

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Частина I

**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 I / Укл.: Буяльська Н.П. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 40 с.

Укладачі: БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук,
доцент

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

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

Зміст	Стор.
Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Визначення індексу синантропності виду.....	5
Лабораторна робота № 2. Побудова спектрів життєвих форм рослин і тварин	9
Лабораторна робота № 3. Встановлення статичних властивостей популяцій	13
Лабораторна робота № 4. Встановлення динамічних властивостей популяцій.....	18
Лабораторна робота № 5. Визначення індексів видового багатства та біологічного різноманіття.....	25
Лабораторна робота № 6. Визначення пристосувань організмів у системі хижак-жертва.....	30
Лабораторна робота № 7. Встановлення симбіотичних відносин у біоценозі.....	35
Рекомендована література	40

Вступ

Сучасна екологія включає різні напрямки досліджень. Загальна екологія вивчає фундаментальні проблеми структурно-функціональної організації екосистем, а також досліджує взаємодію біосистем різних рівнів інтеграції між собою та довкіллям. Спеціальна екологія досліджує закономірності функціонування конкретних екосистем або особливості пристосування популяцій різних видів організмів чи їх угруповань до умов навколишнього середовища.

Загальна екологія надає основу для прикладної екології, яка може розглядатися як її невід'ємна частина. Прикладна екологія формує екологічні критерії економіки; досліджує механізми антропогенних впливів на природу та навколишнє середовище, стежить за її якістю; обґрунтовує нормативи раціонального використання природних ресурсів та допустимого техногенного навантаження на території; регламентує екологічно безпечне виробниче освоєння територій, розміщення та будівництво господарських об'єктів; оптимізує галузеву структуру виробництва тощо.

Метою вивчення дисципліни «Загальна екологія» є дати знання про принципи формування і функціонування надорганізованих систем, взаємозв'язок організму і середовища, формування уявлень про структуру і динаміку популяцій, колообіг речовин і потік енергії в екосистемах, про механізми, які визначають сталість угруповань організмів. Освоєння дисципліни дозволить майбутнім фахівцям у галузі екології забезпечити необхідний рівень оцінки і прогнозування стану екосистем в умовах зростаючого антропогенного впливу на довкілля.

На лабораторних роботах з дисципліни «Загальна екологія» здобувачі набувають компетентність проводити дослідження для вирішення прикладних задач.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення індексу синантропності виду

1.1 Мета роботи: оволодіння навичками аналізу явища синантропії в процесі формування міської фауни і чисельного вираження міри цього явища.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Синантропія – біологічне явище, викликане виникненням мегаполісів і тісно пов'язане з їх будівництвом і розвитком. Синантропія – це пристосування організмів до проживання поблизу людини, оскільки з появою поселень знищуються природні біоценози і створюються нові, з вільними і своєрідними екологічними нішами, які освоюються тваринами різного походження.

Деякі синантропні види птахів (голуби, горобці) харчуються зерном на зернотоках, елеваторах і в інших зерносховищах. Небезпека полягає в тому, що вони нападають зграями на сховища і протягом дня здатні знищити значний обсяг зерна. Іноді гніздяться безпосередньо в зерносховищах. Крім прямої, завдають також непрямую шкоду: є переносниками кліщів і дрібних комах зі сховища у сховище, забруднюють послідом зерно і зернові продукти.

Гусениці вогнівки сінної харчуються залишками речовин рослинного походження – сушеними, запашними, лікарськими травами, сіном з конюшини, люцерни тощо. У результаті масового пошкодження близько 90 % сіна може бути непридатним для використання на корм худобі.

Деякі представники лускокрилих (міль комірня) можуть задавати шкоду винним заводам, де гусениці оселяються та роблять ходи у винних пробках, чим сприяють виходу газів, а іноді і витоку вина.

На елеваторах, в складах, млинах, магазинах, комбікормових заводах і інших приміщеннях, де зберігається зерно, мука, крупи, мучні і кондитерські вироби, сухарі, комбікорми нерідко одночасно розвивається декілька видів комірних шкідників.

Синантропна рослинність відіграє велику роль в оптимізації міського середовища. Це проявляється у поглинанні різноманітних токсичних речовин, що утворюються в результаті господарської діяльності людини, у закріпленні субстратів, запобіганні ерозії та дефляції. Її фотосинтетична активність сприяє зменшенню високого вмісту вуглекислого газу в повітрі та збагаченню його киснем.

Велика негативна роль синантропних рослинних угруповань. У більшості з них присутні злісні засмічувачі посівів та газонів, у тому числі і карантинні бур'яни, котрі є проміжними хазяїнами для шкідників сільськогосподарських культур, а також види, що викликають алергічні реакції.

Розрізняють наступні форми синантропії:

- а) облігатна (повна) – вид зустрічається тільки в зоні поселень людини;
- б) факультативна – види мають в зоні поселень людини оптимальні умови існування, однак утворюють популяції і поза антропоценозами, з яких можлива міграція в природні біотопи.

Для чисельного вираження міри синантропії виду використовують індекс синантропності – S_i :

$$S_i = \frac{2a + b - 2c}{2} \quad (1.1)$$

де а – частка (%) особин виду в межах міста; b – частка (%) особин того ж виду у сільській місцевості; с – частка (%) особин того ж виду в екосистемах, менш порушених антропогенним впливом.

Діапазон значень індексу: від +100 до -100, що означає:

+75 – +100 – явна перевага щільно заселених людиною місць;

+50 – +74 – явна перевага заселених людиною місць;

+25 – +49 – перевага заселених людиною місць;

-20 – +24 – незалежність від поселень людини;

-49 – -21 – перевага незаселених людиною областей;

-100 – -50 – уникнення поселень людини.

Для встановлення частки синантропних видів на певній території може бути використаний індекс синантропізації W_s :

$$W_s = \frac{L_s \times 100\%}{L_0} \quad (1.2)$$

де L_s – число синантропних видів ($S_i = +50 - +100$); L_0 – загальна кількість видів.

1.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне скло, покривні скельця, чашки Петрі, зразки домашнього пилу.

Завдання 1. Розгляньте зразки домашнього пилу під мікроскопом. Визначте таксономічну приналежність виявлених синантропних видів. Вкажіть, які сприятливі чинники створюють умови для їх існування.

Завдання 2. В результаті проведених польових досліджень зібрані дані по птахам, які відображені в таблиці 1.1. Використовуючи їх, визначте індекс синантропності зазначених видів. Отримані результати представити у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Дані польових досліджень птахів

Вид	Кількість особин		
	Місто	Сільська місцевість	За межами населених пунктів
Горобець польовий (<i>Passer montanus</i>)	1817	699	14
Сизий голуб (<i>Columba livia</i>)	3055	645	2
Зяблик (<i>Fringilla coelebs</i>)	114	311	428
Плиска біла (<i>Motacilla alba</i>)	170	101	97
Плиска жовта (<i>Motacilla flava</i>)	25	45	29
Сільська ластівка (<i>Hirundo rustica</i>)	119	72	34
Зорянка (<i>Erithacus rubecula</i>)	23	54	34
Лелека білий (<i>Ciconia ciconia</i>)	1	79	0

Продовження таблиці 1.1

Сойка (<i>Garrulus glandarius</i>)	54	79	17
Буроголова гаїчка (<i>Poecile montanus</i>)	0	14	115
Звичайна вівсянка (<i>Emberiza citrinella</i>)	1	87	254
Грак (<i>Corvus frugilegus</i>)	187	123	13
Дрізд білобровий (<i>Turdus iliacus</i>)	28	58	79
Дрізд співочий (<i>Turdus philomelos</i>)	44	111	219
Шпак звичайний (<i>Sturnus vulgaris</i>)	113	439	2
Сорокопуд-жулан (<i>Lanius collurio</i>)	9	24	116
Зозуля звичайна (<i>Cuculus canorus</i>)	3	23	81
Одуд (<i>Upupa epops</i>)	0	8	69
Сорока звичайна (<i>Pica pica</i>)	37	5	11
Соловейко звичайний (<i>Luscinia luscinia</i>)	0	3	67
Чиж (<i>Spinus spinus</i>)	30	79	141
Мухоловка сіра (<i>Muscicapa striata</i>)	25	27	88

Таблиця 1.2 – Підсумкові дані розрахунку міри синантропії

Вид	<i>Si</i>	Висновок

Завдання 3. Визначте частку синантропних видів в одному з міст за умови, що на його території відзначені всі види птахів, які вказані в таблиці 1.1 (відмічені в місті). Порівняйте отримані результати зі значенням (41,7 %) відповідного індексу, розрахованого для паркових насаджень м. Чернівці.

Завдання 4. Використовуючи результати власних спостережень, вкажіть які екологічні фактори мають негативний і позитивний вплив на види птахів, які наведені в таблиці 1.3, при їх знаходженні в населених пунктах.

Таблиця 1.3 – Вплив екологічних факторів на птахів в населених пунктах

Вид	Екологічний фактор	Позитивна дія	Негативна дія
Горобець польовий (<i>Passer montanus</i>)			
Грак (<i>Corvus frugilegus</i>)			
Сизий голуб (<i>Columba livia</i>)			
Зяблик (<i>Fringilla coelebs</i>)			

Завдання 5. Вкажіть, які адаптації до умов населених пунктів характерні для синантропних видів птахів. Свою відповідь надайте у вигляді табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Адаптації синантропних видів птахів

Адаптація	Екологічний фактор, що визначає адаптацію

Завдання 6. Широко відомі синантропні види – рудий тарган, або прусак (*Blattella germanica*) та чорний тарган (*Blatta orientalis*), небезпечні для людини не тільки тим, що псують і забруднюють продукти; вони є переносниками різних інфекційних хвороб (дизентерії, черевного тифу, туберкульозу) та гельмінтів. Крім того, синантропні види тарганів виділяють статеві гормони та атрактанти, які здатні викликати у людини алергічні реакції. Прусак, на думку одних вчених, з'явився в Європі у 18 столітті з Південної Азії, інших – з Африки. Чорний тарган з'явився на нашому материку близько 300 років, у Південній Європі і Середній Азії він може жити і в природі. У лісах Євразії проживає тарган лісовий (*Ectobius sylvestris*). Зробіть припущення які індекси синантропності можуть бути отримані при вивченні даних видів. Які, на вашу думку, відмінності існують у даних видів по відношенню до різних екологічних факторів.

1.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання

1. Що являє собою явище «синантропії» та чим воно спричинене?
2. Наведіть приклади різних форм синантропії.
3. Які плюси та мінуси явища синантропії?
4. Які індекси використовують при вивченні синантропії, як вони розраховуються?
5. Наведіть приклади синантропних видів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Побудова спектрів життєвих форм рослин і тварин

2.1 Мета роботи: навчитися визначати основні типи життєвих форм рослин і тварин та будувати спектри життєвих форм.

2.2 Короткі теоретичні відомості

Під життєвою формою розуміють пристосувальний тип організмів, який характеризується зовнішньою подібністю.

Найбільш популярною класифікацією життєвих форм рослин є класифікація датського ботаніка К. Раункієра. Вона ґрунтується на розміщенні бруньок відновлення (верхівкових точок росту) відносно поверхні землі у несприятливий період року. Класифікація життєвих форм, за К. Раункієром, звертає увагу на ті ознаки, що відображають пристосованість рослин до переживання несприятливих за температурою і вологістю періодів року. Розташування бруньок відновлення, з яких наступного вегетаційного періоду мають розгорнутися нові пагони, відображає таку пристосованість. За розташуванням бруньок відновлення життєві форми поділяються на фанерофіти, хамефіти, гемікриптофіти, криптофіти і терофіти (рис. 2.1).

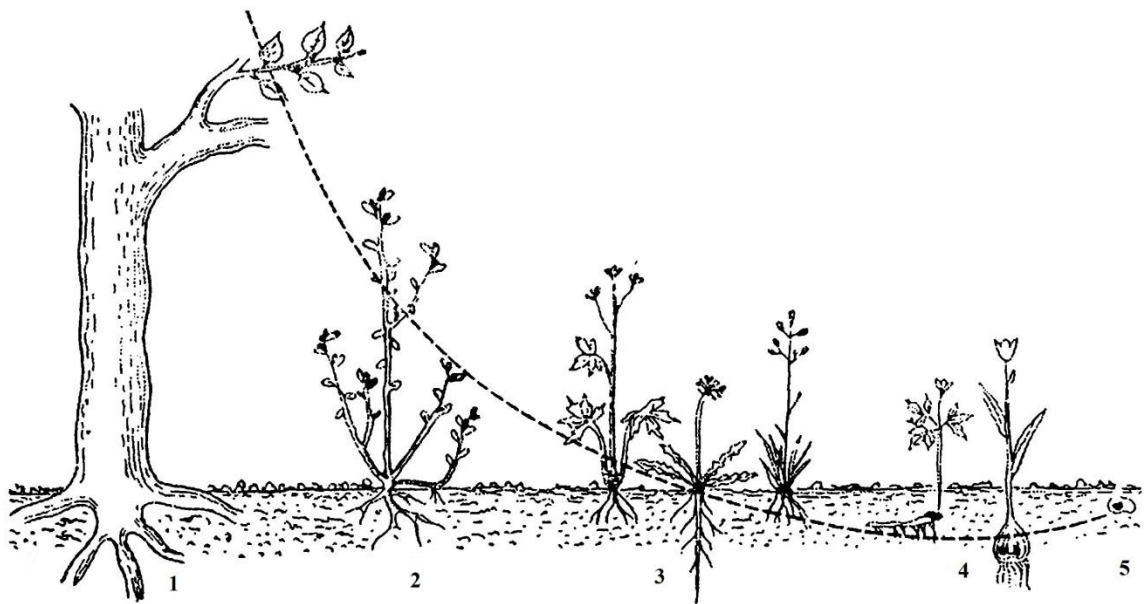


Рисунок 2.1 – Класифікація життєвих форм К. Раункієра: 1 – Фанерофіти; 2 – Хамефіти; 3 – Гемікриптофіти; 4 – Криптофіти; 5 – Терофіти

Фанерофіти – рослини, у яких бруньки відновлення знаходяться високо над ґрунтом, тому або незахищені (якщо рослини ростуть у стабільно теплих і вологих умовах екваторіальних лісів), або захищені у несприятливі періоди лише бруньковими лусками та глибоким спокоєм. До фанерофітів належать усі дерева та кущі, дерев'янисті ліани. Кущі, на відміну від дерев, від своєї основи розвивають не один, а кілька основних стовбурів, які називають скелетними осями.

Хамефіти – це середньовисокі рослини. Бруньки відновлення або верхівкові точки росту розміщені на висоті до 30 см над поверхнею. У несприятливі періоди вони бувають засипані снігом, у холодному кліматі, або піском, у пустелях. До цієї групи належать напівкущі та кущики.

Напівкущі – нечисленна група рослин, більшість з яких трапляється у пустельних регіонах (ефедра, деякі полини, тундрові рослини-подушки). Дерев'яніючі скелетні осі мають висоту 20–30 см і зберігаються засипаними піском або снігом у несприятливі періоди. З теплом і вологою бруньки на здерев'янілих частинах дають початок щорічним пагонам, які виростають на висоту 1 м та вище. Живі частини пагонів зберігаються недовго і в суховії або морози знову відмирають. У нашому кліматі до напівкущів відносяться паслін солодко-гіркий та малина.

Кущики – невисокі, але повністю дерев'яніючі, кущистого вигляду рослини, висотою до 50 см. У помірному кліматі до них належать чорниця, брусниця, лохина, журавлина. Тривалість життя окремих скелетних осей кущиків не перевищує 5 років.

Гемікриптофіти – значна частина рослин, які у несприятливі періоди зберігають бруньки відновлення біля поверхні ґрунту, скидаючи основну масу пагонів. Більшість гемікриптофітів – трави, хоча є і напівкущики.

Напівкущики – майже повністю трав'янисті рослини, однак, при детальнішому обстеженні при основі пагонів виявляються здерев'янілі багаторічні ділянки. Їхня товщина звичайно незначна, а довжина зазвичай не перевищує 7 см, однак, тривалість життя таких дерев'янистих частин може бути дуже велика. Рослини нагадують мініатюрні деревця. Від здерев'янілих стебел, завдяки численним брунькам на них, щороку відростають однорічні трав'янисті пагони, висотою до 30 см. Представники є у родах полин, віниччя, чебрець, самосил. Напівкущики частіше зустрічаються у посушливих регіонах та на кам'янистих відслоненнях.

Криптофіти – життєва форма трав'янистих рослин, у якій бруньки відновлення знаходяться в ґрунті, іноді досить глибоко, на глибині до 20–25 см. Такі бруньки розвиваються у цибулинах, бульбах, кореневищах або на горизонтальних коренях.

Терофіти – трави, у яких в кінці вегетаційного періоду відмирають усі бруньки відновлення, єдина брунечка залишається у зрілому насінні. Сюди належать однорічники.

Існують різні класифікації життєвих форм також і для тварин. Наприклад, класифікація життєвих форм розроблена для жуків-турунів (*Carabidae*). Вирізняють 5 основних життєвих форм:

Фітобіонти – хижаки, що полюють у рослинному покриві. Вони характеризуються вузьким тілом і ногами, пристосованими до лазіння. Деякі види мають розширене тіло, подібно до жуків-листоїдів. Типові роди – *Drypta*, *Lebia*.

Епігеобіонти – хижаки, що полюють на поверхні ґрунту, мають опукле тіло, значно склеротизований покрив, довгі, пристосовані до бігу ноги. Типові роди – *Carabus*, *Cicindela*.

Стратобіонти – жуки, що мешкають у підстилці, щілинах ґрунту, норах великих тварин, печерах. Ці жуки характеризуються сплющеним тілом і ногами, що пристосовані до бігу. Типові роди – *Calathus*, *Pterostichus*.

Геобіонти – жуки, що живляться мешканцями ґрунту і пристосовуються до риття (короткі масивні ноги з міцними шпорами та зубчастими гомілками). Тіло циліндричне, має перетяжку на рівні середньогрудинки. Голова велика. Типові роди – *Broscus*, *Scarites*.

Псамобіонти – мешканці пісків із тілом округлої, опуклої, обтічної форми, що дає їм змогу зариватися в пісок і пересуватися в ньому. Ноги пристосовані до бігу та відгрибання. Типовий рід – *Omphron*.

2.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне скло, покривні скельця, чашки Петрі, зразки рослин, польовий матеріал (жуки-туруни та личинки жуків-вусачів).

Завдання 1. Розглянути запропонований роздатковий матеріал. Визначити життєву форму рослини за розміщенням бруньок відновлення (верхівкових точок росту). Визначити відсоток, який становлять види кожної групи від загальної кількості видів і побудувати спектр життєвих форм угруповання у вигляді колової діаграми.

Завдання 2. Розглянути жуків-турунів та побудувати спектр їх життєвих форм. Вказати на морфологічні особливості досліджуваних видів жуків-турунів, що вказують на їх приналежність до певної життєвої форми. Відповідь надайте у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Морфологічні особливості жуків-турунів різних життєвих форм

Вид	Життєва форма	Морфологічні особливості

Завдання 3. Розгляньте зразки личинок жуків-вусачів (*Cerambycidae*). Запропонуйте назви життєвих форм, до яких можна було б їх віднести. Вкажіть, які морфологічні особливості характеризують їх пристосування до середовища проживання. Відповідь надайте у вигляді табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Морфологічні особливості жуків-вусачів різних життєвих форм

Вид	Життєва форма	Морфологічні особливості

Завдання 4. Розгляньте табл. 2.3. Як можна пояснити співвідношення життєвих форм рослин в різних кліматичних районах.

Таблиця 2.3 – Співвідношення життєвих форм рослин в різних кліматичних районах (%)

Кліматичний район	Фанерофіти	Хамефіти	Гемікриптофіти	Криптофіти	Терофіти
Тропічний	61	6	12	5	16
Пустельний	12	21	20	5	42
Лісовий	25	15	44	15	1
Арктичний	1	22	60	15	2

2.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання.

1. Дайте визначення життєвої форми.
2. Охарактеризуйте класифікацію життєвих форм Раункієра.
3. Які життєві форми виділяють для жуків-турунів?
4. В чому полягає екологічне значення життєвих форм?
5. Яке співвідношення життєвих форм рослин в різних кліматичних районах?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Встановлення статичних властивостей популяцій

3.1 Мета роботи: сформувати навички оцінки статичних властивостей популяції.

3.2 Короткі теоретичні відомості

Чисельність популяції – загальна кількість особин, що складають дану популяцію в певний момент часу. З огляду на різні розміри ареалу популяцій, кількість особин у них може суттєво змінюватися. У комах і рослин, яким властиві континуальні типи ареалів, кількість особин може сягати мільйонів. Крім того, всім популяціям притаманна динаміка кількості. Розмах коливань кількості особин окремих популяцій може бути значним. Відомі приклади коливання кількості травневих хрущів (*Melolontha hippocastani*) у мільйон разів. Для популяцій денних твердокрилих комах розмах коливань їх чисельності сягає 10 мільйонів, лускокрилих – тисячі, мишоподібних гризунів – сотні, білок – десятки разів.

Для визначення чисельності популяцій використовується багато різних методів, які поділяють на декілька категорій.

Тотальний облік можливий, іноді, для великих, добре помітних організмів або для організмів, які збираються на період розмноження у великі групи.

Метод пробних ділянок. Цей метод полягає у підрахунку і зважуванні організмів на пробних ділянках або на трансектах. Розміри і кількість пробних ділянок повинні бути достатні для отримання чисельності на досліджуваній території.

Методи мічення з повторним відловом (для тварин, що рухаються). З популяції відловлюють частину тварин, помічають їх і випускають. Відсоток помічених тварин у наступній вибірці використовується для визначення загальної чисельності (метод Петерсена-Лінкольна):

$$N_x = \frac{M(N + 1)}{a + 1} \quad (3.1)$$

де N_x – загальна чисельність популяції; M – чисельність особин в першому вилові; N – чисельність особин у другому вилові; a – чисельність мічених особин у другому вилові.

При цьому помилка оцінки чисельності становить:

$$SE_m = \sqrt{\frac{M^2(N + 1)(N - a)}{(a + 1)^2(a + 2)}} \quad (3.2)$$

Метод вилучення, при якому кількість організмів зібраних з деякої площі, при послідовній вибірці, відкладається по осі ординат, а кількість із зібраних раніше по осі абсцис. Якщо імовірність ловлення відносно постійна, то позначки

відкладаються вздовж прямої лінії. Цю лінію можна провести до нульової точки (на осі абсцис), яка буде теоретично відповідати 100 % вилученню з даної площі.

Методи без взяття проб (застосовуються для нерухомих організмів, таких як дерева). Прикладом може бути метод випадкових точок, під час якого вимірюють відстань від ряду довільно вибраних точок до найближчих особин відносно всіх чотирьох напрямків. Густану на одиницю площі оцінюють за середньою відстанню.

Загальна чисельність організмів (N_x) в популяції також визначається як добуток щільності популяції на площу (об'єм):

$$N_x = X \times S \quad (3.3)$$

де N_x – чисельність популяції; X – щільність популяції; S – площа, на якій знаходиться популяція.

Щільність популяції – не менш важлива, ніж кількість особин, характеристика популяції. Виражають її кількістю особин на одиницю площі (m^2 , га, km^2) або об'єму (dm^3 , m^3).

Цей показник дає змогу порівнювати популяції між собою, оскільки чисельність особин у межах їх ареалів не завжди можна визначити. Щільність популяції – мінлива величина, яка залежить від ендегенних і екзогенних факторів. Ендегенна регуляція щільності полягає у тому, що чисельність особин зростає до тієї миті, коли смертність починає переважати над народжуваністю, тобто щільність популяції відповідає реальним ресурсам.

Щільність популяцій може оцінюватися маршрутними методами, якими часто проводять обліки птахів. Одним із прикладів є розрахунок щільності птахів за допомогою формули 3.4:

$$N_x = \frac{V}{2WAL} \quad (3.4)$$

де N_x – щільність населення птахів в особинах у перерахунку на km^2 ; V – кількість особин виду, помічених на маршруті; W – максимальна відстань виявлення виду; A – повнота обліку; L – протяжність маршруту, км.

Повнота обліку (A) визначається за формулою:

$$A = \frac{V_c}{V_{max}} \quad (3.5)$$

де V_c – кількість особин кожного виду, що врахована під час одного обліку; V_{max} – максимальна кількість особин кожного виду, що врахована у даному біотопі упродовж сезону.

Ще однією статичною характеристикою є просторовий розподіл особин і їх груп. Просторовий розподіл популяції всередині ареалу носить імовірнісний характер і відображає реакції організмів на різні екологічні фактори: доступність харчових ресурсів і фізичні умови або на присутність конкурентів, і тому є важливою характеристикою популяції, необхідною для прогнозу її чисельності. Виділяють три основні типи розподілу організмів у межах території, зайнятій однією популяцією:

- рівномірний розподіл в природі найчастіше пов'язаний з гострою конкуренцією між різними особинами. Такий тип розподілу відзначають у хижих тварин і риб з їх територіальним інстинктом і суто індивідуальним характером;

- випадковий (дифузний) розподіл має місце в однорідному середовищі або середовищі, де інтенсивність і напрямок дії різних екологічних факторів змінюються не закономірно, а випадково. Так на перших порах розселяється попелиця на полі. Під час зростання популяції розподіл набуває груповий характер;

- груповий (мозаїчний) розподіл зустрічається найчастіше. Так, в сосновому лісі дерева спочатку розселяються групами, а надалі їх розміщення стає рівномірним. Груповий розподіл забезпечує більш високу стійкість по відношенню до несприятливих умов у порівнянні з окремою особиною. Усередині популяцій тварин угруповання носять різні назви – прайди, гареми, зграї, колонії тощо (рис. 3.1).

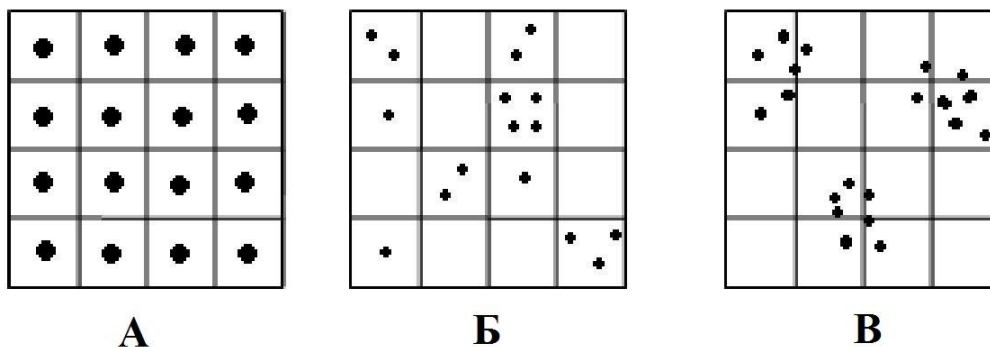


Рисунок 3.1 – Основні типи розподілу організмів у межах території, яка зайнята популяцією: А – рівномірний розподіл; Б – випадковий розподіл; В – груповий розподіл

Характер просторового розподілу оцінюється за величиною дисперсії, що характеризує відхилення значень відносно середнього значення:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - m)^2}{n - 1} \quad (3.6)$$

де σ^2 – міра розсіювання (дисперсія); x – кількість особин у вибірці; m – середнє число особин в вибірках; n – число всіх вибірок.

У разі рівномірного розподілу особин популяції σ^2 дорівнює нулю, оскільки кількість особин в кожній вибірці є постійним і дорівнює середньому. При випадковому розподілі m і σ^2 рівні. При груповому розподілі σ^2 вище m , і відмінності між ними тим вище, чим сильніше тенденція особин до утворення скупчень (агрегацій).

3.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: стебла *Centaurea jacea* L., дані польових спостережень.

Завдання 1. Проаналізуйте кількість вихідних отворів жука-горбатки *Mordellistena kraatzi* Emery, 1876 у вибірці відмерлих стебел *Centaurea jacea* L. (з 10 м²) За заданою площею луки (1,2 га) розрахуйте орієнтовну чисельність локальної популяції *M. kraatzi*.

Завдання 2. Використовуючи результати спостережень, які представлені в таблиці 3.1, розрахуйте щільність популяції синиці *Parus major* і популяції їжака *Erinaceus europaeus* в лісі площею 50 км². Результати отримані підрахунком особин на 10 облікових майданчиках (при вивченні птахів обліковий майданчик становив 0,1 км², при вивченні ссавців – 1 км²).

Таблиця 3.1 – Результати обліків синиці *Parus major* та їжака *Erinaceus europaeus*

Вид	Кількість особин в вибірках									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Parus major</i>	18	15	8	17	17	18	17	16	16	19
<i>Erinaceus europaeus</i>	8	7	6	8	7	5	9	7	7	5

Завдання 3. Визначте тип просторового розподілу для популяцій синиці *Parus major* та їжака *Erinaceus europaeus*, використовуючи дані таблиці 3.1. Підберіть відповідну модель просторового розподілу.

Завдання 4. В озері площею 25 га при проведенні досліджень виловлено і випущено назад у ставок в перший раз 20 особин коропа, а вдруге – 25 особин, серед яких 10 особин з міткою, поставленою при першому вилові. Підтримуюча ємність середовища (кількість біомаси, яка може підтримуватися в даних умовах екосистемою) для коропа в озері такої площі становить 520 особин. Чи можна провести додаткове вселення молоді коропа в дане озеро? Наскільки достовірні проведені розрахунки чисельності популяції коропа.

Завдання 5. Розрахуйте щільність популяцій птахів, облік яких проводився маршрутним методом. Результати обліку відображені в таблиці 3.2. Встановіть відносну чисельність видів відповідно до наступної шкали бальних оцінок: масові види – більше 1000 ос./км²; багаточисельні – у межах 100–900 ос./км²; численні – 10–90 ос./км²; звичайні – 1–9 ос./км²; рідкісні – 0,1–0,9 ос./км²; дуже рідкісні – 0,01–0,09 ос./км².

Таблиця 3.2 – Результати обліку птахів маршрутним методом

Вид	Кількість особин виду, помічених на маршруті	Максимальна кількість особин виду, врахована упродовж сезону	Максимальна відстань виявлення виду, м	Протяжність маршруту, км
Зяблик (<i>Fringilla coelebs</i>)	48	60	100	20
Дрізд співочий (<i>Turdus philomelos</i>)	17	25	170	
Золотомушка жовточуба (<i>Regulus regulus</i>)	1	4	15	
Синиця велика (<i>Parus major</i>)	58	81	45	

3.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання

1. Що таке чисельність і щільність популяції?
2. Як розраховується чисельність популяції?
3. Якими методами можна розрахувати щільність популяції?
4. Яким може бути просторовий розподіл особин на території зайнятої популяцією?
5. Чисельність популяцій – постійна величина чи може змінюватися? Наведіть приклади.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Встановлення динамічних властивостей популяцій

4.1 Мета роботи: сформуванати навички оцінки динамічних властивостей популяції.

4.2 Короткі теоретичні відомості

Кожна популяція, як і будь-яка біологічна система, мінлива у просторі та часі. Мінливість популяції проявляється у першу чергу в динаміці чисельності особин. У природних популяціях рослин і тварин основа динаміки – народжуваність і смертність, менше – імміграція й еміграція.

Народжуваність – здатність популяції до омолодження та збільшення чисельності. Розрізняють народжуваність абсолютну (B) і питому (b). Абсолютна або загальна народжуваність розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_N}{\Delta\tau} \quad (4.1)$$

де B_N – кількість особин, які народилися в популяції за проміжок часу $\Delta\tau$.

Питома народжуваність розраховується за формулою:

$$b = \frac{B_N}{\Delta\tau \times N} \quad (4.2)$$

де B_N – кількість особин, які народилися в популяції за проміжок часу $\Delta\tau$, N – кількість всіх особин популяції.

Розрізняють смертність абсолютну (D) і питому (d). Абсолютна або загальна смертність розраховується за формулою:

$$D = \frac{D_N}{\Delta\tau} \quad (4.3)$$

де D_N – кількість особин, які померли в популяції за проміжок часу $\Delta\tau$.

Питома смертність розраховується за формулою:

$$d = \frac{D_N}{\Delta\tau \times N} \quad (4.4)$$

де D_N – кількість особин, які померли в популяції за проміжок часу $\Delta\tau$, N – кількість всіх особин популяції.

Популяція будь-якого виду теоретично здатна до необмеженого росту чисельності, в тому випадку якщо на неї не впливають лімітуючі фактори

зовнішнього середовища. В даному (гіпотетичному) випадку швидкість зростання популяції буде залежати тільки від величини її біотичного потенціалу. Біотичний потенціал популяції можна описати за допомогою простих рівнянь – модель Мальтуса. Побудова цієї моделі заснована на декількох припущеннях: не враховуються фізіологічні та біохімічні процеси в популяції; розглядаються тільки процеси народження і природної загибелі, швидкості яких пропорційні чисельності особин в даний момент часу; розглядається одна популяція, без урахування взаємодії з іншими популяціями. Так, в популяції з вихідною чисельністю N_0 особин, за проміжок часу $\Delta\tau$ з'являється ΔN нових особин. Якщо кількість особин, що народилися, прямо пропорційна N_0 і $\Delta\tau$, то отримуємо рівняння:

$$\Delta N = r \times \Delta\tau \times N_0 \quad (4.5)$$

де ΔN – кількість особин, що народилися за час $\Delta\tau$; r – біотичний потенціал популяції (мальтузіанський параметр) або питома швидкість росту чисельності; N_0 – початкова чисельність популяції.

Однак, в природі біотичний потенціал популяції ніколи не реалізується повністю. Його величина зазвичай розглядається як різниця між народжуваністю і смертністю в популяціях:

$$r = b - d \quad (4.6)$$

де r – біотичний потенціал популяції; b – кількість народжених особин; d – кількість загиблих особин за той же період часу.

У диференціальній формі рівняння росту:

$$\frac{dN}{d\tau} = r \times N \quad (4.7)$$

Розв'язанням цього рівняння (інтегральною формою) – є функція:

$$N(\tau) = N_0 \times e^{r\tau} \quad (4.8)$$

де r – біотичний потенціал популяції; N_0 – початкова чисельність популяції; τ – період часу.

Зростання чисельності популяції при обмеженій ємності середовища може бути розраховане через рівняння (модель Ферхюльста):

$$N(\tau) = \frac{K \times N_0 \times e^{r\tau}}{K + N_0(e^{r\tau} - 1)} \quad (4.9)$$

де K – екологічна ємність середовища; r – біотичний потенціал популяції; N_0 – початкова чисельність популяції; τ – період часу.

Динаміка чисельності безпосередньо пов'язана з віковою структурою популяції. По відношенню до популяції виділяють три екологічні віки: дорепродуктивний, репродуктивний і пострепродуктивний. У популяціях, що скорочуються, переважають старі особини, які вже не здатні приносити потомство. Така вікова структура свідчить про несприятливі умови. У швидко зростаючих популяціях переважають молоді особини, що інтенсивно розмножуються. У стабільних популяціях це співвідношення, як правило, 1:1. При сприятливих умовах в популяції є всі вікові групи, і підтримується порівняно стабільний рівень чисельності, значну частину якої складають молоді статевозрілі особини. Вікова структура популяції визначається на підставі даних спостережень по вибірках (n):

$$N = \left(\frac{\sum x_i}{n_i} \right) \times S \quad (4.10)$$

де N – загальна чисельність даної вікової групи; n_i – кількість особин цієї вікової групи у вибірці; S – площа території, яка зайнята популяцією.

Вікова структура популяції, як правило, представляється у вигляді діаграм, в яких площа кожного прямокутника співвідноситься з кількістю особин інших вікових груп в одному й тому ж масштабі.

Смертність в різних вікових групах неоднакова і залежить від виду популяції. При екологічних дослідженнях великий інтерес може представляти не кількість загиблих особин, а кількість тих, що вижили в різні вікові періоди. Для цього складають статистичні таблиці виживання, що включають інформацію про народжуваність, смертність і кількість тих, що вижили і загиблих особин в кожній віковій групі. На основі таких таблиць будують криві залежності кількості особин, що вижили (вісь ординат) з вибірки 100 або 1000 особин від віку (вісь абсцис). Як правило, по осі абсцис відкладають не вік, а відсоток від загальної тривалості життя, що дозволяє порівнювати між собою популяції різних видів. Розрізняють три основних типи кривих виживання (рис. 4.1).

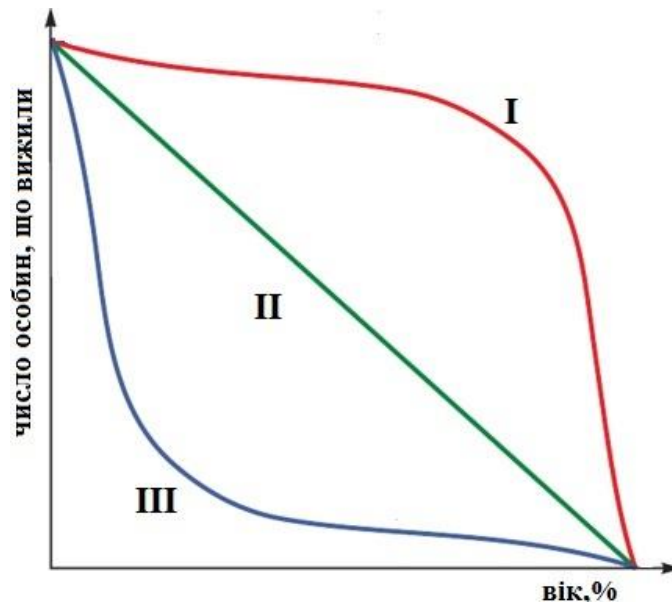


Рисунок 4.1 – Основні типи кривих виживання: I – смертність слабо залежить від зовнішніх чинників (популяції великих тварин і людини в сприятливих умовах); II – рівномірна смертність у всіх вікових групах (нащадки ведуть самостійний спосіб життя); III – висока смертність в ранні періоди життя

У випадку, коли народжуваність менше смертності, процес зміни чисельності називається експоненціальним загасанням.

У сучасній еволюційній та екологічній літературі для опису життєдіяльності рослин і тварин широко застосовують термін «стратегія життя виду» – сукупність пристосувань, рис і властивостей, які виявляються в процесі реалізації генотипів особин у мінливих умовах біотичного, абіотичного та антропогенного середовища, забезпечують їм тривале існування, можливість захоплювати вільні екологічні ніші, переживати стрес і відновлювати структуру та функції.

За розміром затрат ресурсів, потрібних для розмноження, види живих організмів можна розділити на дві групи: конкуренти (K-стратегі) і рудерали (r-стратегі). Види-конкуренти живуть у порівняно стабільних умовах середовища, а види-рудерали – у мінливих, нестабільних.

R-стратегі (наприклад, однорічні рослини) мають швидкі темпи розмноження та розселення, короткий цикл розвитку. K-стратегі (наприклад, дерева) живуть довго, добре пристосовані до життєвого простору, тому завдяки своїй конкурентоспроможності витісняють r-стратегів. Тип зростання чисельності K-стратегів описується S-подібною кривою (рис. 4.2). Для видів з r-стратегією характерна J-подібна крива зростання з швидким падінням чисельності популяції.

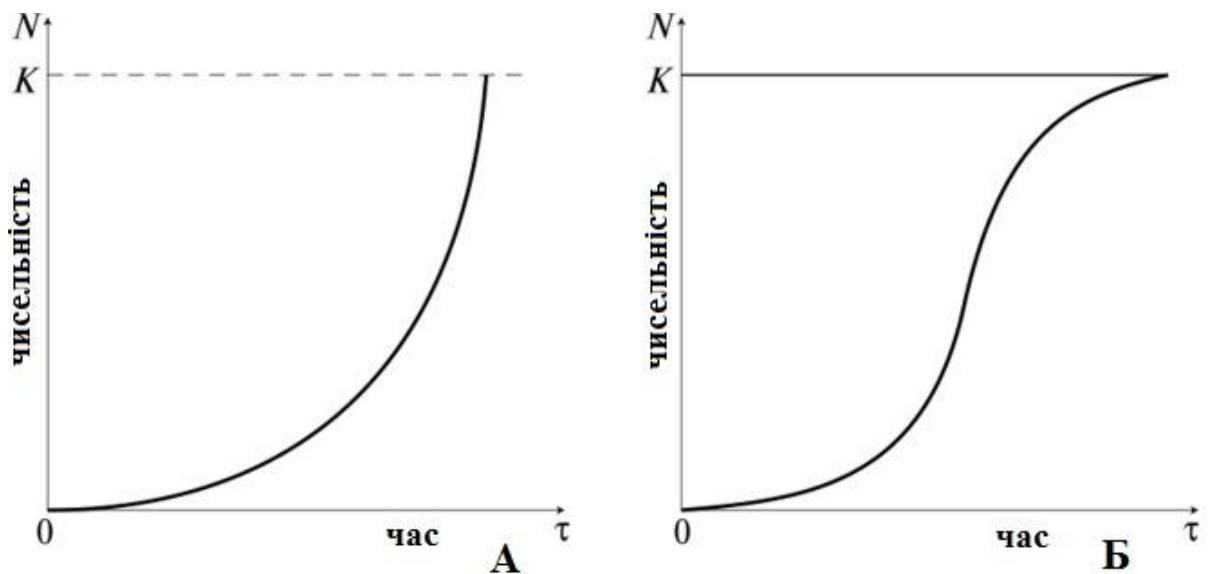


Рисунок 4.2 – Основні типи кривих виживання: А – r-стратегі; Б – K-стратегі

Скорочення чисельності популяцій може привести до зникнення біологічних видів. Серед факторів, які можуть призвести до цього, можна виділити наступні:

- руйнування місць проживання (оселищ). Цей фактор – один із головних факторів загрози біотичному різноманіттю. Руйнування оселищ може бути як повним, так і з пошкодженнями у вигляді забруднень, фрагментації. Найнегативніші наслідки має руйнування болотистих територій і водних екосистем (дренаж, греблі, меліорація тощо), степів, гірських територій, коралових рифів, опустелювання тощо. Нині у світі налічують 9 млн км² деградованих земель.

- фрагментація оселищ (інсуляризація). Крім цілковитого руйнування площі, простежується також розділення її на дрібні шматки дорогами, полями, городами, лініями електропередач, тобто деградованими територіями. Фрагменти відрізняються від колись суцільної площі тим, що вони мають значно більшу протяжність примезових зон, центр кожного фрагмента розташований близько до краю. Все це впливає на функціонування популяцій, зокрема на можливість розселення особин, зоохорії тощо. Фактично змінюються трофічні ланцюги, що позначається на функціонуванні екосистеми.

У таких фрагментах імовірність зникнення окремих груп особин суттєво зростає, оскільки вони потрапляють під дію інбридингу та дрейфу генів.

- крайовий ефект. У примезових зонах порівняно із серединою угруповань змінюється освітленість, температура повітря та ґрунту, швидкість вітру тощо. Якщо зміни проникають усередину угруповань, де ростуть види, що вузько пристосовані до певних абіотичних факторів, це призводить до зниження життєздатності їх популяцій, туди починають потрапляти особини видів рудеральної стратегії. Це все посилює ефект дестабілізації угруповань.

- деградація та забруднення місць. Можливі випадки, коли територія не піддається явному впливу зовнішніх чинників, однак ці чинники діють у малій

дозі (наприклад, викиди заводів, автомобілів), що не супроводжується візуальними змінами. Серед забруднень перше місце доцільно відвести забрудненню територій пестицидами. Не менш важливим чинником зниження рівня біорізноманіття є забруднення вод, яке призводить до зникнення риб і моллюсків, а відтак – до збіднення раціону людини та зміни якості води як середовища життя гідробіонтів.

- забруднення повітря. Головний негативний чинник – кислотні дощі, які формуються з оксидів нітрогену та сульфуру. Для кислотних дощів характерна комплексна дія, вони впливають на фізико-хімічні властивості води, ґрунту та безпосередньо на тіло організмів.

- утворення озону. Унаслідок функціонування електростанцій, автомобілів у повітря потрапляють вуглеводні та оксиди нітрогену, які під впливом сонячного світла вступають у реакції, в результаті яких утворюється озон. Відомо, що озон у приземних шарах повітря шкідливий для біотичних систем. Що стосується забруднення токсичними металами (Плюмбум, Цинк тощо), наслідки цього впливу особливо яскраво простежуються навколо металургійних комбінатів.

- глобальне потепління клімату. Вважається, що потепління клімату завдяки парниковим газам – об'єктивна тенденція. Навіть у випадку суттєвого зниження рівня викиду CO₂, молекула цього газу існує в атмосфері в середньому 100 років, а потім асимілюється автотрофними організмами.

- надмірна експлуатація ресурсів. Безумовно, збільшення кількості людей зумовлює різке зростання експлуатації ресурсів. Переважно їх експлуатація нераціональна. Наприклад, в Америці на одного мешканця припадає в 243 рази більше паперу, ніж на одного жителя Індії, і в 43 рази більше бензину.

Наведені вище чинники є загальними. У кожному конкретному випадку необхідно проводити тривалі дослідження щодо причин вимирання тих чи інших популяцій на певних територіях. Загальної думки щодо причин вимирання популяцій немає.

4.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікропопуляція дрозоділи, дані польових спостережень.

Завдання 1. Розрахуйте народжуваність у мікропопуляції дрозоділи (в лабораторних умовах) з відомими значеннями чисельності у заданий період (за вказівкою викладача). Враховуйте лише дорослих комах.

Завдання 2. Використовуючи результати натурних спостережень, представлених в таблиці 4.1, розрахуйте абсолютну і питому народжуваність зайця-русака (*Lepus europaeus*) в агроценозах за період 12 місяців. За народжуваність прийміть суму дитинчат в 10 вибірках. Встановіть вікову структуру популяції. Розрахуйте абсолютну і питому смертність зайця-русака в агроценозах за період 12 місяців. За смертність прийміть 23 особини. Розрахуйте біотичний потенціал популяції зайця-русака в агроценозах, використовуючи отримані раніше дані питомої народжуваності і смертності. Зробіть висновок,

враховуючи, що позитивне значення r свідчить про стійкість популяції в даних умовах існування, тоді як негативне значення вказує на протилежне.

Таблиця 4.1 – Результати обліків щільності популяцій зайця-русака (*Lepus europaeus*)

Вікові групи	Щільність особин в вибірках, ос./км ²									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
дитинчата	6	5	6	5	4	5	6	5	4	5
дорослі	6	4	4	4	4	6	4	4	4	4
пострепродуктивні	2	3	2	3	2	3	2	1	2	3
Всього	14	12	12	12	10	14	12	10	10	12

Завдання 3. Використовуючи дані з завдання 2, встановіть можливу чисельність популяції зайця-русака (*Lepus europaeus*) через 5, 8 10 і 12 років при відсутності лімітуючих факторів і взаємодії з іншими популяціями цього виду. Побудуйте графік потенційної зміни чисельності даної популяції протягом 15 років.

Завдання 4. Використовуючи дані з завдання 2, встановіть можливу чисельність популяції зайця-русака (*Lepus europaeus*) в разі, коли ресурси середовища обмежені і екологічна ємність середовища становить 500 особин. Визначте, приблизно через який період часу чисельність популяції наблизиться до екологічної ємності середовища і побудуйте криву чисельності зайця-русака, яка відображатиме цей період. Вкажіть, яка стратегія лежить в основі розвитку популяцій зайця-русака.

Завдання 5. Вкажіть, які екологічні фактори можуть впливати на чисельність зайця-русака. Свою відповідь обґрунтуйте.

4.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання.

1. Які динамічні властивості характерні для популяції?
2. Чим визначається біотичний потенціал популяції?
3. Яким чином можна спрогнозувати динаміку чисельності популяції?
4. Які основні стратегії розвитку популяцій існують?
5. Які чинники можуть привести до зниження чисельності популяції і до зникнення біологічних видів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Визначення індексів видового багатства та біологічного різноманіття

5.1 Мета роботи: сформувані навички оцінки динамічних властивостей популяції.

5.2 Короткі теоретичні відомості

Одна з умов ефективного існування, виживання, пристосування до змін будь-якої екосистеми – наявність у ній певної кількості видів живих організмів, які еволюційно добре пристосувалися до існування в екосистемі й активно функціонують, взаємодіючи один з одним у процесах обміну речовинами, енергією та інформацією.

Поняття «біорізноманіття» набуло міжнародного значення після підписання Конвенції про біологічне різноманіття на Конференції ООН з довкілля в Ріо-де-Жанейро (Бразилія) у 1992 році. У Конвенції про біологічне різноманіття термін «біологічне різноманіття» визначається як «різноманітність живих організмів з усіх джерел, включаючи, серед іншого, наземні, морські та інші водні екосистеми і екологічні комплекси, частиною яких вони є; це поняття включає у себе різноманітність у рамках виду, між видами і різноманітність екосистем».

Склад і структура біоти, як компоненти біорізноманіття, можуть бути оцінені за допомогою різних критеріїв. Виділяють два основних аспекти різноманітності, багатство і складність (вирівняність).

Багатство – це загальне число видів і надвидових груп (таксономічних, екологічних і біогеографічних) в біоті. Багатство є характеристикою різноманітності з точки зору видового і надвидового складу біоти.

Складність – це характер співвідношення між видами і надвидовими групами за кількістю складових особин і таксонів. Складність є характеристикою різноманітності з точки зору структури біоти, тобто системи чисельних співвідношень між її компонентами.

Біота тим різноманітніша, чим більше в ній видів і надвидових таксонів (багатство) і чим більш рівномірно розподілені по групах їх складові (вирівняність).

В даний час запропоновано більше 40 індексів, які призначені для оцінки біорізноманіття. Відмінності між індексами полягають в тому, яке значення вони надають вирівненості і видовому багатству.

Найбільш поширеними індексами видового багатства є індекси Маргалєфа і Менхінка, що широко використовуються в екологічних дослідженнях:

Наприклад, індекс Маргалєфа (D) розраховується за формулою:

$$D = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (5.1)$$

де S – кількість виявлених видів; N – сумарна чисельність особин всіх аналізованих видів.

При підрахунку індексу Маргалефа може бути використаний десятковий, або натуральний логарифм. Чим більше видів, тим вище значення цього індексу.

Міра нерівності між видами біоти за кількістю особин називається домінуванням. Якщо рівень домінування невисокий, це означає, що умови на досліджуваній території приблизно однакові для більшості видів. Якщо ж домінування досягає значних величин - умови сприятливі лише для кількох переважаючих видів, що може проявлятися, наприклад, за антропогенного навантаження на екосистему.

Основною кількісною мірою домінування служить індекс Сімпсона (C), який обчислюється за формулою:

$$C = \sum p_i^2 \quad (5.2)$$

де p_i – відносна чисельність кожного виду, яка розраховується за формулою:

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (5.3)$$

n_i – чисельність особин кожного з видів, а N – сумарна чисельність особин всіх аналізованих видів.

Таким чином, відносна чисельність – це число особин виду щодо загального числа особин всіх видів, яке виражається у відсотках або частках одиниці. За цим показником характеризують домінування виду. Для оцінки використовують різні шкали. Наприклад, згідно з однією з них, види, які складають більше 5 % від загальної кількості особин, вважаються домінуючими; 2–5 % – субдомінуючими; 1–2 % – рецедентними; менше 1 % – субрецедентними.

Індекс домінування Сімпсона приймає тим менше чисельне значення, чим більш вирівняна структура домінування, тобто, чим ближче оцінки чисельності для всіх видів. Індекс Сімпсона зростає в міру домінування одного або декількох видів.

Індекси видового багатства (Маргалефа, Менхінка) та індекси домінування (наприклад, Сімпсона) описують два основних аспекти різноманітності – багатство і складність. Але існує можливість оцінити обидва ці параметра спільно, за допомогою узагальнених методів оцінки різноманітності, що враховують як число видів, так і рівність між ними за чисельністю.

Найбільш відомим з таких показників є індекс різноманітності Шеннона:

$$H = - \sum p_i \ln p_i \quad (5.4)$$

де p_i – значущість виду в десяткових долях як відношення його чисельності до загальної чисельності угруповання.

Чим більше індекс Шеннона, тим більше видове різноманіття угруповання.

Узагальнені методи оцінки різноманітності зручні, коли необхідно однією цифрою висловити обидва аспекти різноманітності – багатство і складність. Однак в цьому випадку не завжди ясно, який з аспектів різноманітності більшою мірою вплинув на спостережувані значення. Тому іноді характеризують аспекти різноманітності окремо: багатство – за допомогою індексів Маргалефа або Менхініка, а складність – за допомогою спеціальних індексів вирівненості.

Найбільш широко використовується для оцінки вирівненості видового спектру індекс Пієла (E):

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (5.5)$$

де H – значення показника різноманіття Шеннона для даного угруповання; S – кількість виявлених видів.

Індекс вирівненості Пієла приймає значення від 0 до 1. Для реальних угруповань даний показник рідко перевищує 0,80. Чим більш рівномірно представлені в угрупованні його види, тим ближче його значення до одиниці. $E = 1$ при рівній кількості всіх видів.

Вирівняність є протилежністю домінування. Вибір між використанням індексів домінування і вирівненості заснований лише на тому, яку особливість досліджуваної біоти хоче підкреслити дослідник. Наприклад, екстремальність умов виражається через домінування, а складність видового спектру – через вирівняність.

Для порівняння між собою угруповань у різних місцеперебуваннях, а також для аналізу їхніх змін уздовж досліджуваного градієнта використовують цілий ряд індексів подібності флор та фаун, заснованих на частках загальних і різних видів у порівнюваній парі таксономічних наборів. Частіше за все використовуються два індекси:

1. Індекс Чеканівського-Серенсена (I_s):

$$I_s = \frac{2c}{a + b} \quad (5.6)$$

де c – кількість видів, що зустрічаються в обох угрупованнях, що порівнюються; a – число видів, наявних тільки в першому угрупованні; b – число видів, наявних тільки в другому угрупованні.

2. Індекс Жакара (C_j):

$$C_j = \frac{c}{a + b - c} \quad (5.7)$$

де c – кількість видів, що зустрічаються в обох угрупованнях; a – число видів, наявних тільки в першому угрупованні; b – число видів, наявних тільки в другому угрупованні.

Індекси Чеканівського-Серенсена і Жакара дорівнюють 1 в разі повного збігу видів угруповань і дорівнюють 0, якщо вибірки зовсім різні між собою і не включають загальних видів.

5.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: визначник наземних молюсків України, зразки раковин молюсків.

Завдання 1. Використовуючи визначник наземних молюсків, визначте видову приналежність отриманих до виконання завдання екземплярів.

Завдання 2. Виходячи з наданих даних, отриманих при обліку молюсків, визначити який з типів лісу характеризується найбільшим видовим багатством малакафауни. Визначте вирівняність для кожного з комплексу молюсків. Зразковий перелік даних для виконання завдання показаний у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати дослідження молюсків в різних типах лісу

Вид	Кількість особин			
	Діброва	Березняк	Бор	Ялиник
Слизняк великий звичайний (<i>Limax maximus</i>)	3	-	-	-
Равлик дисковий карликовий (<i>Punctum rugmaeum</i>)	57	45	18	8
Слизняк шляховий лісовий (<i>Arion silvaticus</i>)	4	-	-	-
Равлик кришталевий (<i>Vitrea crystallina</i>)	8	6	14	8
Равлик великий крапчастий (<i>Cryptomphalus aspersa</i>)	10	-	-	4
Равлик замкнений сітчастий (<i>Clausilia dubia</i>)	8	1	-	-
Равлик-завиток малий (<i>Vertigo pusilla</i>)	20	20	11	14
Равлик замкнений блискучий (<i>Cochlodina laminata</i>)	7	18	2	6
Равлик кришталевий стиснутий (<i>Vitrea contracta</i>)	27	9	14	7
Равлик банатський (<i>Drobacia banatica</i>)	1	-	-	-
Равлик дисковий плямистий (<i>Discus rotundatus</i>)	-	4	7	9
Агатівка звичайна (<i>Cochlicopa lubrica</i>)	38	51	22	29
Бурштинівка звичайна (<i>Succinea putris</i>)	28	26	5	14
Равлик замкнений зубатий (<i>Laciniaria plicata</i>)	4	10	4	5
Равлик лисуватий (<i>Euomphalia strigella</i>)	101	38	7	29

Продовження таблиці 5.1

Равлик чистий (<i>Aegopinella pura</i>)	1	2	5	3
Слизняк чорноголовий (<i>Krynio Killus melanocephalus</i>)	2	1	2	3
Равлик дерновий ребристий (<i>Vallonia costata</i>)	-	-	8	-
Равлик рівнозубий (<i>Isognomostoma isognomostomum</i>)	2	-	-	-
Слизняк польовий румунський (<i>Deroceras rodnae</i>)	4	1	-	-
Равлик деревний (<i>Arianta arbustorum</i>)	4	2	-	-
Равлик зернистий чивчинський (<i>Prostenomphalia carpathica</i>)	3	-	-	3

Завдання 2. Використовуючи дані табл. 5.1, порівняйте узагальнений показник видового різноманіття молюсків в чотирьох типах лісу.

Завдання 3. Визначте структуру домінування комплексу молюсків в кожному з типів лісу (табл. 5.1). Вкажіть в якому типі лісу домінування окремих видів молюсків виражено найбільшою мірою.

Завдання 4. Використовуючи дані табл. 5.1, порівняйте комплекси молюсків в різних типах лісу за складом видів, які в них входять. Визначте в якому типі лісу умови для молюсків найбільш сприятливі (проаналізуйте різні параметри: структуру домінування, видове різноманіття, видове багатство, а також екологічні фактори, які впливають на молюсків в різних типах лісу).

5.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання

1. Що таке біологічне різноманіття?
2. Як розраховується видове різноманіття?
3. Які індекси використовують для розрахунку видового багатства?
4. Які індекси застосовують для розрахунку вирівненості?
5. Які індекси можна використовувати для порівняння комплексів організмів, що входять до складу різних біоценозів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Визначення пристосувань організмів у системі хижак-жертва

6.1 Мета роботи: сформувати навички оцінки адаптацій в системі «хижак-жертва».

6.2 Короткі теоретичні відомості

Пристосування організмів до середовища, що виникли у процесі еволюції, носять назву адаптацій. Під адаптаціями розуміються будь-які зміни структури та функцій організмів, які підвищують їхні шанси на виживання. Здатність до адаптацій – одна з основних властивостей життя взагалі, оскільки забезпечує саму можливість його існування, можливість організмів виживати та розмножуватися. Адаптації виявляються на різних рівнях: від біохімії клітин і поведінки окремих організмів до структури та функціонування угруповань і екологічних систем. Адаптації виникають і розвиваються в процесі еволюції видів.

Існує багато класифікацій адаптацій:

I. За рівнем прояву: 1) біохімічні (виявляються у внутрішньоклітинних процесах, наприклад таких, як зміна активності ферментів або кількості їх ізоферментних форм); 2) фізіологічні (наприклад, посилення потовиділення особою при підвищенні температури); 3) морфо-анатомічні (зміни будови та форми тіла, пов'язані зі способом життя); 4) поведінкові (етологічні) (пошук тваринами сприятливого житла, створення нір, гнізд, розпізнавання партнерів для розмноження); 5) онтогенетичні (прискорення або уповільнення індивідуального розвитку, яке сприяє виживанню при зміні умов середовища).

II. За впливом генотипу особини на формування адаптацій:

1) генетичні (висока залежність фенотипу від генотипу особини);

2) екологічні (висока залежність фенотипу від середовища);

3) еколого-генетичні (фенотип залежить і від генотипу, і від середовища).

III. За взаємодією груп організмів:

1) індивідуальні адаптації – кожен організм адаптований незалежно від інших організмів;

2) внутрішньовидові, або групові адаптації – ознака є адаптивною тільки при наявності певних ознак у інших особин даного виду; внутрішньовидові адаптації забезпечують розмноження, турботу про потомство, можливість спільного добування їжі, будівництва житла, переживання несприятливих умов.

3) міжвидові адаптації або коадаптації – ознака є адаптивною тільки при наявності певних ознак у особин іншого виду; міжвидові адаптації забезпечують запилення покритонасінних рослин комахами, можливість мімікрії, можливість усіх видів симбіозу, паразитизму.

IV. За впливом статевікових особливостей: 1) статеві – характерні для певної статі, що викликають виникнення статевого диморфізму; наприклад, яскраве забарвлення самців, що приваблює (розпізнавальна), і захисне забарвлення самок у багатьох птахів; 2) вікові – характерні тільки для певних

стадій онтогенезу; наприклад, зовнішні і внутрішні зябра пуголовків, які втрачаються при метаморфозі.

V. Активні і пасивні адаптації. Активні адаптації пов'язані з поведінковими реакціями. Пасивні адаптації пов'язані з появою різноманітних захисних структур (раковини, панцири, шипи, колючки, луска, рогові щитки, пір'я, шерсть). Зміна форми тіла може служити для маскуванню – наслідування форми неїстівного предмета.

VI. За типом забарвлення:

Ефект дії забарвлення зазвичай пов'язаний з деякими морфологічними адаптаціями (форма тіла) і поведінковими реакціями, наприклад, з прийняттям певної пози: або міметичної (наслідувальної), або відлякуючої.

а) кріпичне забарвлення; сукупність ознак, що забезпечують маскуванню (особливості забарвлення, форми тіла і особливості пози), називаються міметизм. Маскуванню потребують як види-жертви, так і види-хижаки (богомоли, хамелеони).

- суцільне – відповідає кольору фону довкілля;
- забарвлення, що сегментує – поява плям, смуг.

б) розпізнавальне забарвлення або таке, що приваблює, служить для розпізнавання особин певного виду. Зазвичай служить для впізнавання представників протилежної статі даного виду в період розмноження. Іноді забезпечує розпізнавання комменсалів, наприклад, хижі риби повинні відрізнити нешкідливих чистильників від можливих імітаторів.

в) відлякуюче забарвлення – наявність яскравих плям, псевдо очей (відлякуючих); відлякуюче забарвлення зазвичай поєднується з протекційним, наприклад, у багатьох нічних метеликів передні крила мають зверху забарвлення, а задні – відлякуюче забарвлення.

г) застережливе забарвлення:

- міметичне або хибнозастережливе, – незахищені види-імітатори наслідують захищених видів-моделей (бейтсівська мімікрія);
- власне застережливе – у захищених видів (неїстівних, жалких); ефект застережливого забарвлення посилюється при мюллерівській мімікрії (мімікрія Мюллера – два захищених види, що мають схожу зовнішність).

VII. За обсягом таксонів:

1) широкі адаптації першого порядку – пов'язані зі зміною рівня організації та виходом у нову адаптивну зону; такі адаптації є загальними для всіх членів великих таксонів: ароморфози всіх насінневих рослин (пиллок і пилкова трубка), ароморфози покритонасінних (товкач, атрактанти), ароморфози всіх хребетних (скелет, головний мозок з п'яти відділів, мускулатура, нирки), ароморфози ссавців (прогресивний розвиток кори великих півкуль, повне розділення кіл кровообігу, шерсть, диференційовані зуби, плацента, молочні залози);

2) широкі адаптації другого порядку – не пов'язані зі зміною рівня організації і є спільними для всіх членів відносно невеликих таксонів: алломорфози порядків рослин, що підвищують точність запилення (квітки

орхідних, губоцвітих), алломорфози ссавців, що забезпечують харчову спеціалізацію (зубна система гризунів, хижаків);

3) вузькі адаптації – характеризують окремі родини, роди, секції; це ознаки вузької спеціалізації (теломорфози), наприклад, адаптивні комплекси мурахоїдів, кротів;

4) елементарні адаптації – проявляються на рівні окремих видів і внутрішньовидових угруповань, наприклад, індустріальний меланізм, стійкість комах до певних інсектицидів.

VIII. За проявом на різних стадіях онтогенезу: 1) ембріонально-личинкові – проявляються у ембріонів, личинок і на окремих етапах метаморфозу (наприклад, у лялечок), але відсутні у дорослих особин; 2) адаптації дорослих (статевозрілих) особин – проявляються у дорослих особин, але відсутні у личинок; 3) адаптації, що підвищують стійкість онтогенезу в цілому.

Відносний характер адаптацій:

У більшості випадків спостережувані адаптації недостатньо досконалі. Жодна адаптація не забезпечує 100 % виживаності і не гарантує 100 %-ого успіху в розмноженні. Наприклад: зазубрене жало у медоносної бджоли, поверхнева схожість захищених видів при бейтсівській мімікрії. Крім того, зберігаються численні рудименти – недоцільні структури, що дісталися в спадок від предкових форм (п'ятий палець у собак, залишки задніх кінцівок у китів і удавів, третя повіка у мавп, плавальні перетинки у гірських гусей). Орієнтовно можна стверджувати, що до 90 % видових ознак не є в повній мірі адаптивними. У більшості випадків спостережувані ознаки підвищують пристосованість особин лише при дотриманні ряду умов. Наприклад, зелене забарвлення є протекційним лише за наявності зеленого фону, хибно застережне забарвлення незахищених видів при бейтсівській мімікрії відлякує хижаків лише при наявності захищеної моделі, міметичне (наслідувальне) забарвлення робить організм непомітним лише при дотриманні певної пози. Деякі адаптації характеризуються винятковою доцільністю. Наприклад, будова органів захоплення їжі у богомолів точно відповідає розмірам жертви. Однак зміна розмірів жертви може привести до повної загибелі популяції богомолів від голоду. Таким чином, можна лише стверджувати, що розглянута ознака дає особині перевагу в боротьбі за існування перед тими особинами, які не мають цієї ознаки. При оцінці адаптивного значення ознаки зазвичай оцінюють відносну пристосованість носіїв цієї ознаки, наприклад, по відношенню до максимально відомої виживаності, плодючості, конкурентоспроможності. При штучному відборі нові ознаки можуть носити абсолютно недоцільний (не адаптивний) характер, особливо, у декоративних сортів рослин і порід тварин. У природних умовах такі організми володіли б нульовою пристосованістю, але при наявності постійного догляду вони можуть успішно виживати і залишати потомство.

Відносини типу «хижак-жертва» дуже поширені в природі. Один з партнерів цієї системи має негативні, а другий – позитивні наслідки. До цього типу екологічних відносин можна віднести всі варіанти харчових зв'язків. Здебільшого хижаками називають тварин, які живляться іншими тваринами, тобто вони ловлять і умертвляють інших.

Вплив хижака на динаміку чисельності популяції жертви в природі може бути різним, а саме:

- хижаки значно впливають на динаміку чисельності популяції жертви;
- хижаки в багатьох випадках помітно не впливають на динаміку чисельності своєї жертви;
- чисельність хижака може підтримуватись на достатньо стабільному рівні й не залежить від коливання чисельності жертви;
- чисельність хижака циклічно змінюється слідом за зміною чисельності жертви. Так, відомо, що 100 років тому в Північній Америці було виявлене циклічне коливання чисельності популяції зайця-біляка, через кожні 8–11 років чисельність якого збільшується в 10 разів. За цим збільшенням ішло збільшення чисельності рисі;
- чисельність популяції хижака і жертви коливається незалежно одна від одної.

6.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне скло, покривні скельця, чашки Петрі, культура інфузорії туфельки, екземпляри богомола звичайного, Червона книга України.

Завдання 1. Приготуйте тимчасові мікропрепарати, що містять інфузорію туфельку. Додайте краплю 96 % спирту. Навколо інфузорій спостерігайте появу тонких ниткоподібних утворень. Поясніть їх походження та функції.

Завдання 2. Розгляньте запропоновані зображення різних організмів у природному середовищі. Приклади зображень наведено рис. 6.1. Вкажіть, які адаптації організмів (які знижують ймовірність нападу хижаків) видно на них і до яких груп відповідно до класифікації адаптацій вони відносяться. Відповідь надайте у вигляді таблиці 6.1.



Рисунок 6.1 – Горобцеподібні птаці: А – снігур (*Pyrrhula pyrrhula*); Б – горобець польовий (*Passer montanus*)

Таблиця 6.1 – Адаптації організмів, які часто стають жертвами хижаків

Вид організму	Група адаптацій (згідно з їх класифікацією)	Зовнішній прояв адаптації

Завдання 3. Вкажіть адаптації від поїдання хижаками, які характерні для метеликів, що мешкають на території Чернігівської області та включені до Червоної книги України. Відповідь надайте у вигляді таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. – Адаптації метеликів, що мешкають на території Чернігівської області та включені до Червоної книги України

Вид метелика	Група адаптацій (відповідно до класифікації)	Зовнішній прояв адаптації

Завдання 4. Розгляньте екземпляри богомола звичайного. Визначте, які адаптації до ведення хижого способу життя має цей вид комахи. Зображення богомола звичайного наведено на рис. 6.2.



Рисунок 6.2 – Богомол звичайний (*Mantis religiosa*)

6.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання

1. Що таке адаптація?
2. За якими критеріями класифікують адаптації організмів?
3. Які адаптації характерні для організмів, які виступають жертвами в системі «хижак-жертва»?
4. Які адаптації характерні для хижих організмів?
5. Які переваги отримують хижаки і їхні жертви при наявності тих чи інших адаптацій?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Встановлення симбіотичних відносин в біоценозі

7.1 Мета роботи: сформувати навички виявлення і аналізу симбіотичних відносин в біоценозі.

7.2 Короткі теоретичні відомості

Симбіоз – це взаємно корисне спільне існування організмів різних видів. Симбіоз широко поширений в природі, а симбіотичні асоціації часто відіграють ключову роль у підтримці нормального функціонування наземних, прісноводних і морських екосистем.

Симбіоз буває факультативним (необов'язковим) і облігатним (обов'язковим – коли після роз'єднання організмів один або обидва організми виявляються не життєздатними).

Мутуалізм – це облігатні взаємовигідні відносини між популяціями. Якщо організми, що перебувають у взаємовигідних відносинах, трапляються в природних умовах тільки разом, це свідчить про нерозривний характер їх зв'язку.

Протокооперація – це необов'язкові взаємовигідні відносини між двома популяціями. Пов'язані цими відносинами види можуть зустрічатися як разом, так і нарізно.

В екосистемах поширені такі варіанти симбіозу.

1. Рослини і мікоризні гриби. Ці взаємини з грибами властиві більшості видів судинних рослин (квіткових, голонасінних, папоротей, хвощів, плаунів). Мікоризні гриби можуть обплітати корінь рослини і проникати в тканини кореня, не завдаючи йому при цьому істотної шкоди. Гриби не здатні до фотосинтезу і отримують з коріння рослин органічні речовини. За це вони для рослин виконують роль насосів, які всмоктують воду і розчинені в ній поживні елементи. За рахунок розгалуженості грибного міцелію в сотні разів збільшується усмоктувальна поверхня коренів рослин.

2. Рослини і мікроорганізми-азотфіксатори. Основною складовою атмосфери планети є нітроген. Тим не менш, ні рослини, ні тварини не здатні засвоювати нітроген з повітря. Забезпечення організмів нітрогеном відбувається в основному за рахунок азотфіксуючих бактерій, які пов'язані з рослинами відносинами симбіозу. Рослини отримують нітроген, а бактерії – органічні речовини.

3. Рослини і комахи-запилювачі. Комахи-запилювачі, харчуючись за рахунок рослин, переносять пилок з однієї квітки на іншу, причому часто на великі відстані. Для залучення комах рослини обзаводяться «рекламними засобами» (яскраві віночки квіток, аромат) і для «оплати роботи» запилювачів виробляють нектар. Крім того, запилювачі з'їдають приблизно половину пилку. Відносини рослин і комах-запилювачів можуть бути мутуалізмом (запилення конкретних видів рослин вузьким колом комах, наприклад у орхідних, губоцвітих, бобових) або протокооперацією (велике число видів комах запилює один вид рослин).

4. Рослини і тварини, які розповсюджують їх насіння. Поширення плодів (і насіння) рослин за допомогою тварин широко представлено в природі і називається зоохорія. Агентами-розповсюджувачами можуть бути птахи, що поїдають соковиті плоди, ведмеді, копитні. При проходженні через травну систему тварин насіння не тільки не перетравлюється, але навіть підвищується його схожість.

5. Водорості та гриби в лишайнику. Водорість забезпечує гриб органічними речовинами, гриб постачає їй воду і мінеральні елементи. Цей варіант обов'язкового мутуалізму представлений досить широко (існують сотні видів лишайників). Лишайники першими заселяють поверхню скель і широко поширені на Півночі в умовах крайньої обмеженості ресурсів тепла, вологи та елементів мінерального живлення.

6. Ссавці і мікроорганізми, що населяють їх травну систему. Більшість тварин, включаючи людину, але особливо травоядні, самі не в змозі перетравлювати їжу, і цю роль грають мікроорганізми – бактерії і деякі найпростіші, які живуть у шлунково-кишковому тракті.

Приблизно 400 мільйонів років тому сформувався симбіоз між корінням рослин і грибами. Саме цей симбіоз допоміг давнім мілководним рослинам колонізувати сушу. Для залучення потрібних видів грибів, рослини виділяють у ґрунт спеціальні речовини – стріголактони (т. зв. фактори розгалуження), які сприяють підростанню до коріння гіфів грибів необхідного виду. Потім, для того, щоб рослина «впустила» гриба в свій організм – гриби виділяють спеціальні речовини, які розпізнаються рослиною. І рослина «дозволяє» грибу проникнути в свій організм. За формування мікоризи відповідає багато генів. Полонка хоча б одного з ключових генів призводить до того, що гриб-симбіонт не може зайти в організм господаря і сформувати симбіоз.

Крім уточнення оцінки біорізноманіття за кількістю видів облік симбіонтів дозволяє отримувати достовірну інформацію про якість середовища, так як ступінь інтенсивності інвазії (відносна кількість господарів, які мають симбіонтів) і екстенсивність інвазії (середня кількість симбіонтів на господаря) безпосередньо залежать від умов, в яких знаходиться популяція господарів. Багато симбіонтів чутливі до змін зовнішнього середовища, зокрема симбіонти водних організмів – до забруднення і опріснення, а симбіонти наземних організмів – до радіонуклідів. При оцінці різноманітності фауни симбіонтів широко використовують статистичні методи. Облік симбіотичних, а також дослідження стану симбіотичних асоціацій дозволяють більш точно оцінити різноманіття і характер динамічних процесів в екосистемах і можуть бути рекомендовані в якості важливих елементів екодіагностичних досліджень.

Розрізняють екто- і ендосимбіоз. При формуванні ектосимбіоза – один з організмів поселяється на поверхні тіла іншого організму. Наприклад, гриби, що формують ектомікоризу – оселяються на поверхні коренів рослин; бактерії ектофіти – живуть на поверхні рослин та ін. При ендосимбіозі – один з організмів проникає в середину тіла, тканини і навіть всередину клітин іншого організму. Наприклад, ендомікоризні гриби, ендосимбіотичні бактерії тощо.

7.3 Експериментальна частина

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметне скло, покривні скельця, чашки Петрі, проби води з р. Стрижень, зразки рослин, зразки кори дуба, Червона книга України.

Завдання 1. Розгляньте проби води під мікроскопом. Знайдіть вид інфузорії, який вступає в яскраво виражені симбіотичні відносини. Свою відповідь обґрунтуйте. Зразковий вид отриманого мікропрепарату показано на рис. 7.1.

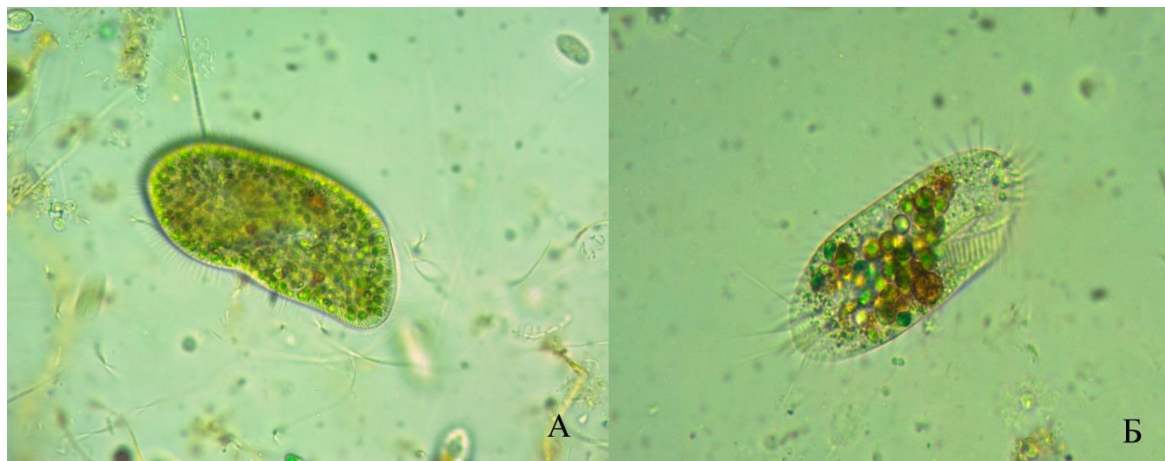


Рисунок 7.1 – Інфузорії

Завдання 2. Проаналізуйте морфологічні особливості віночка запропонованих зразків рослин. Наведіть приклади рослин (1–2 приклади), форма віночка яких відповідає вказаній на рис. 7.2. Використовуючи таблицю 7.1, визначте комахи з яким типом ротового апарату беруть участь в їх запиленні. Для кожного з обраних вами рослин наведіть приклади (1–2 приклади) потенційно можливих комах-запилювачів з числа видів, які зустрічаються на території Чернігівської області і занесені до Червоної книги України. Відповідь подайте у вигляді табл. 7.2.

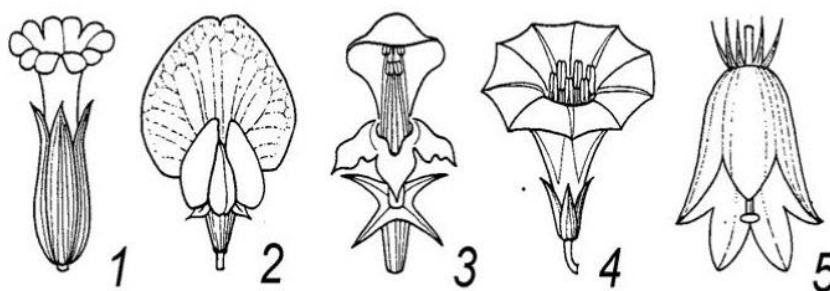


Рисунок 7.2 – Деякі типи віночків: 1 – трубчастий; 2 – метеликовий; 3 – двогубий; 4 – воронковидний (лійковидний); 5 – дзвоникоподібний

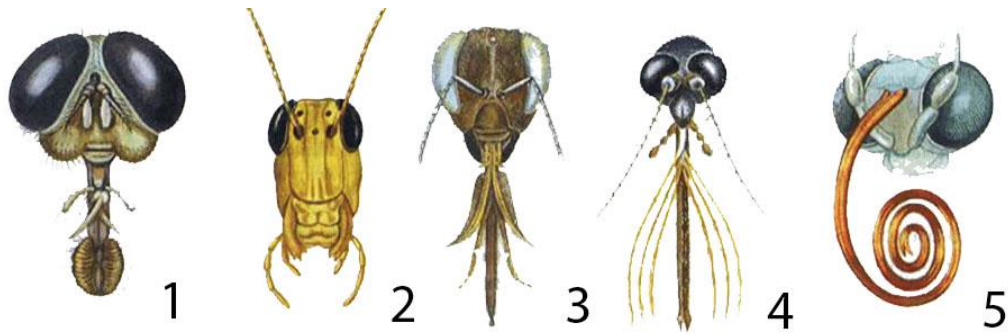


Рисунок 7.2 – Типи ротових апаратів комах: 1 – лижучий; 2 – гризучий; 3 – гризуче-лижучий; 4 – колюче-сисний; 5 – сисний

Таблиця 7.1 – Адаптації запилювачів до відповідних типів віночків

Характеристика комах	Тип віночків				
	Дзвоникоподібний	Метеликовий	Двогубий	Воронковидний	Трубчастий
Групи комах	бджолині	бджолині	бджолині	метелики	метелики
Спосіб видобутку корму	усередині квітки	посадка на квітку, розкриття квітки	посадка на квітку, розкриття квітки	посадка на квітку	ширяться або посадка на пагін
Типи ротових апаратів комах	гризучо-лижучий	гризучо-лижучий	гризучо-лижучий	сисний	сисний

Таблиця 7.2. – Відповідність форми віночка і комахи-запилювача

Вид рослини	Тип віночка	Запилювачі з числа видів, що охороняються

Завдання 3. Проаналізуйте зразки кори дуба. Вкажіть приклади організмів, про симбіотичні зв'язки яких з іншими організмами добре відомо. Загальний вигляд зразків кори дуба у природних умовах показаний на рис. 7.3.



Рисунок 7.3 – Стовбур дуба черешчатого

7.4 Висновки: Зробити висновки за кожним завданням.

Контрольні питання

1. Що таке симбіоз?
2. Які форми симбіозу виділяють?
3. Які пристосування розвинулися у організмів для симбіотичних стосунків?
4. За якими ознаками можна визначити симбіотичні відносини?
5. Яке значення мають симбіотичні відносини для функціонування біоценозу?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Екологія / Бобильов Ю. П. та ін. ; за ред. О. Є. Пахомова. Харків : Фоліо, 2014. 667 с.
2. Клименко М. О. Борщевська І. М. Екологія рослин : лабораторний практикум : навч. посібник. Рівно : НУВГП, 2017. 147 с.
3. Лабораторний практикум із загальної екології (та неоекології) : навч. посібник / Клименко М.О. та ін. Рівне : НУВГП, 2017. 273 с.
4. Леонт'єв Д. В. Флористичний аналіз у мікології : підручник. Харків : Вид. група «Основа», 2007. 160 с.
5. Москалик Г. Г. Екологія рослин : навч. посіб. Чернівці : Чернівець. нац. університет ім. Ю. Федьковича : Рута, 2021. 131 с.
6. Основи еволюційної теорії : навчальний посібник / уклад.: О. Ю. Галкін, Л. О. Тітова. К. : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2018. 121 с.
7. Основи екології : навчальний посібник / Микитюк О. М., Грицайчук В. В., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю. Харків : «ОВС», 2004. 144 с.
8. Царик Й. В. Популяційна екологія. Керування популяціями : навч. посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2004. 101 с.
9. Шкідники запасів продукції рослинництва і тваринництва / Мринський І. М., Урсал В. В., Марковська О. Є., Корбич Н. М. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 412 с.
10. Шугуров О. О. Популяційна біологія : навч. посіб. Дніпро : Біла К. О., 2019. 149 с.
11. Hoffman A. R. Water, Energy, and Environment – A Primer. London : IWA Publishing, 2019. 192 p.

Допоміжна

12. Абдулоєва О. С., Соломаха В.А. Фітоценологія. Київ : Фітосоціоцентр, 2011. 450 с.
13. Біоіндикація та біотестування : навч. посібник / Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Кременчук : Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. 76 с.
14. Кундельчук О. П. Теорія еволюції: Генетичні та екосистемні основи еволюційних процесів. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2018. 474 с.