

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи

з дисципліни «Загальна екологія»

для студентів спеціальності

G2 «Технології захисту навколишнього середовища»

усіх форм навчання

Харків 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять та самостійної роботи
з дисципліни «Загальна екологія»
для студентів спеціальності
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
усіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 13.02.2025 р.

Харків
НТУ «ХП»
2025

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Загальна екологія» для студентів спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» усіх форм навчання / уклад.: А.О. Сакун, Т.Б. Новожилова, В.М. Бабенко, С.Д. Лялюк. Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ «ХПІ», 2025. – 64 с.

Укладачі: А.О. Сакун
Т.Б. Новожилова
В.М. Бабенко
С.Д. Лялюк

Рецензент Лебедєв В.В.

Кафедра хімічної техніки та промислової екології

ЗМІСТ

Вступ	4
Практичне заняття 1. Вчення про біосферу	5
Практичне заняття 2. Адаптації організмів до екологічних факторів.....	10
Практичне заняття 3. Біотичні фактори середовища	19
Практичне заняття 4. Популяційний рівень організації біологічних видів	23
Практичне заняття 5. Визначення вікової структури популяцій деревних насаджень	32
Практичне заняття 6. Структура екологічної системи.....	39
Практичне заняття 7. Біоценотичні зв'язки в оточуючому середовищі.....	46
Практичне заняття 8. Харчові ланцюги.....	51
Практичне заняття 9. Кругообіг речовин у біосфері.....	57
Виконання індивідуального завдання.....	61
Список рекомендованих джерел інформації.....	63

ВСТУП

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Загальна екологія» є закономірності взаємовідносин живих організмів між собою та навколишнім середовищем, характерним як для рослин, тварин, мікроорганізмів, а також структурно-функціональна організація екосистем як своєрідних утворень.

Метою викладання є формування у студентів екологічного світогляду; знань про взаємодію живих організмів, популяцій та угруповань вищих рангів між собою та навколишнім середовищем; особливостей функціонування екосистем різних ієрархічних рівнів під впливом природних і антропогенних факторів.

Практичні заняття з загальної екології допомагають студентам закріпити теоретичні знання та отримати навички дослідження природних процесів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. ВЧЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ

Короткі теоретичні відомості

На початок ХХ ст. було накопичено величезний дослідницький матеріал у різних сферах науки, зокрема в природознавстві. Це стосується насамперед галузей палеонтології та геології, астрономії та хімії, географії, біології тощо. Географічні відкриття, уявлення про Землю і космос, створення картини походження Сонячної системи, відкриття законів про рух, енергію, стан матерії, електрику, числа, простір, розвиток нових наукових напрямів тощо дали змогу розширити знання про особливості існування живих організмів у навколишньому середовищі та забезпечили наукову основу для появи нової теорії про живу природу.

Термін «біосфера» ввів австрійський геолог Едуард Зюсс у 1875 р. Вчення про біосферу, як про активну оболонку Землі, в якій сукупна діяльність живих організмів (в т.ч. людини) проявляється, як геохімічний фактор планетарного масштабу та значення, створене Володимиром Івановичем Вернадським (1863–1945) 20–30-х рр. ХХ ст.

За Вернадським, *біосфера* це оболонка Землі – сфера існування живої речовини, сфера єдності живого і неживого.

Вернадський писав: «Жива речовина відіграє основну активну роль і за своєю потужністю ні з чим, ні з якою геологічною силою, не може бути навіть порівнянною за своєю інтенсивністю та безперервністю у часі. По суті вона визначає всі основні хімічні закономірності в біосфері».

Біосфера розташовується на стику літосфери, гідросфери та атмосфери. Біосфера, що охоплює всю земну кулю, не безмежна, її межі визначаються поширенням життя.

Жива речовина виконує дві основні функції: енергетичну та середовищотворну.

Енергетична функція живої речовини на Землі полягає у зв'язуванні та накопиченні сонячної енергії, яка потім використовується для підтримки

багатьох інших геохімічних процесів у біосфері.

Середовищетворна роль живої речовини в біосфері, за В.І. Вернадським, має хімічний прояв і виражається у відповідних біогеохімічних функціях, що свідчать про участь живих організмів у хімічних процесах зміни речовинного складу біосфери. Жива речовина виконує такі біогеохімічні функції: газові, концентраційні, окисно-відновні, біохімічні та біогеохімічні, пов'язані з діяльністю людини.

Еволюцію біосфери вивчає розділ екології, який називається еволюційною екологією. Важливим напрямом у вивченні еволюції є дослідження форм життя від – клітини без ядра до складного багатоклітинного організму.

Найбільш поширеними теоріями виникнення життя на Землі є такі:

- 1) життя було створено надприродною істотою у певний час (креаціонізм);
- 2) життя виникало неодноразово з неживої речовини (самовільне зародження);
- 3) життя існувало завжди (теорія стаціонарного стану);
- 4) життя занесене на нашу планету ззовні (панспермія);
- 5) життя виникло в результаті процесів, що підпорядковуються хімічним та фізичним законам (біохімічна еволюція).

Найважливіший висновок, який можна зробити, простежуючи історію біосфери та аналізуючи її сучасний елементний склад, полягає в тому, що живі організми впливають на абіотичні умови на Землі так само, як ці умови впливають на біоту. І, отже, біосфера представляє собою єдину динамічну систему з живих організмів і абіотичного середовища проживання, пронизану глибокими зворотними зв'язками, зміни у якій відбуваються під час загальної еволюції – біологічної, хімічної і фізичної.

Поняття ноосфери (від грец. *nóos* – розум і *spháira* – куля) було введено в науку у 1927 році французьким філософом, математиком і антропологом Едуард Ле Руа (1870–1954). Він запропонував називати ноосферою оболонку

Землі, яка охоплює людське суспільство з його промисловістю, мовою та іншими атрибутами розумової діяльності.

Однак головним творцем ноосферної концепції по праву вважається В.І. Вернадський, який розвинув ідею ноосфери як «біосферизованого суспільства». В.І. Вернадський вважав, що *ноосфера* – це нове геологічне явище на Землі. У її межах людина вперше стає потужною геологічною силою. Проте мислити й діяти людина, як і всі живі істоти, може лише в області поширення життя, тобто в біосфері, з якою вона нерозривно пов'язана і за межі якої вийти не може.

Мета роботи: сформувані уявлення про біосферу як оболонку Землі; розглянути еволюцію біосфери; з'ясувати розподіл живої речовини в біосфері та її властивості й функції.

Зміст роботи:

Завдання 1.1 Дослідіть та проаналізуйте ідеї та уявлення філософів і вчених про всесвіт, динаміку становлення природничих наук у вивченні біосфери та їхнє значення. Заповніть таблицю. Зробіть висновки.

	Період	Уявлення про світобудову	Екологічні проблеми	Примітка
1	Первісне суспільство (до ок. 3000 до н. е.)			
2	Стародавній світ (ок. 3000 до н. е. – 476 н. е.)			
3	Середньовіччя (476 – XV століття)			
4	Епоха Відродження (XIV–XVI століття)			
5	Вік природознавства (XVII століття)			
6	Епоха Просвітництва (XVIII століття)			
7	Індустріальна епоха (XIX – початок XX століття)			
8	Сучасна епоха (XX–XXI століття)			

Завдання 1.2 Вернадський В.І. розрізняв сім типів речовини біосфери. Дайте повну характеристику речовинам біосфери. Заповніть таблицю.

№	Речовина біосфери	Її особливості	Приклади
1	Жива речовина		
2	Біогенна речовина		
3	Косна речовина		
4	Біокосна речовина		
5	Радіоактивна речовина		
6	Розсіяні атоми		
7	Космічна речовина		

Завдання 1.3 Дайте порівняльну характеристику живої та неживої матерії.

Завдання 1.4 Проаналізуйте функції живої речовини в біосфері. Заповніть таблицю. Зробіть висновки.

№	Функція живої речовини	Її значення в біосфері
1	Енергетична	
2	Газова	
3	Концентраційна	
4	Окисно-відновна	
5	Біохімічна	
6	Біогеохімічна, пов'язані з діяльністю людини	

Завдання 1.5 Дайте повну характеристику емпіричним узагальненням В. І. Вернадського про біосферу.

Завдання 1.6 Проаналізуйте існуючі теорії походження життя на Землі. Заповніть таблицю. Зробіть висновки.

№	Теорія походження життя на Землі	Виникнення і сутність теорії. Послідовники.	Сучасне поняття цієї теорії
1			
2			
3			
4			
5			

Завдання 1.7 Розкрийте головні закономірності еволюції біосфери, дотримуючись схеми опису етапів, показаних у таблиці.

Етап	Процеси на Землі	Сутність процесів, їхні наслідки	Геологічний період (терміни)
1. Добіотична еволюція	Утворення планети Земля		
	Виникнення атмосфери		
	Утворення органічних речовин.		
	Поява кругообігу органічних речовин		
	Виникнення перших предбіологічних систем (коацерватів)		
2. Біотична еволюція	Виникнення життя.		
	Поява фотосинтезуючих рослин		
		

Завдання 1.8 За якими ознаками, на думку В.І. Вернадського, можна судити про перехід біосфери в ноосферу?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМІВ ДО ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Короткі теоретичні відомості

Екологічний фактор – це будь-яка умова середовища, яка здатна прямо чи опосередковано впливати на живі організми, хоча б протягом однієї з фаз їх індивідуального розвитку.

У всьому різноманітті пристосувань живих організмів до несприятливих умов середовища можна виділити три основні шляхи.

Активний шлях – це підвищення стійкості, розвиток регуляторних процесів, які дозволяють здійснювати всі життєві функції організмів, незважаючи на відхилення фактору від оптимуму.

Пасивний шлях – підпорядкування життєвих функцій організму змінам факторів середовища. Наприклад, за нестачі тепла це призводить до пригнічення життєдіяльності та зниження рівня метаболізму, що сприяє економному використанню енергетичних запасів. Серед ссавців і птахів переваги пасивного пристосування у несприятливі періоди року використовують види, що впадають у заціпеніння або сплячку.

Уникнення несприятливих впливів – третій можливий шлях пристосування до середовища. Загальний спосіб для всіх груп організмів – це розробка таких життєвих циклів, за яких найбільш уразливі стадії розвитку завершуються у найсприятливіші періоди року. Наприклад, для тварин основним способом уникнення несприятливих температур є різноманітні форми поведінки.

Еволюційно вироблені та спадково закріплені особливості живих організмів, які забезпечують нормальну життєдіяльність в умовах динамічних екологічних факторів, називаються *адаптаціями*. Очевидно, будь-який живий організм може існувати лише в тих місцях, де режими екологічних факторів відповідають необхідним умовам. Особини, не пристосовані до даних або умов які змінюються, гинуть.

Розрізняють такі види адаптації: морфологічні, фізіологічні та поведінкові. Розглянемо кожен з них та наведемо приклади.

Морфологічні адаптації включають зміни форми або будови організму. Приклад такої адаптації – твердий панцир черепах, що забезпечує захист від хижих тварин.

Морфологічні адаптації виявляються у перевагах будови, запобіжному забарвленню, що застерігає забарвленню, мімікрії, маскуванню. Переваги будови – це оптимальні пропорції тіла, розташування та густина волосяного або пір'яного покриву і т.п. Добре відомий вигляд водного ссавця дельфіна. Його рухи легкі та точні. Самостійна швидкість руху у воді сягає 40 км/год. Щільність води в 800 разів вища за щільність повітря. Як дельфіну вдається подолати її?

Крім інших особливостей будови, ідеальної пристосованості дельфіна до довкілля та способу життя сприяє форма тіла. Торпедоподібна форма тіла дозволяє уникнути утворення завихрень потоків води, що обтікають дельфіна.

Обтічна форма тіла сприяє швидкому пересуванню тварин у повітряному середовищі. Махові та контурні пір'я, що покривають тіло птиці, повністю згладжують його форму. Птахи позбавлені вушних раковин, що виступають, у польоті вони зазвичай втягують ноги. В результаті птахи за швидкістю пересування набагато перевершують решту тварин. Наприклад, сокіл сапсан пікірує на свою жертву зі швидкістю до 290 км/год. Птахи швидко рухаються навіть у воді. Наприклад, антарктичний пінгвін пливе під водою зі швидкістю близько 35 км/год.

У тварин, що ведуть потайний, прихований спосіб життя, корисним виявляються пристосування, що надають їм схожість з предметами довкілля. Химерна форма тіла у риб, що живуть у заростях водоростей (морський коник, риба-клоун, морська голка та ін), допомагає їм успішно ховатися від ворогів.

Фізіологічні адаптації пов'язані з хімічними процесами у організмі. Так, запах квітки може бути залучення комах і цим сприяти запиленню рослини.

Фізіологічні адаптації – придбання специфічних особливостей обміну речовин у різних умовах середовища. Вони забезпечують функціональні переваги організму. Їх умовно поділяють на статичні (постійні фізіологічні параметри – температура, водно-сольовий баланс, концентрація цукру і т.п.) та

динамічні (адаптації до коливань дії факторів - зміна температури, вологості, освітленості, магнітного поля тощо).

Відповідна форма і забарвлення тіла, доцільна поведінка забезпечує успіх у боротьбі за існування тільки тоді, коли ці ознаки поєднуються із пристосованістю процесів життєдіяльності до умов проживання, тобто. з фізіологічною адаптацією. Без такої адаптації неможлива підтримка стійкого обміну речовин в організмі в умовах довкілля, що постійно вагаються. Наведемо деякі приклади.

Рослини, що живуть у напівпустельних та пустельних районах, мають численні та різноманітні адаптації. Це і корінь, що виходить на десятки метрів у глиб землі, витягує воду, та різке зменшення випаровування води завдяки особливій будові кутикули на листі, і повна втрата листя. У кактусів це перетворення особливо дивовижне: перетворення стебла не тільки в орган, що виконує опорну та провідну функції, але і в структуру, що запасує воду та забезпечує фотосинтез.

Великі екземпляри кактусів накопичують до 2000 л води. Витрачається вона повільно, так як клітинний сік містить органічні кислоти і цукри, а також слизові речовини, що володіють водоутримуючими властивостями. Стебла опунції навіть після тримісячної посухи містять майже 81% води. Випаровування води зменшено завдяки ребристій структурі стебел у кактусів, що рівномірно розподіляє світло та тінь. Цьому ж сприяє потовщення стінок епідермісу, зазвичай покритих шаром воску, наявність численних колючок та волосків та багато іншого.

У наземних амфібій велика кількість води втрачається через шкіру. Однак багато їх видів проникають навіть у пустелі та напівпустелі. Виживання амфібій в умовах нестачі вологи в цих місцях проживання забезпечується цілим рядом пристроїв. У них змінюється характер активності: вона приурочується до періодів підвищеної вологості. У помірній зоні жаби та жаби активні вночі та після випадання дощів. У пустелях жаби полюють тільки вночі, коли волога конденсується на ґрунті та на рослинності, а вдень укриваються в норах гризунів. У пустельних видів амфібій, що розмножуються в тимчасових

водоймах, личинки розвиваються дуже швидко і в стислий термін здійснюють метаморфоз.

Різноманітні механізми фізіологічної адаптації до несприятливих умов виробили птахи та ссавці.

Багато пустельних тварин перед настанням посушливого сезону накопичують багато жиру: при його окисленні утворюється велика кількість води. Птахи і ссавці здатні регулювати втрати води з поверхні дихальних шляхів. Наприклад, верблюди при позбавленні води різко скорочує випаровування як з дихальних шляхів, і через потові залози.

Поведінкова адаптація пов'язана з певним аспектом життєдіяльності тварини. Типовий приклад – зимовий сон у ведмедя.

Деякі поведінкові реакції успадковуються (інстинкти), інші здобуваються протягом життя (умовні рефлексі). У різноманітних організмів співвідношення інстинктивної і умовно-рефлекторної поведінки неоднакова. Наприклад, у безхребетних і нижчих хордових переважає інстинктивне поведінка, а й у вищих ссавців (приматів, хижих) – умовно-рефлекторне.

Вищий рівень поведінкової адаптивності, заснований на механізмах вищої нервової діяльності, є в людини.

Особливо велике значення мають пристрої, що забезпечують захист потомства від ворогів. Турбота про потомство може виявлятися у різній формі. Багато риб охороняють ікру, що відкладається між камінням, активно відганяючи і кусаючи можливих ворогів, що наближаються. Азовські та каспійські бички відкладають ікру в ямки, вириті в дні, і охороняють її протягом всього розвитку. Самець колюшки будує гніздо з виходом та входом.

Деякі американські соми приліплюють ікру на черево та носять її на собі весь час розвитку. Багато риб виношують ікру в роті, або навіть у шлунку. У цей час батько нічого не їсть. Мальки, що вилупилися, деякий час тримаються поблизу самки або самця (залежно від виду) і при небезпеці ховаються в рот. Існують види жаб, у яких ікринки розвиваються у спеціальній виводковій сумці на спині або у голосових мішках самця. Найвищого ступеня розвитку досягають форми поведінки у ссавців тварин. Це проявляється і у відношенні

до дитинчат. Звірі не тільки годують своє потомство, а й навчають ловити видобуток. Ще Ч. Дарвін зазначав, що хижі звірі навчають своїх дитинчат уникати небезпек, у тому числі мисливців.

Більшість адаптацій є поєднанням перерахованих типів. Наприклад, кровосмоктання у комарів забезпечується складною комбінацією таких адаптацій, як розвиток спеціалізованих частин ротового апарату, пристосованих до формування пошукової поведінки для знаходження тварин-жертви, а також вироблення слинними залозами спеціальних секретів, які запобігають згортанню крові, що висмоктується.

Мета роботи – вивчити організми, їх здатність адаптуватися до екологічних факторів.

Зміст роботи:

Завдання 2.1 За допомогою перекладу з грецької або латинської мови. дайте визначення живим організмам, що адаптуються до абіотичних факторів. Назву організмів відповідно до визначення занесіть до таблиці:

№	Організм	Визначення
1		Холоднокровна тварина з непостійною температурою тіла, змінюється в залежності від температури зовнішнього середовища
2		Тварина з постійною стійкою температурою тіла, майже не залежить від температури навколишнього середовища
3		Тварина або рослина, здатна існувати лише при відносно постійних умовах довкілля
4		Організм, здатний існувати у широкому діапазоні природних умов навколишнього середовища та витримувати їх значні зміни
5		Рослина, пристосована до життя на відкритих, добре освітлених сонцем місцях, що погано переносить тривале затінення
6		Рослина, що мешкає виключно в затемнених умовах, віддає перевагу розсіяному світлу
7		Рослина, що мешкає в місцях з високою вологістю повітря та (або) ґрунту
8		Рослина сухих місць проживання, здатна переносити тривалу посуху («посуhostійка»)
9		Посуhostійка рослина, що має жорсткі пагони

№	Організм	Визначення
10		Наземний організм, пристосований до проживання в умовах високої вологості
11		Організм, що мешкає в умовах вкрай низької вологості і не переносить високу вологість
12		Рослина, здатна переносити високі рівні засолення ґрунту
13		Водний організм, який живе в умовах високої солоності
14		Водний організм, що не переносить високих значень солоності і мешкає тільки в прісних водоймах
15		Організм, що харчується одним кормом або небагатьма близькими за своїм складом кормами
16		Організм, що харчується (різними способами) багатьма харчовими об'єктами
17		Організм, що мешкає в болотах
18		Водний організм, що живе у водоймі, сильно забрудненому органічними речовинами, з невеликим вмістом розчиненого у воді кисню
19		Рослини, що живуть на відмерлих органічних речовинах, що розкладаються.
20		Організм, що живе за постійних температурних умов
21		Організм, який живе при відносно високих значеннях температури (зазвичай понад 45 °С)
22		Організм, що мешкає в умовах стійко низьких значень температури
23		Організм, який використовує для харчування виключно або переважно органічні речовини, виготовлені іншими видами
24		Організм, що харчується тваринами
25		Тварина, їжею для якої служать тільки рослини
26		Організм, здатний жити лише у вузьких межах ступеня освітленості
27		Рослина, що розповсюджує насіння без сприяння зовнішніх факторів
28		Рослина, насіння якої поширюється падінням під впливом сили тяжіння
29		Організм, що розвивається в снігу або на ньому
30		Організм, пристосований до проживання у двох середовищах

Перелік організмів:

- Стенобіонт.
- Сціофіт.
- Ксерофіт.
- Гомойотерм.
- Пойкілотерм.
- Еврібіонт.
- Гігрофіл.
- Галофіл.
- Склерофіт.
- Гігрофіт.
- Геліофіт.
- Ксерофіл.
- Галофіт.
- Гелобіонт.
- Кріофіл.
- Автохор.
- Гетеротроф.
- Амфібіонт.
- Сапробіонт.
- Зоофаг.
- Стенофаг.
- Еврітроф.
- Галофоб.
- Стенофот.
- Барохор.
- Фітофаг.
- Стенотерм.
- Хіонофіл.
- Термофіл.
- Сапрофіт.

Amphi (амфі) – подвійний.
Baros (баро) – вага.
Bion (біонт) – живий.
Bios (біо) – життя.
Chion (хіоно) – сніг.
Choreo (хор) - просуватися.
Eurus (Еврі) - широкий.
Hals (гало) – сіль.
Heueros (гетеро) – інший.
Helios (геліо) - сонце.
Helos (гело) – болото.
Номοίος (гомо, гомойо) – рівний, однаковий.
Hygros (гігро) – вологий.
Kryos (кріо) – холод.
Phágos (фаг) – пожирати.
Phobos (фоб) – страх.
Photós (фото) – що стосується світла, дії світла.
Phyléo (філ) – любити.
Phyton (Фіто) - рослина.
Poikílos (пойкіло) – різний, мінливий.
Sapros (сапро) – гнилий.
Skia (сціо) – тінь.
Skleros (склеро) – твердий.
Stenos (стіно) – вузький.
Therme (терм) – теплота.
Trophe (троф) – харчування.
Xeros (ксеро) – сухий.
Zoon (зоо) – тварина.

Завдання 2.2 Поясніть до яких умов середовища пристосовується сосна, якщо відомо, що вона є еврибіонтним видом і на піщаному ґрунті корінь росте углиб, а на болоті коренева система сосни поверхнева.

Завдання 2.3 Наведіть приклади адаптацій (морфологічних, фізіологічних та поведінкових) по 10 організмам заповнивши таблицю:

Тип організму	Адаптація різних організмів		
	морфологічна	фізіологічна	поведінкова
Пойкілотермні			
Гомойотермні			
Стенобіонти			
Геліофіти			
Сціофіти			
Гігрофіти			
Ксерофіти			
Склерофіти			
Гігрофіли			
Ксерофіли			

Завдання 2.4 Наведіть приклади пристосування організмів до вологості заповнивши таблицю:

Форма, пристосування	Характерна особливість	Приклади з рослинного і тваринного світу
Активна адаптація		
Пасивна адаптація		
«Уникання» значної вологості		

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. БІОТИЧНІ ФАКТОРИ СЕРЕДОВИЩА

Короткі теоретичні відомості

У природному середовищі на кожний організм або групу організмів діють не тільки абіотичні чинники, але і живі істоти, які є невід'ємною частиною середовища проживання і відносяться до категорії біотичних чинників, їх дія на організми може бути як прямою (харчування тварин, опилення комахами, паразитування одних організмів на інших), так і непрямую (зміна абіотичних чинників середовища). Представники кожного виду здатні існувати у такому біотичному оточенні, де зв'язки з іншими організмами забезпечують їм нормальні умови життя. Основною формою цих зав'язків є трофічні (харчові) взаємовідносини, на базі яких формуються складні ланки і ланцюги харчування. Крім харчових в угруповання рослин і тварин виникають просторові зв'язки. Все це є базою формування біотичних комплексів, у яких різноманітні види об'єднуються не в будь-якому поєднанні, а тільки при умові пристосування до спільного проживання.

Біотичні фактори поділяються наступним чином:

- Фітогенні: рослинні організми.
- Зоогенні: тварини.
- Мікробіогенні: віруси, найпростіші, бактерії.
- Антропогенні: діяльність людини.

Взаємодії живих організмів класифікують з точки зору їх реакції один на одного. Зокрема, виділяють:

- гомотипічні реакції – взаємодії між особинами одного і того ж виду (наприклад, ефект групи, захист кормової території);
- гетеротипічні реакції – взаємодії між особинами різних видів.

На основі харчових відносин між особинами різних видів (рослин, тварин або рослин і тварин) спостерігають три основних види взаємозв'язків:

- Пряма боротьба – поїдання рослин рослиноїдними тваринами, різні види хижацтва з боку тварин і рослин (комахоїдні форми), паразитизм тощо.
- Конкуренція – споживання особинами різних видів подібної їжі, що

призводить до її нестачі та уповільнення розвитку організмів.

- **Взаємодопомога** – взаємне забезпечення їжею або надання іншої користі.

Виділяють такі типи взаємодії між живими організмами:

Нейтралізм – коли спільно існуючі організми різних видів не впливають один на одного ні позитивно, ні негативно. У природі такі відносини дуже важко виявити. Найімовірніше, у нейтральних взаєминах перебувають види, не пов'язані єдиним харчовим ланцюгом, за умови, що зміна середовища існування одним видом не викликає реакції з боку іншого виду.

Симбіоз означає різні форми спільного існування організмів різних видів (симбіонтів), за якого вони регулюють свої відносини із зовнішнім середовищем. Виділяють такі типи симбіозу:

- *Мутуалізм*: охоплює всі форми взаємовигідного співжиття організмів різних видів.

- *Коменсалізм*: форма співжиття, за якої один вид (коменсал) живе за рахунок іншого виду, не завдаючи йому шкоди. Коменсал може використовувати інший вид як середовище проживання, засіб пересування чи джерело їжі.

- *Паразитизм*: форма антагоністичних відносин, коли один організм (паразит) використовує інший (господаря) як середовище проживання та джерело їжі, перекладаючи на господаря частково або повністю регуляцію своїх відносин із зовнішнім середовищем.

Аменсалізм – форма біотичної взаємодії, за якої один вид шкодить іншому, не отримуючи при цьому відчутної користі для себе. У багатьох випадках аменсалізм виділити досить важко.

Хижацтво – це форма взаємин, за якої один організм (хижак) знищує і з'їдає інший (жертву), зазвичай попередньо вбивши його. Хижацтво є дуже поширеним типом міжвидових відносин.

Алелопатія (антибіоз) – це хімічний вплив одних видів рослин на інші за допомогою продуктів метаболізму (ефірних олій, фітонцидів). Речовини, що

виділяються рослинами, можуть негативно впливати на певні види тварин.

Міжвидова конкуренція – виникає тоді, коли особини різних видів претендують на однакові ресурси харчування або місце проживання, але спільне існування є неможливим. Це найпоширеніший тип міжвидових біотичних відносин.

Існують також інші класифікації біотичних зв'язків, наприклад, Ю. Одум у своїй книзі «Basic Ecology» пропонує трохи іншу класифікацію, виділяючи дев'ять типів взаємин.

Іноді рослиноїдних тварин, паразитів, хижаків розглядають як природних ворогів організмів, за рахунок яких вони існують. Однак такий підхід є принципово хибним. Паразити, хижаки, зоофаги і фітофаги виступають факторами середовища для своїх жертв і господарів, а кормові рослини, у свою чергу, є частиною екологічної ніші цих організмів. Таким чином, усі вони взаємно необхідні один одному. У процесі їх взаємодії відбуваються природний добір і адаптивна мінливість, тобто ключові еволюційні процеси.

Мета роботи: ознайомитися з біотичними факторами та їх класифікацією. Розглянути різні міжвидові біотичні відносини

Зміст роботи:

Завдання 3.1. Дайте характеристики типів взаємовідносин організмів.

Завдання 3.2 Розгляньте цитату з книги Basic Ecology (1983) видатного американського еколога Юджина Одума, та наведіть до кожного типу взаємовідносин приклад.

«Одна популяція часто впливає на швидкість зростання або смертність іншої. Наприклад, члени однієї популяції можуть поїдати членів іншої популяції, конкурувати з ними за їжу, виділяти шкідливі речовини або взаємодіяти з ними іншим чином. Точно так само популяції можуть бути корисними одна для одної, причому користь у деяких випадках є взаємною, а в інших – односторонньою. Як було зазначено ... й показано в таблиці..., такі взаємодії поділяються на кілька категорій.

Таблиця ... Аналіз взаємодій популяцій двох видів¹

Тип взаємодії ²	Вид 1	Вид 2	Загальний характер взаємодії
1. Нейтралізм	0	0	Жодна популяція не впливає на іншу.
2. Конкуренція, безпосередня	–	–	Пряме взаємне пригнічення обох видів.
3. Конкуренція через ресурси	–	–	Непряме пригнічення при дефіциті спільного ресурсу.
4. Аменсалізм	–	0	Популяція (2) пригнічує популяцію (1), але сама не відчуває негативного впливу.
5. Паразитизм	+	–	Популяція паразита (1) складається з менших за розміром особин, ніж популяція хазяїна (2).
6. Хижацтво (і поїдання рослин)	+	–	Особини хижаків (1) зазвичай більші за розміром, ніж особини жертви (2).
7. Коменсалізм	+	0	Популяція 1 (коменсал) отримує користь від взаємодії, для популяції 2 ця взаємодія байдужа.
8. Протокооперація	+	+	Взаємодія є сприятливою для обох видів, але не обов'язковою.
9. Мутуалізм	+	+	Взаємодія є сприятливою для обох видів і обов'язковою.

¹ «0» – означає відсутність значущих взаємодій; «+» – покращення зростання, виживаності та інших переваг для популяції; «–» – уповільнення зростання та погіршення інших характеристик.

² Типи 2–4 можна вважати «негативними взаємодіями», типи 7–9 – «позитивними взаємодіями», а типи 5 і 6 можуть належати до обох цих груп.

Завдання 3.3 Чим відрізняється мутуалізм від протокооперації? Обґрунтуйте відповідь, наведіть приклади.

Завдання 3.4 Надайте приклади мірмекофілії, синоїкії.

Завдання 3.5 Визначте і охарактеризуйте форми біотичних взаємовідносин, які відображені у наступних прикладах:

- водорості які живуть у коралових поліпах;
- звичайна риба-причепа та акули;
- водорості, які живуть у шерсті лінивця;
- бактерії, що розкладають клітковину, живуть у кишківнику багатьох хребетних і безхребетних тварин;
- запилення комахами, птахами і летючими мишами квіток;
- рослина омела;
- запилення інжиру осами-бластофагами.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. ПОПУЛЯЦІЙНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ ВИДІВ

Короткі теоретичні відомості

Популяцію можна визначити як будь-яку групу організмів одного виду, що займає певний простір і функціонує як частина біотичного угруповання. Це елементарна структура виду, у формі якої він існує. Вид може містити одну або більше окремих популяцій. Популяція може складатися як із кількох особин, так і з мільйонів. Що ж поєднує особин в одну популяцію? Головний об'єднуючий фактор – це вільне схрещування особин один з одним. Особини однієї популяції мають велику схожість у всіх властивостях і ознаках у порівнянні з особинами навіть сусідньої популяції того ж виду.

Члени однієї популяції впливають один на одного не менше, ніж фізичні фактори середовища або інші види організмів, що мешкають разом. У популяціях в тій чи іншій мірі проявляються всі форми зв'язків, характерні для міжвидових відносин, але найяскравіше виражені взаємно корисні та конкурентні. Специфічні внутрішньовидові взаємозв'язки – це відносини, пов'язані з розмноженням: між особинами різних статей і між батьківським та дочірнім поколіннями.

Основні характеристики популяцій:

- 1) Чисельність – загальна кількість особин на певній території.
- 2) Щільність популяції – середня кількість особин на одиницю площі або об'єму займаного популяцією простору; також може виражатися через масу членів популяції в одиниці простору.
- 3) Народжуваність – кількість нових особин, що з'явилися за одиницю часу внаслідок розмноження.
- 4) Смертність – показник, що відображає кількість загиблих особин у популяції за певний період.
- 5) Приріст популяції – різниця між народжуваністю та смертністю; приріст може бути як позитивним, так і негативним.

б) Темп зростання – середній приріст за одиницю часу.

Популяціям притаманна певна організація. Розподіл особин на території, співвідношення груп за статтю, віком, морфологічними, фізіологічними, поведінковими та генетичними особливостями відображають структуру популяції. Вона формується, з одного боку, на основі загальних біологічних властивостей виду, а з іншого – під впливом абіотичних факторів середовища та популяцій інших видів. Отже, структура популяцій має адаптивний характер. Різні популяції одного виду мають як спільні риси структури, так і відмінності, що характеризують специфіку екологічних умов у місцях їхнього існування.

Будь-яка популяція теоретично здатна до необмеженого зростання чисельності, якщо її не обмежують фактори зовнішнього середовища. У такому гіпотетичному випадку швидкість зростання популяції залежатиме лише від величини біотичного потенціалу, властивого виду.

Народжуваність може бути нульовою або позитивною величиною, але не може бути негативною. Однак швидкість зростання чисельності популяції може мати будь-який знак (рис. 4.1).

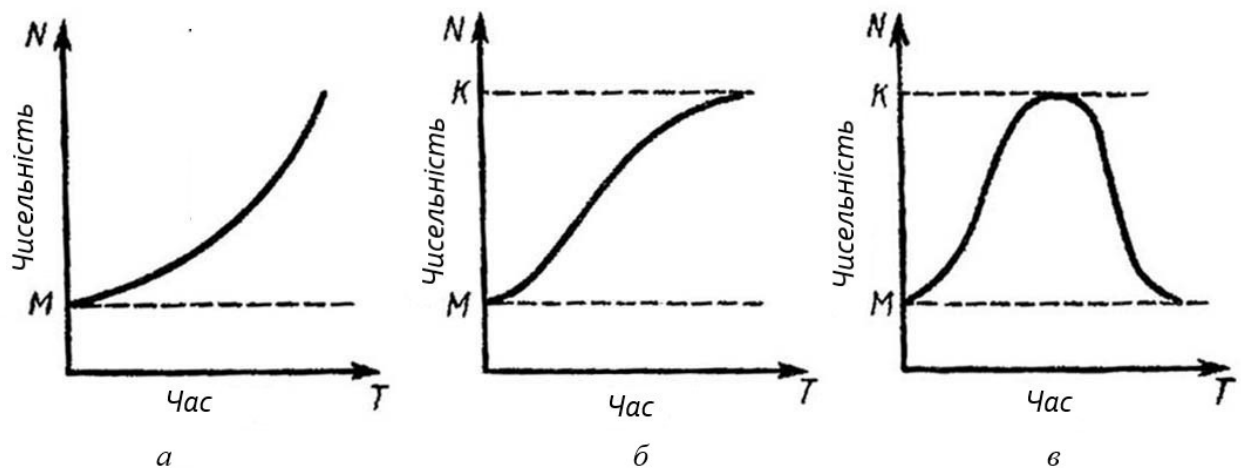


Рисунок 4.1 – Деякі типи динаміки популяцій

a - *j*-подібна крива експоненційного зростання; *б* - *S*-подібна (логістична) крива; *в* - експоненційне зростання і таке ж падіння чисельності (*N*). *M* і *K* – нижня та верхня межі можливої чисельності

Теоретично швидкість природного зростання популяції в нелімітованому будь-якими факторами середовищі характеризується експоненційним законом (рис. 4.1, *a*):

$$\frac{dN}{dT} = r \cdot N,$$

де $\frac{dN}{dT}$ – зміна чисельності популяції (приріст), r – репродуктивний потенціал, що характеризує здатність популяції збільшувати свою чисельність.

Зрозуміло, що цей ідеальний закон в реальних умовах не дотримується, і безмежне експоненціальне зростання чисельності популяцій неможливе. Завжди існують деякі максимально висока (K) і низька (M) чисельність та щільність популяції, які популяція не може перевищити, оскільки при досягненні певної максимально високої чисельності починають діяти обмежувальні механізми, наприклад взаємна конкуренція, загальний брак їжі, паразити, захворювання тощо.

У цьому випадку можливі два варіанти подальшої динаміки цієї популяції. Перший полягає в тому, що чисельність стабілізується (рис. 5.5 б), і загалом її динаміка характеризуватиметься так званою логістичною (S-подібною) кривою:

$$\frac{dN}{dT} = r \cdot N \cdot \left(\frac{K - N}{K} \right),$$

де K – ємність середовища, рівноважна чисельність популяції, за якої вона споживає всі наявні ресурси. Поки N невелика, на приріст популяції основний вплив має співмножник $r \cdot N$ зростання популяції прискорюється. Коли N стає досить високою, на чисельність популяції починає надавати основний вплив співмножник $\left(\frac{K - N}{K} \right)$ і зростання популяції починає сповільнюватися. Коли

$N = K$ то $\frac{K - N}{K} = 0$ і зростання чисельності популяції припиняється.

В іншому випадку після досягнення межі K настає масова загибель

особин, що повертає чисельність популяції до певної нижньої межі (рис. 5.5, в), після чого зростання може розпочатися знову. Подібні коливання чисельності з правильною періодичністю є типовими для багатьох тварин.

Один з основних факторів, що впливають на розміри популяції, – це відсоток особин, які гинуть до досягнення статевої зрілості (смертність у до-репродуктивний період). У межах одного виду ця величина набагато більш змінна, ніж плодючість. Для того щоб чисельність популяції залишалася постійною, у середньому лише два нащадки від кожної пари повинні доживати до репродуктивного віку. Криву виживання можна отримати, якщо простежити за певною популяцією новонароджених особин і потім відзначати кількість тих, що вижили, залежно від часу. На вертикальній осі зазвичай відкладають або абсолютну кількість особин, що вижили, або їхній відсоток від початкової популяції:

$$\text{популяції: } \frac{\text{Кількість особин, що вижили}}{\text{Чисельність початкової популяції}} \times 100\%$$

Будуючи криві виживання для окремих видів (рис.4.2), ми можемо визначати смертність для особин різного віку і, таким чином, виявити, в якому віці даний вид найбільш вразливий. Якщо ми встановимо причини смерті, можемо зрозуміти як регулюється величина популяції.

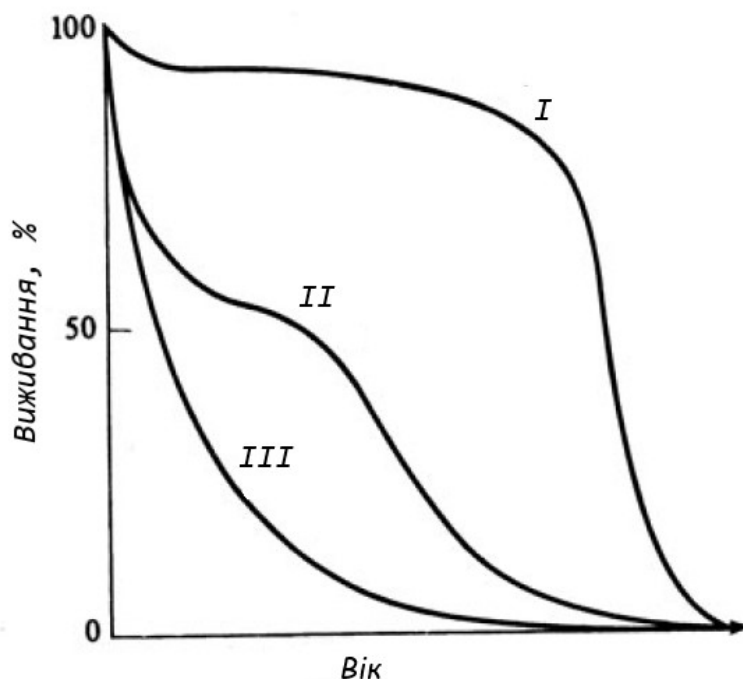


Рисунок 4.2 –Типи кривих виживання

Крива I – близька до ідеальної кривої, так як бачимо, що смертність довгий період часу уступає віку, а старіння є головним фактором смертності. Прикладом може бути популяція людини в сучасній розвиненій країні з високим рівнем медичного обслуговування та раціональним харчуванням, коли більшість людей доживає до старості. Відхилення кривої від ідеальної зумовлене дитячою смертністю, що відображається нахилом початкової ділянки. Хоча дитяча смертність у розвинених країнах значно нижча, і тут ймовірність смерті в ранньому дитинстві вища за середню. Крива, схожа на криву I, характерна також для багатьох видів великих тварин і однорічних культурних рослин, наприклад, пшениці, коли всі рослини на даному полі старіють одночасно.

Пряма протилежність – сильно вгнута крива III, характерна для популяцій організмів із високою смертністю в ранній період життя. Такий тип виживання притаманний, наприклад, устрицям та іншим молюскам і ракоподібним, а також дубу; на стадії вільноплаваючої личинки або на стадії проростання жолудя смертність надзвичайно висока, але щойно організм міцно закріпиться на сприятливому для нього субстраті, очікувана тривалість життя значно зростає.

До проміжного типу належать криві виживання тих видів, у яких специфічна для кожної вікової групи величина виживання залишається більш-менш постійною. Слабко вгнута, або II крива може бути отримана, якщо смертність є сталою протягом усього життя організмів. Це може відбуватися, коли головним фактором, що визначає смертність, стає випадковість, і особини гинуть до початка помітного старіння.

Форма кривої виживання пов'язана зі стратегією розмноження організмів. Розрізняють дві основні стратегії розмноження організмів, які забезпечують виживання в різних умовах, позначаючи їх через коефіцієнти, що входять до рівняння зростання популяцій.

При r -стратегії відбір спрямований на високу плодючість, швидку зміну

поколінь і здатність до швидкого розселення, до переживання несприятливих періодів у стані спокою, що дозволяє видам швидко відновлювати чисельність після різкого її зниження. Ця стратегія, притаманна, наприклад, більшості комах, гризунів, однорічних рослин.

При *K*-стратегії відбір удосконалює різні форми турботи про потомство, що сприяє зниженню плодючості. Водночас збільшується тривалість життєвих циклів і вдосконалюються механізми стійкого підтримання чисельності. Така стратегія характерна, наприклад, для великих ссавців, деревних рослин.

Зрозуміло, що між крайніми формами існують усі можливі проміжні варіанти. Елементи *K*- та *r*-стратегій виживання можна простежити в усіх систематичних групах організмів. Навіть у межах одного виду в популяціях, що мешкають у різних умовах, можуть посилюватися ті чи інші напрями добору.

Під час проведення будь-яких кількісних екологічних досліджень важливо з великою точністю оцінити чисельність організмів, які населяють певну площу на суші або об'єм води чи повітря. Як правило, це рівнозначно оцінці розміру популяції. Вибір методу залежить від розмірів і способу життя організму, а також від площі досліджуваної території.

Чисельність популяції – це число особин даного виду, що припадає на одиницю площі або об'єму (для водних видів). Для численних, нерівномірно розподілених об'єктів часто замість щільності визначають *зустрічальність*, тобто частку рослин або проб, де присутній даний вид. Розрізняють *середню щільність*, тобто чисельність, що припадає на одиницю всього простору – як заселеного, так і не заселеного, і *екологічну щільність*, тобто чисельність або біомасу, що припадає на одиницю доступної площі, яку може займати популяція.

Існують прямі та непрямі методи визначення величини популяції.

Пряме спостереження. Прямий підрахунок особин застосовний не тільки до сидячих або повільно рухомих тварин, але й до багатьох великих рухомих організмів. Наприклад, до оленів, диких поні та левів, лісових голубів і кажанів

у той час, коли вони залишають місце ночівлі. Для цього використовують тотальний (суцільний) облік. Можна порахувати всі липи в міському парку, всіх моржів на невеликому лежбищі, з гелікоптера помітити всіх сайгаків у степу тощо.

У більшості випадків повний підрахунок занадто трудомісткий, тому користуються методом пробних майданчиків. Їх розміщують у різних місцях по всьому ареалу популяції, проводять суцільний облік, а потім результати перераховують на всю площу.

Цікавим, але рідше використовуваним є метод мічення. Він полягає в тому, що тварин відловлюють, якимось способом мітять і випускають назад у популяцію. Коли мічені особини добре перемішаються з іншими, проводять повторний облік, підраховуючи, скільки немічених тварин припадає на одну мічену. Оскільки число мічених особин відоме, склавши пропорцію, неважко визначити чисельність усієї популяції.

Якщо важко визначити абсолютне значення чисельності, для порівняння різних популяцій можна використовувати непрямі показники чисельності, наприклад, число слідів, гнізд, нір, кількість тварин або птахів, зустрінутих протягом години, число риб, виловлених за один закид сітки, комах – за один помах сачка або в одну пастку, кількість шкурок хутрового звіра, зданих за рік у заготконтору тощо. Їх можна використовувати замість прямого визначення щільності, якщо відомо, що вони корелюють із фактичною чисельністю.

Мета роботи: розглянути популяційний рівень організації живих істот. Вивчити способи обліку чисельності популяцій і розрахунку впливу на них різних екологічних факторів.

Зміст роботи:

Завдання 4.1. Визначте зустрічальність злакової попелиці (*Schizaphis graminum* Rond.), якщо з 300 облікованих рослин ячменю заселеними виявилися лише 25.

Завдання 4.2. У ставку площею 2 га мешкало 2000 коропів. Як змінилася екологічна щільність риб, коли влітку ставок пересох наполовину?

Завдання 4.3. Якщо з 100 пробних площ у лісі сходи клена були виявлені лише на 20, якою буде його зустрічальність?

Завдання 4.4. На початку сезону було позначено 1 000 риб. Під час подальшого вилову серед 500 спійманих риб виявлено 35 позначених. Якою була чисельність популяції перед початком промислу?

Завдання 4.5. У заповіднику було позначено 200 птахів. Під час подальших обліків серед 60 спійманих птахів виявлено 12 позначених. Якою була початкова чисельність популяції?

Завдання 4.6. У орному ґрунті кількість дощових черв'яків, виявлених на восьми облікових ділянках розміром 50×50 см кожна, становила 80 екземплярів. Після застосування гербіциду – хімічного засобу боротьби з бур'янами – провели облік на десяти таких самих ділянках і виявили загалом 25 черв'яків. Яка була щільність популяції на 1 м² до і після використання гербіциду? Якою була смертність черв'яків у результаті обробки?

Завдання 4.7. Розрахуйте смертність під час сплячки у двох популяціях Ховраха малого (*Spermophilus pigmaeus*). У першій із них щільність популяції перед впаданням у сплячку становила 160 тваринок на 1 га, вижило 80, у другій – відповідно 90 і 56. На якій ділянці смертність виявилася вищою і чим це можна пояснити, якщо взяти до уваги, що запас кормів, який припадає на гектар, на обох ділянках був однаковим?

Завдання 4.8. У результаті самопроріджування ялин у густих посадках кількість дерев на 1 га становила: у 20-річних насадженнях – 6720, у 40-річних – 2380, у 60-річних – 1170, у 80-річних – 755, у 100-річних – 555, а у 120-річних – 465. Побудуйте графік зменшення кількості стовбурів ялин у лісі зі збільшенням віку. Розрахуйте площу, що припадає на одне дерево в різному віці. У який період самопроріджування дерев відбувається найінтенсивніше? Чи варто заздалегідь висаджувати ялини менш щільно? Поясніть, чому.

Завдання 4.9. З дев'яти мільйонів ікринок, які відкладає під час нересту одна самка тріски, лише два мальки виростають до дорослої особини. Чому? Зобразіть криву виживання, характерну для популяції тріски.

Завдання 4.10. Двісті років тому в Австралію завезли 5 кроликів, а через десятиліття їхня чисельність перевищила мільйон. Чому це сталося? До якого типу зростання належить таке збільшення чисельності кроликів?

Завдання 4.11. Ропуха звичайна (Жаба звичайна (*Bufo bufo*)) відкладає до 7 тисяч ікринок, тоді як Жаба-повитуха звичайна (*Alytes obstetricans*) – всього 150 ікринок, які формують два чітко утворені шнури. Самець намотує їх на свої задні лапи й носить на собі, поки не настане час вилуплення пуголовків. Чому настільки різко відрізняється кількість ікринок у звичайної жаби та жаби-повитухи? До якого типу – r - чи K -стратегів – вони належать?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. ВИЗНАЧЕННЯ ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЙ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ

Короткі теоретичні відомості

Основною властивістю популяцій, як і інших біологічних систем, є те, що вони перебувають у безперервному русі, постійно змінюються. Це відображається на всіх параметрах: продуктивності, стійкості, розподілі у просторі. Популяціям притаманні конкретні генетичні й екологічні ознаки, які відображають здатність систем підтримувати існування в постійно змінюваних умовах: ріст, розвиток, стійкість.

Вікові відмінності в популяції суттєво посилюють її екологічну неоднорідність і, відповідно, стійкість до впливу середовища. Підвищується ймовірність того, що за значних відхилень умов від норми в популяції збережеться хоча б частина життєздатних особин, і вона зможе продовжити своє існування. Вікова структура популяцій має адаптивний характер. Вона формується на основі біологічних властивостей виду, але завжди також відображає силу впливу факторів навколишнього середовища.

У реальному природному середовищі багато видів розсіяні на величезних просторах, тому вивчати ту чи іншу видову групу потрібно в межах певної території: у конкретній екосистемі, конкретному біогеоценозі. У такому разі вона називається *ценопопуляцією*.

У рослин вікова структура ценопопуляції, тобто популяції конкретного фітоценозу, визначається співвідношенням вікових груп. Абсолютний, або календарний, вік рослини та її віковий стан – це різні поняття. Рослини одного календарного віку можуть перебувати у різних вікових станах.

Віковий, або онтогенетичний стан особини, – це етап її онтогенезу, на якому вона характеризується певними відносинами з навколишнім середовищем. Повний онтогенез, або великий життєвий цикл рослин, включає всі етапи розвитку особини – від утворення зародка до її смерті або до повного відмирання всіх поколінь її вегетативно виниклого потомства.

Співвідношення сукупності різних вікових станів особин певного досліджуваного виду становить віковий спектр (вікову структуру) популяції. Вікова структура ценопопуляції визначається такими властивостями виду, як: періодичність плодоношення, швидкість переходу з одного вікового стану в інший, тривалість кожного стану, тривалість великого життєвого циклу, здатність до вегетативного розмноження і утворення клонів, стійкість до захворювань та несприятливих природних умов тощо.

Життєвий цикл рослин включає етапи розвитку рослини від формування зародка насінини до смерті або до відмирання всіх її поколінь, що виникли від неї вегетативно.

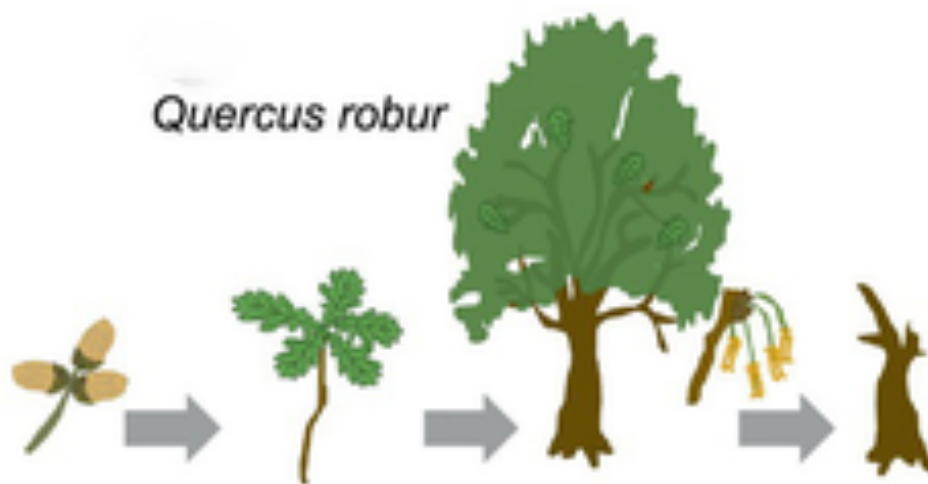


Рисунок 5.1 – Життєвий цикл дубу черешчатого (*Quercus robur* L)

У рослин виділяють періоди:

- 1) *латентний* – період первинного спокою, коли рослина перебуває у вигляді насіння чи плодів;
- 2) *віргінільний* або *передгенеративний* – від проростання насіння до формування генеративних органів;
- 3) *генеративний* – період розмноження рослин насінням чи спорами;
- 4) *сенильний* або *постгенеративний* – це період різкого зниження і втрати здатності до статевого розмноження, який закінчується повним відмиранням рослин.

Таблиця 5.1 – Вікові стани рослин

Вікові стани	Умовні позначення	
I. Латентний	Насіння	Sm
II. Передгенеративний (віргінільний)	Проростки (сходи)	P
	Ювенільні особини	J
	Іматурні особини	Im
	Молоді вегетативні особини	V1
	Дорослі вегетативні особини	V2
III. Генеративний	Молоді генеративні особини	g1
	Середньовікові генеративні особини	g2
	Старі генеративні особини	g3
IV. Постгенеративний (сенільний)	Субсенільні особини	SS
	Сенільні особини	S

Кожен із періодів характеризується відповідними віковими станами. Тривалість окремих періодів індивідуального розвитку, характер і час переходу від одного вікового стану до іншого є біологічною особливістю виду рослини та її адаптації до умов середовища у процесі еволюції.

Насіння – характеризується відносним спокоєм, коли обмін речовин у ньому зведений до мінімуму.

Проростки – нерозгалужена рослина, яка має сім'ядольні (за наземного проростання) або лускоподібні (за підземного проростання) листки. Коренева система, як правило, складається з головного і бокових коренів.

Ювенільні – невеликі нерозгалужені рослини. Мають листки ювенільного типу. У складі кореневої системи, крім головного та бокових коренів, формуються додаткові корені. Тривалість ювенільного періоду значно варіює.

Іматурні – діагностична ознака – поява бокових пагонів (галуження). Мають порівняно невеликі розміри (0,1–4,5 м), невеликий порядок галуження (II–IV), крона не сформована. У кореневій системі посилюється ріст бокових і

додаткових коренів.

Вегетативні особини (віргінільні) – характеризуються процесом формування типової життєвої форми рослин з відповідними типовими ознаками морфологічної структури підземних органів і надземної пагонової системи. Рослини закінчують передгенеративний період свого життєвого циклу. Генеративні органи ще відсутні. На різних етапах формування типової вегетативної сфери виділяють молоді та дорослі вегетативні особини, готові вступити у генеративну фазу розвитку..

Молоді генеративні – початок цвітіння та плодоношення. Рослини з загостреною кроною, великими приростами у висоту, листям дорослого типу. Плодоношення, як правило, в верхній частині крони, необільне та нерегулярне.

Середньовікові генеративні – рясно плодоносячі дерева з добре сформованою туповершинною (у листяних дерев) кроною. Річні прирости у висоту порівняно невеликі, але великі прирости в діаметрі стовбура. Стовбур покритий потрисканою корою майже до половини або принаймні біля основи.

Старі генеративні – здатні до плодоношення від рясно до незначного до кінця генеративного стану. Листяні дерева та сосна мають широкоокруглу крону через припинення росту у висоту. Приріст стовбура в товщину триває. Починається всихання скелетних гілок і верхівки крони. Формується вторинна крона зі сплячих бруньок.

Сенільні – повністю відмерла первинна крона, суха або зламана верхівка, місцями відшаровується кора. Крона невелика. Плодоношення немає, листки ювенільного або напівдорослого типу.

Віковий розподіл особин ценопопуляції рослин називають віковим спектром. Якщо в популяції переважають особини прегенеративних вікових стадій, такі популяції називають інвазійними, якщо наявні особини лише постгенеративних стадій – регресивними, а якщо наявні всі вікові групи особин – нормальними. Нормальна популяція, відповідно, може бути молодою

(переважають прегенеративні особини), зрілою (переважають генеративні особини) і старою (переважають постгенеративні особини).

Для прикладу на фото наведений онтогенез сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.):



Проросток (*p*)



Ювенільна рослина (*j*)



Іматурна рослина (*im*)



Веґетативна рослина (*v₁*)



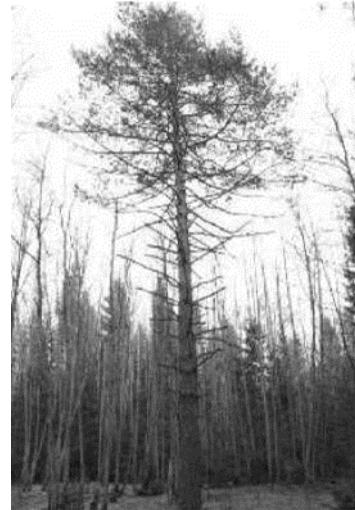
Веґетативна рослина (*v₂*)



Молода генеративна рослина (*g₁*)



Середньовікова генеративна рослина
(g_2)



Стара генеративна рослина (g_3)

Основою раціонального природокористування є знання вікової структури, яке дає можливість уникнути регресу екосистеми, забезпечує максимальне використання природного ресурсу.

Мета роботи: набути практичних навичок та засвоїти методи дослідження вікової структури популяцій деревних насаджень.

Зміст роботи: провести дослідження вікового складу деревних насаджень окремої, довільно вибраної ділянки.

Для дослідження обрати ділянку парку, лісу, лісосмути. Поділіться на підгрупи. Кожна підгрупа закладає ділянку у межах одного масиву з більш-менш однорідною рослинністю. У закладених ділянках підраховати кількість особин у кожному віковому стані обраного досліджуваного виду.

Одержані результати занести в таблицю:

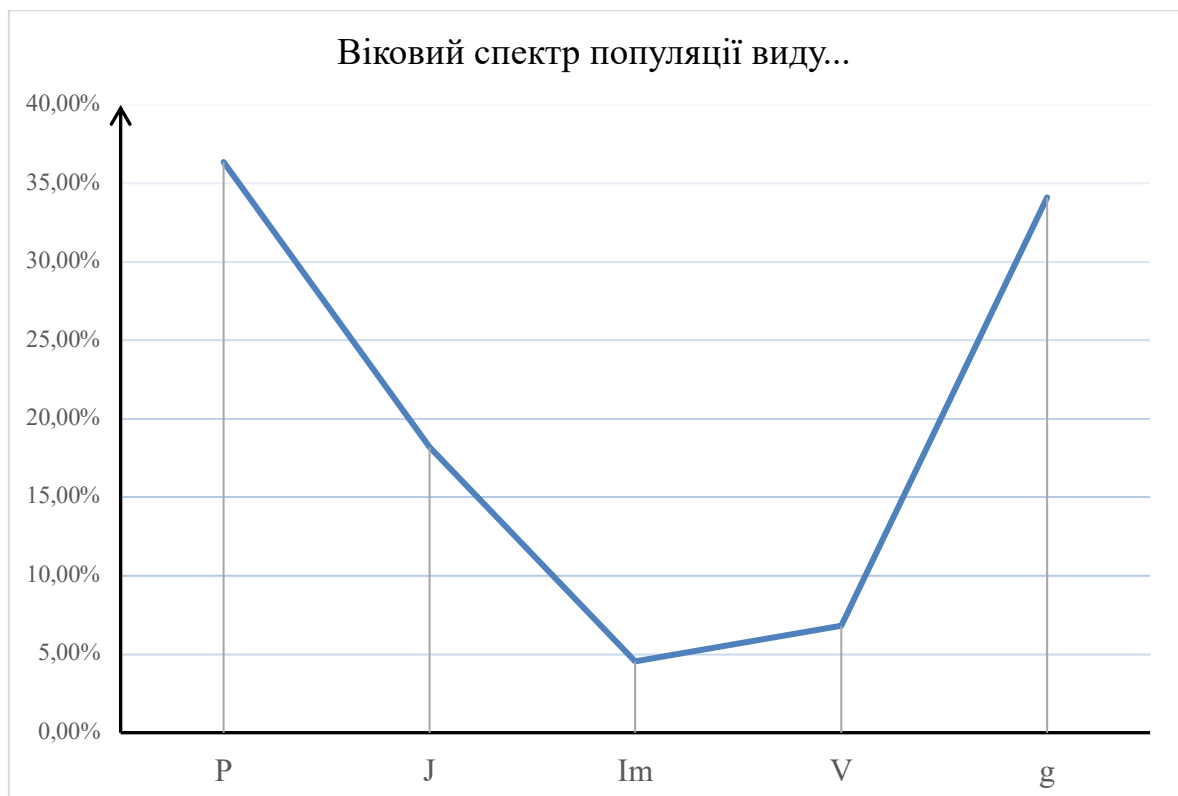
№	Види рослин	Кількість екземплярів, шт	Примітка
1	Проросток (p)		
2	Ювенільна рослина (j)		
3	Іматурна рослина (im)		
4	Вегетативна рослина (v)		
5	Генеративна рослина(g)		

За виконаними підрахунками кожна група характеризує вікову структуру популяції досліджуваного виду та, відповідно, віковий спектр.

Замалювати загальний вигляд рослин у певному віковому стані обраного досліджуваного виду та графічно зобразити віковий спектр за прикладом, який наведений нижче.

Приклад:

№	Види рослин	Кількість екземплярів, шт
1	Проросток (<i>p</i>)	16
2	Ювенільна рослина (<i>j</i>)	8
3	Іматурна рослина (<i>im</i>)	2
4	Веgetативна рослина (<i>v</i>)	3
5	Генеративна рослина(<i>g</i>)	15



ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. СТРУКТУРА ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Короткі теоретичні відомості

Сукупність спільно існуючих різних видів організмів та умов їх існування, які перебувають у закономірному взаємозв'язку одне з одним, називають *екологічною системою* або екосистемою. Екосистема – основна функціональна одиниця в екології, оскільки в неї входять і організми, і неживе середовище – компоненти, що взаємно впливають на властивості один одного і необхідні для підтримки життя у тій її формі, яка існує на Землі.

Існують два схожих за своїм значенням термінів: «екосистема» (від давньогрец. *οἶκος* – житло, місцеперебування, і *συστημα* – ціле, складене з частин) і «біогеоценоз» (від грец. *bios* – життя, *gē* – Земля і *koinós* – спільний).

Поняття «біогеоценоз» введене радянським ботаніком і лісознавцем Володимиром Миколайовичем Сукачовим (1964р.), поняття «екосистема» – британським ботаніком Артуром Тенслі (1935р.). Поняття «екосистема» і «біогеоценоз» є дуже близькими, але не є синонімами. За визначенням В.М. Сукачова: «*Біогеоценоз* – це сукупність на певному відрізку земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу та світу мікроорганізмів), яка має свою специфіку взаємодії цих складових компонентів та певний тип обміну речовиною й енергією між ними та іншими природними явищами, являючи собою внутрішню суперечливу діалектичну єдність, що перебуває в постійному русі та розвитку».

За визначенням А. Тенслі, *екосистеми* – це безрозмірні стійкі системи живих і неживих компонентів, у яких здійснюється зовнішній і внутрішній кругообіг речовин та енергії. Екосистема включає в себе два компоненти: біотичний – живі організми та абіотичний – фізичне середовище з її речовиною та енергією.

Таким чином, екосистема – це і крапля води з її мікробним населенням, і ліс, і горщик із квіткою, і космічний пілотований корабель, і споруда для біологічного очищення стічних вод. Під визначення біогеоценозу вони не підпадають, оскільки їм не властиві багато ознак цього поняття.

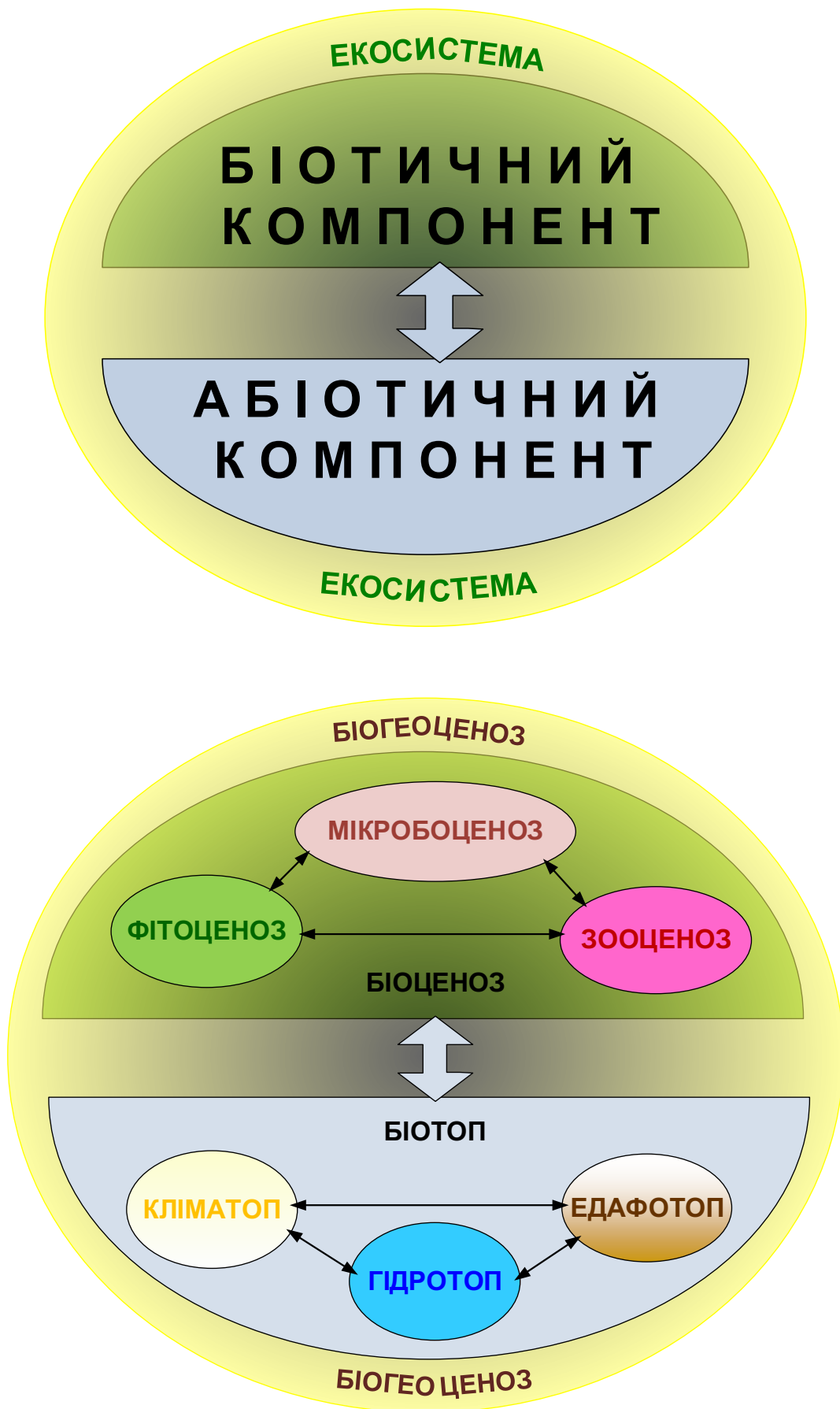


Рисунок 6.1 – Схеми екосистеми та біогеоценозу

Таким чином, поняття «екосистема» є ширшим, ніж «біогеоценоз», тобто будь-який біогеоценоз є екологічною системою, але не кожна екосистема може вважатися біогеоценозом. Тому що біогеоценози – це виключно наземні утворення, які мають чіткі межі.

Складовими частинами біоценозу є фітоценоз (сукупність рослин), зооценоз (сукупність тварин), мікробіоценоз (сукупність мікроорганізмів). Синонімом ценозу є угруповання.

Ділянка земної поверхні (суші або водойми) з однорідними умовами (рельєфом, кліматом, ґрунтами, характером зволоження тощо), яку займає той чи інший біоценоз, називається *біотопом*. Біотоп є природним, відносно однорідним життєвим простором біоценозу. Його однорідність визначається кліматичними умовами (кліматоп), ґрунтовими умовами (едафотоп), умовами зволоження (гідротоп).

Територіальна сукупність біотопів утворює більші підрозділи. Порівняно однорідні біотопи об'єднуються в *біохори*. Наприклад, біотопи піщаних, глинистих, кам'янистих, галькових та інших пустель утворюють біохору пустель, а біотопи хвойних і листопадних лісів – біохору лісів помірного поясу. Біохора за своїм змістом близька до природної зони, яку виділяють географи.

Біохори об'єднуються у життєві області: сушу, море та внутрішні водойми – найбільші підрозділи біосфери, які мають притаманний лише їм набір абіотичних факторів.

Однією з найважливіших властивостей біогеоценоза (екологічної системи) є взаємозв'язок і взаємозалежність усіх її компонентів. Цілком зрозуміло, що клімат повністю визначає стан і режим ґрунтових факторів, створюючи середовище існування живих організмів. У свою чергу, ґрунт певною мірою впливає на кліматичні особливості (наприклад, від кольору поверхні ґрунту залежить його відбивна здатність – альbedo, а отже, прогрівання та вологість повітря), а також впливає на тварин, рослини та

мікроорганізми. Динамічна рівновага між біоценозом і біотопом забезпечує стійкість біогеоценозу (екосистеми).

Під час польових досліджень межі біоценозу визначають за фітоценозом, який має легко впізнавані риси. Наприклад, степове угруповання легко відрізнити від лісового, ялиновий ліс – від соснового, а верхове болото – від низинного. Фітоценоз є екологічним каркасом біоценозу, який визначає його видовий склад і структуру. Як провідний структурний компонент біоценозу, фітоценоз формує видовий склад зооценозу та мікробоценозу.

А якими бувають біогеоценози? Розташовані у посушливому кліматі біогеоценози, в яких домінують трави, в Євразії називають степом, в Північній Америці – прерією, у Південній Америці – пампою, а у Південній Африці – вельдом. Щоб розібратися в розмаїтті біогеоценозів, потрібна певна класифікація. Одиницею цієї класифікації є біом. Біом – це великий тип біогеоценозів, який характеризується подібним характером рослинності та займає певні регіони планети. Біоми регулюються макрокліматом і насамперед – кількістю опадів і температурою (рис. 3.2).

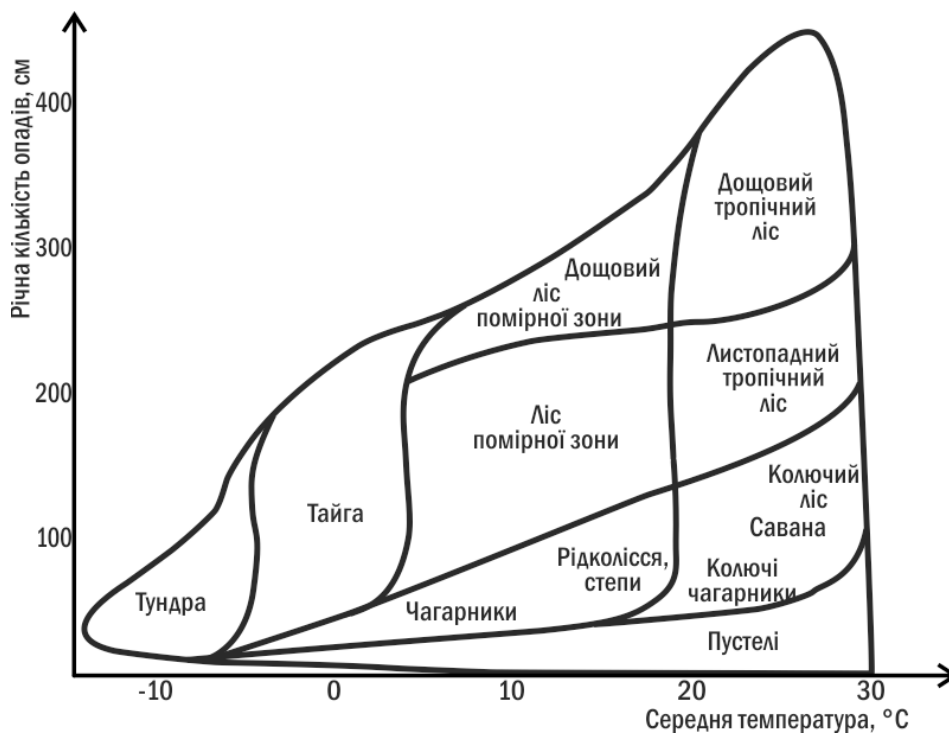


Рисунок 6.2 – Розподіл деяких наземних біомів залежно від кількості опадів і температури

Біоми мають певну цілісність. Наприклад, між зонами листопадних лісів і степів розташована лісостепова зона, де «стикаються» біоми лісу та степу. При чинному кліматі на території лісостепу можуть бути стійкими обидва типи біогеоценозів. Ліс вимагає більшої кількості води, ніж степ, але лісовий ґрунт ефективніше утримує її, ніж степовий. Там, де вже існує ліс, у ґрунті затримується достатньо вологи для існування лісу. Там, де розташовується степ, – води для розвитку лісу виявляється недостатньо. При зміні вологості або температури клімату відбувається поступовий рух кордонів лісу та степу. Посушливий ліс змінюється степом, зволожений степ поростає лісом. Проте, залишається широка смуга, де мозаїчно чергуються два типи екосистем. Навколоводні ділянки, балки, низовини вкриваються лісом, а ділянки з піщаним ґрунтом, добре прогріті схили – стають степовими. Характерний тип рослинності залежить від ґрунту й клімату і впливає на них, а також визначає практично весь склад спільноти, яка розвивається в тому чи іншому місці.

Тундра. Біом холодного вологого клімату, який характеризується негативними середньорічними температурами, кількістю опадів близько 200-300 мм в рік і, найчастіше, наявністю шару вічної мерзлоти. Виділяють арктичну тундру, розташовану у високих широтах, і альпійську тундру, розташовану у високогір'ях. Рослинність – низькорослі багаторічники: лишайники, мохи, трави та чагарники.

Тайга. Лісовий біом холодного клімату з довгою багатосніжною зимою і кількістю опадів, що перевищує випаровування. Основні лісові породи – хвойні, видове різноманіття дерев невелике (1–2 домінуючих види).

Листопадний ліс. Ліс помірного поясу. Розвивається в регіонах з помірно теплим літом і відносно м'якою зимою з морозами. Характерні рівномірний розподіл опадів, відсутність посух, перевищення опадів над випаровуванням. Восени, в міру скорочення довжини світлового дня, відбувається листопад. Листопадні ліси відносно багаті видами, характеризуються складною вертикальною структурою (наявністю декількох ярусів).

Степ. Територія трав'янистої рослинності в напівпосушливий зоні помірного клімату. Найчисленніші трави – злаки й осоки, багато з яких утворюють щільну дерновину. Потенційне випаровування перевищує кількість опадів. Характерні багаті органічною речовиною ґрунти – степові чорноземи. Синоніми – прерія, пампа, вельд.

Савана. Тропічні злаково-деревні угруповання, що розвиваються в областях зі стійким чергуванням сухого і вологого сезонів. Окремі дерева або масиви чагарників розкидані між відкритими трав'янистими ділянками.

Пустеля. Досить різноманітна група біомів, розташована в областях із вкрай посушливим кліматом або, в разі арктичної або альпійської пустелі, вкрай низьких температур. Відомі піщані, кам'янисті, глинисті, солончакові, крижані та інші пустелі. Характерні (за винятком льодових пустель, які розвиваються в дуже холодних умовах) або середньорічна кількість опадів менша за 25 мм, або умови, що забезпечують дуже швидке випаровування вологи.

Чапараль. Твердолисті чагарникові зарості в середземноморському кліматі з м'якою дощовою зимою і посушливим літом. Характеризується значним накопиченням сухої деревини, що призводить до періодичних пожеж.

Сезонний тропічний ліс. Поширений в областях зі спекотним кліматом і великою кількістю опадів, розподілених протягом року нерівномірно, з наявністю сухого сезону. Надзвичайно багатий видами.

Вічнозелений дощовий ліс. Найбагатший біом, розташований в регіонах з великою кількістю опадів (> 2000) і майже постійною температурою (близько 26 °C). У цих лісах зосереджено 4/5 всіх видів рослин Землі, переважає деревна рослинність.

Мета роботи: розглянути екосистеми, та основні закономірності їх функціонування.

Зміст роботи:

Завдання 6.1 Уважно розгляньте схему біогеоценозу на рисунку 6.1 і доведіть, як взаємодіють і взаємозв'язані ці шість компонентів лісу?

Завдання 6.2 Наведіть приклади, як залежить деревостан і інша рослинність від стану ґрунтів, атмосфери, тваринного світу і мікроорганізмів.

Завдання 6.3 Користуючись навчальною та спеціалізованою науковою літературою, а також ресурсами Інтернету заповніть таблицю:

№	Біом	Кліматичні умови	Представники флори	Представники фауни
1	Тундри і приполярні пустелі			
2	Бореальні хвойні та листяні ліси			
3	Субаридні трав'янисті угруповання помірних широт			
4	Широколистяні та змішані ліси			
5	Жорстколистяні, хвойні та лаврові ліси			
6	Тропічні та субтропічні пустелі й напівпустелі			
7	Тропічні напіввічнозелені та листопадні ліси			
8	Вічнозелені тропічні дощові ліси			
9	Зона високогір'я			

Рекомендована література:

Кукурудза С. І. Біогеографія: Підручник. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. - 504 с.; Білоус Л.Ф. Біогеографія. Навчальний посібник. – Київ: КНУ імені Тараса Шевченка, 2020. – 260 с

Завдання 6.4 Дайте характеристику прісноводним біомам.

Завдання 6.5 Дайте характеристику морським біомам

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7. БІОЦЕНОТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ В ОТОЧУЮЧОМУ СЕРЕДОВИЩЕ

Теоретична частина

Кожен біоценоз є системою, яка включає безліч екологічно та біологічно різноманітних видів, що виникли в результаті природного добору та здатні спільно існувати в конкретних природних умовах. Ця система має свій видовий склад і структуру, для неї характерна добова, сезонна та багаторічна динаміка, а також взаємовідносини між організмами та організмів із біотопом.

Кількість видів у складі біоценозу, які припадають на одиницю площі, називається *видовою насиченістю*. Різні систематичні групи організмів в одному і тому ж біоценозі різко відрізняються за видовою насиченістю. Найбільше видове різноманіття притаманне біоценозам вологих тропічних лісів, найменше – полярних льодових пустель.

Види, які переважають у біоценозі, називаються *домінантами*. Розрізняють постійних і тимчасових домінантів. Тимчасові домінанти переважають лише протягом невеликого періоду вегетації, змінюючись іншими домінантами. До них можна віднести весняні ефемерні рослини, такі як печіночниця благородна, анемона дібровна в європейських лісах помірного поясу, а також тюльпани в південних степах.

Біоценоз характеризується вертикальною та горизонтальною структурою. Вертикальна структура біоценозу знаходить своє відображення у *ярусності* – вертикальному розчленуванні спільноти організмів на чітко окреслені горизонти їхньої діяльності. Ярусність фітоценозу має велике екологічне значення. Вона є результатом тривалого й складного процесу міжвидової конкуренції та взаємного пристосування рослин одна до одної. Завдяки цьому фітоценоз складається з видів, дуже різних за екологічними особливостями і які мають різні життєві форми (дерева, кущі, трави, мохи тощо).

Наприклад, у лісі відповідно до розміщення коренів, стовбурів і крон дерев можна виділити кілька ярусів: дерева першого ярусу, підлісок із кущів та молодих дерев, живий ґрунтовий покрив (трави та чагарнички), мохи. Аналогічно можна розчленувати й інші спільноти.



Рисунок 7.1 – Яруси в лісі помірної зони

1 – деревний (утворений високими деревами, які формують основний полог лісу); 2 – кущовий (кущі та молодих дерева); 3 – живий надґрунтовий покрив (трави, чагарнички, мохи, лишайники)

Функціонування біоценозів значною мірою базується на внутрішньовидових і міжвидових біотичних відносинах.

Основними ценозоутворюючими зв'язками є: топічні, трофічні, фабричні та форичні.

Топічні зв'язки виникають, коли один організм змінює середовище у напрямку, сприятливому для інших організмів. Наприклад, сфагнові мохи підкислюють ґрунтовий розчин і створюють сприятливі умови для заселення боліт росичкою, журавлиною іншими рослинами, яким потрібен кислий ґрунт.

Трофічні зв'язки полягають у тому, що особини одного виду використовують інший вид, продукти його життєдіяльності або мертві залишки як джерело їжі. Наприклад, тільки на основі трофічних зв'язків лелеки належать до складу водно-болотних ценозів.

Фабричні зв'язки виникають, коли особини одного виду використовують особину іншого виду або її частини для будівництва необхідних гнізд чи укриттів. Наприклад, лісові птахи у лісових ценозах використовують дупла або гілки дерев для облаштування своїх гнізд, бобри будують боброві хатки зі стовбурів і гілок дерев.

Форичні зв'язки з'являються тоді, коли один вид сприяє переміщенню особин іншого виду. Наприклад, розселення і проростання багатьох рослин із соковитими плодами залежить від присутності тварин, які забезпечують перенесення їхнього насіння.

Структурно-функціональна одиниця біоценозу, що включає самостійно існуючу зелену рослину та всі організми, пов'язані з нею трофічними, топічними, форичними й фабричними відносинами, називається *консорцією*. Самостійно існуюча, тобто така, що не потребує опори й не оселяється на іншому виді, автотрофна рослина є центром консорції, або *детермінантою*, стосовно якої пов'язані з нею види називаються *консортами*. Консортами можуть бути паразити й напівпаразити зі світу рослин, гриби, епіфіти, ліани, птахи, комахи та тварини-фітофаги, за винятком хижаків, що поїдають рослиноїдних тварин.

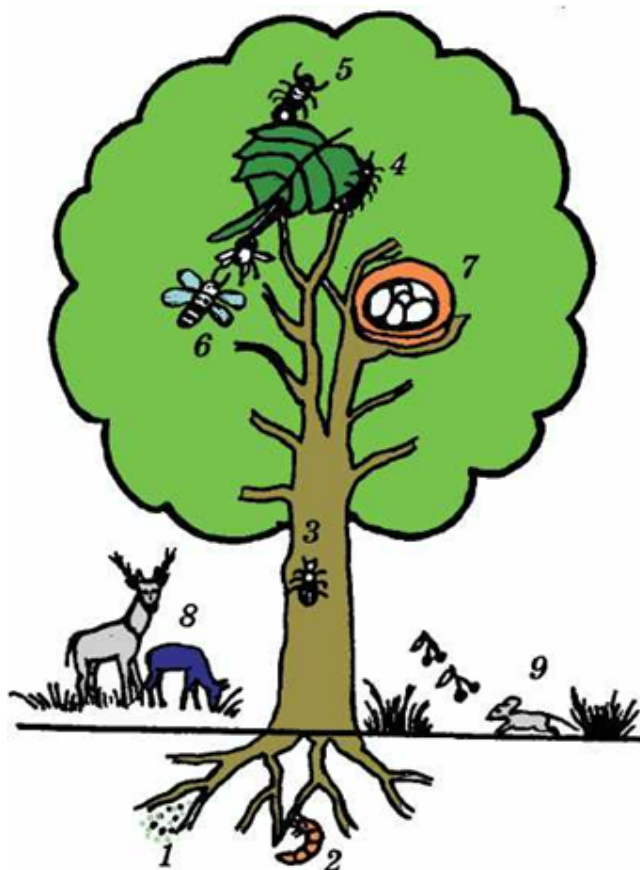


Рисунок 7.2 – Схема консорції липи .

1 – мікориза на коренях липи; 2 – личинка хруща – поїдає корені; 3 – жук-коріод; 4 – гусінь шовкопряда, що живиться листям дерева; 5 – жук-листоїд; 6 – бджола – запилювач квітів; 7 – гніздо дрозда, збудоване на гілці липи; 8 – олені – споживачі гілкового корму; 9 – лісова миша – споживач насіння липи.

Мета: набути практичних навичок виявлення та визначення біоценотичних зв'язків.

Зміст роботи:

На основі засвоєного теоретичного матеріалу скласти схему біоценотичних зв'язків. Встановіть форми зв'язків між організмами у прикладах. Заповніть таблицю:

№ приклада	Види		Форма біоценотичних зв'язків	Коментар
	А	Б		

Приклад 1. У степовому заповіднику «Асканія-Нова» на огорожених і не випасних ділянках (огорожі встановлювали для захисту від антилоп) накопичувався степовий повсть, погіршувався водний режим та аерація ґрунту, що призвело до ускладненого відновлення рослин. Спочатку з травостою зник ковила, а згодом і інші цінні степові види. У кінцевому підсумку експеримент призвів до деградації степового травостою. Висновок: випас тварин у невеликих дозах – природний і необхідний фактор, що підтримує саме існування степової рослинності.

Приклад 2. Зайці віддають перевагу молодим гілкам дерев і кущів (гілковий корм), оскільки вони є найбільш доступними та мають найвищу кормову цінність. Для рослин такі пошкодження означають втрату найважливіших зростаючих частин, зменшення приросту, зміну напрямку росту та гілкування. Іншими словами, тварини впливають на рослини і як формоутворюючий фактор.

Приклад 3. Картопля найменше уражається колорадським жуком, коли зростає разом із пасльоном чорним, оскільки гусениці, що вилуплювалися з яєць, відкладених на листях цієї рослини, гинули.

Приклад 4. У норах бурундука знаходили до 5 кг кедрових горішків. Розміри запасуючої діяльності мишоподібних гризунів вдалося оцінити в лабораторних умовах. Так, одна пара мишей за місяць накопичила 45 тис.

букових горішків загальною масою близько 9 кг. Цікаво, що гризуни запасують тільки непошкоджене, добірне насіння.

Приклад 5. Злаки, що зростають на пасовищах поруч із жовтцем бульбастим (*Ranunculus bulbosus*), не поїдаються худобою.

Приклад 6. Місця проживання миши-крихітки (*Micromys minutus*) знаходяться біля води, на ділянках, зарослих високою травою, між стеблами якої миші сплітають кулясті гнізда з очерету, осоки та злаків.

Приклад 7. В Австралії вівці на пасовищах ефективно поширюють плоди Нетреби колючої (*Xanthium spinosum*), що має зачіпки, які прикріплюються до шерсті тварин. Це знижує якість вовни та завдає шкоди тонкорунному вівчарству.

Приклад 8. Тварини поїдають соковиті плоди рослин (суниця – ведмідь; брусниця – рябчик; чорниця – тетерук). Схожість насіння підвищується після проходження через травний тракт тварини. Для проростання насіння, ймовірно, має значення його відкладення разом із екскрементами відповідних видів тварин – лише в такому разі насіннєве розмноження рослин відбувається достатньо ефективно.

Приклад 9. Восени їжаки готуються до тривалого, глибокого сну. Перед заляганням вони накопичують підшкірний шар жиру, оскільки жодних запасів корму на зиму не роблять. Зимують вони поодиноці. Влаштовують собі сховища під корінням беріз та інших дерев, у купах хмизу, старих пнях. Для зимівлі звірки роблять невелике заглиблення, вистеляють його мохом, сухою травою (осокою, злаками), старим листям, різноманітними рослинними залишками і зариваються в них.

Приклад 10 Сойки звичайні (*Garrulus glandarius*) не тільки живляться жолудями, але й роблять їх запаси, досить далеко переносючи плоди в стравоходах. Наприклад, у ялиновому лісі за 1–3 км від заростей старих дубів можна зустріти молоду поросль дубків – очевидно, з жолудів, занесених у ялинник сойками, які постійно туди літають.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8. ХАРЧОВІ ЛАНЦЮГИ

Короткі теоретичні відомості

Організми, що живуть за рахунок неорганічного джерела вуглецю (вуглекислого газу), називають *автотрофами* (грец. *autós* – сам і *trophē* – їжа, живлення), а організми, які використовують органічне джерело вуглецю, – *гетеротрофами* (грец. *héteros* – інший і *trophē* – їжа, живлення). До автотрофів належать фотоавтотрофи (усі зелені рослини, синьо-зелені водорості) і хемоавтотрофи (деякі бактерії). Вживання гетеротрофів прямо або опосередковано залежить від синтетичної активності автотрофів. До гетеротрофних організмів належать усі тварини, гриби та більшість бактерій.

У межах екосистеми органічні речовини, що містять енергію, створюються автотрофними організмами і слугують їжею (джерелом речовини та енергії) для гетеротрофів. Типовий приклад: тварина поїдає рослини; ця тварина, у свою чергу, може бути з'їдена іншою твариною, і таким чином відбувається передача енергії через низку організмів – кожен наступний живиться попереднім, постачаючи йому сировину та енергію. Передача енергії від її джерела (автотрофів) через низку організмів, що відбувається шляхом поїдання одних організмів іншими, називається *харчовим ланцюгом*, а кожна його ланка – *трофічним рівнем*.

Перший трофічний рівень займають автотрофи, або так звані *продуценти* (від лат. *producentis* – ті, що виробляють, створюють). Організми другого трофічного рівня називаються *первинними консументами* (від лат. *consumo* – споживаю), третього – *вторинними консументами*, і так далі. Останній трофічний рівень займають *редуценти* (від лат. *reducentis* – ті, що повертають, відновлюють).

Трофічні ланцюги, які починаються з фотосинтезуючих організмів, називають *пасовищними ланцюгами*, а ланцюги, що починаються з відмерлих залишків рослин, трупів і екскрементів тварин, – *детритними ланцюгами*.

Трофічну структуру екосистеми можна зобразити у вигляді *екологічних пірамід*, основою яких є перший рівень (рівень продуцентів), а наступні рівні утворюють яруси та вершину піраміди.

Екологічні піраміди поділяють на три основні типи:

1. *піраміда чисельності*, що відображає кількість окремих організмів;
2. *піраміда біомаси*, яка характеризує загальну суху масу, калорійність або інший показник загальної кількості живої речовини;
3. *піраміда енергії (продуктивності)*, що показує величину потоку енергії на послідовних трофічних рівнях.

В тих трофічних ланцюгах, де передача енергії відбувається переважно через зв'язки хижак – жертва, часто дотримується *правило піраміди чисел*: загальна кількість особин, які беруть участь у харчових ланцюгах, з кожною ланкою зменшується. Це пов'язано з тим, що хижаки, як правило, більші за своїх жертв, і для підтримання біомаси одного хижака необхідно кілька або багато жертв. Із цього правила можуть бути винятки – ті рідкісні випадки, коли дрібніші хижаки живуть за рахунок групового полювання на великих тварин.

У більшості наземних екосистем також діє *правило піраміди біомас*, тобто сумарна маса рослин виявляється більшою, ніж біомаса всіх фітофагів і травоїдних, а їхня маса, у свою чергу, перевищує масу всіх хижаків.

Якщо ці два правила проявляються лише в спільнотах із певною трофічною структурою, то правило піраміди енергії (*продукції*) має універсальний характер. *Правило піраміди продукції*: на кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси, створеної за одиницю часу, більша, ніж на наступному. Графічно це правило виражають у вигляді пірамід, що звужуються догори й утворені поставленими одна на одну прямокутниками рівної висоти, довжина яких відповідає масштабам продукції на відповідних трофічних рівнях. Піраміда продукції відображає закони витрачання енергії в харчових ланцюгах.

Відносну кількість енергії, що передається від одного трофічного рівня до наступного, називають *екологічною ефективністю спільноти* або *ефективністю харчового ланцюга*. Закон піраміди енергій (*Р. Лідерман*): з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший, вищий, у середньому переходить близько 10 % енергії, яка надійшла на попередній рівень.

Мета роботи: ознайомитися з трофічними мережами (харчовими ланцюгами); вивчити трофічну структуру угруповань (трофічні рівні), а також передачу енергії за трофічними рівнями.

Зміст роботи:

Завдання 8.1. Використовуючи лекційний матеріал та матеріали з навчальної літератури, заповніть таблицю. Які з представлених організмів: підосичник, лосось, ціанобактерії (синьо-зелені водорості), корова, кишкова паличка, бичачий ціп'як, береза, подорожник, синиця, папороть, гадюка, комар, сульфатредукуючі бактерії (хемосинтезуючі бактерії), пеніцилін, людина, – є автотрофами та гетеротрофами? Наведіть додатково три-п'ять прикладів. Аргументуйте свій вибір.

Поділ живих організмів по типу харчування:

№	Гетеротрофи (консументи)	Автотрофи (продуценти)
....		

Завдання 8.2. На рисунку 8.1 зображено рослину Росичка – роду м'ясоїдних рослин сімейства Росянкові (лат. Droseraceae). Вона зустрічається на болотах, пісковиках, у горах, – майже на будь-яких видах ґрунтів. Росички – багаторічні трави, іноді з бульбоподібно потовщеним стеблом, округлим або довгастим, черешковим або сидячим листям, у більшості видів зібраними у густу прикореневу розетку. Край і верхня поверхня листа покриті великими залозистими волосками, подразливими при зіткненні і виділяють слиз, що

служить для уловлювання комах. Усі росички – комахоїдні рослини. Клейка речовина, що виробляється листям, містить алкалоїд коніїн, що здійснює паралітичну дію на комах, та травні ферменти. Після того як комаху піймано, краї листа закриваються, охоплюючи його цілком. Коли комаху перетравлена (зазвичай це займає кілька днів), лист знову розкривається. Швидкість згортання листа у деяких видів росичок досить значна.

Такий спосіб харчування рослини дозволяє в умовах збіднених ґрунтів засвоювати з комаху при її перетравленні такі корисні для рослини речовини, як солі натрію, калію, магнію, фосфор та азот.

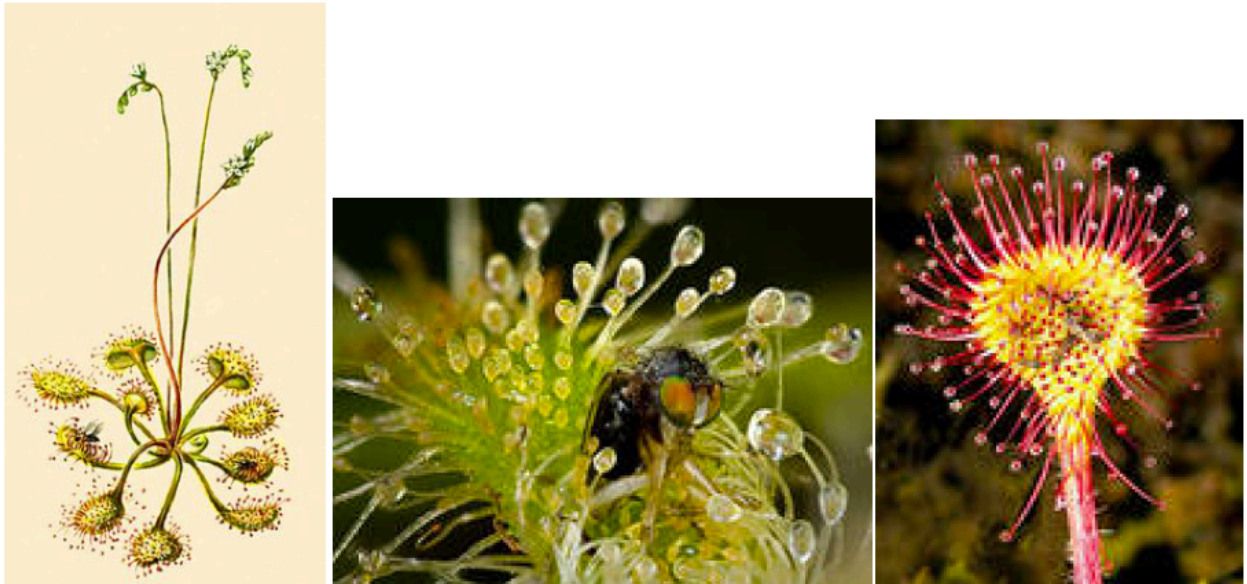


Рисунок 8.1 – Рослини сімейства Росянкові

До якого типу живих організмів правильно віднести росичку: до автотрофів або гетеротрофів? Поясніть свою відповідь.

Завдання 8.3. Для запропонованих нижче варіантів виконайте наступні завдання:

- а) співвіднесіть кожен організм із відповідним трофічним рівнем;
- б) складіть найкоротшу і найдовшу харчові ланцюги з запропонованих праворуч організмів.

Продуценти	Дуб черешковий
Консументи 1-го порядку	Гусениця
Консументи 2-го порядку	Сонечко
Консументи 3-го порядку	Шпак
Редуценти	Корід
Детритофаги	Дощовий хробак
	Кріт
	Олень
	Лисиця
	Бджола
	Квітки конюшини
	Бактерії
	Шакал
	Ящірка
	Блохи

Завдання 8.4. Складіть піраміди (наземну, водну) біомаси, енергії та числа.

Вид організму	Значення
Білий медвідь	46 шт
Планктонні ракоподібні	280 кг
Лисиця	$26,4 \cdot 10^7$ Дж
Одноклітинні водорослі	26,4 Дж
Гусениця	0,5 кг
Трава	800 кг
Синиця	900 шт.
Мойва	$26,4 \cdot 10^4$ Дж
Тюлень	3 кг
	1 шт.
	$26,4 \cdot 10^9$ Дж
	1,5 кг
	2 шт.
	$2,6 \cdot 10^{-4}$ Дж
	1500 шт.

Завдання 8.5. У трофічному ланцюгу ділянки лісотундри ягель \Rightarrow олень \Rightarrow вовк біомаса ягелю становить 40 т. Яка чисельність популяції вовка, яка може мешкати на даній ділянці, якщо середня вага вовка 16 кг? Під час розрахунків користуватися законом Ліндемана.

Завдання 8.6. У трофічному ланцюгу сільськогосподарського поля пшениця \Rightarrow миша польова \Rightarrow лисиця біомаса пшениці складає 50 т. Яка чисельність популяції лисиць, яка може мешкати на цій ділянці, якщо середня вага лисиці становить 2 кг? Під час розрахунків користуватися законом Ліндемана.

Завдання 8.7. Комахоїдні птахи вагою 10 – 30 г (синиця, горобець, зяблик, блакитна синиця та ін.) з'їдають комах за день у кількості до 30 % від своєї маси. Визначте, скільки комах за одне літо з'їсть синиця масою 20 г? Скільки комах за одне літо з'їсть синиця масою 30 г?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9. КРУГООБІГ РЕЧОВИН У БІОСФЕРІ

Короткі теоретичні відомості

Зелені рослини використовують сонячну енергію та синтезують органічну речовину з діоксиду вуглецю, води, мінеральних елементів ґрунту. Ця речовина накопичується в біосфері, частково консервується у вигляді, наприклад, торфу, кам'яного вугілля, сланців, донних відкладень океану.

Ці процеси тривають вже сотні мільйонів років. Але оскільки Земля – це кінцеве фізичне тіло, будь-які хімічні елементи (у чистому вигляді чи у вигляді сполук) також є фізично обмеженими. Здавалося б, за мільйони років їх асиміляції фотосинтетиками вони мали б вичерпатися, повністю зв'язатися у мертвій органіці та перетворитися на косну речовину.

Проте цього не відбувається, тому що біогенні елементи, на відміну від енергії, утримуються в екосистемі, де вони здійснюють безперервний кругообіг.

Виділяють два основних кругообіги: *великий (геологічний)* і *малий (біотичний)*.

Великий кругообіг відбувається протягом сотень тисяч або мільйонів років. Він полягає у тому, що гірські породи піддаються руйнуванню, вивітрюванню, а продукти вивітрювання, зокрема розчинені у воді поживні речовини, зносяться потоками води до Світового океану. Тут вони утворюють морські нашарування і лише частково повертаються на сушу з опадами, з організмами, які людина вилучає з води. Великі повільні геотектонічні зміни, процеси опускання материків і підняття морського дна, переміщення морів і океанів протягом тривалого часу призводять до того, що ці нашарування повертаються на сушу, і процес розпочинається знову.

Малий кругообіг є частиною великого і полягає в тому, що поживні речовини ґрунту, вода, вуглець акумулюються у речовині рослин, витрачаються на побудову тіла та здійснення життєвих процесів як самих рослин, так і організмів-консументів. Продукти розпаду органічної речовини потрапляють у розпорядження організмів-редуцентів (ґрунтової мікрофлори, бактерій, грибів, черв'яків, молюсків, найпростіших тощо) і знову розкладаються до мінеральних

компонентів, які знову стають доступними для рослин і знову залучаються ними в потік речовин.

Кругообіг хімічних речовин із неорганічного середовища через рослинні та тваринні організми назад у неорганічне середовище з використанням сонячної енергії або енергії хімічних реакцій називається біогеохімічним циклом.

Екосистему можна уявити у вигляді ряду блоків, через які проходять різні матеріали і в яких ці матеріали можуть залишатися протягом різних періодів часу. У кругообігах мінеральних речовин в екосистемі в більшості випадків беруть участь три активні блоки: живі організми, мертвий органічний детрит і доступні неорганічні речовини. Два додаткові блоки – опосередковано доступні неорганічні речовини та осадові органічні речовини – пов'язані з кругообігами біогенних елементів у певних периферійних ділянках, однак обмін між цими блоками та рештою екосистеми уповільнений у порівнянні з обміном, який відбувається між активними блоками.

Процеси, що забезпечують перенесення біогенних елементів у межах екосистеми, представлені на рис. 9.1.

Асиміляція та створення продукції супроводжуються переходом мінеральних речовин з неорганічного блоку до органічного: у кругообігу вуглецю, кисню, азоту, фосфору та сірки найважливішим компонентом цього етапу є первинна продукція, що створюється рослинами. Проте тваринам, крім цього, потрібні багато інших важливих елементів, таких як натрій, калій і кальцій, які вони асимілюють безпосередньо з води, яку п'ють.

Деяка частина вуглецю та кисню повертається в результаті дихання безпосередньо до фонду доступних неорганічних поживних речовин, можливо, після багаторазових кругообігів у межах блоку живої біомаси через харчові ланцюги. Кальцій, натрій та іони інших мінеральних речовин виділяються або вимиваються з листя дощем чи водою, яка оточує водні організми, і також швидко знову включаються у кругообіг.

Більша частина вуглецю та азоту, які в процесі асиміляції включаються до живої біомаси, після загибелі організмів, а також у результаті екскреції, переноситься у детритний блок.



Рисунок 9.1 – Блокова модель екосистеми із зазначенням деяких найбільш важливих шляхів обміну мінеральних речовин

Деякі біогенні елементи, що містяться у детриті, можуть бути повернуті в блок біомаси детритофагами, проте всі вони зрештою, у результаті вимивання та розкладання, знову потрапляють до фонду доступних неорганічних речовин.

Обмін між фондами мінеральних речовин, які активно беруть участь у кругообігу, та величезними резервуарами опосередковано доступних біогенних

елементів, що містяться в атмосфері, вапняках, кам'яному вугіллі та у гірських породах, які формують земну кору, відбувається повільно, переважно внаслідок геологічних процесів.

Мета роботи – вивчити кругообіг речовин в екосистемах.

Зміст роботи:

Поділіться на підгрупи по дві людини. Виберіть тему для практичної роботи.

Теми практичної роботи у групі:

- Кругообіги біогенних елементів та їх модифікація.
- Кругообіг вуглецю.
- Кругообіг азоту.
- Кругообіг кисню.
- Кругообіг сірки.
- Кругообіг фосфору.
- Великий геологічний кругообіг речовин у природі.
- Малий біохімічний кругообіг речовин у природі.
- Кругообіг води. Загальна схема кругообігу води.
- Кругообіги другорядних елементів (стронцій, цезій, натрій, калій, свинець, золото, ртуть).
- Кругообіг металів. Ресурсний цикл як антропогенний кругообіг хімічних елементів.

2. Робота в групах полягає в узагальненні раніше вивченого матеріалу на тему. Необхідно визначити елементи, які залучені до кругообігів. Проаналізуйте процеси, які протікають у круговороті речовин.

3. Відтворіть результати отриманих знань, у вигляді невеличкої доповіді з презентацією.

ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Частиною самостійної роботи студента є індивідуальне завдання у вигляді реферату з презентацією.

Оформлення реферату здійснюється відповідно до СТБУЗ-ХПІ-3.01- 2021 «Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання» Реферат виконують на аркушах друкарського паперу формату А4 (297×210 мм). На аркушах мають бути залишені береги: лівий, нижній та верхній – не менше 20 мм, правий – не менше 10 мм. Текст через півтора інтервали, кегль шрифту 14 п., для елементів тексту (таблиць, приміток та ін.) допускається шрифт 12 п., рекомендований шрифт – Times New Roman.

Теми рефератів:

1. Різноманітність кліматичних факторів та їх екологічна роль. Поняття макро- та мікроклімату.
2. Роль світла у житті зелених рослин. Світлові межі існування рослин.
3. Екологічні групи рослин по відношенню до світла та їхні адаптивні особливості.
4. Світло як умова орієнтації тварин.
5. Температура як один з провідних абіотичних факторів середовища. Температурні адаптації рослин.
6. Основні шляхи температурних адаптацій тварин до умов навколишнього середовища.
7. Вологість як один з визначальних абіотичних факторів середовища.
8. Адаптації рослин до підтримання водного балансу.
9. Водний баланс наземних тварин.
10. Спільна дія температури та вологості на живі організми. Компенсаторна дія екологічних факторів.
11. Вплив вітру на живі організми. Атмосферний тиск як абіотичний фактор навколишнього середовища.
12. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.
13. Життєві форми тварин.
14. Життєві форми рослин.

15. Механізми регуляції чисельності популяцій.
16. Болота як особливий тип прісноводних екосистем, їхнє біосферне значення.
17. Морські екосистеми: особливості середовища існування, явище апвелінгу.
18. Екологічні області та угруповання організмів в океані.
19. Вода як середовище існування організмів, специфіка адаптації гідробіонтів.
20. Ґрунт як середовище існування організмів.
21. Значення внутрішньовидових і міжвидових відносин для регуляції чисельності популяцій.
22. Агроценози: класифікація, приклади, їхні особливості порівняно з природними ценозами.
23. Біорізноманіття та його значення для стійкості екосистем.
24. Адаптивні біологічні ритми організмів.
25. Біоіндикатори стану навколишнього середовища
26. Екологічне значення комах-запилювачів і загрози їхньому існуванню
27. Екологічна сукцесія: етапи формування та розвитку екосистем
28. Взаємозв'язок хижаків і жертв у регуляції чисельності популяцій
29. Вплив змін клімату на біорізноманіття та ареали видів
30. Екологічна роль водоростей у морських та прісноводних екосистемах
31. Ендемічні види та проблеми їхнього збереження
32. Роль корневих систем рослин у збереженні ґрунтів і запобіганні ерозії
33. Біолюмінесценція у живих організмів: екологічне значення та механізми
34. Фенологічні зміни у рослин і тварин як реакція на зміни клімату
35. Екологічні функції лісів: кисневий баланс, збереження води та біорізноманіття
36. Функції грибів у екосистемах: сапротрофи, мікориза та паразити

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Соломенко Л.І. Загальна екологія : підручник / Л.І. Соломенко, В.М. Боголюбов, А.М. Волох; вид. друге випр. і доп. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – 352 с. <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ab143b1a-d5f9-4d11-9af4-e965e0d34249/content>
2. Вінічук М.М. Загальна екологія : Навчальний посібник, видання друге, виправлене та доповнене. – Житомир : Видавництво Державного університету «Житомирська політехніка», 2021. – 184 с. <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/7933>
3. Хом'як І.В. Історія екології: Навчальний посібник: Житомир: Видавництво ЖДУ імені Івана Франка, 2023. – 310 с. <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/37218>
4. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / кол. авторів; за загальною ред. О. Є. Пахомова; худож.-оформлювач Г. В. Кісель. – Харків: Фоліо, 2014. – 666 с <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/10102>
5. Маленко Я.В., Ворошилова Н.В., Кобрюшко О.О., Перерва В.В. Загальна екологія: навчальний посібник. Кривий Ріг: КДПУ, 2023. – 231с. <https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/7093/1/Посібник.pdf>
6. Кукурудза С.І. Біогеографія: Підручник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 504 с. <http://194.44.152.155/elib/local/sk/sk743807.pdf>
7. Білоус Л.Ф. Біогеографія. Навчальний посібник. – Київ: КНУ імені Тараса. Шевченка, 2020. – 260 с https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/bilous_biogeography_posibn.pdf

Навчальне видання

Методичні вказівки
до практичних занять та самостійної роботи
з дисципліни «Загальна екологія»
для студентів спеціальності
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
усіх форм навчання

Укладачі:

САКУН Антоніна Олегівна
НОВОЖИЛОВА Тетяна Борисівна
БАБЕНКО Володимир Миколайович
ЛЯЛЮК Семен Дмитрович

Відповідальний за випуск доц. Шестопалов О.В.
Роботу до видання рекомендувала проф. Самойленко Н.М.

В авторській редакції

План 2025 р., поз. 338

Підп. до друку Гарнітура Times New Roman
Видавничий центр НТУ «ХПІ»,
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Електронна версія