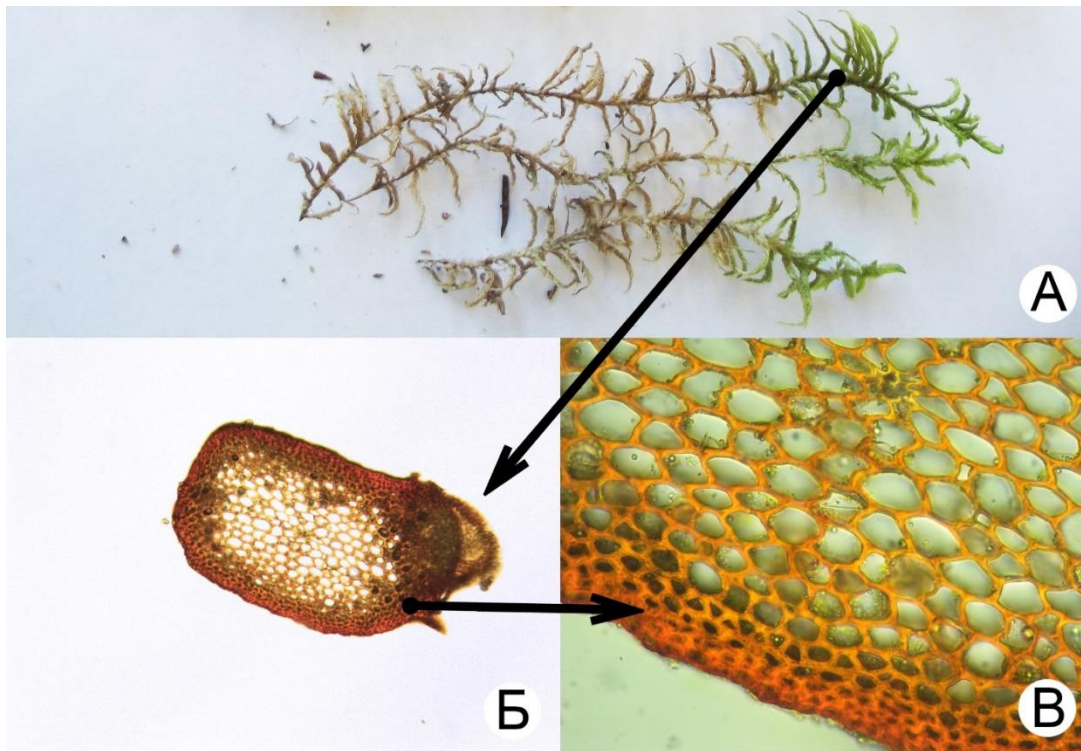
2) питомий показник викидів нітрогену (I) оксиду болотною екосистемою: верховий торф – 0,00004; низинний торф – 0,0001 т/(рік га).



- 3) щорічний вертикальний приріст торф'яного шару в субатлантичний період: верховий торф – 0,00076; низинний торф – 0,00035 м.
- 4) фактична зольність торфу: верховий торф – 3,7; низинний торф – 12%.
- 5) вміст карбону в органічній речовині: верховий торф – 55,6; низинний торф – 58,5%.
- 6) ступінь розкладання торфу: верховий торф – 34; низинний торф – 37 %.



**Рисунок 5.2** – Сфагновий мох: А – загальний вигляд; Б, В, Г – поперечний зріз стебла



**Рисунок 5.3** – Мох плевроцій шребера (*Pleurozium schreberi*): А – загальний вигляд; Б, В – поперечний зріз стебла

**Завдання 5.** Проаналізуйте значення охорони сфагнових боліт для вирішення глобальних екологічних проблем. Результати аналізу приведіть у вигляді табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Значення сфагнових боліт для вирішення глобальних екологічних проблем

Глобальна екологічна проблема	Причини виникнення	Можливі наслідки	Причини необхідності охорони сфагнових боліт
Зміна клімату			
Скорочення біологічного різноманіття			



**Рисунок 5.4** – Сосновий ліс: А – моховий покрив складають сфагнові мохи; Б – в моховому покриві переважає плевроцій шребера

**5.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

***Контрольні питання***

1. Які особливості будови сфагнових мохів дозволяють їм бути потужним фактором утворення заболочених територій?
2. Якими запасами торфу володіє Україна?

3. Яким чином сфагнові болота беруть участь у кругообігу парникових газів?
4. Дайте характеристику фітоценозу соснового лісу, який формується на заболочених територіях.
5. Які анатомічні особливості відрізняють сфагнові мохи від моху *Pleurozium schreberi*?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### Виявлення інвазійних видів як факторів загроз для біологічного різноманіття

**6.1 Мета роботи:** навчитися визначати інвазійні види і виявляти їх негативний вплив на навколишнє середовище.

#### 6.2 Короткі теоретичні відомості

Інвазійні (інвазійні) види – алохтонні види із значною здатністю до експансії, які розповсюджуються природним шляхом або за допомогою людини й становлять значну загрозу для флори й фауни певних екосистем, конкуруючи з автохтонними видами, а також спричиняючи загибель місцевих видів. Процес розселення диких видів рослин і тварин на нові території визначається терміном біологічні інвазії.

Після знищення місць перебування інвазійні види становлять найбільшу загрозу для світового біорізноманіття. Інвазійні види рослин є значною проблемою на територіях, що охороняються, витискаючи місцеві види рослин, для яких власне й було створено охоронні території. У таких випадках постає питання про заходи проти прибульців.

Механічні методи (наприклад, проти інвазійних видів рослин: викошування, вирубування, розорювання, вкривання інвазійних популяцій геотекстилем і створення механічних бар'єрів для поширення тощо) можуть бути ефективними лише на перших етапах розвитку інвазійного процесу й на відносно малих площах. До хімічних методів регулювання інвазій належить використання переважно синтетичних гербіцидів. Агентами біологічного контролю інвазійних рослин можуть бути різні організми: комахи, гриби, бактерії, віруси тощо.

На відміну від більшості забруднюючих речовин антропогенного походження, які в природних екосистемах в ході процесів самоочищення зазвичай руйнуються, і вміст яких піддається ефективному контролю з боку людини, чужорідні організми, що успішно заселилися, можуть розмножуватися і поширюватися в навколишньому середовищі, викликаючи біологічні перешкоди, порушуючи структуру біотичних угруповань часто з непередбачуваними й необоротними наслідками. Масове переселення інвазійних видів рослин викликає певні порушення в екосистемах. Як відомо, кожен вид відіграє певну роль у складному ланцюгу взаємозв'язків компонентів окремих ланок біоценозів та біосфери в цілому. Зміна цієї ролі (пригнічення або зменшення популяцій через сумарний вплив адвентивних видів рослин або одного з них) тягне за собою певні зрушення на всіх рівнях.

Збитки від інвазій, що відбуваються не в агроценозах, а в природних екосистемах, важко безпосередньо оцінити матеріально, проте їх опосередкований вплив на біорізноманіття, фізико-хімічні показники ґрунтів, sukcesії в екосистемах і на екологічну рівновагу загалом є досить масштабним.

Інвазійні рослини вкорінюються навіть у деревно-чагарникових ценозах, які мають найбільш стійку структуру. Так у листяних заплавних лісах відомі лісові угруповання, сформовані кленом американським (*Acer negundo*).

Негативні наслідки адвентизації флори насамперед виявляється у змінах у структурі флори, флорокомплексів і рослинних угруповань, у широкомасштабному впливі на екосистеми і окремі види. Вони викликають:

- посилення конкуренції за поширення в трансформованих біотопах на користь адвентивних (= інвазивних) видів, які менш вибагливі до умов зростання ніж аборигенні, особливо рідкісні, види;
- інсуляризацію (фрагментація) популяцій аборигенних видів;
- пригнічення аборигенних видів більш конкурентноздатними інвазійними видами;
- засмічення генофонду споріднених аборигенних видів через гібридизацію з адвентивними;
- перерозподіл видів за їх роллю в угрупованнях, що порушує екологічний баланс і в решті-решт може призвести до втрати репрезентативності відповідних флорокомплексів;
- зміни трофічних ланцюгів;
- порушення життєдіяльності екосистем, про що свідчать закономірності в розподілі видів у зональному, регіональному, екологічному і ценотичному аспектах, співвідношенні між стабільним та нестабільним компонентами адвентивної флори;
- кумулятивний вплив адвентивних видів часто сягає рівня локальної або регіональної екологічної кризи чи катастрофи.

### **6.3 Експериментальна частина**

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, дані польових зборів, гербарний матеріал.

**Завдання 1.** У місті 25.09.2021 року були виявлені великі скупчення сонечок. Зібрані екземпляри були надані екологам з метою визначення їх видової приналежності. Зразковий склад зібраних видів показано на рис. 6.1. Використовуючи сайт (<http://cassidae.uni.wroc.pl/Colpolon/coccinellidae.htm>) відомого польського ентомолога Л. Боровця (Lech Borowiec) визначте види цих сонечок (під час визначення враховуйте, що забарвлення може в деякій мірі варіювати – її відтінки, форма плям). З'ясуйте, чи є серед них інвазійний вид *Harmonia axyridis*.

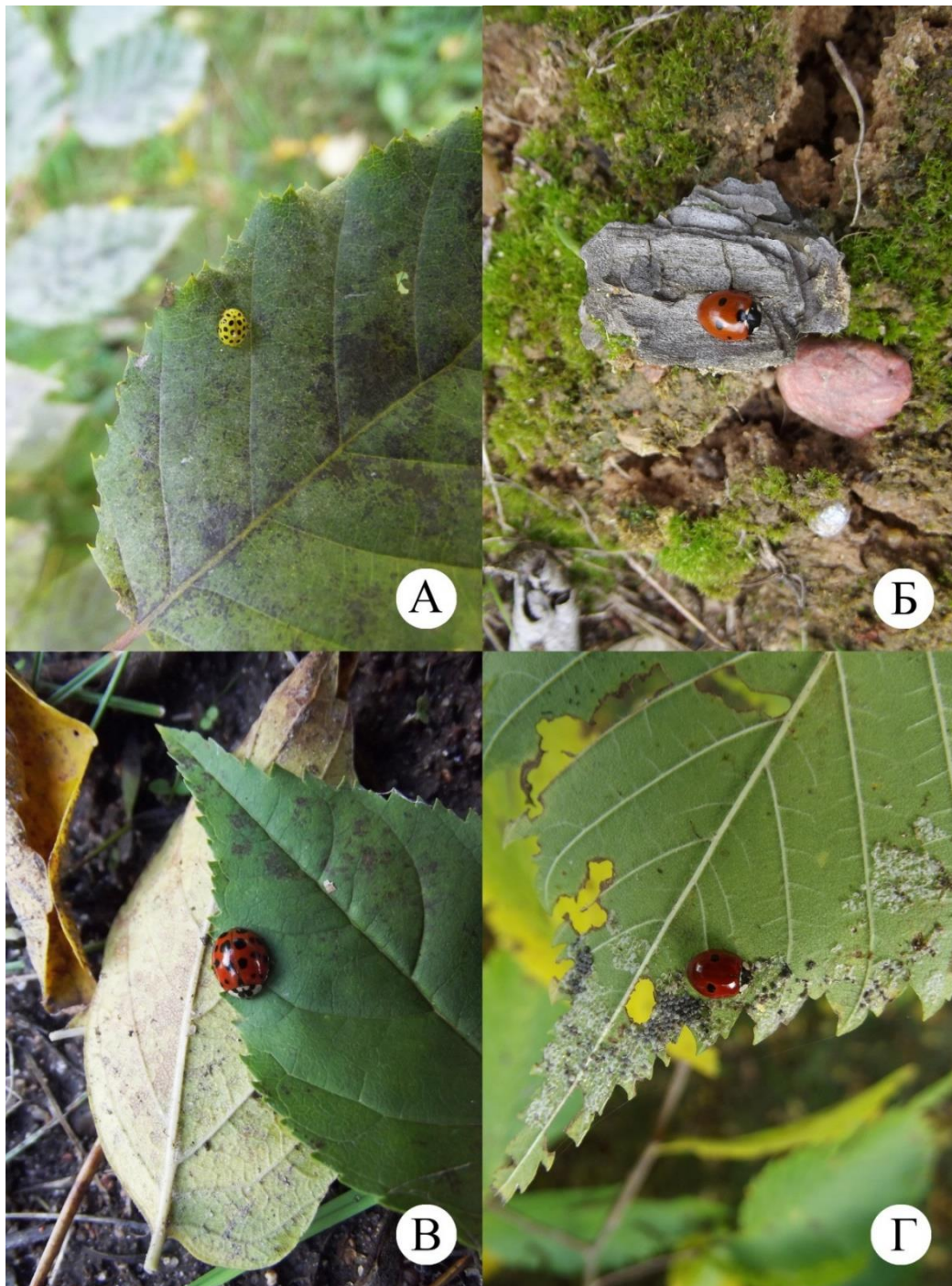
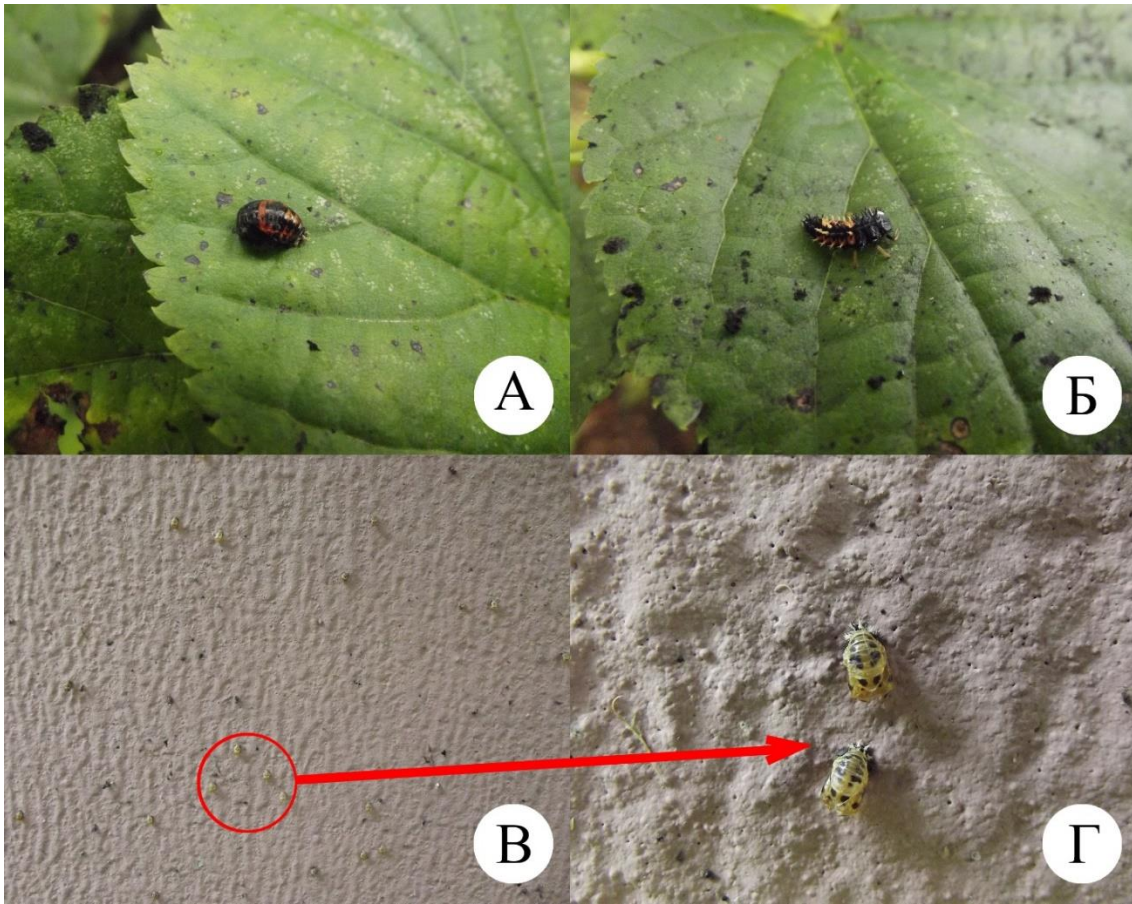


Рисунок 6.1 – Жуки, які були виявлені в місті Чернігів

**Завдання 2.** На території міста мешкає інвазійний вид *Harmonia axyridis*. Виявіть цей вид у зібраному ентомологічному матеріалі. Зразковий склад зібраних екземплярів показано на рис. 6.2.



**Рисунок 6.2 – Зібраний ентомологічний матеріал**

**Завдання 3.** Розгляньте гербарний матеріал інвазійних видів рослин. Використовуючи додаткові джерела (наприклад, монографію «Чужорідні види охоронних флор лісостепу України», 2015), заповніть таблицю 6.1. Зовнішній вигляд рослин, що розглядаються в завданні, показаний на рис. 6.3.

Таблиця 6.1 – інвазійні види рослин і їх характеристика

Вид рослини	Первинний ареал	Рік появи в Україні	У чому полягає негативний вплив на фітоценози
Клен американський			
Золотушник канадський			





**Рисунок 6.3** – Інвазійні види рослин – клен американський (А – загальний вигляд; Б – листя); золотушник канадський (В – загальний вигляд; Г – суцвіття)

**Завдання 4.** Використовуючи додаткові літературні джерела, проведіть порівняльний аналіз видового складу інвазійних видів Закарпатської області та Ічнянського національного природного парку (Чернігівська область).

**6.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

#### ***Контрольні питання***

1. Які види організмів відносяться до інвазійних?
2. Яку загрозу для навколишнього середовища несуть інвазійні види?
3. Наведіть приклади інвазійних видів?
4. Дайте характеристику інвазійного виду *Harmonia axyridis*, який входить в список 100 найбільш небезпечних інвазійних комах світу.
5. Яким чином можна боротися з інвазійними видами організмів?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### Визначення анатомо-морфологічних пристосувань гідробіонтів до життя у водному середовищі

**7.1 Мета:** визначити можливість існування окремих груп організмів у воді з різним вмістом солоності.

#### 7.2. Короткі теоретичні відомості

Вода як середовище існування має ряд специфічних властивостей, таких як висока густина, істотні перепади тиску, відносно низький вміст кисню, сильне поглинання сонячних променів тощо. Водойми і окремі їх ділянки розрізняються, крім того, сольовим режимом, швидкістю горизонтальних переміщень (течій), вмістом зважених частинок. Для життя придонних організмів мають значення властивості ґрунту, режим розкладання органічних залишків і т. п. Тому, разом з адаптаціями до загальних властивостей водного середовища його мешканці повинні бути пристосовані і до різноманітних окремих умов. Мешканці водного середовища отримали в екології загальну назву гідробіонти. Вони населяють Світовий океан, континентальні водойми і підземні води.

Прикладами адаптацій до різних факторів можуть бути:

1. Адаптації до густини води. Густина води визначає її значну виштовхувальну силу. Це означає, що з'являється можливість вести постійне життя планктонних організмів у водній товщі, не опускаючись на дно. Безліч видів планктону, переважно дрібних, нездатних до швидкого активного плавання, перебувають у воді у зваженому стані. Сидячий спосіб життя був би неможливий у водних мешканців, якби не було планктону, а він, у свою чергу, можливий лише в середовищі з достатньою щільністю. У пасивно плаваючих тварин збільшується питома поверхня тіла за рахунок виростів, шипів, додатків. Тіло плоске, через редукцію скелетних органів, слабо розвинені або зовсім відсутні механічні тканини (опорою слугує сама вода), є повітроносні міжклітинні порожнини. Пересування здійснюється реактивним способом (наприклад, головоногі молюски, медузи, каракатиці), вигинанням тіла, за допомогою джгутиків, війок тощо.

2. Адаптації до тиску води. У зв'язку з високою густиною води тиск з глибиною значно зростає. Глибоководні мешканці здатні переносити тиск, який в тисячі разів вище, ніж на поверхні суші. У придонних тварин зникає або слабо розвинений кістяк, збільшуються розміри тіла й змінюється їхня форма, стає плескатою (наприклад, електричний скат, камбала).

3. Пристосування до сольового складу. Природним водоймам властивий певний хімічний склад. Переважають карбонати, сульфати, хлориди. Прісні води – природні води з мінералізацією до 1 ‰ (проміле), вода з вмістом солі, меншим за 1 ‰ (1 г/дм<sup>3</sup> або 1000 мг/дм<sup>3</sup>). У прісних водоймах концентрація солей не перевищує показника 0,5 г/дм<sup>3</sup>, в морях – від 12 до 35 г/дм<sup>3</sup>.

У прісній воді (гіпотонічне середовище) добре виражені процеси осморегуляції. Гідробіонти змушені постійно видаляти проникаючу в них воду,

вони гомойосмотичні. У найпростіших це досягається роботою видільних вакуолей, у багатоклітинних – видаленням води через видільну систему. Деякі інфузорії кожні 2–2,5 хв. виділяють кількість води що дорівнює їх об'єму тіла. У солоній воді (ізотонічне середовище) концентрація солей в тілі та тканинах гідробіонтів однакова з концентрацією солей, розчинених у воді – пойкилоосмотичні організми.

У мешканців солоних водойм осморегуляторні функції не розвинені, тому вони не можуть заселити прісні водойми. Розрізняють стеногалінні види, (які не можуть переносити значних змін солоності води) та евригалінні – можуть жити як солоній так і в прісній воді (наприклад, прісноводний судак, щука, лящ, кефаль, приморський лосось).

Класифікація вод за вмістом солей має велике значення. В основу ранніх класифікацій вод, що розроблялися В. І. Вернадським, О. А. Алекінім, було закладено загальний вміст солей (ступінь мінералізації) та вміст іонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ .

Водні рослини здатні поглинати воду і поживні речовини з води всією поверхнею тіла, тому в них сильно розчленовані листя та слабо розвинені провідні тканини і коріння. Коріння слугують в основному для прикріплення до підводного субстрату.

В цілому, різні організми мають свої анатомо-морфологічні пристосування до мінералізації води. Нижче розглянуті пристосування амфібій і плазунів.

Амфібії ведуть або водний, або навколоводний спосіб життя. Хоча б одна стадія їх розвитку обов'язково пов'язана з водою. Безногі земноводні – мешканці вологої лісової підстилки, або верхніх вологих горизонтів ґрунту. Їх личинка – типова водна тварина.

Водно-сольовий обмін амфібій заснований на тих самих морфо-функціональних механізмах, що й у прісноводних риб. Тулубова нирка амфібій виконує головну функцію виведення надлишку води, яка легко проникає осмотичним шляхом через голу шкіру цих тварин. Амфібії воду не п'ють, або п'ють її дуже мало – 0,1–04 мг/кг-год.

Шкіра у земноводних має численні багатоклітинні залози. Вони виділяють тонкий шар слизу, що покриває все тіло, зволожуючи шкіру і охороняючи її від висихання. Шкіра бере участь у газообміні. У ропух, які живуть у порівняно сухих місцях, слиз гусне й утворює на шкірі щільну плівку, завдяки якій знижується віддача вологи.

Під час знаходження амфібій у воді в їх нирках посилюється клубочкова фільтрація, яка продукує значну кількість (10–25 мл/кг-год) гіпотонічної сечі. Приблизно половина води, що фільтрується в клубочках, може при необхідності реабсорбуватися. Реабсорбція іонів  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  майже повна – 99 %. При дегідратації організму реабсорбція досягає 94–95 %.

Здатність до осморегуляції у різних видів амфібій відрізняється. Серед європейських безхвостих найбільш стійкі до змін солоності ропуха зелена (*Bufo viridis*) та ропуха очеретяна (*Bufo calamita*).

Серед пристосувань, що дали змогу плазунам перейти до наземного способу життя, важливою є заміна мезонефричної (тулубової) нирки (круглороті,

риби, земноводні) метанефричною (тазовою) і пов'язана з цим перебудова водно-сольового обміну (вони також зберігаються у плазунів, які перейшли до водного способу життя).

У плазунів відомі залози, які пов'язані з екскрецією солей. Морські черепахи і деякі інші плазуни, які змушені використовувати солону воду для пиття, мають особливі залози, що виводять надлишок солей з організму. У черепах ці залози розташовані в очній ямці. Секрет сольових залоз морських плазунів уміщує 7 % розчин кухонної солі, тому вони справді «плачуть гіркими сльозами», вивільняючись від надлишку солей. Морські ігуани, які живляться насиченими сіллю водоростями, мають сольові залози у вигляді так званих носових залоз, протоки яких відкриваються в носову порожнину. Солі виділяються у вигляді крапель, що витікають із носових отворів. Однак, в цілому у плазунів відсутні шкірні залози.

Верхні шари багат шарового епідермісу плазунів роговіють: у клітинах накопичуються зернятка білка кератину, що витісняють цитоплазму і ядро. Ці відмерлі клітини перешкоджають вільному випаровуванню води з поверхні тіла. Під цим мертвим шаром розташований нижній мальпігієвий шар, який складається із живих епідермальних клітин, які здатні до поділу. Унаслідок розростання рогового шару утворюються щитки, луски, рогові зернятка, горбики, шипи, кігті. Під роговими лусками деяких видів плазунів у мезодермальному шарі шкіри – коріумі – залягають кісткові пластинки. У черепах вони зливаються в кістковий панцир, що приростає до хребта.

Але особливості будови шкіри не призводять до повної водонепроникливості покривів, а лише знижують загальний рівень проходження води цим шляхом.

В екологічних дослідженнях важливо використовувати як фізико-хімічні та хімічні методи досліджень поряд з вивченням анатоμο-морфологічних і інших особливостей живих організмів.

### **7.3 Експериментальна частина**

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, дані польових зборів, гербарний матеріал, титрувальні установки.

#### **Завдання 1.** Визначення концентрації хлоридів в поверхневих водах

Хлориди поширені у природі у формі солей натрію, калію, кальцію, магнію та інших металів. Вони складають більшу частину сухого залишку прісних вод. Наявність хлоридів у воді водойми може бути зумовлена природними процесами вимивання з ґрунту, а також забрудненням водойми різноманітними стічними водами. Природний вміст хлоридів у воді поверхневих водойм незначний і здебільшого коливається в межах кількох десятків міліграмів на літр. Природний вміст хлоридів у воді залежно від умов формування водойми може бути різним: від десятків до сотень (в умовах солончакових ґрунтів) міліграмів на літр. У проточних водоймах вміст хлоридів звичайно невеликий – до 20–30 мг/л. Вода, що фільтрується через солончаковий ґрунт або осадові породи може містити сотні й навіть тисячі міліграмів хлоридів в 1 л, будучи бездоганною щодо інших параметрів.

Для вираження загальної концентрації солей в океані користуються так званою солоністю, яка виражається через концентрацію найпоширенішого іона в морській воді – хлору. За своєю величиною хлорна солоність практично дорівнює сумі головних іонів. Вона виражається в проміле і визначається за рівнянням:

$$S = 0,03 + 1,805 Cl,$$

де  $S$  – загальна маса солей (в г) на 1 кг морської води;

$Cl$  – масу хлору (в г) на 1000 г.

Метод вимірювань масової концентрації хлоридів в поверхневих водах базується на осадженні хлорид-іонів розчином срібла азотнокислого у вигляді малорозчинного срібла хлористого. Добуток розчинності срібла хлористого при температурі 25°C складає 1,56.10<sup>-10</sup>. Як індикатор використовують розчин калію хромовокислого, який реагує з надлишком іонів срібла, утворюючи осад срібла хромовокислого оранжево-цегляного кольору. Для утворення осаду хромату срібла в точці еквівалентності необхідно, щоб концентрація хромату в розчині була щонайменше 0,02 моль/дм<sup>3</sup>.

Титрометричним методом вимірюють об'єм срібла азотнокислого, який пішов на осадження хлоридів.

Розрахунковим методом встановлюють масову концентрацію хлоридів.

Діапазон вимірювань масових концентрацій хлоридів складає у поверхневих водах – від 10 до 500 мг/дм<sup>3</sup> включно.

За даною методикою не можна титрувати кислі та лужні розчини. У кислому середовищі хромат переходить у біхромат, який утворює з іонами срібла червоний осад, розчинний у кислотах. У лужному розчині утворюються срібла оксид та гідроксид. При титруванні рН розчину має бути не менше ніж 5,0 і не більше ніж 9,5. У присутності солей амонію рН розчину має бути в межах від 5,5 до 7,5.

Титруванню перешкоджають іони, які утворюють з хромат-іонами осади, а саме: ртуть, свинець, барій та інші.

Титруванню заважають фосфати у концентраціях вище 25 мг/дм<sup>3</sup>, а також броміди, йодиди, ціаніди, сульфіді, амоній-іони, які утворюють з іонами срібла осади або комплекси.

Залізо заважає титруванню, якщо його вміст перевищує 2,5 мг в об'ємі для титрування, бо затрудняє фіксацію кінцевої точки титрування за рахунок утворення оксидів та гідроксидів заліза буро-коричневого кольору.

Титруванню заважають великі кількості заліза (II) та сульфід-іони, бо вони відновлюють хромат-іони.

Титруванню заважають забарвлення та завислі речовини.

Якщо є підстави вважати, що у воді, яка аналізується, наявні сульфіді, сульфіді, тіосульфаті, їх перешкоджаючий вплив усувають додаванням до нейтральної або лужної проби декількох крапель розчину перекису водню з масовою часткою 30 %.

### ***Приготування розчинів***

Для приготування розчинів використовують воду бідистильовану, що перевірена на відсутність хлорид-іонів за якісною реакцією з іонами срібла.

Приготування розчину срібла азотнокислого з молярною концентрацією 0,05 моль/дм<sup>3</sup>.

Наважку срібла азотнокислого, попередньо висушеного при 105°C, масою (8,4837 ± 0,0008) г кількісно переносять у мірну колбу місткістю 1 дм<sup>3</sup>, розчиняють у воді бідистильованій і доводять об'єм розчину до позначки водою бідистильованою.

Розчин придатний до застосування при зберіганні у закоркованій склянці з темного скла з пришліфованою пробкою в умовах лабораторії протягом одного місяця.

Приготування розчину натрію хлористого з молярною концентрацією 0,02 моль/дм<sup>3</sup>.

Цей розчин можна готувати двома способами: з наважки натрію хлористого, або із стандарт-титру.

Наважку натрію хлористого, попередньо прожареного до постійної маси при 500°C, масою (1,1689 ± 0,0008) г кількісно переносять у мірну колбу місткістю 1 дм<sup>3</sup>, розчиняють у воді бідистильованій і доводять об'єм розчину до позначки водою бідистильованою.

Вміст ампули стандарт-титру хлориду натрію розводять у мірній колбі місткістю 1 дм<sup>3</sup> водою бідистильованою згідно з інструкцією, одержуючи при цьому розчин з молярною концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

Піпеткою відбирають 10 см<sup>3</sup> розчину натрію хлористого з молярною концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, вміщують його в мірну колбу місткістю 500 см<sup>3</sup> і доводять об'єм розчину до позначки водою бідистильованою.

Розчин придатний до застосування при зберіганні у закоркованій склянці в умовах лабораторії протягом шести місяців.

Приготування розчину калію хромовокислого з масовою часткою 10 %.

Наважку калію хромовокислого масою (50 ± 1) г у хімічному стакані розчиняють у невеликій кількості води бідистильованої, додають краплями розчин срібла азотнокислого до початку утворення червоного осаду, залишають на 2 години. Після відстоювання розчин фільтрують, переносять у мірний циліндр місткістю 500 см<sup>3</sup> і доводять об'єм розчину до позначки водою бідистильованою.

Розчин придатний до застосування при зберіганні у закоркованій склянці з темного скла в умовах лабораторії протягом шести місяців.

Приготування розчину кислоти азотної з молярною концентрацією 0,5 моль/дм<sup>3</sup>.

Піпеткою за п. 3.1.4 відбирають 25 см<sup>3</sup> кислоти азотної концентрованої ( $d = 1,50$  г/см<sup>3</sup>), переносять у мірну колбу місткістю 1 дм<sup>3</sup> і доводять об'єм розчину до позначки водою бідистильованою.

Розчин придатний до застосування при зберіганні у закоркованій склянці в умовах лабораторії протягом шести місяців.

Приготування розчину натрію гідроокису з молярною концентрацією 0,5 моль/дм<sup>3</sup>.

Наважку натрію гідроксиду масою  $(20 \pm 1)$  г розчиняють при перемішуванні у термостійкому стакані у приблизно  $500 \text{ см}^3$  щойно прокип'яченої води бідистильованої. Після охолодження розчин кількісно переносять у мірну колбу місткістю  $1 \text{ дм}^3$ , доводять об'єм розчину до позначки водою бідистильованою і ретельно перемішують.

Розчин придатний до застосування при зберіганні у закоркованій поліетиленовій ємності під захистом від впливу повітря хлоркальцієвою трубкою в умовах лабораторії протягом одного місяця.

Приготування суспензії гідроксиду алюмінію для знебарвлення проби води

Наважку калію-алюмінію сірчаноокислого дванадцятиводного або амонію-алюмінію сірчаноокислого дванадцятиводного масою  $(125 \pm 1)$  г вміщують у хімічний стакан, мірним циліндром додають  $1 \text{ дм}^3$  води бідистильованої, розчиняють при нагріванні до  $60^\circ\text{C}$  і поступово додають  $55 \text{ см}^3$  концентрованого розчину аміаку при постійному перемішуванні. Після відстоювання протягом 1 години осад переносять у стакан місткістю  $500 \text{ см}^3$  і промивають декантацією водою бідистильованою до зникнення у промивній воді хлоридів, нітратів, нітритів.

Суспензія придатна до застосування при зберіганні у закоркованій склянці в умовах лабораторії протягом шести місяців.

#### ***Встановлення точної концентрації розчину срібла азотнокислого.***

Точну концентрацію розчину срібла азотнокислого встановлюють за окремими наважками натрію хлористого чи окремими аліквотами розчину натрію хлористого.

Для встановлення точної концентрації розчину срібла азотнокислого за методом окремих наважок беруть не менше трьох наважок попередньо прожареного до постійної маси при  $500^\circ\text{C}$  натрію хлористого різної маси від  $0,05$  до  $0,15$  г. Наважку натрію хлористого, зважену з точністю до  $0,0008$  г, кількісно переносять у конічну колбу, обмивають водою бідистильованою бюкс, в якому її зважували, доводять об'єм розчину до  $100 \text{ см}^3$ , додають  $1,5 \text{ см}^3$  розчину калію хромовокислого і титрують розчином срібла азотнокислого при енергійному безперервному перемішуванні до появи незникаючого оранжево-цегляного забарвлення. Титрування ведуть на білому фоні.

Окремо виконують холосте титрування зі  $100 \text{ см}^3$  води бідистильованої.

Розрахунок точної концентрації розчину срібла азотнокислого,  $C_i$ , моль/ $\text{дм}^3$ , проводять за формулою 7.1:

$$C_i = \frac{m_i \cdot 1000}{58,4 \cdot (V_i - V_x)} \quad (7.1)$$

де:  $m_i$  – маса  $i$ -ої наважки натрію хлористого, г;

$i$  – номер наважки,  $i = 1, \dots, I$ ;  $I \geq 3$ ;

1000 – коефіцієнт для перерахунку в моль/ $\text{дм}^3$ ;

58,4 – молярна маса натрію хлористого;

$V_i$  – об'єм розчину срібла азотнокислого, який пішов на титрування розчину  $i$ -ої наважки, см<sup>3</sup>;

$V_x$  – об'єм розчину срібла азотнокислого, який пішов на холосте титрування, см<sup>3</sup>.

Для встановлення точної концентрації розчину срібла азотнокислого за методом окремих аліквот для титрування за допомогою піпеток відбирають три різних аліквоти розчину натрію хлористого, наприклад, 10; 15; 20 см<sup>3</sup>. Кожну з аліквот вміщують у конічну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup>, циліндром додають воду бідистильовану до 100 см<sup>3</sup>, піпеткою додають 1,5 см<sup>3</sup> розчину калію хромовокислого і титрують так, як вказано вище.

Розрахунок точної концентрації розчину срібла азотнокислого,  $C_i$ , моль/дм<sup>3</sup>, проводять за формулою 7.2:

$$C_i = \frac{C' \cdot V'}{V_i - V_x}, \quad (7.2)$$

де:  $C'$  – концентрація розчину натрію хлористого, моль/дм<sup>3</sup>;

$V'$  – об'єм розчину натрію хлористого, взятий для титрування, см<sup>3</sup>;

$V_i$  – об'єм розчину срібла азотнокислого, який пішов на титрування  $i$ -ої аліквоти розчину натрію хлористого, см<sup>3</sup>;

$V_x$  – об'єм розчину срібла азотнокислого, який пішов на холосте титрування, см<sup>3</sup>.

Коефіцієнт поправки,  $k$ , до концентрації розчину срібла азотнокислого розраховують за формулою 7.3:

$$k = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I k_i = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \frac{C_i}{C^*} \quad (7.3)$$

де:  $C_i$  – встановлена точна концентрація розчину срібла азотнокислого, моль/дм<sup>3</sup>;

$C^*$  – задана молярна концентрація розчину срібла азотнокислого (0,02 моль/дм<sup>3</sup>).

Розбіжність між коефіцієнтами, встановленими за паралельними титруваннями, не повинна перевищувати 0,001. Значення коефіцієнта поправки,  $k$ , не повинно виходити за межі  $(1 \pm 0,03)$ . Якщо коефіцієнт поправки виходить з указаних меж, розчин відповідно розбавляють або додають срібла азотнокислого і знову проводять встановлення коефіцієнту поправки.

Коефіцієнт поправки встановлюють, як правило, при 20°C. При цій же температурі використовують титрований розчин.

Титрований розчин срібла азотнокислого зберігають у склянці з темного скла з пришліфованою пробкою в темному місці. За таких умов зберігання



розчин стабільний протягом місяця, після чого перевіряють коефіцієнт поправки. На склянці вказують задану молярну концентрацію, коефіцієнт поправки, дату та температуру встановлення коефіцієнта поправки.

### ***Відбір та консервування проб***

Проби відбирають у скляні ємності. Об'єм проби, яка відбирається, має бути не менше 300 см<sup>3</sup>.

Проби не консервують. Їх можна зберігати при кімнатній температурі.

Якщо у воді, яка аналізується, присутні інші сполуки хлору, наприклад, активний хлор, аналіз виконують одразу після відбору проб.

### ***Пробопідготовка***

Якщо проба води, відібрана для аналізу, прозора, але має забарвлення, його усувають струшуванням з вугіллям активованим, яке додають з розрахунку 0,5 г на кожні 100 см<sup>3</sup> проби. Активоване вугілля попередньо перевіряють на відсутність хлоридів з водою бідистильованою. Після знебарвлення пробу води фільтрують через фільтр «синя стрічка». Якщо забарвлена проба каламутна, пробу освітлюють суспензією алюмінію гідроксиду. Для цього на кожні 100 см<sup>3</sup> води додають 3 см<sup>3</sup> суспензії алюмінію гідроксиду і суміш струшують до знебарвлення рідини, після чого фільтрують через фільтр «біла стрічка». Якщо проба води, підготовлена до титрування, лужна або кисла, її нейтралізують до рН від 5,0 до 9,5 од. рН додаванням краплями розчину кислоти азотної або розчину натрію гідроксиду. Якщо у пробі присутні іони амонію в концентрації вище 10 мг/дм<sup>3</sup>, встановлюють рН від 5,5 до 7,5. Контроль рН здійснюють рН-метром.

Піпеткою відбирають аліквоту підготовленої проби об'ємом від 5 до 100 см<sup>3</sup>. Вміст хлориду в аліквоті має знаходитись в межах від 1 до 8 мг. Аліквоту вміщують у конічну колбу і, за необхідності, мірним циліндром додають води бідистильованої до 100 см<sup>3</sup>.

Одночасно готують холосту пробу, для чого піпеткою відбирають 100 см<sup>3</sup> води бідистильованої і вміщують у конічну колбу.

***Виконання вимірювань*** У підготовлену пробу додають 1,5 см<sup>3</sup> розчину калію хромовокислого і титрують розчином срібла азотнокислого. Титрування ведуть на білому фоні, додаючи титрант порціями не більшими ніж 0,5 см<sup>3</sup>, а наприкінці титрування краплями, постійно і ретельно перемішуючи розчин, що титрується. Титрування закінчують після зміни кольору з зеленувато-жовтого на оранжево-цегляний. Виконують два паралельні титрування.

Одночасно титрують холосту пробу. Результати титрування записують до третьої значущої цифри.

Результат одиничного вимірювання масової концентрації хлоридів у вихідній пробі  $\rho_i$ , мг/дм<sup>3</sup>, розраховують за формулою 7.4:

$$\rho_i = \frac{(V - V_x) \cdot 0,02 \cdot k \cdot 35,453 \cdot 1000}{V_{\text{пр}}} \quad (7.4)$$

де:  $V$  – об'єм розчину срібла азотнокислого, який пішов на титрування

проби, см<sup>3</sup>;

$V_x$  – об'єм розчину срібла азотнокислого, який пішов на холосте титрування, см<sup>3</sup>;

0,02 – задана концентрація срібла азотнокислого, моль/дм<sup>3</sup>;

$k$  – коефіцієнт поправки для приведення концентрації срібла азотнокислого до концентрації 0,02 моль/дм<sup>3</sup>;

35,453 – молярна маса хлорид-іону;

1000 – коефіцієнт для перерахунку концентрації в мг/дм<sup>3</sup>;

$V_{пр}$  – об'єм вихідної проби, взятої для титрування, см<sup>3</sup>;

$i$  – номер одиничного вимірювання,  $i = 1, 2$ .

Результати обчислень за формулою (7.4) заокруглюють і записують до третьої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації хлоридів,  $\rho$ , розраховують за формулою (7.5) як середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань  $\rho_1, \rho_2$ :

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (7.5)$$

відносна розбіжність між якими при довірчій ймовірності 0,95 не перевищує значення нормативу оперативного контролю збіжності,  $d_{зб}$ , %.

$$\frac{2|\rho_1 - \rho_2|}{\rho_1 + \rho_2} \leq 0,01 \cdot d_{зб} \quad (7.6)$$

Для поверхневих вод у діапазоні від 10 до 500 мг/дм<sup>3</sup> включно значення нормативу оперативного контролю збіжності при довірчій ймовірності  $P = 0,95$  становить 11 %.

Результат обчислень за формулою (7.5) заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

За результат вимірювання масової концентрації хлоридів у поверхневих водах приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань масової концентрації хлоридів у підготованій пробі.

Результат вимірювання представляють у вигляді:

$(\rho \pm \Delta)$ , мг/дм<sup>3</sup>;  $P = 0,95$ ;  $n = 2$ ,

де:  $\pm \Delta$  – границі абсолютної похибки результату вимірювання для довірчої ймовірності  $P=0,95$ , мг/дм<sup>3</sup>;

$n$  – кількість паралельних вимірювань,  $n = 2$ ;

або

результат вимірювання масової концентрації хлоридів у поверхневих водах ( $\rho$ ), мг/дм<sup>3</sup>, границі сумарної відносної похибки ( $\pm \delta$ ), %;  $P = 0,95$ ;  $n = 2$ .

Границі абсолютної похибки результату вимірювання масової концентрації хлоридів у поверхневих стічних водах обчислюють за формулою 7.7:

$$\Delta = \frac{\delta \cdot \rho}{100} \quad (7.7)$$

Результат обчислень заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювання повинен закінчуватись тим же десятковим розрядом, що і абсолютна похибка вимірювання.

**Завдання 2.** Визначте, чи можуть червоновуха черепаха (*Trachemys scripta*) і сіра ропуха (*Bufo bufo*), яким необхідна прісна вода мешкати у воді з виявленим в попередньому завданні рівнем солоності? Які анатомо-морфологічні особливості шкіри не дозволяють земноводним жити в солоній воді (за винятком кількох видів, які можуть мешкати в солонуватих водоймах), на відміну від плазунів, які перейшли до водного способу життя?

**7.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

#### ***Контрольні питання***

1. Які анатомо-морфологічні особливості характерні для гідробіонтів?
2. Які абіотичні фактори впливають на гідробіонтів?
3. Яким чином можна визначити солоність води?
4. Які пристосування до водного способу життя є у земноводних і плазунів?
5. Чим зумовлена наявність хлоридів у поверхневих водах?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

### Вивчення комплексу видів тварин, включених до Червоної книги України

**8.1 Мета роботи:** проаналізувати таксономічний склад організмів (на прикладі тварин), які включені до Червоної книги України, а також їх природоохоронний статус в Україні.

#### 8.2 Короткі теоретичні відомості

Червона книга України є офіційним державним документом, який містить перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу у межах території України, її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, а також узагальнені відомості про сучасний стан цих видів тваринного і рослинного світу та заходи щодо їх збереження і відтворення.

Червона книга України є основою для розроблення та реалізації програм (планів дій), спрямованих на охорону та відтворення рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу, занесених до неї.

Підставою для занесення видів тваринного і рослинного світу до Червоної книги України є наявність достовірних даних про чисельність популяцій та їх динаміку, поширення і зміни умов існування, що підтверджують необхідність вжиття особливих термінових заходів для їх збереження та охорони.

До Червоної книги України в першу чергу заносяться реліктові та ендемічні види, види, що знаходяться на межі ареалу, види, що мають особливу наукову цінність, а також види, поширення яких швидко зменшується внаслідок господарської діяльності людини.

Рішення про занесення видів тваринного і рослинного світу до Червоної книги України приймається центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, за поданням Національної комісії з питань Червоної книги України.

Залежно від стану та ступеня загрози зникнення видів тваринного і рослинного світу, що заносяться до Червоної книги України, вони поділяються на такі категорії:

1) зниклі – види, про які після неодноразових пошуків, проведених у типових місцевостях або в інших відомих та можливих місцях поширення, відсутня будь-яка інформація про наявність їх у природі чи спеціально створених умовах;

2) зниклі в природі – види, які зникли в природі, але збереглися у спеціально створених умовах;

3) зникаючі – види, які перебувають під загрозою зникнення у природних умовах і збереження яких є малоімовірним, якщо триватиме дія факторів, що негативно впливають на стан їх популяцій;

4) вразливі – види, які у найближчому майбутньому можуть бути віднесені до категорії зникаючих, якщо триватиме дія факторів, що негативно впливають на стан їх популяцій;

5) рідкісні – види, популяції яких невеликі і на даний час не належать до категорії зникаючих чи вразливих, хоча їм і загрожує небезпека;

6) неоцінені – види, про які відомо, що вони можуть належати до категорії зникаючих, вразливих чи рідкісних, але ще не віднесені до неї;

7) недостатньо відомі – види, які не можна віднести до жодної із зазначених категорій через відсутність необхідної повної і достовірної інформації.

Вид – це сукупність близько споріднених організмів, які характеризуються морфо-фізіологічними і еколого-географічними особливостями, однакоvim типом обміну речовин, здатністю до утворення потомства, яке, у свою чергу, здатне до подальшого розмноження.

Назва виду складається з двох слів: перше – назва роду, друге – власна назва виду у складі певного роду. Наприклад, назва «клен американський (*Acer negundo*)» включає назву роду – Клен (*Acer*), а також назву виду у складі роду «Клен» – американський (*negundo*). Клен американський – це таксон, а вид – таксономічна категорія.

Таксони – це конкретні біологічні об'єкти. Приклади таксонів: хребетні, двокрилі, птахи, ссавці, хрящові риби, променепері риби, вудильникові, журавлеподібні, журавлеві, парнокопитні, порожнисторогі, морський чорт європейський (*Lophius piscatorius*), журавель сирій (*Grus grus*), зубр (*Bison bonasus*). Окрема особина (тобто індивід) належить до певного таксону, але не є таксоном.

Таксономічна категорія – це рівень, до якого віднесли таксон у таксономічній ієрархії. Чим вище ранг таксону, тим менш подібні або споріднені організми, поєднані в такі таксони. Приклади таксономічних категорій: клас, ряд, родина, род, вид.

При вивченні комплексу біологічних видів незалежно від мети такого вивчення насамперед проводиться аналіз таксономічної структури, тобто якісного та кількісного складу таксонів.

### 8.3 Експериментальна частина

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, дані польових зборів.

**Завдання 1.** Визначте таксономічну приналежність запропонованих екземплярів твердокрилих роду *Carabus*. Для визначення використовуйте спеціалізований сайт польського ентомолога Л. Боровця (<http://cassidae.uni.wroc.pl/Colpolon/coccinellidae.htm>). Виходячи з аналізу морфологічних ознак наданих екземплярів та видимих на зображеннях видів на вказаному сайті, знайдіть діагностичні ознаки, за допомогою яких можна відрізнити вид *Carabus menetriesi*, який включений до Червоної книги України.

**Завдання 2.** Проаналізуйте таксономічний склад тварин, що входять до Червоної книги України. Продовжить заповнення таблиці (I варіант – табл. 8.1; II варіант – табл. 8.2; III варіант – табл. 8.3). За результатами заповнення таблиці вкажіть який рід має найбільшу кількість видів у складі Червоної книги.

Таблиця 8.1 – Променепері риби, що входять до складу Червоної книги України

Ряд	Родина	Род	Число видів
Осетроподібні (Acipenseriformes)	Осетрові (Acipenseridae)	<i>Huso</i>	1
		<i>Acipenser</i>	5
...	...	...	...
Разом			69

Таблиця 8.2 – Птахи, що входять до складу Червоної книги України

Ряд	Родина	Род	Число видів
Пеліканоподібні (Pelecaniformes)	Пеліканові (Pelecanidae)	<i>Pelecanus</i>	2
...	...	...	...
Разом			87

Таблиця 8.3 – Ссавці, що входять до складу Червоної книги України

Ряд	Родина	Род	Число видів
Комахоїдні (Insectivora)	Їжакові (Etinaceidae)	<i>Hemiechinus</i>	1
...	...	...	...
Разом			68

**Завдання 2.** Проаналізуйте природоохоронні категорії, до яких належать тварини у складі Червоної книги України (I варіант – табл. 8.4; II варіант – табл. 8.5; III варіант – табл. 8.6). Вкажіть, представники якої категорії переважають.

Таблиця 8.4 – Категорії променеперих риб Червоної книги України

Категорія	Число видів
зниклі	
зниклі в природі	
зникаючі	
вразливі	
рідкісні	
неоцінені	
недостатньо відомі	

Таблиця 8.5 – Категорії птахів Червоної книги України

Категорія	Число видів
зниклі	
зниклі в природі	
зникаючі	
вразливі	
рідкісні	
неоцінені	
недостатньо відомі	

Таблиця 8.6 – Категорії ссавців Червоної книги України

Категорія	Число видів
зниклі	
зниклі в природі	

зникаючі	
вразливі	
рідкісні	
неоцінені	
недостатньо відомі	

**Завдання 3.** Побудуйте діаграму, відобразивши кількість видів, що охороняються та мешкають на території Чернігівської області, та видів (що охороняються) певного таксона, що зустрічаються у сусідніх областях (I варіант – на прикладі променеперих риб; II варіант – на прикладі птахів; III варіант – на прикладі ссавців) (використовуйте відповідну сторінку на сайті Червоної книги <https://redbook-ua.org/animals/region/>). Приклад діаграми показано на рис. 8.1.

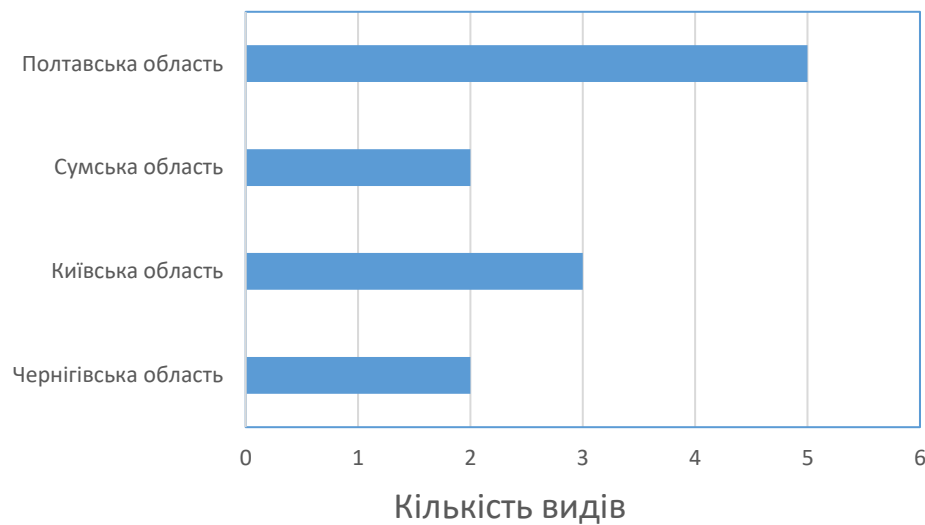


Рисунок 8.1 – Кількість видів плазунів, що охороняються, які мешкають на території Чернігівської та сусідніх областях

**Завдання 4.** Розгляньте запропоновані зображення різних видів. Використовуючи Червону книгу України, визначте який із зображених видів відноситься до охоронюваних. Вкажіть, які фактори загрожують цьому виду в Україні. Приклад зображень видів, запропонованих до виконання завдання, показано на рис. 8.2.

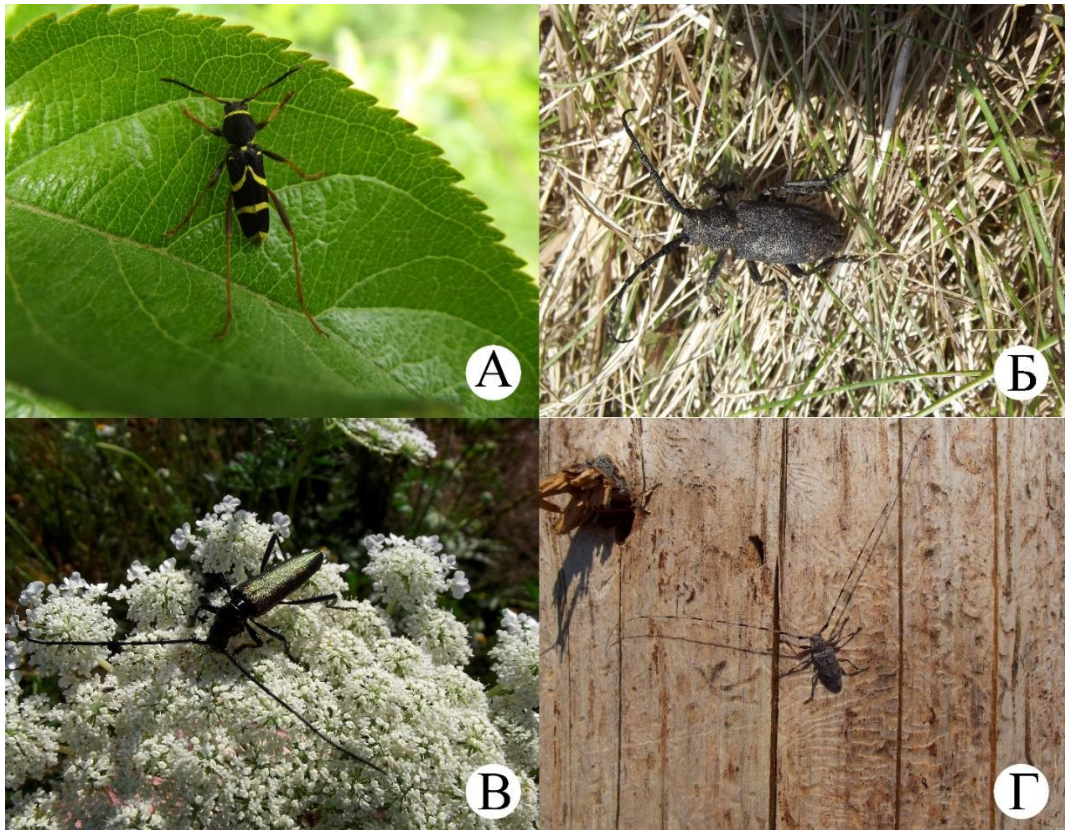


Рисунок 8.2 – Твердокрилі фауни України

**8.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

***Контрольні питання***

1. Що таке Червона книга України?
2. Дайте визначення таксона та таксономічної категорії. Наведіть приклади.
3. Наведіть приклади таксонів, занесених до Червоної книги України.
4. Яким природоохоронним категоріям належать види, що входять до Червоної книги України?
5. Наведіть приклади таксонів, що охороняються, які мешкають на території Чернігівської області.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

### Визначення анатомо-морфологічних і фізіологічних пристосувань організмів до життя в наземно-повітряному середовищі

**9.1 Мета:** використовуючи комплексний підхід, який включає використання різних методів досліджень, визначити пристосування рослин до високих і низьких температур в умовах наземно-повітряного середовища.

#### 9.2. Короткі теоретичні відомості

Наземно-повітряне середовище набагато складніше для життя, ніж водне за рахунок різноманітності абіотичних факторів (освітленість, мала густина повітря, температура, вологість, газовий склад атмосфери тощо) та широкого діапазону їх коливання у різних географічних зонах й екологічних системах.

Серед адаптацій організмів до наземно-повітряного середовища слід виділити:

1. Формування зовнішнього скелету (наприклад, черепашка у молюсків, панцир у ракоподібних) і скелету у тварин та поява різноманітних механічних органів й тканин у рослин. Такі адаптації пов'язані з газоподібним середовищем, його низькою густиною, високим вмістом кисню і малою кількістю водяної пари;

2. Зміна системи дихання;

3. Специфічні пристосування для прикріплення і опори;

4. Максимальна маса та розміри наземних організмів;

5. Низька опірність щодо переміщення зумовлена низькою густиною повітря;

6. Здатність літати. До активного польоту за допомогою мускульних зусиль і планування у повітряних течіях пристосовані 75 % видів усіх наземних тварин, переважно комахи та птахи. У багатьох видів розвинена анемохорія – розселення з допомогою повітряних течій (наприклад, спори, насіння, плоди, цисти найпростіших, дрібних комах, павуків).

Температура – це один з найважливіших факторів навколишнього середовища. Велике значення має для нерухомих організмів, до яких відносяться рослини.

Жаростійкість – це здатність організму виносити значні підвищення температури довкілля або свого тіла.

Наприклад, рослини пустель для захисту від спеки, впадають у стан спокою. Жаростійкість рослин багато в чому залежить від тривалості дії високих температур.

Рослини за жаростійкістю поділяють на три групи: жаровитривалі – рослини сухих місць: сукуленти (витримують температуру до 60°C) та ксерофіти (до 54°C); нежаростійкі – мезофіти та водні рослини. Мезофіти, що ростуть за сонячних умов, витримують температуру до 40–47°C, при затіненні – 40–42°C, а водні рослини – до 38–42°C.

Розрізняють два типи жаростійкості: органічну й зумовлену.

Органічна жаростійкість – справжня жаростійкість, яка зумовлюється високою термостабільністю біоколоїдів, що витримують без коагуляції пряму дію високих температур.

Зумовлена жаростійкість полягає у здатності рослин захищати себе від перегрівання завдяки наявності тих чи інших захисних пристосувань. Прикладом рослин з органічною жаростійкістю може бути диня. Вона, не маючи ніяких захисних пристосувань, при слабкій транспірації погано охолоджується, а тому швидко в'яне, але завдяки високій термостабільності біоколоїдів клітин рослини не гинуть.

Кавун, навпаки, має сильно розсічений опушений листок, а також добре розвинену кореневу систему. Це сприяє вбиранню з ґрунту великої кількості води, а при інтенсивній транспірації й невеликій площі листової поверхні забезпечує постійне охолодження рослини.

Крім транспірації, рослини мають інші пристосування, що захищають їх від теплових пошкоджень. Це розташування листків паралельно променям сонячного світла; опушення чи лусочки, що затіняють поверхню надземних органів рослини; тонкі шари коркової тканини, що охороняють флоему і камбій; наявність кутикули, світле забарвлення південних рослин; високий вміст вуглеводів і малий – води у цитоплазмі тощо.

При тривалій дії температури від 35 до 40°C змінюється співвідношення між диханням та фотосинтезом. Останній має порівняно нижчий температурний оптимум, ніж дихання. Згідно з правилом Вант-Гоффа, швидкість хімічних реакцій при підвищенні температури на 10°C, зростає у 2–3 рази. Це правило при фотосинтезі діє до 30–35°C, а при диханні – до 40–50°C, потім інтенсивність цих метаболічних процесів різко знижується. Отже, цими величинами температури й визначаються температурні оптимуми фотосинтезу й дихання. Тому при температурі 35–40°C витрати органічних речовин на дихання переважають їх синтез. Порушення співвідношення синтезу та розпаду речовин зумовлюється неоднаковим ступенем зміни активності відповідних ферментів. При цьому спостерігається нагромадження аміаку, який не встигає вступати у процес синтезу білка й становить токсичну небезпеку для організму. Рослини виснажуються, отруюються, інтенсивніше уражуються грибовими хворобами, що призводить до зниження їх продуктивності.

Високі температури висушують рослини та порушують баланс асиміляції, тобто під впливом їх посилюється дихання та знижується фотосинтез. Крім того, високі температури можуть спричинити пошкодження клітин і навіть призвести до загибелі цитоплазми, а відтак і загибелі самої рослини.

Вплив високих температур спричинює пошкодження структури й функції цитоплазматичних мембран, білків, гальмує рух цитоплазми, знижує мітотичний індекс тощо. Для з'ясування специфіки адаптації рослин до дії високих температур доцільними є дослідження їх фотосинтетичного апарату. Наразі за дії високих температур у клітинах мезофілу листка відбувається пошкодження цілісності напівпроникних мембран, внаслідок чого відбувається дифузія речовин по клітині та за її межі. Такий листок, занурений у розчин соляної кислоти, може набувати бурого забарвлення в результаті феофітинізації

(окиснення) хлорофілів. За ступенем феофітинізації можна оцінювати жаростійкість рослин.

Холодостійкість – це здатність рослин протистояти тривалому впливу низьких позитивних температур та заморозків (1–10°C).

Холодостійкість притаманна рослинам помірної смуги. Тропічні та субтропічні рослини пошкоджуються або відмирають при температурі нижче 0°C. Деякі рослини не замерзають доти, поки в тканинах не утворюється лід. Пошкодження рослин холодом супроводжується втратою тургору листям, зміною забарвлення внаслідок розкладання хлорофілу.

Здатність рослин витримувати температури нижче 0°C називають морозостійкістю. Залежно від ступеня і специфічного характеру холодостійкості виділяють наступні групи рослин:

1) нехолодостійкі – рослини, які серйозно пошкоджуються уже за температур вище точки замерзання: рослини тропічних лісів;

2) неморозостійкі – гинуть, як тільки в тканинах починає утворюватися лід (тропічні і субтропічні деревні рослини і різноманітні види помірно-теплих районів. В період вегетації всі листостеблеві рослини неморозостійкі);

3) «льодостійкі» – в холодний період року ці рослини переносять позаклітинне замерзання води і пов'язане з ним зневоднення (мохи всіх кліматичних зон, багаторічні наземні рослини областей з холодною зимою).

При замерзанні рослинних тканин в міжклітинниках утворюються кристали льоду, які відтягують воду від цитоплазми. Якщо цитоплазма не володіє достатньою морозостійкістю, то вона, не витримавши зневоднення, а також механічного тиску кристалів льоду, коагулює. Про ступінь пошкодження цитоплазми можна судити по її здатності утримувати клітинний сік. Стійкість колоїдів цитоплазми може бути підвищена захисними речовинами, серед яких важлива роль належить розчинним вуглеводам.

### 9.3 Експериментальна частина

**Матеріали та обладнання:** зелені листки різних видів рослин, 0,2 н розчин хлоридної кислоти, водяна баня, термометри, піпетки, чашки Петрі, кристалізатори, чайник з киплячою водою, коренеплід червоного буряка, 1,0 і 0,5 М розчини сахарози, 8% розчин NaCl, лід, сіль кухонна, лопатка для перемішування, термометр до мінус 25°C, скальпель, порцелянова чашка, пробірки з гумовими кільцями (3 шт.), стакан, фільтрувальний папір, гербарний матеріал, зображення біотопів.

**Завдання 1.** Визначити рівень жаростійкості рослин різних видів.

Хід роботи

1. Нагріти водяну баню до 40°C.

2. Занурити в неї по 3–5 листків кожного виду рослин і витримати протягом 10 хв., підтримуючи температуру водяної бані.

3. Взяти першу пробу, витягуючи по одному листку кожного виду рослин, і охолодити їх у чашці Петрі з холодною водою.

4. Збільшити температуру водяної бані до 50°C і через 10 хв. витягнути ще по одному листку і охолодити їх у новій чашці Петрі з холодною водою.

5. Збільшити температуру водяної бані до 60°C і через 10 хв. витягнути ще по одному листку, охолодити.

6. Аналогічно інкубувати листки за дії та 80°C. Листки охолодити.

7. Воду в чашках Петрі замінити на 0,2 н розчин HCl і через 20 хвилин оцінити ступінь пошкодження листків за величиною бурих плям.

8. Результати досліджень записати в таблицю 9.1, відмічаючи: відсутність побуріння знаком «-», побуріння понад 50 % площі листка – «++», повне побуріння – «+++».

Таблиця 9.1 – Ступінь пошкодження листків рослин різних видів за температури

Об'єкт дослідження	Ступінь пошкодження листків за температури, °C			
	40	50	60	80
Традесканція	-	-	-	+++
Хлорофітум	-	-	+	+++
Пеларгонія	-	+	+++	+++

9. Зробіть висновки щодо отриманих результатів.

**Завдання 2.** Визначити захисну дію простих вуглеводів на цитоплазму рослин при заморожуванні.

#### Хід роботи

1. З очищеного коренеплоду червоного буряка зробити 12–15 однакових за розміром не надто тонких зрізів (товщина декілька мм).

2. Помістити зрізи в порцелянову чашку і ретельно промити водою для видалення соку, що впливає з пошкоджених клітин. Перенести по 4–5 зрізів в 3 пробірки. В першу пробірку налити на 1/4 води, в другу – стільки ж 0,5 М розчину сахарози, в третю – 1,0 М розчину сахарози.

3. Приготувати подрібнений лід, додати 1 частину кухонної солі і ретельно перемішати (температура повинна бути близько мінус 20°C).

4. Занурити все пробірки в охолоджувальну суміш на 15–20 хв, після чого поставити в склянку з водою кімнатної температури.

5. Після відтавання відзначити забарвлення рідини в пробірках і забарвлення зрізів.

6. Результати досліджень записати в таблицю 9.2.

Таблиця 9.2 – Результати досліджень рівня морозостійкості рослин

Варіант	Забарвлення розчину
Вода	Червоний
0,5 М розчин сахарози	Яскраво рожевий
1 М розчин сахарози	Світло-рожевий

7. Поясніть відмінності між варіантами, зазначивши значення цукру для морозостійкості рослин.

**Завдання 3.** Розгляньте зразки рослин та зображення біотопів їхнього зростання. Вкажіть, яка рослина має найбільшу жаростійкість. Свою відповідь

обґрунтуйте. Приклади рослин, які можуть бути надані для виконання завдання, а також зображення біотопів, показано на рис. 9.1.

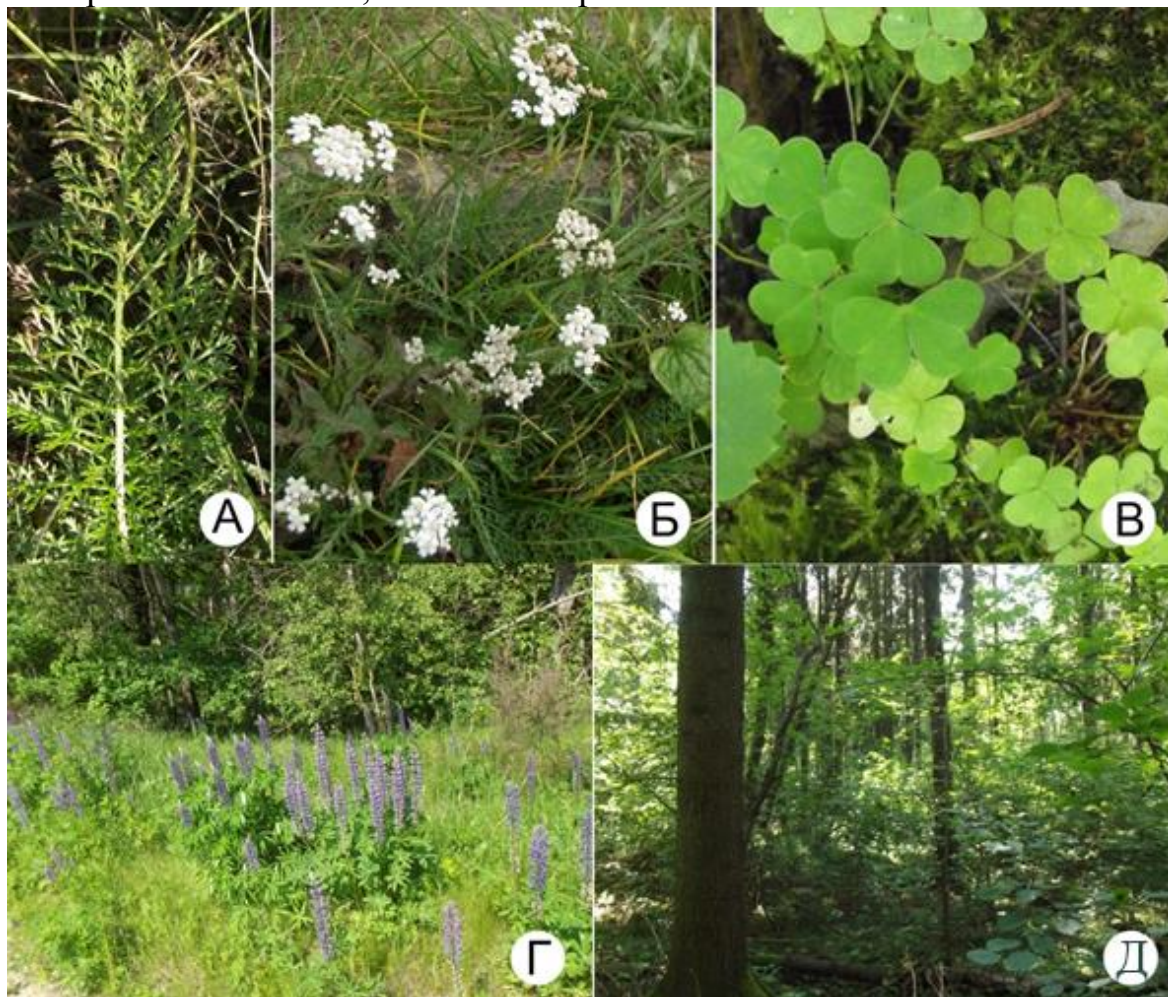


Рисунок 9.1 – Деревій звичайний (А, Б) і квасениця звичайна (В), а також біотопи їх зростання (Г і Д відповідно)

**Завдання 4.** Заповніть табл. 9.3.

Таблиця 9.3 – Жаростійкість та холодостійкість рослин

Вплив температури на рослини	Групи рослин за жаростійкістю / холодостійкістю	Адаптації рослин до високої / низької температури	Приклади жаростійких / холодостійких рослин	Наслідки негативного впливу високих / низьких температур на рослини
Вплив високих температур на рослини				
Вплив низьких температур на рослини				

**9.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

### ***Контрольні питання***

1. Які рослини називають жаростійкими?
2. На які групи підрозділяються рослини за ознаками жаростійкості?
3. У рослин якої екологічної групи найвищий рівень жаростійкості, а у яких – найнижчий?
4. Яке значення має перетворення крохмалю в цукор в запасуючих тканинах пагонів деревних рослин взимку?
5. Які морфологічні особливості можуть мати рослини в якості пристосувань до температури навколишнього середовища?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

### Визначення анатомо-морфологічних пристосувань організмів до життя в ґрунті

**10.1 Мета:** використовуючи комплексний підхід визначити пристосування організмів (на прикладі тварин) до життя в ґрунті.

#### 10.2. Короткі теоретичні відомості

В ґрунті спостерігається широке різноманіття тварин, які відрізняються за розмірами, живленням, місцем, яке вони займають в ґрунтового профілі, ступенем зв'язку з ґрунтом та іншими екологічними властивостями.

За ступенем зв'язку з ґрунтом можна виділити три основні групи: 1) геобіонти – мешкають у ґрунті все життя; 2) геофіли – певна частина життєвого циклу обов'язково здійснюється у ґрунті; 3) геоксени – випадкові мешканці ґрунту, або користуються ґрунтом тільки як сховищем.

ґрунт є трифазною системою: між твердими частками та їх конгломератами (структурними компонентами) є порожнини, що зайняті повітрям та плівками води. Крім того, ґрунт має більш великі порожнини – сліди коренів, тріщини, ходи, що вже зроблені більш крупними тваринами. Завдяки цим структурним особливостям ґрунту пересування в ньому тварин можливо або за допомогою використання вже існуючих свердловин, порожнин та ходів, або за допомогою активного прокладання у ґрунті ходів, як у твердому субстраті.

Для малих за розмірами організмів, які менші порівняно з розмірами існуючих в ґрунті ходів, пересування по них у ґрунті принципово не відрізняється від пересування по поверхні твердого субстрату. Тому в таких тварин (кліщі, ногохвістки, тихохідки тощо) немає специфічних пристосувань до пересування в ґрунті. Головним локомоторним органом таких організмів є кінцівки, пристосовані до пересування по поверхні твердого субстрату. Зі збільшенням розмірів тіла тварин з'являється необхідність в формуванні спеціальних адаптацій до пересування в ґрунті. До таких адаптацій, наприклад, можна віднести перетворення передніх ніг.

Для вовчків характерні щетинкоподібні вусики та велика яйцеподібна передньоспинка (передньогруди зі спинного боку). Надкрила вкорочені, перетинчасті. Передні ноги копального типу. Яйцеклада немає. Серед поширених представників може бути названий вовчок звичайний (*Grylloptera grylloptera*) забарвлений у бархатисто-бурі тони. Тіло вкрите дрібними волосками. Надкрила короткі, крила добре розвинені, трохи довші за черевце, складені віялоподібно (кінці їх мають вигляд загнутих донизу джгутиків). Копаючи підземні ходи, вовчки перегризають корінці та стебла або вигортають з ґрунту.

Проміжним типом пересування між активним прокладанням ходів та пересуванням по свердловинах, що вже існують, є активне прокладання власного ходу завдяки розсуненню часток ґрунту внаслідок зміни товщини тіла. За таким принципом пересуваються у ґрунті дощові черви.

Твердість покривів є важливою адаптацією до специфіки пересування безхребетних тварин (особливо членистоногих). Вона обумовлена наявністю кутикули. Кутикула – це складний продукт виділення клітин. Біомеханічно вона являє собою композиційний матеріал, в якому комбінація різних компонентів надає кутикулі таких властивостей, яких не має жодна з окремих її складових. У різних ділянках покривів комбінація речовин є різною, отже й кутикула має певні «локальні» властивості – здебільшого певну твердість та еластичність. Основою кутикули є протеїновий матрикс, у який вбудовані хітиновмісні мікрофібрили. Частка хітину в різних ділянках кутикули може сягати 60 %, а інших компонентів – ліпідів, фенолових сполук, солей та води – зазвичай не перевищує кількох відсотків. Виростами, які утворені диференційованими гіподермальними клітинами (клітинами, що виділяють кутикулу), є волоски та їхні похідні. Первісно волосок утворюється за участі трьох типів клітин: трихогенна клітина виділяє кутикулу, тормогенна – обгортає трихогенну і формує основу волоска та мембрану, а сенсорна – представлена біполярним нейроном, аксон якого тягнеться до центральної нервової системи. Отже волоски первинно є сенсорними структурами (наприклад можуть слугувати тактильними рецепторами).

Мешканці ґрунту також адаптовані для здійснення дихання. Шкірний епітелій, що має контакт з навколишнім середовищем, може виконувати функцію органу дихання. У багатьох тварин він є єдиним органом, завдяки якому виконується газообмін. Великий вміст кисню в ґрунтовому повітрі забезпечує у мешканців ґрунту повну компенсацію потреб в газообміні шкірним диханням. Так, дихають дощові черви. Їхня кров містить дихальний пігмент (розчинений гемоглобін). Це може розглядатися як пристосування до підвищення ефективності газообміну через шкіру. Для типово наземних груп ґрунтових безхребетних – комах та багатоніжок, властиве дихання за допомогою трахей. Трахейна система комах утворена наповненими повітрям трубочками, які виникають як вгортання покривів всередину тіла. Трубочки багаторазово галузяться, внаслідок чого площа контакту із тканинами, на якій відбувається дифузія, стає величезною. У комах найдрібніші розгалуження сягають окремих клітин, а отже саме трахейна система, а не кровоносна, транспортує гази організмом. Тому кров комах (гемолімфа) здебільшого є прозорою – позбавлена дихальних пігментів.

Найбільш примітивні комахи (наприклад, ногохвістки), що мешкають у ґрунті та екологічно подібних субстратах, позбавлені трахей і дихають усією поверхнею тіла.

Ряд Ногохвостки (Колемболи) характеризуються видовженим чи кулястим тілом, 0,2–10 мм (частіше – близько 1 мм) довжиною. Голова із ротовими органами гризучого типу. Вусики 3–6-членикові. Черевце шестичленикове і містить на III членику зачіпку й на IV – стрибальну вилку. У стані спокою стрибальна вилка підігнута під тіло й утримується зачіпкою; під час плигання зчеплення порушується, вилка розправляється й підкидає тіло догори. Гомілки та лапки злиті. Трахейна система розвинена лише в окремих видів.



Колемболи знайдені на всіх континентах земної кулі: у льодовиках Антарктиди, у воді тропічних водойм, у пісках пустель Африки. Ареали найпоширеніших видів охоплюють більше половини площі поверхні суші. На деяких типах лісових ґрунтів мешкає більше мільйона особин ногохвосток на квадратному метрі. На території України це дуже поширена група, численні представники якої живуть завжди в місцях із підвищеною вологістю: у ґрунті, у підстилці, у воді (на рослинах), у житлі людини (у горщиках кімнатних рослин). Відіграють значну роль у кругообігу речовин у природі, уживаючи та перероблюючи мертві органічні залишки й беручи участь у ґрунтоутворювальних процесах. Деякі форми в умовах закритого ґрунту шкодять рослинам. Частина ногохвосток – хижаки, що живляться іншими видами цього ж ряду, нематодами та іншими компонентами мікрофауни. Серед поширених представників може бути названа ногохвостка *Folsomia candida* (тіло без очей і пігменту, завдовжки від 0,9 до 2,5 мм).

### 10.3 Експериментальна частина

**Обладнання та матеріали:** мікроскопи, предметне і покривне скло, чашки Петрі, проби ґрунту.

**Завдання 1.** Розгляньте проби ґрунту. Знайдіть дощових черв'яків та ґрунтових ногохвосток. Зразковий склад виявлених видів показано на рис. 10.1. Заповніть таблицю 10.1.

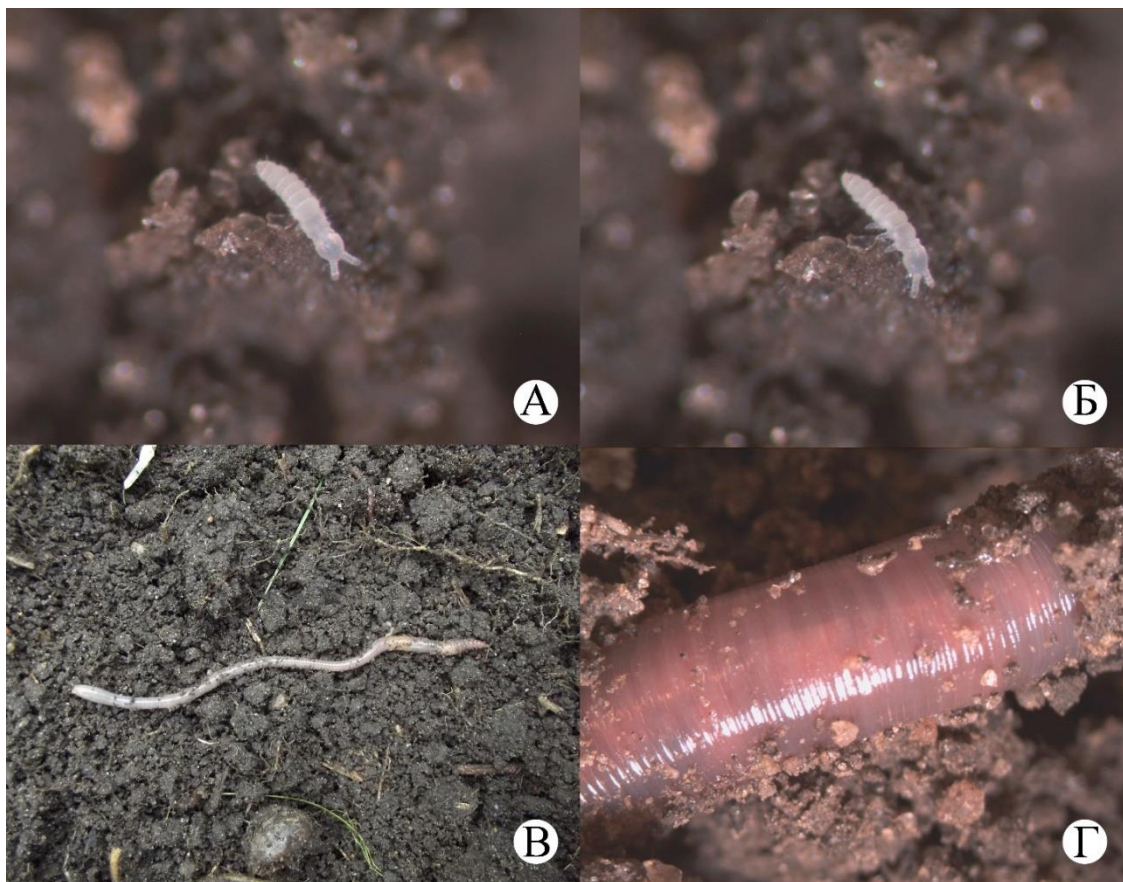


Рисунок 10.1 – Ґрунтові тварини: А, Б – ногохвостка (*Folsomia candida*); В, Г – звичайний дощовий черв'як (*Lumbricus terrestris*)

Таблиця 10.1 – Особливості пристосувань ґрунтових ногохвосток та дощових черв'яків до проживання у ґрунті

Вид	Спосіб пересування у ґрунті	Спосіб здійснення дихання	Фактори, що спричиняють забарвлення тіла

**Завдання 2.** Розгляньте проби ґрунту. Знайдіть ґрунтових кліщів та багатоніжок. Вони мають на тілі довгі волоски, вкажіть їх значення. Зразковий склад виявлених видів показано на рис. 10.2.

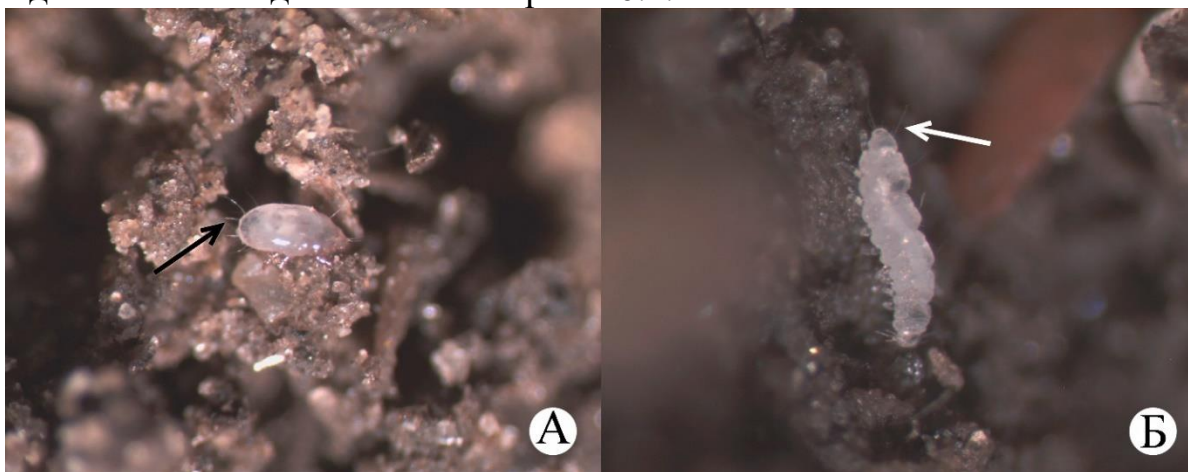
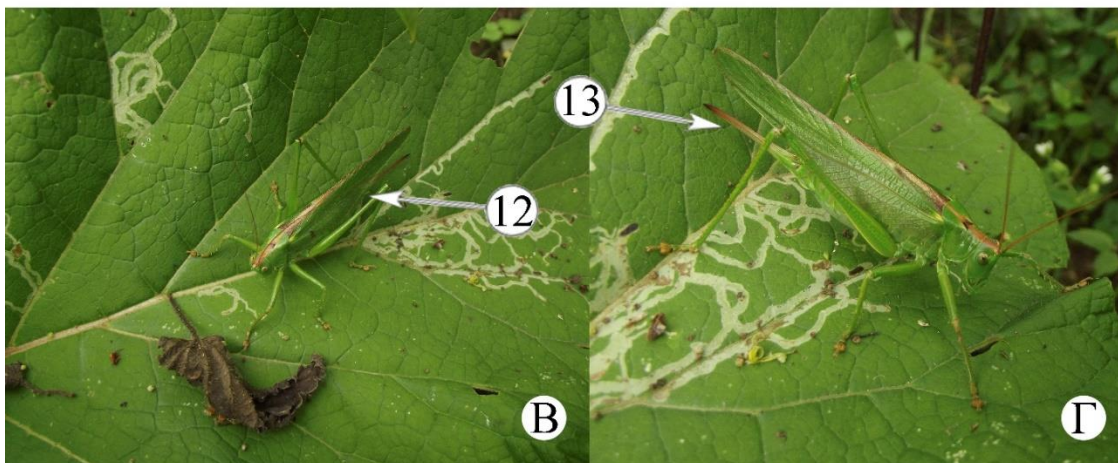
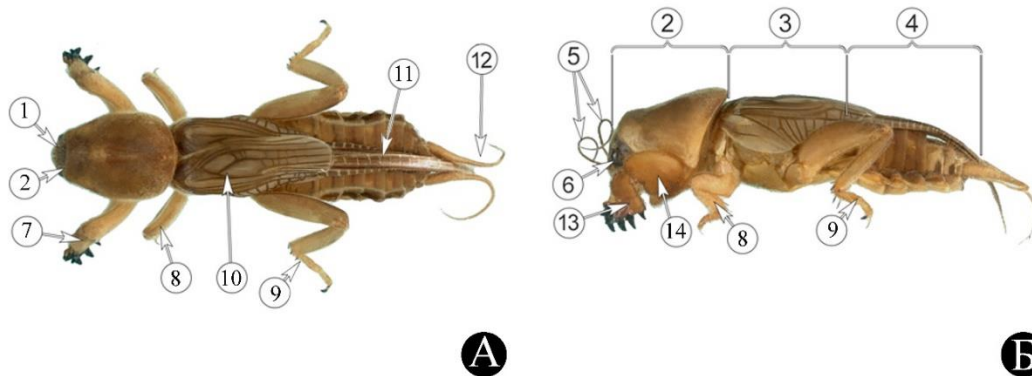


Рисунок 10.2 – Ґрунтові тварини: А – кліщ; Б – багатоніжка

**Завдання 3.** Розгляньте вовчка звичайного і коника зеленого. Проведіть їх порівняльний морфологічний аналіз (таблиця 10.2). Їхній зовнішній вигляд показаний на рис. 10.3. Вони відносяться до одного ряду комах (Orthoptera), але мешкають у різних середовищах: вовчок звичайний – у ґрунті; коник зелений – у наземно-повітряному середовищі.

Довідково: ряд Прямокрилі (Orthoptera) – комахи великого чи середнього розміру, звичайно з видовженим тілом. На голові є два складних ока й одне-три прості вічка. Ротові органи гризучого типу. Передньогруди великі, рухомо зчленовані із середньогрудьми. Крил дві пари, звичайно вони добре розвинені, із густою сіткою жилок; нерідко крила різною мірою вкорочені або їх зовсім немає. Передні крила здебільшого видовжені, прямі (звідси назва ряду), шкірясті. Задні – перетинчасті, у стані спокою складені віялоподібно під передніми. Передні й середні ноги ходильного типу (у вовчків – копального типу). Задні ноги звичайно стрибального типу, із дуже видовженими стегнами й гомілками (майже ходильного типу у тих, що не стрибають – родина вовчки). Черевце має десять сегментів, на кінці з двома церками (пара членистих додатків, рясно вкритих сенсилами, що виконують чутливу функцію), у самок коників і цвіркунів – із видовженим або вигнутим яйцекладом.



1 – голова; 2 – передньоспинка; 3 – середньогруди та задньогруди; 4 – черевце; 5 – вусики; 6 – око; 7 – передні ноги; 8 – середні ноги; 9 – задні ноги; 10 – надкрила (передні крила); 11 – задні крила; 12 – церки; 13 – гомілка передніх ніг; 14 – стегно передніх ніг

Рисунок 10.3 – Прямокрилі комахи: А, Б – вовчок звичайний (*Gryllotapa gryllotapa*); В, Г – коник зелений (*Tettigonia viridissima*)

Таблиця 10.2 – Пристосування Orthoptera до проживання у ґрунті (у порівняльному аспекті)

Мофрологічна ознака	Особливості прояву ознаки		У чому полягають адаптації у зв'язку із середовищем проживання	
	Вовчок звичайний	Коник зелений	Вовчок звичайний	Коник зелений
Забарвлення тіла				
Тип передніх ніг				
Тип задніх ніг				
Ступінь розвитку надкрил				
Відносний розмір ніг				
Розташування надкрил і задніх крил щодо тіла				
Наявність яйцекладу				
Ступінь розвитку церок				

**Завдання 4.** Проаналізуйте додаткові літературні джерела, (наприклад, монографію «Шацьке поозер'я. Тваринний світ», 2016). Виберіть 9 видів (3 види – геобіонтів; 3 – геофілів; 3 – геоксенів). Заповніть таблиці 10.3, 10.4, 10.5.

Таблиця 10.3 – Приклади та коротка характеристика геобіонтів

№	Вид тварини (у тому числі латинська назва)	Особливості екології
1		
2		
3		

Таблиця 10.4 – Приклади та коротка характеристика геофілів

№	Вид тварини (у тому числі латинська назва)	У чому полягає зв'язок із ґрунтом
1		
2		
3		

Таблиця 10.5 – Приклади та коротка характеристика геоксенів

№	Вид тварини (у тому числі латинська назва)	У чому полягає зв'язок із ґрунтом
1		
2		
3		

**10.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

#### *Контрольні питання*

1. Які екологічні групи організмів щодо їх зв'язку з ґрунтом виділяють?
2. Які адаптації для пересування в ґрунті характерні для ґрунтових тварин?
3. Які адаптації для дихання в ґрунті характерні для ґрунтових тварин?
4. Наведіть приклади ґрунтових тварин та дайте їх коротку характеристику.
5. Наведіть приклади екологічних особливостей організмів, які пов'язані з ґрунтом.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України) / Якубенко Б. Є. та ін. К. : Фітосоціоцентр, 2011. 535 с.
2. Волошина Н. О. Екологія. Частина I : навч. посібник. 2-ге видання, перероблене і доповнене. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2020. 243 с.
3. Екологія / Бобильов Ю. П. та ін. ; за ред. О. Є. Пахомова. Харків : Фоліо, 2014. 667 с.
4. Екологія поверхневих вод: навчальний посібник / Петрушка І. М., Ріпак М. С., Гивлюд А. М., Шибанова А. М. Львів : Львівська політехніка, 2019. 154 с.
5. Жигаленко О. А. Анотований конспект флори Ічнянського національного природного парку : монографія. Суми : Університетська книга, 2015. 79 с.
6. Ігнатенко І. А. Екологія тварин : навч. посібник. Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2009. 103 с.
7. Про Червону книгу України : Закон України від 07.02.2002 № 3055-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3055-14#Text> (дата звернення: 05.05.2023).
8. Стадник О. С., Гнеушев В. О. Збагачуваність високозольного торфу : монографія. Рівне : НУВГП, 2019. 163 с.
9. Фізіологія рослин : підручник / Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. ; за ред. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
10. Чужорідні види охоронних флор Лісостепу України : монографія / Р. І. Бурда та ін. Київ : Наукова думка, 2015. 113 с.
11. Шацьке поозер'я. Тваринний світ : кол. моногр. / А.-Т. В. Башта та ін. ; за ред. П. Я. Кіличицького. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 610 с.
12. Iconographia coleopterorum Poloniae. Chrząszcze Polski : веб-сайт. URL: <http://cassidae.uni.wroc.pl/Colpolon/index.htm> (дата звернення: 05.05.2023).

### Допоміжна

13. Бригадиренко В. В. Основи систематики комах : навч. посіб. Д. : РВВ ДНУ, 2003. 204 с.
14. Жуков О. В. Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин : моногр. Д. : Вид-во «Свідлер А. Л.», 2009. 239 с.
15. Жуков О. В., Пилипенко О. Ф., Кірієнко С. М. Основи ґрунтової зоології та біоіндикації : навч. посіб. Д. : РВВ ДНУ, 2002. 88 с.
16. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія : навч. посібник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. 416 с.
17. Клименко М. О., Борщевська І. М. Екологія рослин. Лабораторний практикум : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2017. 147 с.
18. Лисенко Г. М. Загальна екологія : навч.-метод. посіб. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 103 с.
19. Основи екології : навч. посіб. / М. Федоряк та ін. ; Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. Чернівці : Рута, 2020. 119 с.

20. Панюта О. О., Ольхович О. П., Капустян А. В. *Анатомія рослин: терміни : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ : ТОВ «Авега», 2012. 110 с.*
21. Перший в Україні офіційний регіональний список інвазійних видів рослин Закарпаття / М. В. Шевера та ін. *Вісн. НАН України. 2017. № 10. С. 53–61.*
22. Протопопова В. В., Мосякін С. Л., Шевера М. В. *Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ : Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. 2002. 28 с.*
23. Руденко С. С., Костишин С. С., Морозова Т. В. *Загальна екологія : практичний курс. Ч. 2 : Природні наземні екосистеми. Чернівці : Книги-ХХІ, 2008. 308 с.*