

Навчальна загально-екологічна практика

(1-й курс, 2-й семестр) – основна компонента навчального плану циклу професійної підготовки спеціальності.

Метою практики є закріплення, поглиблення та удосконалення знань отриманих під час семестрового навчання з наступних дисциплін: «Біологія», «Загальної екології та неоекологія», а також оволодіння базовими навичками та вміннями польових досліджень.

Метою практичних занять є засвоєння методів, за допомогою яких можна досліджувати та оцінювати екологічний стан різноманітних екосистем довкілля, а також засвоєння методів, за допомогою яких можна досліджувати екологічні особливості різних організмів в межах аутоекології та синекології.

Основними завданнями цієї практики є формування вмінь і практичних навичок:

- застосування в практичній діяльності головних законів та положень екології;
- засвоєнні найбільш характерних особливостей рослин і тварин та їх взаємовідносин з іншими компонентами екосистем;
- з'ясування особливостей функціонування екосистем;
- формування у здобувачів освіти практичних навичок та вмінь проводити стандартні відбори ґрунтових проб для визначення якості ґрунтів та поширення різних видів тварин у ґрунті за ґрунтовим профілем;
- засвоєння методів оцінки якості та картографування екологічного стану природних поверхневих вод за гідрохімічними та гідробіологічними показниками;
- дослідження закономірностей просторового співвідношення різних форм рельєфу на досліджуваній території;
- польове вивчення деяких показників (характеристик), елементів, процесів, які прямо або опосередковано впливають на особливості формування екологічного стану довкілля;
- виконання самостійних навчально-дослідницьких робіт (СНДР) зі спостереження за станом природних екосистем і урбанізованих територій.

Змістом практики є:

- 1) ознайомлення з технікою безпеки, змістом завдань практики, вимогами до фіксації зібраних матеріалів та оформлення звітної документації;
- 2) проведення тематичних екскурсій;
- 3) організація та проведення обліку чисельності тварин різними методами; закладання маршрутної сітки;
- 4) приготування знарядь для збору і розчинів для фіксації матеріалу;
- 5) практичне засвоєння прийомів біогеоценотичного опису та картування;
- 6) камеральна обробка матеріалів та даних польових досліджень;
- 7) самостійні групові практичні заняття з первинної обробки зібраних колекцій, проб об'єктів рослинного світу та матеріалів польових вимірювань;

8) самостійні індивідуальні спостереження за рослинними об'єктами в конкретних умовах мешкання (СНДР).

9) оформлення індивідуального завдання та звіту з проходження практики.

1 РОЗДІЛ «Водні екосистеми»

Заняття 1.

Тема 1. Водні екосистеми та їх характеристика.

Динаміка водних мас та їх роль у водних екосистемах.

Водні маси як компонент гідроекологічної структури водойм і водотоків. Типізація водних об'єктів та їх гідрологічна характеристика. Роль течій у формуванні структури біоценозів та функціонуванні водних екосистем. Гідрофізичні фактори у водних екосистемах. Фізико-хімічні властивості води та їх екологічне значення. Термостабільні властивості води. Щільність, в'язкість води і поверхневий натяг. Температурний та термічний режим водних об'єктів. Світло та його роль у функціонуванні водних екосистем. Седиментація, опадоутворення та формування донних ґрунтів. Роль гідрофізичних факторів у життєдіяльності гідробіонтів.

Експедиція до проточних, стоячих, зарегульованих штучних водойм.

Питання для обговорення.

1. Карбонатно-кальцієва рівновага у водоймах та роль гідробіонтів у трансформації вуглекислоти, CO_2 , іонів HCO_3^- .
2. Кругообіг азоту у водоймах.
3. Кругообіг вуглецю у водоймах.
4. Кругообіг фосфору у водоймах.
5. Іонні компоненти та їх біологічна роль.
6. Мікроелементи водних екосистем та їх біологічна роль.
7. рН та окислювально-відновний потенціал. Значення життєдіяльності гідробіонтів у їх змінах (сульфатредукція, утворення метану і т.д.).
8. Роль донних відкладів у формуванні якості води у водоймищах.
9. Роль кисню у життєдіяльності гідробіонтів.
10. Еврігалінні і стеногалінні гідробіонти.

Завдання 1. Порівняти особливості екологічних умов екосистеми малої річки та озера.

Завдання 2. Надати екологічну характеристику водним екосистемам (як визначають температуру, прозорість, кольоровість, вміст розчинених сполук і зависей, швидкість потоку, співвідношення кількостей води, що витікає, глибину, характер берегів і дна у різнотипних континентальних водоймах?).

Заняття 2.

Тема 2. Гідробіоценози як біологічні системи гідросфери.

Загальна характеристика гідробіоценозів. Видова різноманітність гідробіоценозів. Структура гідробіоценозів. Взаємини гідробіоценозів в екосистемах. Гідробіоценози малої річки, озера, водосховища, каналу, водойм болотного типу. Біологічна продуктивність водних екосистем.

Експедиція до малої річки, озера, водосховища, каналу, водойм болотного типу.

Питання для обговорення.

1. Особливості гідробіоценозів та методи їх вивчення.
2. Розмірно-вікова структура популяції гідробіонтів.
3. Трофічна структура популяції водних безхребетних тварин.
4. Поліморфізм як важливе проява біотичного різноманіття.
5. Типи якісних та кількісних планктонних сіток та особливості їх застосування
6. Планктоновловлювачі вітчизняного та закордонного виробництва.
7. Методи відокремлення певного об'єму води, з подальшою її фільтрацією.
8. Методи консервування й етикетування проб зоопланктону.
9. Методи підрахунку чисельності та біомаси зоопланктону.
10. Перерахунок кількісних показників зоопланктону на одиниці площі та об'єму.
11. Пристрої для відбору якісних і кількісних проб бентосу.
12. Методи підрахунку чисельності та біомаси макрзообентосу.
13. Перерахунок кількісних показників макрзообентосу на одиниці площі.
14. Пристрої для відбору зоофітосу і перифітону.
15. Методи підрахунку чисельності та біомаси організмів зоофітосу і перифітону.
16. Перерахунок кількісних показників зоофітосу і перифітону на одиниці площі.
17. Ознаки визначення представників класу Rotatoria, ряду Cladocera, підкласу Copepoda.
18. Основні представники літорального зоопланктону, що належать до класу Rotatoria, ряду Cladocera, підкласу Copepoda.
19. Ознаки визначення представників таких груп Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Gammaridae, Isopoda, Corophiidae, Mysidacea, Hirudinea, Coleoptera, Heteroptera, Chironomidae, Odonata, Trichoptera, Megaloptera, Ephemeroptera.
20. Основні представники літорального макрзообентосу, що належать до Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Gammaridae, Isopoda, Corophiidae, Mysidacea, Hirudinea, Coleoptera, Heteroptera, Chironomidae, Odonata, Trichoptera, Megaloptera, Ephemeroptera.
21. Методи визначення первинної продукції та деструкції органічної речовини.

Завдання 3. Надати характеристику угрупованням зоопланктону та макрзообентосу прісноводних екосистем (методи збору гідробіологічного матеріалу, особливості існування коловороток, веслоногих та гіллястовусих ракоподібних їх життєві цикли, особливості існування ракоподібних, водних комах, черевоногих та двостулкових молюсків). Життєві цикли гідробіонтів представити схематично та зробити пояснення.

Методи гідробіологічних досліджень.

Заняття 3.

Тема 3. Бентос – як складова водної екосистеми.

Мета: Навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу макробоентосу та характеризувати його структуру.

Обладнання та матеріали: гідробіологічні проби макробоентосу, мікроскопи, чашки Петрі, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, фільтри паперові, піпетки різного об'єму, пеніцилінові пляшечки, торсійні та аналітичні ваги, плакати, визначники донних організмів.

Збір гідробіологічного матеріалу необхідно проводити у різні вегетаційні сезони протягом року. Під час відбору матеріалу використовують гідробіологічні сачки-скребки (діаметр обруча сачка-скребка – 20-25 см) якими більш зручніше відбирати проби на мілководних ділянках водойм та водотоків на глибині до 1,0-1,5 м. На кожній станції треба відбирати по дві – три проби гідробіологічним сачком-скребком.

При промивці проб макробоентосу використовують систему сит із дрібною сіткою (діаметр ячеї 40 мкм) або планктонні сітки з млинового гасу (№19-23). Піщаний ґрунт збовтують, потім воду із зависсю багаторазово промивають крізь сито (млиновий гас №34-38). Промитий від залишків ґрунту відібраний матеріал фіксують 4% розчином формальдегіду, в деяких випадках (при вивченні ракоподібних, черевоногих і двостулкових молюсків) – 70° розчином етилового спирту з доповненням 4% розчину формальдегіду.

Також можна використовувати інші фіксатори, але у всіх випадках фіксатору повинно бути більше в 10 разів ніж донних безхребетних, яких фіксують. Зафіксований матеріал зберігають у темряві, бо тимчасове перебування деяких безхребетних макробоентосу на світлі призводить до зникнення їх пігментації (наприклад у олігохет).

Камеральну обробку матеріалу проводять в лабораторних умовах, де виконують подальший розбір організмів макробоентосу за типами, класами, порядками, тощо. Розбір донних безхребетних виконують пінцетом. Якщо проба містить значну кількість рослинних залишків, то донних безхребетних вилучають методом флотації, використовуючи насичений розчин хлориду натрію. Пробу з організмами частинами поміщають до насиченого розчину солі соляної кислоти, а потім безхребетних, які підіймаються до поверхні відбирають сіточкою. Після чого ґрунт розбирають звичайним способом, так як молюски та заплутані у рослинних залишках олігохети не підіймаються до поверхні.

Подальша обробка проб здійснюють в лабораторних умовах. Попередню ідентифікацію організмів необхідно проводити з використанням мікроскопу МБС-9. При цьому здійснюють кількісний облік і визначення до виду крупних форм. Кінцеве визначення всіх зустрінутих в пробах представників макробоентосу виконують з використанням біологічного мікроскопу «Біолам Р-14» на фіксованому матеріалі.

Безхребетних із кожної таксономічної групи визначають до виду, вимірюють їх розміри та масу. Масу тварин наприклад, олігохет, гамарид, личинок комах та

інших визначали шляхом зважування на торсійних вагах (наважка не повинна перевищувати 1 г), або – на аналітичних вагах, після їх висушування фільтрувальним папером. У личинок водних комах (наприклад, комарів-дзвінців, одноденок, волохокрильців) для визначення стадії розвитку вимірювали ширину головної капсули. Чисельність та біомасу донних безхребетних перераховували на площу 1 м² дна водойми.

Результати обробки проб є первинним матеріалом для розрахунку, порівняння та узагальнення відносного складу, чисельності, біомаси, ролі окремих видів та груп організмів макрзообентосу. При цьому розраховують середні величини чисельності та біомаси, які визначають як середньо арифметичні показники, де зустрічався зазначений вид протягом періоду дослідження.

Для кожного виду визначають також зустрічальність, що виражає відсоток проб, де був зустрінутий вид, від загальної кількості проб, які було відібрано протягом всього періоду досліджень на певній станції. Цей показник розраховувався за формулою:

$$P = (m / n) 100\%, \quad (1)$$

де m – кількість проб (станцій) на яких зустрічався даний вид,
 n – загальна кількість проб (станцій).

Для визначення домінуючих видів макрзообентосу розраховують індекс домінування для кожного виду угруповання, використовуючи показники їх біомаси та зустрічальності за формулою:

$$D = \sqrt{p} \times b, \quad (2)$$

де p – зустрічальність певного виду,
 b – середня біомаса певного виду.

Подібність видового складу макрзообентосу можна визначати – за Серенсенем і розраховують за формулою:

$$I_{cs} = 2 \times a \times 100 / (b + c), \quad (3)$$

де a – число видів, спільних для обох списків,
 b – число видів у 1-му списку, які відсутні у 2-му списку,
 c – число видів 2-го списку, які не зареєстровані у 1-му списку.

Уявність щодо стану окремих популяцій і угруповань гідробіонтів можливо одержати аналізуючи їх екологічні характеристики, які визначаються різними індексами та залежностями.

Оцінку складності структури угруповань макрзообентосу досліджених водойм і ступеня їх різноманітності проводять з використанням інформаційного

показника – індексу Шеннона (за чисельністю), величина якого залежить від кількості видів у спільноті та їх розподілу за окремими видами.

Заняття 4.

Тема 4. Зоопланктон – як складова водної екосистеми.

Мета: Навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу зоопланктону та характеризувати його структуру.

Обладнання та матеріали: гідробіологічні проби зоопланктону, мікроскопи, чашки Петрі, предметні та покривні скельця, камера Богорова, хімічні проградуйовані склянки, колби та піпетки різного об'єму, гумові груші, пеніцилінові пляшечки, штемпель-піпетки (дозатори), окуляр-мікрометр, дистильована вода для розведення проби, плакати, визначники організмів зоопланктону.

Визначення видового складу та чисельності зоопланктону.

Після визначення видової приналежності всіх організмів зоопланктону в пробі за допомогою визначників необхідно підрахувати кількість особин кожного виду під час перегляду їх під мікроскопом або біокуляром. Отримані дані з кількісного розвитку зоопланктону звичайно представляються в перерахунку на одиницю об'єму води, найчастіше – на кубічний метр, рідше – на кубічний дециметр, або літр. Для відбору проб зоопланктону використовують планктонну сітку Апштейна, через яку профільтровують 50 або 100 л води. Після відбору гідробіологічного матеріалу, пробу зливають у склянку та фіксують 4% розчином формальдегіду або – 70° розчином етилового спирту. Для визначення чисельності організмів в пробі зоопланктону спочатку проводять згущення проби (шляхом відсмоктування залишкової рідини) до певного об'єму – 50 см³. Потім під біокуляром або мікроскопом підраховують організмів зоопланктону в об'ємі 0,5 см³ (використовують штемпель-піпетку). Виявлені організми потім визначаються до виду. Зазвичай продивляються дві такі порції, якщо розбіжність результатів двох розрахунків не більше 5 % розрахунків закінчується, а коли розбіжність результатів більше 5 %, то необхідно ще опрацювати 1–2 порції. Також підраховують чисельність організмів в «осаді» згущеної проби.

Після підрахунку окремих видів у пробі переходять до визначення їх чисельності в 1 м³. Якщо в об'ємі двох штемпель-піпеток (1 см³) виявлений певний вид у одному екземплярі, то у всій пробі (50 см³ або 50 л) їх буде 50 екземплярів, а в 1 м³ – 1000 екземплярів.

Складається наступна пропорція:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ см}^3 - 1 \text{ екз.} \\ 50 \text{ см}^3 - x \end{array} \quad , \text{ де } x = 50 \text{ екз.}$$

$$\begin{array}{l} 50 \text{ л (} 50 \text{ см}^3) - 50 \text{ екз.} \\ 1000 \text{ л (} 1 \text{ м}^3) - x \end{array} \quad , \text{ де } x = 1000 \text{ екз.}$$

Визначення чисельності організмів в «осаді» проводять таким же чином:

50 л (50 см³) – 1 екз.
 1000 л (1 м³) – x , де x = 20 екз.

Таким чином загальна чисельність певного виду у пробі зоопланктону буде дорівнювати сумі значень із товщі згущеної проби та з «осаду», $n_i = 1000 + 20 = 1020$ екз./м³. Аналогічно підраховують чисельність інших представників які були виявлені в пробі.

Визначення біомаси зоопланктону.

Для визначення біомаси зоопланктону в пробі, чисельність кожного виду перемножується на його індивідуальну масу, а одержані біомаси видів підсумовуються. Для отримання індивідуальних мас існує кілька шляхів. Найчастіше використовується стандартні індивідуальні маси, що представлені в науковій літературі. В останній час все більшого поширення набуває розрахунковий спосіб (лічильно-ваговий метод), що базується на застосуванні співвідношення між довжиною тіла зоопланктонного організму та його масою. Внаслідок того, що щільність тіла тварин близька до 1 мг/мм³, залежність маси від довжини тіла може бути виражена формулою:

$$W = ql^b; \quad (4)$$

де W – біомаса (у міліграмах сирої ваги);
 l – довжина зоопланктонного організму (мм);
 q – біомаса при довжині, що дорівнює 1 мм;
 b – показник міри.

При ізометричному рості $b = 3$, при алометричному рості показник b буде більше або менше 3.

Для розрахунку індивідуальної маси коловерток використовується рівняння ізометричного росту ($b = 3$). Значення q для формули (1.2) наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення q для визначення індивідуальної маси коловерток

Род	q	Род, вид	q
<i>Asplanchna</i>	0,23	<i>Keratella quadrata</i>	0,22
<i>Brachyonus</i>	0,12	<i>K. cochlearis</i> (з шипом)	0,02
<i>Conochilus</i>	0,26*	<i>Notholca</i> (без зубців)	0,035
<i>Collotheca</i> ***	0,18**	<i>Polyarthra</i>	0,28
<i>Euchlanis</i>	0,10	<i>Pompholix</i>	0,15
<i>Filinia</i>	0,13	<i>Synchaeta</i>	0,10
<i>Hexathra</i>	0,13	<i>Testudinella</i>	0,08
<i>Kellicottia</i> (без шипа)	0,03	<i>Trichocerca</i> (без шипа)	0,52

Примітки: 1. * – замість l^3 використовують ld^2 , де d – ширина тіла; 2. ** – замість l^3 використовують d^3 ; 3. *** – без домівки.

Для деяких представників веслоногих ракоподібних масу організму розраховують відповідно формулі алометричного росту, для цього необхідно знати показники q і b дивись таблицю 2.

Таблиця 2 – Значення q і b для визначення індивідуальної маси наупліїв копепод за формулою $W = ql^b$

Вид	q	b
<i>Eurytemora velox</i>	0,0321	2,235
<i>Acanthocyclops americanus</i>	0,0275	2,088
<i>Cyclops vicinus</i>	0,0593	2,510
<i>Eucyclops serrulatus</i>	0,0657	2,498
<i>Mesocyclops crassus</i>	0,0741	2,617
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0,0697	2,595

Для визначення маси наупліїв веслоногих ракоподібних, то при цьому враховують що їх питома вага дорівнює 1:

$$V = 4/3\pi \cdot a \cdot b \cdot c, \quad (5)$$

де V – об'єм (мм³);

a, b, c – $1/2$ довжини, ширини і висоти тіла (мм).

Розрахунок індивідуальної маси дорослих веслоногих і гіллястовусих ракоподібних проводять шляхом застосування формули алометричного росту, де показник міри b не дорівнює 3, таблиця 3.

Таблиця 3 – Значення q і b для визначення індивідуальної маси дорослих копепод і кладоцер за формулою $W = ql^b$

Родина, ряд, рід, вид	q	b
Родина:		
<i>Sididae</i>	0,068	3,019
<i>Daphniidae</i>	0,075	2,925
<i>Macrothricidae, Chydoridae</i>	0,140	2,723
Ряд:		
<i>Cyclopoidea</i>	0,037	2,762
<i>Calanoidea</i>	0,037	2,805
Роди, види:		
<i>Daphnia</i>	0,075	2,925
<i>Simoccephalus</i>	0,075	3,170
<i>Ceriodaphnia</i>	0,141	2,766
<i>Scapholeberis</i>	0,133	2,630
<i>Chydorus</i>	0,203	2,771
<i>Alona, Alonella</i>	0,091	2,646
<i>Bosmina</i>	0,176	2,975

<i>Sida crystallina</i>	0,074	2,727
<i>Acantocyclops</i>	0,039	3,156
<i>Mesocyclops</i>	0,034	2,924
<i>Cyclops strenuus</i>	0,039	2,313
<i>C. vicinus</i>	0,034	2,838
<i>C. scutifer</i>	0,031	2,515
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,045	2,750

Заняття 5.

Тема 5. Екологічні основи гідрології озер.

Термічний режим озер обумовлює розвиток водної рослинності, зоопланктону, бентосу, риби та разом із оптичними властивостями (хімічним режимом, динамікою водних мас і будовою озерною улоговини) являється одним із ведучих екологічних факторів.

За середньою інтегральною температурою води всього озера у літній період водойми класифікують за наступними класами: дуже теплі – середня температура води більше 20°, теплі – 15-20°, помірно-холодні – 10-15°, холодні – 5-10°, дуже холодні – менше 5° С. Крім того, озера помірної зони за сумою температури води (градусо-дні) вище 10° поділяються на такі термічні групи: дуже теплі – суми температур більше 4000°; теплі – 2000-4000°; помірно-теплі – 1000-2000°; холодні – 500-1000°; дуже холодні – менше 500° (Китаєв, 1975).

Прозорість води та класифікація озер.

Беручи до уваги роль оптичних властивостей води для життя водойми і спираючись на результати аналізу співвідношення прозорості води (за білим диском Секкі у літній період) і середньої глибини ($H_{пр}/H_{ср}$) було встановлено, що це співвідношення змінюється від 0,12 до 4,40.

За цим показником озера діляться на п'ять основних груп (класів).

1. Перша група – оптично дуже мілководні (олігофотобатні), прозорість води більше як у 4 рази менша середньої глибини озера – $H_{пр}/H_{ср} < 0,25$.
2. Друга група – оптично мілководні (олігомезофотобатні), прозорість води в 2–4 рази менша середньої глибини водойми – $H_{пр}/H_{ср} = 0,25–0,5$.
3. Третя група – оптично середньоглибокі (мезофотобатні), прозорість води в 1–2 рази менша середньої глибини водойми – $H_{пр}/H_{ср} = 0,5–1,0$.
4. Четверта група – оптично глибокі (мезополіфотобатні), прозорість води в 1–2 рази більша середньої глибини водойми – $H_{пр}/H_{ср} = 1,0–2,0$.
5. П'ята група – оптично дуже глибокі (поліфотобатні), прозорість води в 2 рази більша середньої глибини водойми – $H_{пр}/H_{ср} > 2,0$.

Середню глибину озера розраховують за наступною формулою:

$$H_{ср} = a\sqrt[3]{f}, \quad (6)$$

де $H_{ср}$ – середня глибина озера, м;

a – коефіцієнт в середньому дорівнює 3;
 f – площа озера.

Відношення величини прозорості за білим диском Секкі до середньої глибини озера також називають коефіцієнтом відносної прозорості. В озерах із коефіцієнтом відносної прозорості 0,25 ступінь заростання водною рослинністю складає близько 10% площі озера; з коефіцієнтом відносної прозорості 1,0 – 40–60% площі; з коефіцієнтом відносної прозорості 1,5 – 43–83% (в середньому 75%) площі озера.

Залежність біомаси зоопланктону та зообентосу від показника прозорості води озер визначають із матеріалів які представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Залежність біомаси зоопланктону та зообентосу від показника прозорості води озер

Прозорість, м	Зоопланктон, г/м ³	Бентос, г/м ²
<1	3,75	14,57
1–2	2,97	7,05
2–4	2,78	8,64
4–8	2,10	9,46
>8	0,75	15,60

Трофність водойм.

Для визначення трофності певної водойми за показниками прозорості води за диском Секкі було запропоновано використовувати в гідроекологічних дослідженнях наступну формулу:

$$T = 60 - 14,4 \ln P, \quad (7)$$

де P – прозорість води за диском Секкі, м.

Класифікація водних екосистем за типом трофності відповідно розрахованих показників за формулою 7.

Оліготрофний тип – показник $T = 0–29$;

Мезотрофний тип – показник $T = 30–49$;

Евтрофний тип – показник $T = 50–60$;

Гіпертрофний тип – показник $T > 60$.

В науковій літературі для розділення озер за ступенем трофії використовується декілька десятків найменувань. Для уніфікації та стандартизації найменувань трофічних типів озер із встановленням стандартних «шкал трофності» використовують наступну класифікацію – ультрооліготрофні, α і β -оліготрофні, α і β -мезотрофні, α і β -евтрофні та гіперевтрофні типи озер.

За результатами різних авторів було встановлено трофічні типи озер в залежності від показників біомаси бентоса та зоопланктону. Так, трофність озер за показниками біомаси бентосу та зоопланктону представлені в таблицях 5 і 6.

Таблиця 5 – Класи біомаси бентосу озер і водосховищ («шкала трофності»)

Клас	Біомаса бентосу, г/м ²			Переважаючий тип водойми
	Александров	Жукинський	Китаєв	
Дуже високий	—	< 0,7	< 1,25	α-оліготрофний
Низький	< 2,5	0,7–2,0	1,25–2,5	β-оліготрофний
Помірний	2,5–5,0	2,0–6,0	2,5–5,0	α-мезотрофний
Середній	5,0–10,0	6,0–12,0	5,0–10,0	β-мезотрофний
Підвищений	10,0–20,0	12,0–25,0	10,0–20,0	α-евтрофний
Високий	> 20,0	25,0–50,0	20,0–40,0	β-евтрофний
Дуже високий	—	> 50,0	> 40,0	гіперевтрофний

Таблиця 6 – Класи біомаси зоопланктону озер і водосховищ («шкала трофності»)

Клас	Біомаса зоопланктону, г/м ³			Переважаючий тип водойми
	Підгайко	Жукинський	Китаєв	
Дуже високий	—	< 0,5	< 0,5	α-оліготрофний
Низький	< 1	0,5–1,0	0,5–1,0	β-оліготрофний
Помірний	—	1,0–5,0	1,0–2,0	α-мезотрофний
Середній	1,1–2,0	5,1–10,0	2,0–4,0	β-мезотрофний
Підвищений	2,1–5,0	10,1–25,0	4,0–8,0	α-евтрофний
Високий	5,1–10,0	25,1–50,0	8,0–16,0	β-евтрофний
Дуже високий	> 10,0	> 50,0	> 16,0	гіперевтрофний

Тематика індивідуальних завдань

1. Біологічний контроль стану довкілля.
2. Басейн малої річки як генералізована екологічна система.
3. Основні принципи класифікації сукцесійних угруповань річкових екосистем.
4. Фактори евтрофування водних об'єктів.
5. Проблема антропогенного забруднення Чорного та Азовського морів.
6. Проблеми якості водних ресурсів України.
7. Проблема забезпечення населення питною водою.
8. Газовий режим як інтегральна характеристика функціонування водних екосистем (ценозів).
9. Важкі метали у водному середовищі.
10. Комплексна екологічна оцінка стану поверхневих вод України.
11. Старіння річкових екосистем.
12. Основні принципи комплексних екологічних досліджень в басейнах озер.
13. Трансграничне перенесення забруднюючих речовин (басейн р. Прип'ять).
14. Управління станом річкових екосистем. Прийняття технічних рішень.
15. Солоність вод як умова існування екосистем відкритих лиманів.

Тематика питань до самостійної роботи

Тема 1. Пояснити та обґрунтувати вплив гідроекологічного режиму, руху водних мас, течії, абразії берегів, температури, рН середовища, донних відкладів, біогенних елементів автохтонного і аллохтонного походження на функціонування угруповань гідробіонтів.

Тема 2. Пояснити як відбувається споживання енергії на різних трофічних рівнях гідробіонтами в підсистемі зоопланктону та бентосу водних екосистем.

2 РОЗДІЛ «Наземні екосистеми»

Заняття 6.

Тема 6. Наземні екосистеми та їх характеристика.

Літосфера та її особливості. Земельні ресурси України. Природні мінеральні ресурси України. Вплив рослин на структуру ґрунту. Родючість ґрунту. Значення ґрунту у житті людини. Антропогенне забруднення ґрунтів. Вплив сільськогосподарського виробництва на ґрунти. Основні джерела забруднення ґрунту. Біоценоз ґрунту та його характеристика.

Екскурсія до паркових, рекреаційних, селітебних та промислових зон міста.

Питання для обговорення.

1. Як взаємодіють ґрунт, рослини та ґрунтові тварини?
2. Від чого залежить родючість ґрунту?
3. Що таке непрямий вплив на ґрунт, чи має він істотні наслідки?
4. У чому полягає вплив людини на ґрунт?
5. Назвіть види ерозії. Що, на вашу думку, захищає ґрунт від вітрової ерозії?
6. Якою є роль багаторічних трав у захисті ґрунту від ерозії?
7. До яких наслідків може призвести тривале використання мінеральних добрив у великих дозах?
8. У чому полягає біологічний метод захисту рослин?
9. Назвіть комах, поширених у вашій місцевості, які є природними ворогами шкідників сільськогосподарських культур. Якою є користь від них?

Завдання 4. Надати характеристику біогеомів з використанням класифікації типів біомів (Уиттекер, 1989) та заповнити таблицю 7.

Таблиця 7 – Характеристика біогеомів наземних екосистем.

Біогеом	Характеристика геому	Характеристика біому
Тропічних дощових лісів		
Лісовий із періодичними кліматичними умовами		
Тундровий		
Трав помірної зони, степу, прерії, пампи		
Пустелі		

Заняття 7.

Тема 7. Екологічна індикація як метод оцінки стану навколишнього природного середовища.

Загальні принципи використання біоіндикаторів. Особливості використання рослин як біоіндикаторів. Особливості використання тварин як біоіндикаторів. Особливості використання мікроорганізмів як біоіндикаторів. Симбіологічні методи в біоіндикації. Біологічні індекси та коефіцієнти, що використовують при індикаційних дослідженнях. Методи біоіндикації водних екосистем.

Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря

За сучасною класифікаційною системою лишайники є «ліхенізованою» групою грибів, які надто чутливі до деяких екологічних чинників, зокрема антропогенних.

Лишайники як індикатори стану атмосферного повітря використовують понад століття. Існує окремий напрямок біоіндикації – ліхеноіндикація. Це слово походить від двох латинських слів – «*Lichenes*» – лишайники та «*inducatio*» – показувати. Нині ліхеноіндикація є одним з перспективних та найрозробленіших методів екологічного моніторингу, який дозволяє достовірно та без зайвих витрат визначати ступінь забруднення повітря та оцінювати антропогенний вплив на довкілля.

Слань лишайників дуже різноманітна за розмірами, формою, будовою та забарвленням. Залежно від зовнішнього вигляду розрізняють три основних морфологічних типи лишайників:

1. **Накипні**, таллом яких являє собою скоринку, що міцно зчеплена зі субстратом (корою дерева, поверхнею каміння). Такі лишайники неможливо відокремити від субстрату без ушкодження.

Як правило, накипні слані мають невеликі розміри, а їхній діаметр становить кілька міліметрів або сантиметрів (іноді може досягати й 20–30 см).

2. **Листуваті**, таллом яких має вигляд лусочок або листоподібних пластинок. Найбільш проста слань листуватих лишайників має вигляд однієї великої округлої листоподібної пластинки, що досягає в діаметрі 10–20 см. Слань, що складається з однієї листоподібної пластинки, зветься монофільною. Монофільна пластинчаста слань звичайно прикріплюється до субстрату тільки у своїй центральній частині за допомогою товстої короткої ніжки, що називають гомфом. Більш складною за будовою є листувата слань, розсічена на безліч дрібних лопастей. Як правило, вони зібрані в округлі розетки, але іноді утворюють слані невизначених, нескінченно різноманітних форм.

Характерною рисою нижньої поверхні листуватих лишайників є те, що вона майже завжди утворює особливі органи, за допомогою яких листуватий лишайник прикріплюється до субстрату. На відміну від накипних лишайників, слань яких щільно зростається із субстратом, листуваті лишайники звичайно досить слабо з ним зв'язані й, у більшості випадків, можуть бути легко відділені від субстрату.

3. **Куцисті**, таллом яких складається з гілочок або звисаючих «борід». За організаційним рівнем куцисті лишайники представляють собою вищий етап розвитку слані. На відміну від накипних і листуватих форм лишайників, для яких характерний горизонтальний ріст гіфів, у куцистих лишайників спостерігається вертикально спрямований ріст гіфів і верхівковий ріст сланей.

Куцисті лишайники звичайно прикріплюються до субстрату тільки невеликою ділянкою нижньої частини слані. Прямостоячі куцисті лишайники найчастіше прикріплюються до ґрунту тонкими різьодами (грец. *rhiza* – корінь й *eidos* – вид) – нитковидними утвореннями, які виконують у грибів функцію кореня.

Для індикації стану атмосферного повітря використовують епіфітні лишайники. Окремі групи лишайників реагують на забруднення повітря по-різному. Так, кущисті лишайники гинуть навіть при найменшому забрудненні.

Дещо вищий ступінь забруднення витримують листоваті лишайники. Проте, накипні представники не лише витримують значне забруднення, а й деякі з них помітно збільшують своє поширення за умов загазованого повітря. Наприклад, у межах України упродовж 50 років значно збільшили своє поширення такі накипні лишайники, як леканора конусовидна (*Lecanora conizaeoides* Nyl. ex. Cromb.) та сколіціоспорум зеленкуватий (*Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vezda).

У різних за ступенем забруднення районах міста зростають різні за витривалістю види. Саме на цьому базується виділення в межах одного населеного пункту різних ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон: сильно, помірно, слабо забруднена, незабруднена. Проте ліхеноіндикаційні дослідження базуються не лише на значенні флористичного складу лишайників. Важливими показниками для індикації є кількісні показники – трапляння та проективне покриття.

Ліхенологічні дані наносять на карти чи картосхеми. Ліхенологічні карти дають змогу спостерігати за змінами, що відбуваються зі станом забруднення повітря протягом 20–50 років. Нині в Україні, на основі картування змін видового різноманіття епіфітних лишайників, поширення груп видів із подібною чутливістю до забруднення атмосферного повітря, даних розрахунку індексу чистоти повітря, проведена порівняльна ліхеноіндикаційна оцінка стану забруднення атмосферного повітря в різних містах України (Донецьк, Львів, Івано-Франківськ, Тернопіль, Луцьк, Рівне, Херсон, Полтава, Кіровоград, Черкаси, Умань) (Основи біоіндикації, 2012; Корнелюк, 2011; Кондратюк та ін., 2006).

Питання для обговорення.

1. Що являють собою лишайники?
2. Будова міко- і фікобіонта.
3. Види лишайників. Їхні морфологічні особливості.
4. Переваги лишайників як біоіндикаторів якості атмосферного повітря.
5. Суть методу ліхеноіндикації.
6. Принцип обробки експериментальних даних.

Завдання 5. Виконати оцінку забруднення атмосферного повітря за результатами дослідження території методом ліхеноіндикації. Зробити схему дослідних ділянок та додати фотографії досліджених лишайників на форофітах місця дослідження. Зробити висновок до завдання.

Звіт з практичної роботи повинен бути оформлений відповідно з наведеним нижче розрахунковими формулами.

Хід роботи

1. Оцінити стан забруднення повітря вулиць міста за результатами ліхенологічних досліджень.

2. Визначити ступінь впливу несприятливих чинників на видове різноманіття ліхенофлори міста.

3. Узагальнити отримані результати у вигляді відповідних висновків.

Обирають район для дослідження й складають його карту з нанесенням ТЕС, заводів, потужних підприємств та великих автомагістралей. Розбивають досліджувану територію на квадрати розміром 10х10 м, 20х20 м, 50х50 м, 100х100 м (залежно від мети дослідження й розрідженості насаджень). У кожному квадраті вибирають 10 старих, але здорових дерев, що ростуть окремо. На кожному дереві підраховують кількість видів лишайників. При цьому, точну назву видів знати не обов'язково – досить відрізнити їх за формою талому.

Потім проводять оцінку ступеня покриття деревного стовбура лишайником. Для цього на висоті 30–150 см на найбільш зарослу лишайниками частину кори дерева накладають рамку з розмірами 10х10 см і клітками 1х1 см (палетку). Підраховують, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники. Частоту трапляння також визначають у відсотках: відношення числа дерев, де зростає певний вид до загального числа дерев пробної площадки.

Крім дерев, додатково можна досліджувати заростання лишайниками каменів, ділянок ґрунту, стін будинків і т.д. Отримані результати заносять в таблицю 8.

Таблиця 8 – Результати ліхеноіндикації

Ознака	Дерева									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість накипних лишайників										
Кількість листуватих лишайників										
Кількість кущистих лишайників										
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %										
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %										
Ступінь покриття площі рамки кущистими лишайниками, %										

Потім підраховують частоту зустрічальності кожного виду лишайників за формулою:

$$A^{\text{виду}} = \frac{m^{\text{виду}}}{n} \cdot 100\%, \quad (8)$$

де $m^{\text{виду}}$ – кількість лишайників даного виду;

n – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті (у нашому випадку $n=10$).

Визначають середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду за формулою:

$$S^{\text{виду}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \%, \quad (9)$$

де S_i – ступінь покриття площі рамки лишайниками окремого дерева, %.

Після цього кожному отриманому значенню частоти зустрічальності лишайників певного виду $A^{\text{виду}}$ й ступеню їхнього покриття $S^{\text{виду}}$ привласнюють свій умовний бал оцінки: відповідно $a^{\text{виду}}$ й $s^{\text{виду}}$ за шкалою, наведеною в табл. 9.

Таблиця 9 – Оцінка частоти зустрічальності лишайників та їх проективного покриття за п'ятибальною шкалою

Частота зустрічальності $A^{\text{виду}}$		Ступінь покриття $S^{\text{виду}}$		Умовний бал оцінки
оцінка	значення, %	оцінка	значення, %	
дуже рідко	0–5,0	дуже низький	0–5,0	1
рідко	5,1–20,0	низький	5,1–20,0	2
рідко	20,1–40,0	середній	20,1–40,0	3
часто	40,1–60,0	високий	40,1–60,0	4
дуже часто	60,1–100	дуже високий	60,1–100	5

Для кожного виду лишайників обчислюють середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття за формулою:

$$M^{\text{виду}} = \frac{a_i^{\text{виду}} + s_i^{\text{виду}}}{2}, \quad (10)$$

Після цього визначають показник відносної чистоти атмосфери (ВЧА):

$$\text{ВЧА} = \frac{M^{\text{H}} + 2 \cdot M^{\text{Л}} + 3 \cdot M^{\text{K}}}{30}, \quad (11)$$

де M^{H} , $M^{\text{Л}}$ і M^{K} – середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття накипних, листоватих і кущистих лишайників, відповідно.

За даним показником згідно шкали, наведеної в табл. 10, роблять висновки щодо ступеня забруднення атмосферного повітря.

Таблиця 10 – Шкала оцінки забруднення атмосферного повітря за результатами ліхеноіндикації

Показник відносної чистоти атмосфери ВЧА	Оцінка забруднення
0,0–0,20	сильне («лишайникова пустеля»)
0,21–0,40	досить сильне
0,41–0,60	середнє
0,61–0,80	незначне
0,81–1,0	забруднення відсутнє

Завдання 6. Порівняльний аналіз флори в екосистемах. Виявити флористичний склад та оцінити флористичну спільність екосистем. Визначити домінуючі види, ступінь їх домінування у фітоценозах.

Хід роботи

Для дослідження оберіть дві ділянки розміром 10×10 м різних фітоценозів, наприклад, паркової зони та рекреаційної. На цих ділянках зберіть рослини і визначте їх. Виявіть домінанти, порівняйте видовий склад обох фітоценозів, зробіть висновки щодо особливостей, якими характеризуються види-домінанти кожного з фітоценозів, та якими факторами середовища зумовлена їх домінантність.

Коефіцієнт флористичної спільності фітоценозів вираховуйте за формулою Жаккара:

$$K = \frac{100 \cdot C}{(A+B-C)}, \quad (12)$$

де K – коефіцієнт флористичної спільності (у %);

L – число видів фітоценозу (A);

B – число видів фітоценозу (B);

C – число видів, спільних для обох фітоценозів.

Для визначення домінуючих видів та ступінь їх домінування у фітоценозах необхідно дослідити ділянки екосистем згідно методики геоботанічного опису.

Методом підрахунків на невеликій території (10 м^2) визначити:

- 1) загальну кількість особин на даній території та їхнє проективне покриття;
- 2) всі види рослин, що трапляються на ділянці;
- 3) кількість особин видів, які найчастіше трапляються та підрахувати їх проективне покриття (окомірним способом).

Встановити ступінь домінування видів, які мають найбільшу кількість особин (2–4 види) за формулою 2 (Лаптев, 2001):

$$Sg = \frac{n}{N} \cdot 100\%, \quad (13)$$

де, Sg – ступінь домінування;

n – кількість особин домінуючого виду;

N – загальна кількість особин в угрупованні.

Зробіть висновки щодо домінуючих видів та специфіку даного біоценозу.

Заняття 7.

Тема 7. Методи математичного аналізу в ґрунтово-зоологічних дослідженнях.

Ґрунтово-екологічні дослідження широко розвиваються в усьому світі, з середини ХХ ст. ґрунтова зоологія стала самостійною галуззю природознавства.

Діяльність ґрунтових тварин – важливий фактор ґрунтоутворення і природної родючості ґрунтів, комплекси ґрунтових тварин широко використовуються як показники ґрунтових умов і змін. Ґрунтові безхребетні – цікаві і зручні об'єкти, що використовуються для вирішення багатьох еволюційних і екологічних проблем сучасності. Польові ґрунтово-зоологічні дослідження базуються, перш за все, на даних кількісних обліків чисельності популяцій тварин, що мешкають у ґрунті.

Безпосереднім результатом польового етапу фауністичного ґрунтово-зоологічного дослідження є отримання сукупності (переліку, колекції, вибірки).

Як об'єкт аналізу та порівняння колекція має якісну характеристику (видовий склад колекції, список видів та інших таксонів) і кількісну (кількість особин видів, що входять в неї).

Якісна характеристика вибірки. До основних показників якісної характеристики вибірки відносяться характеристики таксономічного складу і показники подібності за якісними даними з іншими вибірками (індекси спільності).

1. Основні характеристики таксономічного (видового, родового тощо) складу.

Таксономічне багатство – абсолютне число таксонів (число видів в межах ряду, родини, підродина, роду, число родів в межах родини, підродина тощо).

Видова насиченість – середня кількість видів в одній пробі. Спочатку рахують кількість видів, які були зареєстровані в кожній пробі, потім розраховують середнє значення по всіх пробах.

Представленість таксонів – частка (у %) нижче стоячих таксонів, яка припадає на таксон вищого рівня (представленість видами родів, родин, рядів, представленість родами родин, рядів тощо).

2. Показники схожості за якісними даними називають індексами спільності. Зазвичай в зоологічних дослідженнях використовуються попарні коефіцієнти Жаккара або Чекановського-Сьоренсена, в основу яких покладені одні й ті ж показники – кількість спільних видів та видів, унікальних для кожної з вибірок.

1) коефіцієнт Жаккара:

$$IJ = a / (a + b + c), \text{ або } IJ = a / (B + C - a); \quad (14)$$

2) коефіцієнт Чекановського-Сьоренсена:

$$ICS = 2a / ((a + b) + (a + c)), \text{ або } ICS = 2a / (B + C), \quad (15)$$

де a – кількість спільних видів,

b та c – кількість унікальних видів для вибірок I та II, відповідно,

B та C – загальна кількість видів у вибірках I та II, відповідно (рис. 1).

Кількісна характеристика вибірки. Основними показниками рясноти видів є їх чисельність і щільність. Поняття чисельність застосовується для позначення кількості особин будь-якої популяції або багатовидового населення. Щільність – це кількість особин одного або багатьох видів на одиницю площі або об'єму. У

грунтово-зоологічних дослідженнях зазвичай щільність певних таксонів (це може бути не тільки щільність видів, а й щільність більш вищих таксонів) вираховують на 1 дм², 1 дм³, 1 м² або 1 м³.

Наприклад, якщо проби узяті рамкою 5×5 см, то площа проби дорівнює 25 см² (=0,0025 м²). Якщо в цій пробі відмічені 33 екземпляри, то чисельність дорівнює 33/0,0025=13200 екз./м². Якщо об'єм однієї проби був 5×5×5 см, то її об'єм дорівнює 125 см³ (=0,125 дм³). В цьому разі загальна чисельність складає 33/0,125=264 екз./дм³.

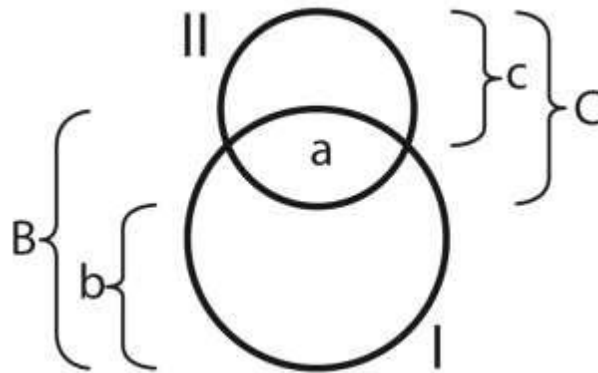


Рис. 1 – Показники, що використовуються при розрахунку коефіцієнтів Жаккара та Чекановського-Сьоренсена.

Також, зазвичай розраховують середнє арифметичне екземплярів в ґрунті (або чисельності на м², дм³ тощо):

$$M = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (14)$$

де сума усіх значень x_i поділена на кількість проб (n). В Microsoft Office Excel – це функція СРЗНАЧ.

Важливим є розрахунок середньоквадратичного відхилення, показника наскільки дані відхиляються від середнього значення:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (M - x_i)^2}{n - 1}}, \quad (15)$$

де M – середня кількість екземплярів в пробі;

x_i – екземплярів в пробі i ;

n – кількість проб. В Microsoft Office Excel – це функція СТАНДВІДХИЛ.

Розрахунок середньої похибки показує наскільки отримана середня може різнитися від середньої у природі:

$$m = \frac{SD}{\sqrt{n}}, \quad (16)$$

де SD – середньоквадратичне відхилення, а n – кількість проб.

Похибка завжди збільшується із збільшенням середнього квадратичного відхилення та зниженням кількості проб.

Для **оцінки рясноти** певного виду (або інших таксонів) серед усієї вибірки використовуються два основні показники.

Індекс домінування – частка (y %), яку становить кількість екземплярів досліджуваного виду по відношенню до сумарної кількості екземплярів всіх порівнюваних між собою видів у досліджуваному матеріалі. Згідно з показником індексу домінування певні таксони відносять до певного класу домінування, зазвичай використовують градації домінування за шкалою Єнгельмана, згідно з якою еудомінанти (E) складають $> 39,4\%$, домінанти (D) – $12,4-39,3\%$, субдомінанти (SD) – $3,9-12,3\%$, рецеденти (R) – $1,3-3,8\%$, субрецеденти (SR) – $<1,3\%$.

Індекс зустрічальності (трапляння) – частка (y %), відношення числа проб, де вид присутній, до загальної кількості проб.

Для оцінки **видового багатства** вибірок розраховують індекс видового багатства, у ґрунтово-зоологічних дослідженнях зазвичай використовують індексу видового багатства Маргалєфа або Менхініка.

- 1) індекс видового багатства Маргалєфа: $DMg = (S - 1) / \ln N$;
- 2) індекс видового багатства Менхініка: $DMn = S / \sqrt{N}$.

де S – число виявлених видів, N – загальне число особин всіх S видів.

Завдання 7. Надати кількісну характеристику угрупованням безхребетних ґрунту (розрахувати середнє арифметичне, середньоквадратичного відхилення, середню похибку, індекс видового різноманіття, індекс домінування) використовуючи дані, які представлені в таблиці 11.

Тематика індивідуальних завдань

1. Проблема забруднення навколишнього середовища діоксинами.
2. Проблема радіоактивного забруднення навколишнього середовища.
3. Екологічні наслідки хімізації сільського господарства.
4. Проблема поводження з твердими побутовими відходами.
5. Антропогенний вплив на біоценози і проблема збереження біологічного різноманіття.
6. Екологічна складова природокористування.
7. Біоіндикація як метод біомоніторингу довкілля.
8. Біоіндикаційні дослідження якості атмосферного повітря.
9. Дослідження якості водного середовища з використанням живих організмів.

10. Біоіндикація ґрунтового середовища.
11. Роль ґрунтів в кругообігу речовини в природі і житті людей.
12. Вплив рекреаційної діяльності на навколишнє середовище.
13. Проблеми довкілля, пов'язані з військовим сектором.

Таблиця 11 – Чисельність ґрунтових безхребетних в екосистемах посттехногенних територій порушених видобутком сірки (тис. особ./м²)

Таксон	Чисельність ґрунтових безхребетних, тис. особ./м ²								
	Дослідні ділянки								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Ногохвістки									
<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	0,024	0,043	0,515	—	0,036	0,360	0,004	0,039	0,182
<i>Folsomia manolachei</i>	0,316	—	0,289	0,125	—	0,143	0,096	0,057	0,127
<i>Lipothrix lubbocki</i>	0,006	0,016	0,054	0,128	—	0,027	0,038	0,180	0,072
<i>Parisotoma notabilis</i>	0,008	0,150	—	0,215	0,245	0,039	—	0,382	0,219
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>	0,271	0,065	0,124	0,216	0,280	0,081	0,062	0,098	0,193
<i>Tomocerus minor</i>	0,005	0,094	0,165	—	0,281	—	0,072	0,084	0,075
Панцирні кліщі									
<i>Phthiracarus sp.</i>	0,045	0,112	—	0,135	—	0,159	—	0,062	0,192
<i>Micropippia minus</i>	0,098	0,121	—	0,116	0,184	—	0,163	0,042	0,165
<i>Oppiella nova</i>	0,081	—	0,123	0,117	—	0,153	0,144	—	0,175
<i>Oppia neerlandica</i>	0,152	0,125	0,115	0,131	0,085	0,148	0,163	0,126	0,184
<i>Platynothrus peltifer</i>	—	0,190	0,200	0,230	0,055	0,045	—	0,136	—
<i>Nanhermania nana</i>	0,191	0,178	—	0,175	0,124	0,135	0,165	0,146	0,190
<i>Allogalumna crassiclava</i>	0,059	—	0,132	0,190	0,115	0,125	0,152	0,043	—
<i>Punctoribates hexagonus</i>	0,090	0,120	—	0,150	—	0,124	0,153	0,065	0,092
Личинки комарів Elateridae									
<i>Limonius parvulus</i>	0,420	0,650	0,790	—	0,930	1,095	1,110	1,065	1,035
<i>Ectinus aterrimus</i>	0,572	0,450	0,360	0,950	1,064	1,085	—	1,072	1,045
<i>Dolopius marginatus</i>	0,320	0,450	0,650	0,840	0,95	1,072	1,065	1,084	1,113
Олігохети									
<i>Octolasion lacteum</i>	1,456	3,156	14,56	12,65	10,95	5,620	7,950	6,450	4,650
<i>Dendrobaena octaedra</i>	1,269	5,243	6,123	7,065	8,150	6,890	10,65	12,85	15,25
Личинки журунів									
<i>Carabus granulatus</i>	0,410	—	0,320	0,256	—	0,395	0,135	0,125	0,950
<i>Poecilus versicolor</i>	0,520	0,260	—	0,275	0,330	—	0,267	0,119	0,860
<i>Calathus erratus</i>	0,380	—	0,280	0,320	—	0,368	0,465	0,116	0,575
<i>Harpalus rubripes</i>	0,350	0,236	0,280	0,295	0,350	0,372	0,285	0,115	0,950
<i>Amara similata</i>	0,850	0,125	0,354	0,285	0,310	0,150	0,125	0,650	0,940
Жуки-ковалики									
<i>Agriotes pallidulus</i>	0,420	0,360	0,350	0,540	—	0,153	0,145	0,680	0,460
<i>A. obscurus</i>	0,385	0,260	0,250	—	0,350	0,456	—	0,768	0,560
<i>A. ustulatus</i>	0,156	—	0,196	0,320	—	0,350	0,245	0,350	0,340
<i>Drasterius bimaculatus</i>	0,350	0,264	—	0,398	0,350	0,125	0,280	—	0,650
<i>Pheletes aeneoniger</i>	0,280	—	0,320	0,220	0,350	0,280	—	0,650	0,980
<i>Limonius pilosus</i>	0,450	0,220	0,120	0,450	0,110	0,210	0,250	0,280	0,125
Жуки-мертвоїди									
<i>Necrophorus vespilloides</i>	0,065	0,260	0,165	0,320	0,160	0,095	1,010	0,350	0,115

Примітка. I–IX – певні посттехногенні території; I – дубовий сосняк, II – відвали породи, III – амба гідровідвалу, IV – гідровідвал, V – хвостосховище гідровідвалу, VI – територія підземної виплавки сірки (ПВС), VII – територія ПВС рекультивована насадженням сосни та з елементами самовідновлення, VIII – територія хвостосховища ПВС, IX – територія ПВС рекультивована нанесенням шару ґрунту.