

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

К.О. Домбровський

**ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ:
демекологія, біоценологія та неоекологія**

Навчально-методичний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія»
освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № від 2020 р.

Запоріжжя 2020

УДК 504 (075.8)
Д 661

Домбровський К.О. Загальна екологія та неоекологія: демекологія, біоценологія та неоекологія : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 112 с.

У навчально-методичному посібнику подано в систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни «Загальна екологія та неоекологія». Викладено найважливіші теоретичні питання демекології, синекології, основ біосферології та елементів прикладної екології. Навчально-методичний посібник містить теоретичні відомості до кожного лабораторного заняття, тематику та зміст лабораторних занять (завдання і порядок виконання робіт, необхідні інструкції, контрольні питання та питання до самопідготовки), вказівки щодо організації самостійної роботи, питання для підсумкового контролю, список рекомендованої літератури. Для діагностики рівня засвоєння програмного матеріалу запропоновано тести та екологічні задачі.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Рецензент

О.В. Луганська, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії.

Відповідальний за випуск

О.Ф. Рильський, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології.

3
ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 2 ДЕМЕКОЛОГІЯ, БІОЦЕНОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ.....	6
ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ	6
Лабораторна робота № 1. Уявлення про популяції	6
Лабораторна робота № 2. Екологія видів	15
Лабораторна робота № 3. Циклічні явища в популяціях	Ошибка! Закладка не определена.
Лабораторна робота № 4. Екосистемний рівень організації живої природи ..	24
Лабораторна робота № 5. Синекологія (вчення про біоценози)	28
Лабораторна робота № 6. Внутрішня організація біотичної спільноти	Ошибка!
	Закладка не определена.
Лабораторна робота № 7. Енергетична характеристика екосистем	Ошибка!
	Закладка не определена.
Лабораторна робота № 8. Біопродукційний процес в екосистемі.....	46
Лабораторна робота № 9. Концентрація речовин у трофічних ланцюгах	54
Лабораторна робота № 10. Динаміка екосистем та загальні принципи стійкості екосистеми	60
Лабораторна робота № 11. Біогеохімічний кругообіг речовин у біосфері	65
Лабораторна робота № 12. Антропогенний вплив на біосферу	Ошибка!
	Закладка не определена.
Лабораторна робота № 13. Екологічна діагностика стану довкілля.....	78
Лабораторна робота № 14. Якість середовища існування людини.....	86
ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	92
Індивідуальні завдання	92
ПИТАННЯ ДО АКТУАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ З КУРСУ	93
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ.....	95
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ З ЕКОЛОГІЇ.....	103
ЗАДАЧІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ.....	107
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	110

ВСТУП

Матеріали навчально-методичного посібника покладені в основу курсу лекцій з навчальної дисципліни «Загальна екологія та неоекологія», що належить до циклу професійної підготовки спеціальності та викладаються студентам-екологам освітнього рівня «Бакалавр» спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Метою вивчення навчальної дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» є: оволодіння студентами комплексом теоретичних та практичних знань щодо уявлення про взаємозв'язок організмів та процесів, які відбуваються в природі, а також можливі наслідки їх порушення. У навчально-методичному посібнику викладено найважливіші теоретичні питання демекології, синекології, основ біосферології та елементів прикладної екології, що передбачено вивченню студентами у третьому семестрі згідно затвердженого навчального плану. Метою лекційного курсу є засвоєння студентами матеріалу щодо організації природних екосистем різного рівня (від мікроекосистем до біосфери), їх розвитку та стійкості. Метою лабораторних робіт є засвоєння сучасних методів, за допомогою яких можна досліджувати екологічні особливості різних організмів в межах аутоекології та синекології.

Для поглиблення, розширення та закріплення знань, одержаних на лекційних заняттях в науково-методичному посібнику також розглядаються питання щодо фундаментальних основ сучасної екології: розуміння екологічних взаємозв'язків життя на всіх рівнях організації – субклітинному, тканинному, організменому та надорганізменому. Розглядаються також питання про енергетичні основи функціонування екосистем, кругообіг речовин та вплив людської діяльності на них. Цей вид роботи привчає студентів самостійно працювати з літературою, що видається для роботи та використовувати отримані знання при виконанні лабораторних робіт.

Такий напрямок дозволить майбутнім фахівцям добре орієнтуватися в галузі сучасної екології, визначати найважливіші напрямки розвитку науки, аналізувати та робити адекватні висновки про впливи факторів зовнішнього середовища на рослинний та тваринний світ, прогнозувати зміни в конкретних екосистемах та попереджувати негативні наслідки, створювати передумови сталого розвитку, раціонально використовувати, зберігати та відновлювати природні ресурси.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» є: формування у студентів теоретичних знань і практичних умінь їх застосування для вирішення конкретних завдань, для самостійного розв'язання науково-дослідних проблем, що постають перед екологом як фахівцем в різних галузях народного господарства.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: уявлення про екологічний фактор та особливості його дії, класифікацію екологічних факторів, рівні організації життя та вплив екологічних факторів на різних рівнях, структуру популяції та причини, які зумовлюють

динаміку її чисельності, типи міжвидових взаємовідносин організмів, структуру екосистем різних рівнів організації та специфіку їх функціонування, сукцесійні процеси та клімаксовий стан екосистем, енергетичний потік в екосистемі та закони його перерозподілу, екологічні піраміди, кругообіг речовин, особливості організації біосфери, уявлення про ноосферу.

вміти: визначати лімітуючі фактори для певних організмів в конкретних умовах, вирішувати задачі екологічного спрямування, складати екологічні піраміди різного типу, на практиці створювати штучні природні екосистеми та досліджувати природні екосистеми за допомогою необхідного обладнання, визначників тощо.

Згідно з вимогами (освітньо-професійної) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання (компетентностей):

- усвідомлювати, розуміти і застосовувати теоретичні основи екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування;
- володіти екологічною термінологією та використовувати її на практиці;
- володіти знаннями та критичним розумінням предметної області та професійної діяльності.
- орієнтуватися в системі наскрізної екологічної освіти;
- використовувати знання сучасних екологічних проблем;
- обирати найраціональніші способи розв'язання завдань екологічного спрямування;
- опрацьовувати основну і додаткову навчальну літературу, знаходити інші інформаційні джерела та працювати з ними під час виконання завдань поза аудиторної самостійної роботи.

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Загальна екологія та неоекологія» виступає як фундамент для багатьох навчальних дисциплін програми підготовки фахівців-екологів. Базовими знаннями можуть бути знання, здобуті у середній школі при вивченні природничих та суспільнознавчих дисциплін. Вивчення дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» забезпечить майбутнім фахівцям добре орієнтуватись в галузі сучасної екології, визначати найважливіші напрямки розвитку науки; аналізувати та робити адекватні висновки про вплив факторів зовнішнього середовища на рослинний та тваринний світ, прогнозувати зміни в конкретних екосистемах та попереджувати негативні наслідки, створювати передумови сталого розвитку, раціонально використовувати, зберігати та відновлювати природні ресурси.

ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1**

Тема: Уявлення про популяцію

Мета: Навчитися складати вікові і базові вікові спектри рослин та тварин, аналізувати їх і робити висновки про стан і перспективи розвитку популяцій.

Обладнання та матеріали: міліметровий папір, лінійки, калькулятор, статистичні дані.

План вивчення теми

- 1) Уявлення про популяцію.
- 2) Визначення популяції (географічна, екологічна), її ознаки.
- 3) Найважливіші характеристики популяції.
- 4) Чисельність та щільність популяції.
- 5) Ареал популяції (типи, класи).
- 6) Експотенційна та логістична крива росту чисельності.

Питання до самопідготовки:

1. Основні періоди й вікові стани в життєвому циклі рослин і тварин.
2. Статева структура популяції.
3. Охарактеризуйте індикаційні ознаки кожної вікової групи на прикладі певного виду рослин чи тварин.
4. Які кількісні співвідношення статей відомі вам? Наведіть приклади.
5. Біотичний потенціал популяції.
6. Характеристика розташувань особин популяції на певній території.

Теоретичні відомості

Під *популяцією* розуміють сукупність особин одного виду із загальним генофондом (наявний той або інший ступінь панміксії), що впродовж значної кількості поколінь населяє певний простір з відносно однорідними умовами існування. Популяція завжди відокремлена від інших подібних сукупностей особин через наявність певного тиску будь-якої форми ізоляції. Вона має особисту еволюційну долю, тобто здатна теоретично необмежений час розвиватись у сприйнятливих умовах довкілля.

Крім того що популяція є елементарною одиницею еволюційного процесу, вона також виступає основною формою існування виду. Виділяють велику кількість різних форм популяцій, з яких необхідно зупинитись на двох.

Географічна популяція – група особин одного виду, що населяють простір з географічно однорідними умовами існування, в межах якого спостерігається єдиний ритм життєвих явищ та інші функціональні особливості, що створює морфологічний тип, який відрізняє певну популяцію від подібних, що

знаходяться в інших географічних умовах (інколи цю форму популяції дорівнюють підвиду).

Популяція екологічна – сукупність особин одного виду, що мешкають в межах одного біогеоценозу. Але останній термін зараз не дуже поширений – більш широко застосовуються близькі за значенням терміни місцева, або локальна популяція. За значенням ці терміни відрізняються від попереднього тим, що така популяція одночасно може входити до складу кількох біогеоценозів (займає цілий біогеоценотичний комплекс).

Кожна популяція може бути охарактеризована певними ознаками – популяційними параметрами. Основні з них:

а) чисельність – загальна кількість особин, що входять до складу даної популяції,

б) густина – кількість особин, що припадає на одиницю території або одиницю об'єму простору, який займає популяція,

в) запас біомаси популяції в цілому та в розрахунку на одиницю площі чи об'єму,

г) народжуваність – кількість нових особин, що з'являються в популяції при народженні,

д) смертність – кількість особин, що відмирають у певний проміжок часу,

є) ріст популяції – співвідношення народжуваності та смертності, що призводить до збільшення або зменшення чисельності особин у популяції. Важливим атрибутом будь-якої популяції є також її просторова структура, яка проявляється в особливостях розміщення особин на площі популяційного поля.

Характеристика популяції:

- *морфологічні характеристики популяції:* популяції одного виду характеризуються спільними морфологічними та фізіологічними ознаками й одночасно відрізняються між собою статистично – частотою трапляння певних ознак. Для порівняльної характеристики вибирають не будь-які, а дискретні, якісні ознаки, зумовлені альтернативними алелями гена;
- *екологічні характеристики популяції:* кожна популяція має певний ареал, віковий і статевий склад; чисельність особин у популяції може коливатися від кількох сотень до кількох тисяч. Чим менша популяція, тим більша загроза її вимирання або загибелі від будь-яких випадкових причин. Розміри популяційних ареалів значною мірою залежать від ступеня рухливості особин – радіуса індивідуальної активності. Популяції наземного слимака розміщуються на території одного парку чи галявини, а популяції деяких птахів (качки) займають простір у мільйони квадратних кілометрів. Ареал популяції може бути трофічним (для живлення) і репродуктивним (для розмноження);
- *генетична характеристика популяції:* генетично кожна популяція характеризується певним генофондом (сукупність усіх генів популяції). Носіями генів є особини популяції. Гени існують у різних формах (алелях). У генотипі представлені тільки два алелі даного гена, і в рівних співвідношеннях.

Вікова структура є однією з найважливіших ознак популяції. Якщо покоління нових особин з'являється в популяції одноразово та перехід з одного вікового стану в інший відбувається синхронно, то в такій популяції вікова структура не виражена. У будь-який час усі особини в ній мають однаковий вік та однаковий віковий стан. Це має місце в популяціях культурних рослин, де завдяки одночасності посіву та сортовій ідентичності особин їх розвиток відбувається досить синхронно. Але в переважній більшості випадків популяції рослин та тварин складаються з особин різного віку та різного вікового стану.

У деревних рослин та тварин вікову структуру популяції аналізують за абсолютним календарним віком особин. У цих випадках він досить легко визначається: у дерев – за річними кільцями на деревині, у ссавців – за будовою зубів. Коли ж календарний вік визначити важко, вікову структуру популяції оцінюють за віковим станом особин. *Віковий стан особин* – це певний етап онтогенетичного розвитку, який характеризується наявністю в особин специфічних властивостей та якостей. Цей підхід широко застосовується при аналізі популяцій трав'янистих рослин. Виділяють чотири основні вікові періоди та в їх межах ще кілька вікових етапів. Основні вікові періоди вищих рослин:

I) **латентний (насіння)** – характеризується тривалим зберіганням, становить найдинамічніший резерв популяції;

II) **прегенеративний** (проростки, ювенільні, іматурні, віргінільні) – розвиток рослин до появи генеративних пагонів;

III) **генеративний** (молоді, середні, старі) – утворення генеративних пагонів;

IV) **сенільний** (субсенільні, сенільні, відмираючі) – спрощення життєвих форм і відмирання.

Насіння (sm) знаходиться в стані спокою, обмін речовин в них зведений до мінімуму. *Проростки (p)* мають зародкові корінці та перші листки, живляться вони змішано – за рахунок мобілізації запасних поживних речовин насіння та фотосинтезу. *Ювенільні рослини (j)* повністю переходять до самостійного живлення, але їхні листки відрізняються особливою формою та розмірами. *Іматурні рослини (im)* мають ознаки переходу від ювенільних до дорослих. *Дорослі вегетативні особини (v)* мають усі риси будови, що притаманні даному виду, але не здатні до розмноження. Для *генеративних особин (g_1, g_2, g_3)* характерна наявність органів розмноження. *Молоді генеративні дерева (g_1)* – вперше починають плодоношення. Репродуктивні органи розташовані у верхній частині крони. Порядок гілкування 7–9 і більше. У нижній частині стовбура починає формуватися корок. *Середньовікові генеративні дерева (g_2)* – мають типову крону. Приріст дерев у висоту гальмується. Пробуджуються сплячі бруньки. Число квіток максимальне для даного виду. Плоди і насіння утворюються у верхній і середній частині крони. *Старі генеративні дерева (g_3)* – призупиняються приріст рослини у висоту. Пробуджуються сплячі бруньки на стовбурі. У деяких випадках вторинна крона може повністю замінити первинну. Кількість квіток і плодів нерегулярна. Кількість насіння невелика. *Сенільні рослини (s)* поступово припиняють формування генеративних структур, вегетативне відростання в них послаблене. Рослини мають суху верхівку, низько

розташовану живу частину крони. Дерево не здатне до утворення насіння і плодів. Етапи онтогенезу липи серцелистої зображено на рис. 1.

Частка в популяції особин різного вікового стану отримала назву *вікового спектру*. Якщо у віковому спектрі переважає насіння, ювенільні та вегетативні особини, то популяція називається *інвазійною*. За наявності в популяції представників усіх вікових станів її називають *нормальною*. Нормальні популяції можуть бути повночленими, якщо включають весь спектр вікових станів, і неповночленими, якщо особини тих чи інших вікових станів у популяції відсутні. *Регресивними* називають популяції, в яких переважають сенільні та старі генеративні рослини.

Віковий спектр відображає життєвий стан виду в ценозі, а також такі важливі процеси, як інтенсивність відтворення, рівень смертності, швидкість зміни поколінь. Від цієї сторони структурної організації залежить здатність популяційної системи до самопідтримання та ступінь її стійкості до впливу негативних факторів середовища в т. ч. й антропогенного пресу. Також він характеризує етап розвитку популяції (віковість), а отже, й перспективи розвитку в майбутньому.

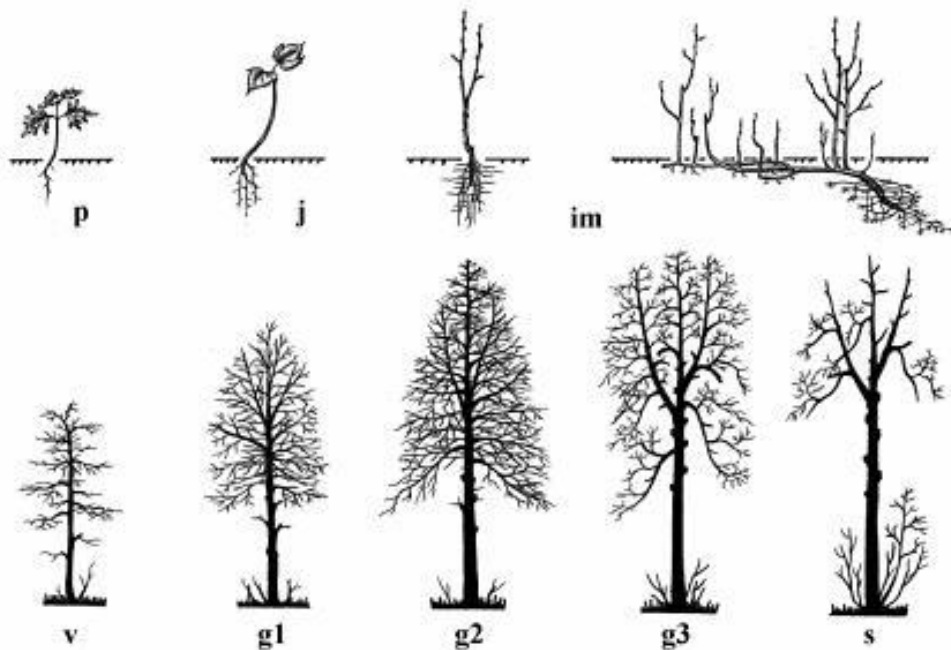


Рис. 1 – Схема онтогенезу липи серцелистої *Tilia cordata* Mill. (за Широковим)

Характеристика вікових структур популяцій:

- **інвазійні** (процвітаюча) – популяція ще нездатна до самопідтримання, переважають початкові (молоді) стадії і відсутні кінцеві (старі);
- **нормальні** (рівноважна) – відбувається самопідтримання, в основному переважають генеративні рослини, зберігаються відповідні

співвідношення всіх стадій (неповночленна, окремі стадії відсутні, повночленна – наявні всі стадії);

- **регресивні** (старіюча) – втрата здатності самопідтримання, відсутні початкові і наявні кінцеві стадії.

При вивченні популяцій тварин переважно використовується не віковий стан, а календарний вік особин. На його основі устанавлюється співвідношення в популяціях тварин різного віку.

Вікова структура популяцій тварин визначається особливостями їхнього індивідуального розвитку, видовими відмінностями в способах розмноження і переходу з одного вікового стану до іншого та тривалістю репродуктивного періоду і тривалістю життя. В індивідуальному розвитку (онтогенезі) тварин виділяють такі періоди:

- 1) період ембріонального розвитку – з моменту запліднення яйцеклітини до моменту народження;
- 2) передгенеративний період або ювенільний – від народження до настання статевої зрілості;
- 3) період дорослого стану, який характеризується статевою зрілістю і здатністю до розмноження;
- 4) період старіння, який характеризується втратою здатності до розмноження і закінчується смертю.

Тривалість періодів у різних видів неоднакова. Часто періоду старості взагалі не буває, оскільки тварини гинуть у репродукційний період (комахи). Ювенільний період за тривалістю може дорівнювати репродуктивному, а може бути значно довшим, ніж усе життя особини (стадія личинки у цикади триває 17 років, а доросла особина живе лише декілька тижнів).

У популяціях тварин (птахів, ссавців) виділяють такі вікові стани: молоді статевонезрілі, молоді і дорослі статевозрілі і старі особини. Співвідношення особин різного віку в межах популяції залежить від багатьох біологічних властивостей виду та факторів середовища. В природі існують популяції тварин, члени яких належать до однієї генерації (у метеликів: гусінь, дорослі комахи; у жаби озерної: пуголовки, дорослі жаби).

У складі поліциклічних популяцій є молоді статевозрілі особини, що беруть участь у розмноженні, та особини, які втратили таку здатність. Якщо популяція перебуває у сприятливих умовах, то вона здатна до стійкого тривалого самовідтворення. Найбільшу участь у розмноженні і рості чисельності популяції беруть дорослі статевозрілі особини. В окремих випадках, коли чисельність популяції різко знижується, у розмноження включаються молоді статевозрілі та старі особини.

Виділяють три типи вікових пірамід:

- 1) з широкою основою і високим відсотком молодих особин (рис. 2 А1). Така піраміда характеризує популяції із швидким ростом;
- 2) дзвоноподібна піраміда, властива популяціям із помірним відсотком молодих особин (рис. 2 А2);

3) піраміда з вузькою основою і чисельною перевагою старших особин над молодняком, що характерно для популяцій, чисельність яких зменшується (рис. 2 А3).

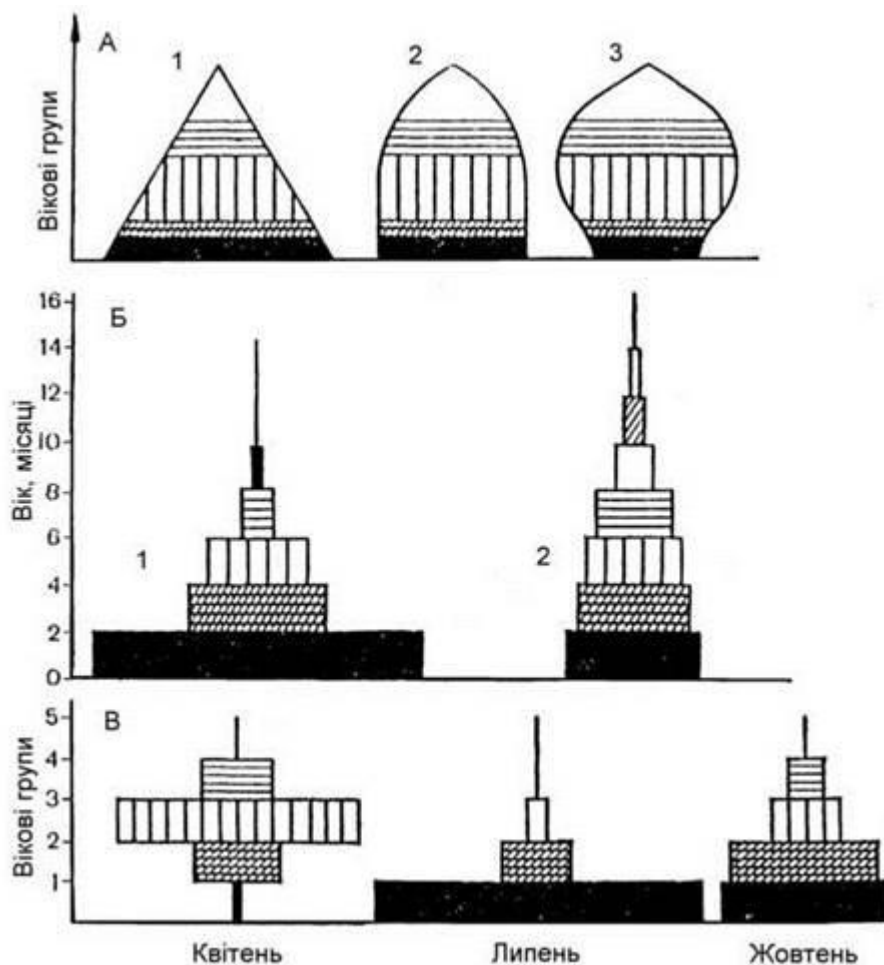


Рис. 2 – Вікова структура популяцій у тварин, де А – загальна схема (1 – популяція, що зростає; 2 – стабільна; 3 – така, що скорочується); Б – лабораторні популяції полівки *Microtus agrestis*; В – сезонні зміни співвідношення вікових груп молюска *Adaena vitrea* у Північному Каспії.

Вікова структура популяції тварин залежить від особливостей розмноження, тривалості життєвого циклу, життєздатності особин різних вікових груп, впливу факторів середовища.

Аналіз вікового стану популяцій дозволяє оцінити їх поточний стан та прогнозувати перспективи розвитку на найближчі покоління. З метою прогнозу в цьому разі використовують математичні моделі. Досить добре виправдовує себе аналіз вікового стану популяцій з метою прогнозування чисельності промислового стада в рибному господарстві.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. На підставі вікових стадій популяції рослин (періодів онтогенезу) побудуйте діаграми спектрів вікових структур популяції *Galanthus*

nivalis L. (підсніжник звичайний) за даними таблиці 1 та розрахуйте індекс відновлення популяції (*IB*) за відомою розрахунковою формулою (1), заповніть табл. 1 та поясніть отримані результати. У популяціях рослин виділяють такі основні періоди онтогенезу як: проросток (*p*), ювенільний (*j*) – від сім'ядолі до перших фотосинтезуючих листочків, іматурний (*im*) – перехід до молоді рослини, віргінільний (*v*) – вегетативно молоді особини, генеративний (*g*) – стадія утворення плодів та сенільний (*s*) – старі рослини, які усихають.

Таблиця 1 – Вікова структура популяції *Galanthus nivalis* L. в національному природному парку «Кременецькі гори»

Рік	Особини	Онтогенетичний стан особин						N
		<i>p</i>	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>s</i>	
2012	Кількість	0	2530	1550	3140	4090	0	11310
	Частка, %	0					0	
2013	Кількість	0	1090	2170	3480	2980	0	9720
	Частка, %	0					0	
2014	Кількість	0	2220	2070	2880	2410	0	9580
	Частка, %	0					0	
2016	Кількість	0	13345	3100	2460	3165	0	22070
	Частка, %	0					0	

Примітка. N – загальна чисельність популяції.

Ступінь лабільності популяції визначають за допомогою індексу відновлення популяції:

$$IB = \frac{j+im+v}{g} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де, *j*, *im*, *v*, *g* – кількість відповідно ювенільних, іматурних, віргільних і генеративних рослин на 1 м².

Завдання 2. Зробити аналіз динаміки вікової структури популяції і стадності дикої свині на Розточчі за 10 років досліджень.

Схема виконання:

1. Ознайомившись із результатами обліків дикої свині в Розточчі скласти базовий віковий спектр популяції, табл. 2.

2. Проаналізувати по рокам динаміку зміни чисельності різновікових груп дикої свині, вирахувати індекси відновлення популяції та кількості молодняка на одну самицю (індивідуальний індекс) за усі роки досліджень.

3. Визначити рівень варіювання індексу відновлення. Для цього необхідно обчислити коефіцієнт варіації або мінливості. Цей коефіцієнт (*V*) вказує, яку частку (у відсотках) складає стандартне відхилення від середнього арифметичного.

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де, s – середнє квадратичне відхилення, \bar{x} – середнє арифметичне.

Середньоквадратичне відхилення визначають за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

3. На підставі аналізу щорічних індивідуальних та популяційних індексів відновлення та їх варіабельності зробити висновки щодо стабільності популяції дикої свині в Розточчі, динамічних тенденцій, що спостерігаються в популяції і побудувати графік відновлення.

4. Проаналізувавши статеву структуру популяції дикої свині та отримані в попередніх завданнях результати, оцінити взаємозалежність вікової і статевої структури.

Таблиця 2 – Статєво-вікова структура популяції і стадність дикої свині на Розточчі (% до загальної кількості зустрінутих тварин за рік протягом 1999–2008 рр.)

Рік	Поросята	Підсвинки	Дорослі		Старі		П _с
			♂	♀	♂	♀	
1999	21,5	17,5	27,7	27,3	6,0	0	3,2
2000	28,4	11,7	29,1	25,5	5,3	0	3,8
2001	27,5	14,3	27,8	25,8	4,6	0	3,7
2002	36,2	14,0	22,3	22,0	3,5	2,0	4,6
2003	48,6	14,5	17,4	17,9	1,6	0	6,8
2004	30,3	17,8	28,1	18,6	4,0	1,2	5,9
2005	25,8	18,1	28,7	15,4	9,0	3,0	5,3
2006	22,7	14,8	27,2	18,4	11,9	5,0	4,3
2007	25,5	13,5	24,8	20,6	11,5	4,1	4,5
2008	31,2	13,8	25,4	21,6	6,0	2,0	5,6

Примітка. П_с – Середньорічний показник стадності.

Літературні дані свідчать про те, що в межах усього ареалу в дорослих особин співвідношення статей є близьким 1:1. Серед ембріонів і новонароджених, зазвичай, більше самиць. Проте варто зазначити, що частина самиць кабана (2–3-річного віку), яку віднесено до дорослої вікової групи, характеризується пониженою плодючістю і є більш схильною до яловості. Внаслідок цього, їхня роль в розмноженні значно менша, ніж самиць старшого віку. Самці до 4-річного віку дуже рідко беруть участь у спаровуванні, оскільки їх не допускають більш зрілі особини (сікачі). Тому вони, як плідники, також не відіграють істотної ролі в відтворенні популяції або складають її резервний фонд, який використовується у випадку відсутності або недостатньої кількості старших

за віком самців. Водночас у природі кабани рідко живуть більше ніж 7–8 років, тому основне ядро популяції від якого залежить якість і темпи відтворення поголів'я, становлять 5–7-річні самці та 4–7-річні самиці, частка яких не перевищує 10 %. Отже, надмірна експлуатація цієї групи тварин призводить до зниження темпів відтворення популяції і її ослаблення, внаслідок того, що в процес спаровування вступають молоді – недостатньо зрілі, а також старі особини.

Таблиця 3 – Щільність популяції *Scilla bifolia* по вікових групах

Популяції	Роки	Особини	Вікова структура					N
			<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>s</i>	
П1	1992	Кількість, шт/м ²	46	282	67	47	106	548
		Частка, %						
	1995	Кількість, шт/м ²	19	222	46	30	91	408
		Частка, %						
	1998	Кількість, шт/м ²	28	243	79	43	121	514
		Частка, %						
П2	1992	Кількість, шт/м ²	24	23	30	43	59	179
		Частка, %						
	1995	Кількість, шт/м ²	99	49	46	50	59	303
		Частка, %						
	1998	Кількість, шт/м ²	156	66	64	80	67	433
		Частка, %						
П3	1992	Кількість, шт/м ²	18	26	6	15	39	104
		Частка, %						
	1995	Кількість, шт/м ²	16	54	8	6	43	127
		Частка, %						
	1998	Кількість, шт/м ²	25	61	15	9	51	161
		Частка, %						

Примітка. Вікові групи: *j* – поросята, *im* – підсвинок (2 рік життя), *v* – молоді, *g* – середньовікові, *s* – старі; N – щільність популяції, шт/м².

Контрольні питання:

1. Дати визначення популяції.
2. Дати визначення щільності популяції.
3. Назвати фактори, що регулюють щільність популяції.
4. Пояснити причини досить стабільної чисельності популяцій рослин і тварин у природних екосистемах.
4. Охарактеризувати екологічну стратегію виживання.
5. Уявлення про K та r стратегів.
6. Дати характеристику вікової структури популяції.
7. Розкрити суть поняття генетичного поліморфізму.

Тема: Екологія видів

Мета: Оцінити вікову різноманітність особин в популяції.

Обладнання та матеріали: гідробіологічні проби макрзообентосу, металеві лотки, пінцети, препарувальні голки, чашки Петрі, штангенциркуль, лінійки, визначник двостулкових молюсків, калькулятор.

План вивчення теми

- 1) Вид як біологічне явище (роботи Д. Рея).
- 2) Стійкість та дискретність виду.
- 3) Погляди К. Лінея та Ж.Б. Ламарка на проблему виду.
- 4) Погляди Ч. Дарвіна на процес утворення видів.
- 5) Біологічна концепція виду.

Питання до самопідготовки:

1. Видоутворення – процес мікроеволюції.
2. Критерії виду.
3. Криптичні види та їх характеристика.
4. Географічна ізоляція видів.
5. Екологічна валентність видів.
6. Життєвий цикл двостулкових молюсків.

Теоретичні відомості

Дослідження виду та видоутворення є однією з фундаментальних проблем сучасної біології. Не дивлячись на те, що самий термін «вид» було введено у біологію ще Аристотелем, більш-менш чіткого тлумачення він набув лише зараз.

Людство, зіштовхуючись з дикою природою, поставало перед проблемою її дослідження, завдяки чому вивчалися окремі види рослин і тварин. Це сприяло накопиченню певних уявлень про деякі властивості видів, що найбільшого розкриття набуло в більш поширеному тоді терміні «порода». Вона вже містила 3 майбутні критерії виду:

- 1) *морфологічний*, тобто схожість певної групи особин;
- 2) *фізіологічний* – здатність до відтворення плодючого потомства;
- 3) *генетичний* – збереження ознак батьків нащадками.

Засновником систематики вважається Аристотель, причому класифікував він організми, спираючись на комплекс ознак. Термін «вид» він увів до біології з логіки, в якій останній позначав множину явищ у тому випадку, коли ця множина підпорядковувалась іншій, більшого рангу – роду. Так було виявлено ще одну характеристику виду – змістовну: родове утворює лише основу, не враховуючи специфічних рис, властивих безпосередньому виду як одному з членів роду. В усьому іншому цей термін залишився невизначеним і використовувався для характеристики груп організмів будь-якого рангу за умови, що вони входили до групи організмів більшого обсягу (роду). Таким чином, близько двох тисячоліть в біології панувала первинна не розчленованість

уявлень про таксони і питання про дослідження видів навіть не можна було ставити.

Вперше на проблеми виду звернули увагу завдяки роботам Д. Рея, які було опубліковано наприкінці XVII століття. Він першим виокремив вид як біологічне явище і дав йому визначення, вказавши деякі специфічні риси. За його поглядами, *вид це найменша сукупність організмів, майже тотожних морфологічно, які разом розмножуються і дають нащадків, що зберігають цю схожість*. Головним змістом виду стає постійність форми в поколіннях, тобто походження подібного від подібного.

Першу половину XVIII століття вид ще не набув вигляду стійкої систематичної одиниці, а робота біологів була спрямована на накопичення первинних даних. Систематизацію та узагальнення усього попереднього досвіду було здійснено К. Лінеєм, внаслідок чого він довів універсальність цього явища та висвітлив його значення як структурної одиниці живої матерії.

Згідно поглядів Лінея, *вид є універсальним, конкретним та якісно визначеним явищем природи*. В усіх родах рослин і тварин він зміг виокремити види, тим самим довів їх загально біологічне поширення, тобто що з видів і складається структура органічного світу. Саме після його робіт вид стає основною одиницею систематики.

Таким чином, наприкінці XVIII століття було відкрито ще дві важливі риси виду – його *стійкість* та *дискретність*. Безпосередніми спостереженнями було встановлено, що вид зберігає свої морфологічні особливості як в часі (ознаки передаються з покоління в покоління), так і в просторі (з географічною зміною умов існування). *Дискретність* же його полягала в тому, що вид виявився біологічно відокремленим утворенням. Ця відмежованість від подібних утворень полягала як в морфологічних відмінностях, так і в несхрещуваності особин (або безплідності нащадків), що дозволило сформувані такі критерії виду як морфологічний та фізіологічний.

Прискорений розвиток уявлень про вид на початку XIX століття призвів до постанови чергової біологічної проблеми про співвідношення стійкості та мінливості виду. Усі наявні погляди того часу на це провідне питання можна поділити, принаймні, на три системи поглядів, першу з яких сформулював Ліней – реальний незмінний вид.

Подібних поглядів дотримувався і Ж. Кюв'є – засновник палеонтології та теорії катастрофізму. Спостерігаючи значні відмінності складу колишніх фаун від сучасної, він пояснював це не здатністю видів до поступових еволюційних змін, а періодичними катастрофами, внаслідок яких «невдалі» форми вимирали, а на їх місце приходили нові види. В подальшому, прибічники його поглядів додали, що після чергової катастрофи Творець починав процес створіння з початку.

Прибічником другої системи поглядів на проблему виду був Ж.Б. Ламарк. До кінця XVIII століття він був прихильником існування реальних видів, але після створення ним першого еволюційного вчення, його погляди кардинальним чином змінюються. На його думку, уявлення про наявність постійних видів були помилковими, а в природі існують лише особини: природа надає нам лише

особин, які походять одне від одного; що стосується видів, то їх постійність відносна і незмінність має тимчасовий характер. Таким чином, відкривши ще одну рису видів – відносність їх стабільності, Ламарк не зміг врівноважити здатність організмів до еволюційних змін та реальність існування видів (вважав не більше, ніж штучним об'єднанням особин, придатних лише для оперування в систематиці).

Третя система поглядів об'єднувала дві попередні у тезі, яку було сформульовано Е. Жоффруа-Сент-Ілером: «види змінюються». Ще одним з прибічників цієї системи поглядів був К.Ф. Рульє. Останній вважав, що види не уявні сукупності особин, які мають найбільшу схожість за комплексом ознак, а реальні явища природи. На думку Рульє, ми маємо однакові підстави припускати незмінність видів та заперечувати її. Заперечуючи незмінність видів, прихильники цієї системи поглядів не були здатні обґрунтовано пояснити причини змін останніх (запропоновані пояснення були дуже наївними).

Лише Ч. Дарвіну, який сформулював механізми зміни видів, вдалося переконати більшість вчених у факті мінливості останніх. Згідно його поглядів, *види виникають історично з початкових етапів і існують тимчасово, оскільки рано чи пізно вимирають або перетворюються на нові види*. До цього слід додати, що, за його поглядами, не всі зачаткові види розвиваються в справжні види – значна їх кількість вмирає або ж невизначено тривалий час залишається в якості підрозділів вихідної групи.

Таким чином, *диференціювання виду* є закономірним наслідком еволюції груп через пристосування до різноманітних умов середовища і водночас передумовою подальшої його еволюції. Становлення виду, розквіт, подальша його дивергенція і занепад почали розглядатись етапами поступового процесу пристосувальної еволюції. Так була сформульована нова загальнобіологічна еволюційна концепція виду, а вчення про вид вийшло за межі систематики.

Як це не дивно, але нову хвилю проблем в уявленнях про вид викликав активний розвиток генетики на початку ХХ століття. Чергова криза була зумовлена відкриттям ще однієї характеристики виду як найскладнішої системи, що вбирає в себе велику кількість дрібних форм. Подібна складна внутрішня структура вступала у протиріччя з устояними поглядами на вид як просте відносно однорідне утворення – елементарну, далі неподільну одиницю життя.

Таким чином, сформувались дві протилежних *концепції виду* – як надзвичайно складної системи дрібних форм, але однорідної за своїм складом, або ж як групи рас.

Найбільшого проявлення ця двоякість набула в поглядах нежорданістів (такі генетики й селекціонери початку ХХ століття як Іогансен, Де Фріз, Лотсі й інші).

За справжні види вони визнавали лише дрібні, спадково стійкі форми, які далі не розщеплюються, отримані як кінцеві продукти експериментального генетичного розкладання природних популяцій. Для виокремлення такого виду достатньо було знайти відмінності принаймні за однією ознакою. Такі види Де Фріз запропонував називати жорданонами (на ім'я А. Жордана – ботаніка ХІХ століття, який визнавав за види лише ідеальні монотипи). Жорданон уявлявся як

найнижча константна систематична одиниця, що спирається на самостійність одиниць спадковості, які визначаються законом Менделя при схрещуванні.

Звичайні види, прийняті у систематиці, отримали назву лінеонів (на ім'я Лінея) і розглядались як штучні суміші форм, що не існують реально, але зручні в науковій номенклатурі. Виходячи з уявлення про вид як абсолютно однорідного утворення, неожорданісти розчленовували поліморфні популяції на майже монозиготні форми. Внаслідок цього, вони почали ігнорувати найважливішу рису виду – його *здатність до самостійного існування та відтворення*.

Лише в середині ХХ століття поступово сформувалась біологічна концепція виду, яка підкреслювала двоїстість біологічного значення видів – з одного боку репродуктивну ізоляцію, а з іншого – спільність генофонду. Зараз загальноновизнаною вважається біологічна концепція політипичного виду.

Життя є дискретним, що можна вважати одним з найбільш фундаментальних законів природи. *Дискретність* проявляється не лише в тому, що життя на нашій планеті представлене окремими особинами (індивідами), але ще й в тому, що останні об'єднуються у види. Тому вид як природне явище вважається основною структурною одиницею живої природи.

Нажаль, оптимального визначення виду досі не запропоновано – за деякими поглядами, кількість визначень цього терміну скоро може сягнути кількості самих видів. Більшість визначень надавалась систематиками, переважно з метою виокремлення ознак, придатних для класифікації форм на практиці.

Достатньо часто подібні визначення спираються на визнання збірності виду як явища – *він вважається сукупністю певних особин, популяцій, екотипів, підвидів або ж ознак, поколінь тощо*. В цьому випадку враховуються лише деякі характеристики (переважно, поверхневі) того чи іншого виду, але найбільшим їх недоліком є визнання виду простою сукупністю форм, що приховує уявлення про його цілісність.

Так само, протилежна тенденція, тобто визначення виду як *групи організмів, об'єднаних одним типом організації* (морфологічно, фізіологічно, генетично тощо), нашоюхується на нову проблему – повністю мономорфних видів у природі не існує. На думку Ч. Дарвіна, розміри відмінностей, які визнаються достатніми для виділення двох форм в окремі види, майже не піддаються визначенню. Тому подібні функціональні визначення виду не можуть бути універсальними.

За Е. Майром, *вид це група популяцій, представники яких вільно схрещуються, або мають таку можливість, і репродуктивно ізольовані від інших подібних груп*. Сама ж концепція біологічного виду ґрунтується на трьох головних положеннях:

- 1) види визначаються не відмінностями, а відокремленістю;
- 2) види складаються не з окремих особин, а з популяцій;
- 3) більш адекватно види визначаються репродуктивною ізолюваністю, ніж не плодючістю при схрещуванні особин (мається на увазі не лише генетична, а й інші види ізоляції).

Ми під видом будемо розуміти *генетично відособлену стійку, але потенційно здатну до розвитку, форму існування живої природи, яку можна розглядати етапом та основною одиницею еволюційного процесу*. Тобто, організми в єдиний вид об'єднують кілька критеріїв та єдність їх еволюційної долі.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання. Проаналізувати розмірно-вікову структуру локальних популяцій двостулкових молюсків *Dreissena polymorpha* Pallas та *Dreissena bugensis* (Andr.).

Для встановлення розмірної структури популяції дрейсени умовно визначають 6 розмірних груп черепашок (мм): I – 0,1-5,0; II – 5,1-10,0; III – 10,1-15,0; IV – 15,1-20,0; V – 20,1-25,0; VI – >25,0.

Зробіть оцінку вікової гетерогенності популяцій. Заповніть таблицю 4.

Вихідні дані для аналізу

Відомо, що високе різноманіття вікових груп сприяє стабільності популяції, оскільки різні стадії життєвого циклу мають різну стійкість до дії екологічних факторів. У вкрай нестабільних, маргінальних умовах існування (а також при сильному антропогенному стресі) віковий розподіл може значно спрощуватися.

Характер вікової різноманітності популяції можна охарактеризувати математично за використання показника вікової гетерогенності (V):

$$V = (\sum P_i^2)^{-1}, \quad (4)$$

де P_i – частка особин i -тої вікової групи.

Таблиця 4 – Чисельність (екз/м²) розмірно-вікових груп популяції двостулкового молюску

Місяць	Розмірні групи, мм					
	0,1–5,0	5,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	20,1–25,0	> 25,0

Схема виконання:

1. Визначте довжину двостулкових молюсків за допомогою штангенциркуля.

2. Підрахуйте чисельність молюсків кожної розмірно-вікової групи.

3. Перерахуйте чисельність (екз/м²) молюсків кожної розмірно-вікової групи популяції з урахуванням площі субстрату з якого було зібрано пробу макрозообентосу на 1 м². Зазвичай, якщо гідробіологічний матеріал був зібраний гідробіологічним сачком-скребком, то площа збору складає (0,5 м × 0,2 м) = 0,1 м².

1. За даними таблиці побудуйте гістограму. Визначте загальну чисельність двостулкових молюсків за досліджений період.

2. Розрахуйте частку кожного розмірно-вікового класу (P_i) популяції моллюсків.

3. Обчисліть показник вікової гетерогенності популяції (V) за досліджений період.

4. Дайте оцінку показнику вікової гетерогенності, враховуючи, що популяція представлена одновіковими особинами, якщо $V \rightarrow 1$, а для популяції з більшим числом вікових груп, представлених однаковими частками $V \rightarrow \infty$.

5. Зробіть висновок.

Контрольні питання:

1. Дати наукове визначення терміну вид.
2. Як формувалось уявлення про вид і яка система поглядів існувала?
3. В чому проявляється дискретність виду?
4. На яких положеннях ґрунтується біологічна концепція виду.
5. Надати біологічну та екологічну характеристику дрейсенам.
6. Який спосіб живлення у дрейсенід?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема: Циклічні явища в популяціях

Мета: Ознайомитися з динамікою добової активності у тварин та явищами фотоперіодизму.

Обладнання та матеріали: наочні матеріали, рослини різної життєвої форми (алое, гібіскус, яблуня або інші рослини), флороглюцин, 25% розчин H_2SO_4 , гліцерин, предметні скельця, фільтрувальний папір, піпетки, секундомір, мікроскоп.

План вивчення теми

- 1) Життєві цикли.
- 2) Динаміка народжуваності та смертності організмів.
- 3) Природні та біологічні ритми.
- 4) Добові, сезонні та річні ритми.
- 5) Явище фотоперіодизму.
- 6) Поняття «біологічний годинник».

Питання до самопідготовки:

1. Добова ритміка та її причини.
2. Типи добової ритміки життєдіяльності.
3. Сезонні цикли.
4. Конзекутивний та проспективний спокій.
5. Фотоперіодичні реакції та їх типи.
6. Формування життєвих циклів.
7. Екологічна ніша.

Теоретичні відомості

Чисельність популяції є результируючою кількох різноспрямованих процесів, з яких найбільш важливими є народжуваність та смертність. Ці процеси, а також деякі інші біологічні особливості організмів складають специфіку їх життєвих циклів, які, в свою чергу, зумовлюють особливості динаміки популяцій.

Особливості життєвих циклів, а також екологічні взаємовідносини організмів з довкіллям визначають динаміку чисельності популяцій. У певні сезони року вона може значно відрізнятись, що стосується, в першу чергу, дрібних організмів з високою репродуктивною здатністю, але й з великою смертністю. Різка зміна чисельності деяких видів пов'язана з наявністю кількох фаз розвитку, у зв'язку з чим аналізувати стан популяцій подібних видів слід лише з урахуванням стану особин, що знаходяться на всіх можливих фазах розвитку.

Причини різноманіття та формування певних життєвих циклів поки що залишаються у певній мірі загадковими і вимагають подальших досліджень. Вважається, що розміри організмів є однією з передумов формування особливостей життєвих циклів. Більші за розмірами організми, зазвичай, більш конкурентоспроможні, краще зберігають постійний рівень функціонування в умовах коливання параметрів середовища, що сприяє підвищенню їх виживаності. Але, із збільшенням зазначених параметрів (у першу чергу – розмірів тіла), відповідно зростає імовірність постраждати від усіляких негараздів першими.

Багато в чому формування певного життєвого циклу залежить від динаміки народжуваності й смертності організмів. Найбільш класичними є три типи кривих виживаності – випукла, яка стосується переважно К-стратегів (властива відносно низька репродуктивна здатність з піклуванням про нащадків, що сприяє достатньо низькій загибелі на перших етапах розвитку організмів); прямолінійна, при якій імовірність загибелі з віком не змінюється, та вгнута – властива r-стратегам, у яких найбільший відсоток загибелі припадає на перші етапи онтогенезу. В той же час, з'ясовано, що у чистому вигляді такі криві майже ніколи у природі не спостерігаються. У більшості видів така крива має вигляд ламаної смуги, що відповідає періодам з підвищеною загибеллю (кризові періоди), які чергуються з відносно сприятливими умовами існування і низькою загибеллю. Особливо така періодичність простежується у видів з кількома фазами розвитку в життєвому циклі.

Життєдіяльність всіх організмів на землі має ритмічний характер. Природні ритми поділяються на внутрішні, які зумовлені циклічними змінами в навколишньому середовищі, та внутрішні, що пов'язані з власною життєдіяльністю організмів. Зовнішні ритми мають геофізичну природу та викликані ритмікою руху Землі в сонячній системі, що формують закономірні зміни найважливіших абіотичних факторів – температури, світового режиму, вологості тощо. Внутрішні ритми ґрунтуються на фізіологічних властивостях організму – робота серця, дихання, поділ клітин тощо. Послідовність фаз внутрішніх та зовнішніх ритмів, ритмічність поведінки організмів має часову залежність; тому час виступає одним із важливих екологічних факторів.

Біологічний феномен живих організмів мати чутливість до часу отримав назву «біологічних ритмів». *Біологічні ритми* – це чергування через рівні проміжки часу будь-яких біологічних явищ або певних біологічних процесів. Вони адаптивні, тобто це пристосування живих істот до регулярних геофізичних циклів різної тривалості. Виходячи з цього, виділяють добові ритми, сезонні та річні.

Добові ритми зумовлені обертанням Землі навколо своєї осі. Двічі на добу змінюється освітленість, що зумовлює коливання абіотичних чинників (температури, вологості тощо), які впливають на активність організмів. У рослин зміни освітленості викликають періодичність процесів фотосинтезу, транспірації, закриття та відкриття квіток тощо. Зміна дня і ночі впливає на різні функції організмів тварин: рухову активність, інтенсивність процесів обміну речовин тощо.

Сезонні ритми зумовлені обертанням Землі навколо Сонця. Відтак виникають сезонні явища. Зі зміною сезонів пов'язані важливі життєві функції організмів: анабіоз, линяння, міграції, розмноження, розвиток, листопад тощо. Можливі впливи сезонних ритмів навіть на будову організмів (у попелиць, дафній – розміри тіла, будова окремих частин).

Для сезонної періодичності прийнято виділяти не 4, а 6 періодів:

- 1) зимова сплячка (зима);
- 2) початок пробудження (рання весна);
- 3) пробудження та висока активність (пізня весна);
- 4) максимальна активність (раннє літо);
- 5) закінчення активності (пізнє літо)
- 6) підготовка до зимової сплячки (осінь).

Річні та багаторічні ритми пов'язані з неперіодичними змінами сонячної активності протягом кількох років. Ці ритми виражені не так чітко, як сезонні. Прикладом багаторічних циклів є масові розмноження перелітної сарани й деяких інших тварин.

Одним із провідних чинників, які впливають на біологічні ритми, є фотоперіод – тривалість світлого періоду доби. *Фотоперіодизм* – фізіологічна реакція організмів на співвідношення між довжиною дня й ночі.

Фотоперіодизм властивий різним організмам, але найбільш чітко виражений у видів, які живуть в умовах різких сезонних змін умов навколишнього середовища. Найбільшою мірою фотоперіодизм властивий зеленим рослинам, життєдіяльність яких безпосередньо залежить від світлової енергії Сонця.

Фотоперіодизм у рослин виявляється в зміні процесів росту та розвитку. Унаслідок цих змін у клітинах рослин утворюються біологічно активні речовини (фітогормони) які впливають на різноманітні процеси життєдіяльності (цвітіння, листопад, проростання насіння, бульб, цибулин тощо). Залежно від реакції на довжину світлого періоду доби розрізняють рослини довгого та короткого дня. Рослини короткого дня здебільшого зростають у приекваторіальних областях, довгого – у помірних широтах і полярних областях. Фотоперіодизм чіткіше

виражений у рослин короткого дня. Він відіграє роль у географічному поширенні рослин і в регуляції їхнього сезонного ритму.

У тварин фотоперіодизм контролює настання й припинення парувального періоду, плодючість, линяння, міграції, перехід до зимівлі тощо. А фотоперіодичні реакції регулюються нервовою й ендокринною системами. За ставленням до світла тварин поділяють на групи залежно від їхнього способу життя: денні та нічні. У людини фотоперіодизм виражається переважно в коливаннях інтенсивності обміну речовин і енергії.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Складіть схему різної динаміки добової активності, наведіть приклади тварин з різною добовою активністю, зробіть відповідні висновки.

Завдання 2. Використовуючи методику визначення лігніну в рослинних клітинах, зробіть висновок про ступінь готовності рослин до зимового періоду. Дослід зробіть на зрізах рослин різного віку та різних життєвих форм (алое, гібіскус, яблуня).

Отримані візуальні результати замалюйте та зазначте клітинні компоненти, які ви спостерігали при мікроскопії тимчасових препаратів.

Принцип методу: флороглюцин у кислому середовищі, реагуючи з лігніном, який знаходиться в рослинних клітинах, забарвлює клітину в рожевий колір.

Послідовність дій щодо проведення досліду:

1. Зробіть тимчасовий препарат зрізу дослідженої рослини.
2. Тимчасовий препарат зрізу рослини розгляньте під мікроскопом.
3. На зріз дослідженої рослини необхідно капнути 1 краплю флороглюцину.
4. Витримати тимчасовий препарат 10 хвилин.
5. На зріз дослідженої рослини необхідно капнути 1 краплю 25% розчину сірчаної кислоти.
6. Витримати тимчасовий препарат 1 хвилину.
7. Залишки розчину видалити фільтрувальним папером.
8. На зріз дослідженої рослини необхідно капнути 1 краплю гліцерину.
9. Отриманий та профарбований препарат розглянути під мікроскопом.

Завдання 3. Здійсніть аналіз явищ фотоперіодизму та його значення в природі. Заповніть таблицю 5 та зробіть відповідні висновки.

Таблиця 5 – Явища фотоперіодизму в природі

Тип фотоперіодичної реакції	Назва виду	Тип діапаузи	Екологічне значення
Довготривала			
Короткотривала			
Перехідна			
Двоступенева			

Контрольні питання:

1. Навести приклади організмів із різною добовою активністю.
2. Надати пояснення, чому існують міграції на далекі відстані.
3. Пояснити, у чому зміст розселення організмів?
4. Пояснити, яке значення фотоперіодизму для рослин?
5. Пояснити, яке значення фотоперіодизму для тварин?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема: Екосистемний рівень організації живої природи

Мета: Дослідити структуру екосистем, ознайомитися з екосистемами різних рівнів організації.

Обладнання та матеріали: наочні матеріали, роздатковий матеріал.

План вивчення теми

- 1) Екосистеми та їх характеристика.
- 2) Джерела енергії екосистем та закони термодинаміки.
- 3) Класифікація екосистем.
- 4) Ознаки екосистеми.

Питання до самопідготовки:

1. Структура екосистем.
2. Компоненти екосистем.
3. Гомеостаз екосистем.
4. Гомеостатичне плато.

Теоретичні відомості

Екосистеми є основними структурними одиницями, які складають біосферу.

Термін «екосистема» запропонував у 1935 р. англійський ботанік Артур Тенслі (Tansley Artur G., 1871–1955). **Екосистеми** – це єдиний природний або природно-антропогенний комплекс (функціональне ціле), утворений живими організмами та середовищем їх існування, в якому екологічні компоненти з'єднані між собою причинно-наслідковими зв'язками, обміном речовин та розподілом потоку енергії.

Екосистема – це поняття безрозмірне; вона не має фіксованих меж на території. І стовбур дерева, що впало та гниє, і лісопосадку в цілому можна розглядати як екосистему. Екосистемами є і невеличкий ставок, і Світовий океан. У сучасній екології поняття екосистеми часто є розмитим, оскільки як екосистема можуть розглядатися мурашник або птах, що летить, разом з паразитами на його тілі.

Виділяють мікроекосистеми (наприклад, стовбур гниючого дерева тощо), мезоекосистеми (ліс, ставок тощо) та макроекосистеми (океан, континент тощо). Екосистеми виступають основними структурними блоками біосфери. Екосистема є безрозмірним поняттям, яке не має фіксованих меж на території.

Між різними екосистемами існують перехідні зони – *екотони*. Екосистеми можуть бути стійкими, з характерними особливостями упродовж тривалого часу, та короткочасними.

Характеристика екосистем:

1. Екосистеми – це складові одиниці біосфери.
2. Екосистеми складаються з органічної та неорганічної речовин.
3. Між компонентами екосистеми існує обмін речовин та енергії. У термодинамічному відношенні екосистеми – відкриті системи.
4. Екосистеми мають певну стабільність і чітко виражений внутрішній кругообіг речовин. Вони здатні певною мірою до саморегуляції (гомеостаз).
5. Екосистеми склалися в ході довготривалої еволюції. Це результат адаптації видів до навколишнього середовища.

Оскільки екосистеми – *відкриті системи*, для свого існування вони постійно потребують надходження енергії. Джерелом цієї енергії на Землі є Сонце.

Дані про те, скільки енергії Сонця використовується організмами (живими системами), суперечливі. Згідно з одними джерелами, це 0,1%, іншими – 1% (Піанка, 1981). Ця енергія засвоюється рослинами в процесі фотосинтезу, перетворюється в енергію органічних сполук, а далі передається іншим організмам в екосистемах.

Шлях, за яким можна прослідкувати, як передається енергія Сонця в екосистемах від одного організму до іншого, називають *ланцюгом живлення*.

Місце кожного організму в цьому ланцюгу називають *трофічним рівнем*.

Оскільки енергія є головною рушійною силою усіх екосистем, то в основу їх класифікації покладений саме енергетичний принцип. За Ю. Одумом (1989) виділяють чотири типи екосистем:

1. *Природні екосистеми, які отримують тільки енергію Сонця*. Це відкриті океани, великі площі гірських лісів, глибокі озера. Вони займають понад 70% площі земної кулі й мають низьку продуктивність. Проте значення їх на планеті велике, оскільки вони беруть участь у кругообігу води, формують клімат, очищують повітря, підтримують гомеостаз біосфери.

2. *Природні екосистеми, які отримують енергію Сонця та інших природних джерел енергії*. Крім Сонця, вони використовують енергію вітру, дощу, припливів, прибою, течій. Прикладом такої екосистеми можуть бути естуарії.

3. *Екосистеми, що отримують енергію від Сонця, а також від людини*. Наприклад, наземні й водні екосистеми, про які Ю. Одум писав, що хліб, рис, кукурудза, картопля частково зроблені з нафти (Одум, 1989).

4. *Штучні екосистеми, що існують завдяки енергії Сонця*. Це індустріальна міська екосистема.

Екосистеми як явище природи вирізняються своєю індивідуальністю, але мають і подібні характеристики з іншими, що є передумовою їхньої класифікації.

Український еколог А.І. Ігнатюк (2006) запропонував типізацію і класифікацію екосистем на основі порівняння енергетичних, ценотичних, ландшафтних, кліматичних, геоморфологічних підходів. Проте, на його думку, найчіткіше та найочевидніше розділення можливе за двома ознаками: за

середовищем мешкання організмів (водняні або наземні) і за ступенем антропогенного впливу (природні екосистеми та штучні). Можна було б із цим погодитися, проте біокосні системи складаються з двох блоків, тому для їхньої типізації необхідно розглядати ієрархічну структуру як косного, так і біотичного блоків.

Стосовно ж середовища існування біотичних систем, то, по-перше, слід виділити наземне (атмобіонтне) і водне (гідробіонтне) середовища або на екосистеми, трофічні ланцюги яких починаються з продуцентів, і екосистеми, ланцюги живлення яких починаються з детритоюдних організмів, по-друге – океаносферу та сукупність поверхневих водойм і водотоків суходолу.

Найбільш важливою ознакою екосистем є їх формування з живих організмів, які мають різні типи живлення. Для характеристики екосистем використовують певний набір ознак:

- 1) видовий склад живих організмів, типовий для певної екосистеми;
- 2) співвідношення організмів з різними типами живлення;
- 3) обсяги первинної та вторинної продукції в екосистемі;
- 4) інтенсивність потоку енергії та швидкість кругообігу речовин;
- 5) особливості абіотичних умов та стан ресурсів. між організмами екосистеми утворюється кругообіг речовин.

Біотичну та небіотичну частини екосистеми пов'язує безперервний обмін матеріалом та енергією.

У кожній екосистемі можна виділити наступні компоненти:

I. Неживі компоненти (абіотичні):

- 1) неорганічні речовини (оксиди Нітрогену, Карбону, азот, кисень, вода та ін.);
- 2) органічні сполуки (білки, вуглеводи, ліпіди, гумінові речовини тощо);
- 3) кліматичні умови (температура, світло, вологість, ґрунт та інші фізичні фактори).

II. Біомаса (жива речовина):

- 1) продуценти – автотрофні організми, здатні створювати корм з простих неорганічних речовин;
- 2) макроконсументи або фаготрофи (від грецьк. *fagos* – той, що пожирає) – гетеротрофні організми, головним чином тварини, які поїдають інші організми або частинки органічної речовини;
- 3) мікроконсументи, сапрофіти (від грецьк. *sapro* – розкладати), або осмотрофи (від грецьк. *osto* – проходити через мембрану) – гетеротрофні організми, переважно бактерії і гриби, які розкладають сполуки мертвої протоплазми, поглинають деякі продукти розкладу і вивільнюють деякі неорганічні речовини, придатні для використання продуцентами, а також органічні речовини, здатні служити джерелом енергії, інгібіторами чи стимуляторами для інших біотичних компонентів екосистеми.

Структуру екосистеми складають три рівні трансформації енергії (продуценти, консументи та редуценти) й два кругообіги – твердих і газоподібних речовин.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Проаналізуйте особливості існування окремих видів організмів, визначте їх екологічне значення. Заповніть таблицю 6.

Таблиця 6 – Значення окремих організмів у функціонуванні екосистем

Види організмів	Ресурси	Продукти життєдіяльності	Екологічне значення
1.			
2.			
3.			

Завдання 2. Порівняйте характерні особливості двох різних екосистем. Заповніть таблицю 7.

Таблиця 7 – Порівняльна характеристика різних екосистем

Ознаки екосистеми	Екосистема 1	Екосистема 2
	<u>Екосистема суходолу</u> (назва)	<u>Екосистема гідросфери</u> (назва)
Абіотичні умови		
Вимірність екосистеми		
Біокосна речовина		
Співвідношення біомаси рослин до біомаси тварин		
Фітоценоз		
Зооценоз		
Мікробоценоз		

Завдання 3. Скласти структурну схему екосистеми, (екосистема ставка, екосистема дощового тропічного лісу, екосистема тундри, екосистема степу, екосистема водосховища, лучна екосистема тощо), показати взаємозв'язок між її основними компонентами.

Завдання 4. Розгляньте запропоновані рисунки. Проаналізуйте та запишіть пояснення. У разі необхідності, складіть екологічні піраміди.



А.



Б.

Контрольні питання:

1. Дати наукове визначення терміну «екосистема».
3. Пояснити чим відрізняються ресурси та умови існування живих організмів?
4. Назвати ознаки, за якими розрізняються різні екосистеми.
5. Проаналізувати значення абіотичних факторів в існуванні екосистем, які ви знаєте з власних спостережень у природі.
5. Рівні організації та особливості функціонування екосистем, приклади.
6. Чим відрізняються екосистеми суходолу від екосистем гідросфери.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Тема: Синекологія (вчення про біоценози)

Мета: Вивчити структуру та особливості функціонування біотичної спільноти різних екосистем.

Обладнання та матеріали: колби, предметні та покривні скельця, мікроскоп, ґрунтові витяжки, калькулятор.

План вивчення теми

- 1) Уявлення про біотичну спільноту.
- 2) Форми зв'язків організмів в біоценозі.
- 3) Видове різноманіття та методи його визначення.

Питання до самопідготовки:

1. Принцип Раменського-Глізона.
2. Показники структури спільноти.
3. Правило Уолеса.
4. Основні компоненти трофічної структури біоценозу.

Теоретичні відомості

У природному середовищі популяція, так само як і окремі особини, не може існувати ізольовано, а обов'язково взаємодіє з іншими популяціями. Отже, вона є частиною більш великої системи – біоценозу. Основною причиною утворення угруповань є те, що тривале існування організмів можливе лише в межах угруповань, у яких компоненти та елементи доповнюють один одного та взаємоприспосовані. Слід зазначити, що поняття біоценозу є більш складним, ніж поняття угруповання, адже останні можуть складатись із представників однієї екологічної групи організмів, наприклад, фітоценоз, зооценоз чи мікробоценоз, що не дає уявлення про механізми забезпечення гомеостазу.

Сучасні уявлення про біоценоз характеризують його як стійку систему, яка складається із популяцій всіх екологічних груп організмів, що утворилась історично в межах певної території. Хоча тривалість життя представників різних

екологічних груп організмів є різною, при своїй взаємодії вони утворюють стійку систему, що має відносно сталі параметри в часі.

М.Ф. Реймерс (1994) зазначив: «..*Біоценоз* у класичному розумінні – це системно-функціональна сукупність продуцентів, консументів і редуцентів, тобто екологічно багатокomпонентне утворення...».

Одним із завдань загальної екології є вивчення взаємозв'язків між властивостями і структурою біоценозу незалежно від того, які види організмів входять до нього.

Форми зв'язків між організмами в біоценозах досить різноманітні. В.М. Беклемішев (1951) вважав основними ценозоутворюючими зв'язками такі:

1. *Топічні зв'язки* – виникають за рахунок того, що один організм змінює середовище в бік, сприятливий для інших організмів. Наприклад, сфагнові мохи підкислюють ґрунтовий розчин і створюють сприятливі умови для заселення цих боліт росичкою, журавлиною та іншими рослинами, які характерні для боліт Українського Полісся.

2. *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, а лосі населяють в основному осикові ліси.

3. *Фабричні зв'язки* – зв'язки, при яких особини одного виду використовують особини іншого виду чи їхні частини тіла для побудови необхідних їм гнізд або схованок. Таким є, наприклад, характер зв'язку лісових птахів з лісовими ценозами, що надають їм дупла або гілки для спорудження гнізд.

4. *Форичні зв'язки* – зв'язки, що забезпечують перенесення особин одного виду особинами іншого виду. Розселення та проростання багатьох рослин із соковитими плодами залежить від присутності тварин, які забезпечують перенесення їхнього насіння.

В англomовній літературі як синонім терміну «біоценоз» часто використовують термін «угруповання» або «біотична спільнота».

Біотична спільнота (угруповання) – це будь-яка сукупність популяцій, які населяють певну територію (біотоп). Вона постійно змінює зовнішній вигляд, але має особисті структуру та функції. Структура спільноти складається з кількох показників:

1) *рясність* – кількість особин на одиницю площі або об'єму;

2) *частота* – відношення кількості особин одного виду до загальної кількості особин у відсотках;

3) *постійність* – відношення кількості вибірок з досліджуваним видом до загальної кількості вибірок у відсотках. Залежно від цієї величини виділяють: постійні (понад 50%), додаткові (25–50%) та випадкові види (до 25%).

Кожен біоценоз характеризується видовим різноманіттям.

Видове різноманіття – може бути трофічного рівня, або спільноти в цілому. Визначають в першу чергу малочисельні, рідкісні види. Залежність між кількістю видів та їх чисельністю є зворотною. Видове різноманіття складається з двох компонентів. Перший – видове багатство (компонент багатоманіття) і

визначається відношенням загальної кількості видів до загальної кількості особин. Другий компонент – вирівненість розподілу особин між видами.

Видове ж різноманіття визначається як кількістю видів, що входять до певного біоценозу, так і їх *еквітабельністю* (рівнопредставленістю). За даної кількості видів видове різноманіття буде максимальним за рівномірної представленості (еквітабельності) кожного з усіх видів. Так, якщо угруповання складається з 10 видів і 1000 особин, то максимальні значення видового різноманіття будуть у випадку, коли кожний з 10 видів представлений 100 особинами. І навпаки, мінімальним видове різноманіття буде за умови, коли один вид представлений 991 особиною, а решта видів – однією особиною кожний. Отже, видове різноманіття залежить від кількості видів та їх представленості в угрупованні.

Для кількісної оцінки складності структури угруповань тварин широко використовують індекси видового різноманіття. Серед різноманітних індексів найширшого використання набув інформаційний індекс Шеннона, у якому інформація розглядається як міра різноманіття.

Цей індекс об'єднує велику кількість інформації щодо чисельності та видового складу організмів, включаючи кількість видів їх ступінь домінування.

Індекс Шеннона з математичної точки зору визначається у межах від нуля до необмеженості, тоді як у природних екосистемах він не перевищує 4,5–5,0 біт/екз.

Різноманіття угруповань може слугувати мірою складності їх структури. В угрупованнях з більш високими величинами індексу різноманіття збільшується складність трофічних зв'язків, наприклад зростає роль хижаків, організмів-фільтраторів та інших представників. Зростання величини індексу різноманіття вказує на збільшення невизначеності та однорідності структури. І навпаки, зниження вказує, що структура стає менш однорідною та зростає домінування її певних окремих елементів. Однорідність структури пов'язана із ступенем її складності, так збільшення однорідності свідчить про зростання складності структури і навпаки, при зниженні однорідності структура угруповання спрощується.

Різноманіття, а також і складність структури угруповань організмів та екосистем, змінюється під впливом різних факторів оточуючого середовища, в тому числі й антропогенних. Складність угруповань зменшується при забрудненні довкілля, евтрофікації водних екосистем тощо.

Так, наприклад, при забрудненні або евтрофікації водойм в угрупованнях донних і планктонних тварин видове різноманіття знижується, структура їх спрощується, а серед домінуючих видів переважають еврибіонтні види з широкими екологічними спектрами. Для систем які більш складно організовані характерно більш високі показники індексу різноманіття.

Всі компоненти біоценозу знаходяться в певному взаємозв'язку. Такий взаємозв'язок будується на харчових взаємостосунках. Таким чином, всі «ролі» розподіляються в залежності від джерела їжі та її загальної кількості, що отримують організми. За джерелами їжі всі організми поділяють на *автотрофів* і *гетеротрофів*.

Автотрофи – організми, здатні самостійно синтезувати власні органічні речовини. Зелені рослини, які в процесі фотосинтезу з вуглекислого газу та води утворюють складні органічні речовини, називають також *фототрофами*. Організми, що синтезують органічну речовину із вуглекислого газу і води, але використовують для цього не сонячну, а хімічну енергію, яка виділяється під час окиснення деяких сполук (заліза, сірководню, метану, аміаку) – дістали назву *хемотрофи*.

Гетеротрофи не можуть цього робити і тому живляться органічними речовинами, що виробляються автотрофами. Серед самих гетеротрофів їжа розподіляється нерівномірно. Найбільша кількість її припадає на рослиноїдні тварини, а ці служать їжею для хижаків, хижаки невеликих розмірів стають жертвою більш крупних хижаків. Тварини, що загинули або не потрапили до пазурів хижаків, врешті решт стають «здобиччю» бактерій, грибів, черв'яків, комах та інших. Таким чином, всі живі компоненти екосистеми утворюють відповідний харчовий або трофічний ланцюг.

Цілісність біоценозу зумовлюється кількома механізмами, з яких найважливіші два:

- 1) добір видів у будь-який біоценоз здійснюється на основі спільних екологічних вимог організмів до середовища;
- 2) вироблення в тварин і рослин адаптацій до спільного існування, що зумовлює взаємозалежність різних видів.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Зробити тимчасовий препарат із витяжки різних ґрунтів, розглянути під мікроскопом та замалювати найбільш масових організмів. Проаналізувати дані та занести до таблиці 8, зробити висновки.

Таблиця 8 – Видове біорізноманіття ґрунтових тварин мешканців різних типів ґрунтів та їх форична роль

Представники ґрунтових тварин	Форичне значення	Видовий склад організмів педобіонтів	
		Чорноземний ґрунт	Глинистий ґрунт
Protozoa, Nematoda, Enchytraeidae, Acari, Micryphantidae, Collembola, личинки Carabidae, Staphilinidae, Neuroptera, Mollusca (Valonia), Myriapoda та ін.			
Lumbricidae, Tipulidae, Limax, Lepidoptera, Tabanidae			
Личинки Scarabaeidae, Curculionidae, Cerambicidae, Chrisomelidae			

Завдання 2. Використовуючи таблиці 9, 10 та формули для розрахунку індексів, розрахуйте видове різноманіття угруповань.

Для розрахунку індексу Шеннона необхідно отриманні значення натурального логарифму перевести до логарифму за основою 2 (\log_2). Це необхідно зробити для того щоб отримати значення індексу в (біт/екз). Для цього необхідно отримане значення натурального логарифму перемножити на додатковий коефіцієнт, значення якого представлено в таблиці 9.

Таблиця 9 – Додаткові коефіцієнти для перерахунку

Основа логарифму, який використовувався	Коефіцієнт перекладу
2 (\log_2)	–
10 (\lg)	3,3219
e (\ln)	1,4426

Формули для розрахунку індексів.

Індекс видового різноманіття Сімпсона:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}, \quad (5)$$

де S – загальна кількість видів в угрупованні (вибірці); P_i – доля i -го виду в угрупованні.

Індекс видового різноманіття Шеннона:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i, \quad (6)$$

де H – індекс різноманіття Шеннона; S – загальна кількість видів у вибірці; P_i – доля i -го виду у вибірці.

Другий компонент – вирівняність розподілу особин між видами. Для вказаних індексів її визначають за формулами:

Для індексу Сімпсона:

$$E = \frac{1}{S \sum_{i=1}^S P_i^2}, \quad (7)$$

Індекс вирівності Пієлу (E) для індексу Шеннона розраховуємо за формулою:

$$E = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\ln S}, \quad (8)$$

де S – загальна кількість видів у вибірці.

Таблиця 10 – Результати обліків безхребетних тварин в угрупованнях

Біотична спільнота	Загальна чисельність, екз/м ³	Видовий склад угруповання						
		1	2	3	4	5	6	7
		Чисельність певних видів в угрупованні, екз/м ³						
1	150	12	17	23	9	48	7	34
2	308	47	35	41	50	47	40	48
3	937	135	125	70	199	145	134	129
4	536	80	95	57	77	75	59	93
5	467	90	42	63	39	79	101	55
6	634	122	62	95	103	98	84	70
7	289	90	35	25	40	13	42	44
8	315	31	29	60	59	46	41	49
9	124	12	18	15	20	21	22	16
10	786	75	89	113	129	119	131	130
12	1002	235	90	115	112	209	122	119
13	891	112	124	135	140	120	125	135
14	370	85	22	19	64	42	112	26
15	380	51	96	110	43	28	19	33

Контрольні питання:

1. Що таке біоценоз? Назвати його основні структури.
2. Назвати основні компоненти трофічної структури біоценозу.
3. Чим відрізняються автотрофи від гетеротрофів?
4. Як за допомогою індексів біологічного різноманіття можливо проводити індикаційні дослідження якості оточуючого середовища?
5. Яка роль біорізноманіття у функціональній стабільності та еволюції екосистем?
6. Пояснити, що таке евтрофікація водойм?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Внутрішня організація біотичної спільноти

Мета: З'ясувати особливості видової та просторової структури флори біоценозу.

Обладнання та матеріали: роздатковий матеріал, гербарії рослин, рисунки, таблиці.

План вивчення теми

- 1) Структура біоценозу.
- 2) Внутрішня організація спільноти.
- 3) Уявлення про домінування видів.
- 4) Просторова структура біоценозу.

Питання до самопідготовки:

1. Уявлення про життєву форму.
2. Класифікація життєвих форм за Раункієром.
3. Екобіоморфа та її характеристика.
4. Флоро-фауністичний склад України.
5. Екологічна ніша.

Теоретичні відомості

Функціонування спільноти та її стабільність залежать не лише від видового різноманіття, але й від популяційних зв'язків, розподілу особин в просторі та характеру взаємовідносин з довкіллям. Ці поняття складають уявлення про внутрішню організацію спільноти.

В структурі біоценозу прийнято розрізняти такі види:

- 1) *видову структуру*, що розкриває видове різноманіття живих організмів;
- 2) *трофічну структуру*, що демонструє характер харчових взаємин між організмами біоценозу;
- 3) *просторову структуру*, що показує територіальне розміщення рослин, тварин та мікроорганізмів.

Залежно від систематичного належності організмів, біоценози поділяють на:

- 1) *фітоценози*, утворені рослинами;
- 2) *зооценози*, які є сукупністю всіх тварин екосистеми;
- 3) *мікробоценози*, що сформовані мікроорганізмами, які населяють підземну частину екосистеми.

Сукупність популяцій різних видів можна назвати біоценозом, якщо вона має характерний видовий склад. Існують такі характерні групи видів: *домінантні*, які створюють зовнішній вигляд біоценозу і *субдомінантні*, які не виділяються так виразно як перші, але віддзеркалюють своєю присутністю умови місцевості. Субдомінантні види часто називають біоіндикаторами. Всі види біоценозу пов'язані трофічними, топічними, фабричними та іншими зв'язками з *видом-едифікатором* чи *детермінатором*, в ролі якого зазвичай виступає рослина-автотроф.

Домінування – здатність виду займати в екосистемі вирішальне положення та здійснювати вплив на поширення в ній енергії. *Домінанти* – це ті види, які мають найбільшу продуктивність на своєму трофічному рівні.

Вірність – ступінь прив'язаності видів до екосистеми. Розрізняють:

- 1) характерні;
- 2) преферентні;
- 3) сторонні;
- 4) індиферентні види.

Біоценози можна порівняти між собою за схожістю видів, які входять до їхнього складу. Так, для дослідження декількох фітоценозів, наприклад, степу і луки визначають видовий склад обраних біоценозів, виявляють домінанти. Порівнюючи видовий склад обох фітоценозів, роблять висновки щодо особливостей, якими характеризуються види – домінанти кожного з фітоценозів, та якими факторами середовища зумовлена їх домінантність. Коефіцієнт

флористичної спільності фітоценозів вираховують за формулою Жаккара (Jaccard P, 1901):

$$K = \frac{100 \cdot C}{(A+B+C)}, \quad (9)$$

де K – коефіцієнт флористичної спільності (у %);

A – число видів фітоценозу (А);

B – число видів фітоценозу (В);

C – число видів, спільних для обох фітоценозів.

Біоценози ніколи не бувають цілком однорідними. Навпаки, вони мають свою певну просторову структуру, яка є «обличчям» даного біоценозу. Просторова структура вбирає в себе ярусність і горизонтальну неоднорідність — мозаїчність.

Ефективність використання сонячного світла збільшується, коли воно вловлюється на різних висотах, починаючи з поверхні землі й до кількох десятків метрів (або від дна до поверхні води в біогідроценозах).

Як більш чітко виражені структурні підрозділи у фітоценозах виділяють яруси (одновисотні зарості рослин). *Ярус* – це елемент системи вертикального розчленування рослин залежно від їх висоти. Майже в кожному лісі можна виділити, наприклад, яруси дерев, кущів, трав та надґрунтових мохів. Спостерігається й підземна ярусність, що проявляється в розташуванні коренів рослин у різних ґрунтових горизонтах. У біоценозах із кожним ярусом пов'язане своє тваринне та мікробне населення. Яруси можуть бути стійкими у часі, як, наприклад, ярус дуба в дубовому лісі, або тимчасовими й існувати лише в певний сезон року або проявлятися лише в окремі роки.

Зазвичай у біоценозах суші виділяють деревний, чагарниковий, трав'янистий і мохово-лишайниковий яруси.

Ступінь розвитку ярусної структури великою мірою визначає продуктивність біоценозів. Найбільшу первинну продукцію мають лісові біоценози, причому простежується загальна закономірність: чим складніша ярусна структура, тим більша продуктивність біоценозу. Наприклад, у вологих тропічних лісах виділяють до дев'яти ярусів, у широколистяних – у середньому чотири, у хвойних – три, савани й степи зазвичай двоярусні, а тундри й пустелі – однарусні. Відповідно й продуктивність у цьому ряді поступово знижується: від найбільшої в тропічних лісах до найменшої – в пустелях і тундрах.

Неоднорідні біогеоценози й у горизонтальній площині. Завжди можна знайти густі або розріджені плями рослинності, нори, порії та лігвища тварин, скупчення грибів, ділянки поверхні, які різняться освітленістю, вологістю тощо. Як правило, на таких ділянках склад і чисельність біоти дещо інші, ніж на основній території, зайнятій даним біоценозом.

Виділяють також так звані синузії. *Синузія* – це структурна частина фітоценозу, що охоплює ту чи іншу частину рослин угруповання й відрізняється за морфологічною організацією та функціонуванням.

Т. Гамс (1918, 1939), автор поняття «синузія», визначав їх як сукупність видів або особин, що потребують однакових умов існування. Сучасні вчені (П. Річардс, 1961) розглядають синузії як групу рослин близьких життєвих форм, екологічно однорідних, які відіграють однакову роль в угрупованні. Кожний чітко окреслений ярус виступає як окрема синузія.

Існують структурні одиниці біоценозів, які виділяються з урахуванням усього живого населення. Однією з таких структурних одиниць є консорція. Кожна *консорція* включає в себе продуценти, консументи та редуценти й виділяється за спільністю просторового розміщення та трофічних зв'язків. Наприклад, окреме старе дерево в лісі може розглядатися як консорція, оскільки з ним пов'язані певні види трав, що ростуть під деревом, специфічне населення тварин, паразити та мікроорганізми. Так, у дубовому лісі до консорції дуба входять: шапкові гриби, які утворюють мікоризу, паразитичні гриби-трутовики, лишайники, що оселяються на корі, птахи, що гніздяться на кроні, гусениці й довгоносики, що поїдають листя, павуки, що прикріплюють до гілок павутиння, бактерії, що розкладають листовий опад, кабани, які вишуковують і поїдають жолуді, та багато інших представників, життя котрих у даному конкретному місці було б неможливим, якби тут не ріс дуб. Саме на рівні консорцій рухаються енергія й речовина трофічними ланцюгами в біоценозах.

Для кожної консорції характерна наявність центрального ядра – це звичайно одна чи кілька особин автотрофної рослини – та консортів, що концентрично розташовуються навколо цього ядра. Прикладом консорції може бути ялина (вид-едифікатор) з усіма організмами, пов'язаними з нею топічними, речовинно-енергетичними та інформаційними зв'язками. Проте у багатьох випадках детермінантами консорції можуть бути і тварини. Ретельно досліджені консорції губок, двостулкових моллюсків тощо.

При біоценотичному підході як структурні одиниці біоценозу виділяють *парцели*, що відрізняються між собою рослинним та тваринним населенням. У межах кожної парцели утворюється своєрідний матеріально-енергетичний обмін.

У зооценозах спеціалісти нерідко виділяють *деми* як невеликі групи тварин одного виду, які відносно ізольовані від інших організмів даного виду і мають велику генетичну схожість.

Ці взаємовпливи забезпечують цілісність усієї живої матерії, цілісність кожного біоценозу.

На відміну від біоценозу існує поняття – *біота* (гр. – життя) – сукупність тварин, рослин, сумісне існування яких визначає тільки територія, яку вони займають з її факторами неживої природи, але прямих екологічних зв'язків між ними може не існувати. Наприклад, кенгуру і цератодус, які є представниками австралійської фауни (територія), екологічними, наприклад трофічними, зв'язками, не пов'язані.

Біотоп – місце життя, ділянка земної поверхні, водного простору, що має специфічні характеристики: кліматичні – *екотоп* (повітряний тиск, температура, вологість, освітленість) і ґрунтові характеристики – *едафотоп* (гр. едафос – ґрунт). Біотоп – це дно моря і берег річки, схил балки і скеля та інші частини біосфери. Подібні біотопи утворюють *біохори* (гр. хорас – простір), сукупність утворює біоцикл. Біотопи піщаних, глинистих, кам'янистих пустель утворюють біохор пустель, який разом з біохорами лісів, степів утворюють біоцикл суші. Це частина біосфери, екосистема, що може самостійно підтримувати власну життєдіяльність.

Відомо три *біоцикли* – *біоцикл океану*, *біоцикл суші* та *прісноводний біоцикл*. Океанічний біоцикл складається з двох зон – *пелагічної* (гр. – море) і *бентичної* (гр. – морське дно).

Сукупність організмів даного виду, подібних за способом життя, утворює екологічну нішу, яка забезпечує їм відносну безпечність та незалежність існування. Ніша багатомірна і є комплексом елементарних ніш, або характеристик: температури, вологості, освітленості, способу харчування, розмноження. Це її характеристики, що є її мірами.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Для дослідження декількох фітоценозів, наприклад, степу і луки визначають видовий склад обраних біоценозів; виявляють доміанти. Порівнюючи видовий склад обох фітоценозів, роблять висновки щодо особливостей, якими характеризуються види – доміанти кожного з фітоценозів, та якими факторами середовища зумовлена їх доміантність. Коефіцієнт флористичної спільності фітоценозів вираховують за формулою Жаккара (9).

Завдання 1. Оцінити флористичну спільність біоценозів. Розрахувати ступінь спорідненості трьох фітоценозів (I, II, III), що знаходяться на різних територіях, за результатами дослідження видового складу. Зробити висновок про практичне застосування коефіцієнта флористичної спільності.

Вихідні дані для аналізу

Фітоценоз I – налічує 86 видів, фітоценоз II – 93, фітоценоз III – 116 видів.

Кількість спільних видів для I та II угруповань склала 69 видів, для II та III угруповань склала 72 види, для I та III угруповань склала 64 види.

Визначити фітоценози, які мають найвищий ступінь спорідненості.

Завдання 2. На рисунку 3 представлено одну з найбільш популярних систем життєвих форм рослин, яку запропонував датський ботанік К. Раункієр, по відношенню до дії температурного чинника. Уважно розгляньте рисунок 6.1, замалюйте і вставте відповідні до опису терміни.

A. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ – деревні рослини, у котрих бруньки поновлення знаходяться високо над поверхнею ґрунту і повністю відкриті для атмосфери.

Включають дерева з довільною мінімальною висотою до 25 см, а також ліани та епіфіти, що підтримуються в ролі опори деревами і чагарниками.

Б. _____ – різні рослини з бруньками поновлення, розміщеними вище поверхні землі, але нижче 25 см. Включають чагарники і напівчагарники, низькорослі сукуленти та розеточні чагарники. Їх форма характерна і для холодних територій, і для сухих та жарких районів землі.

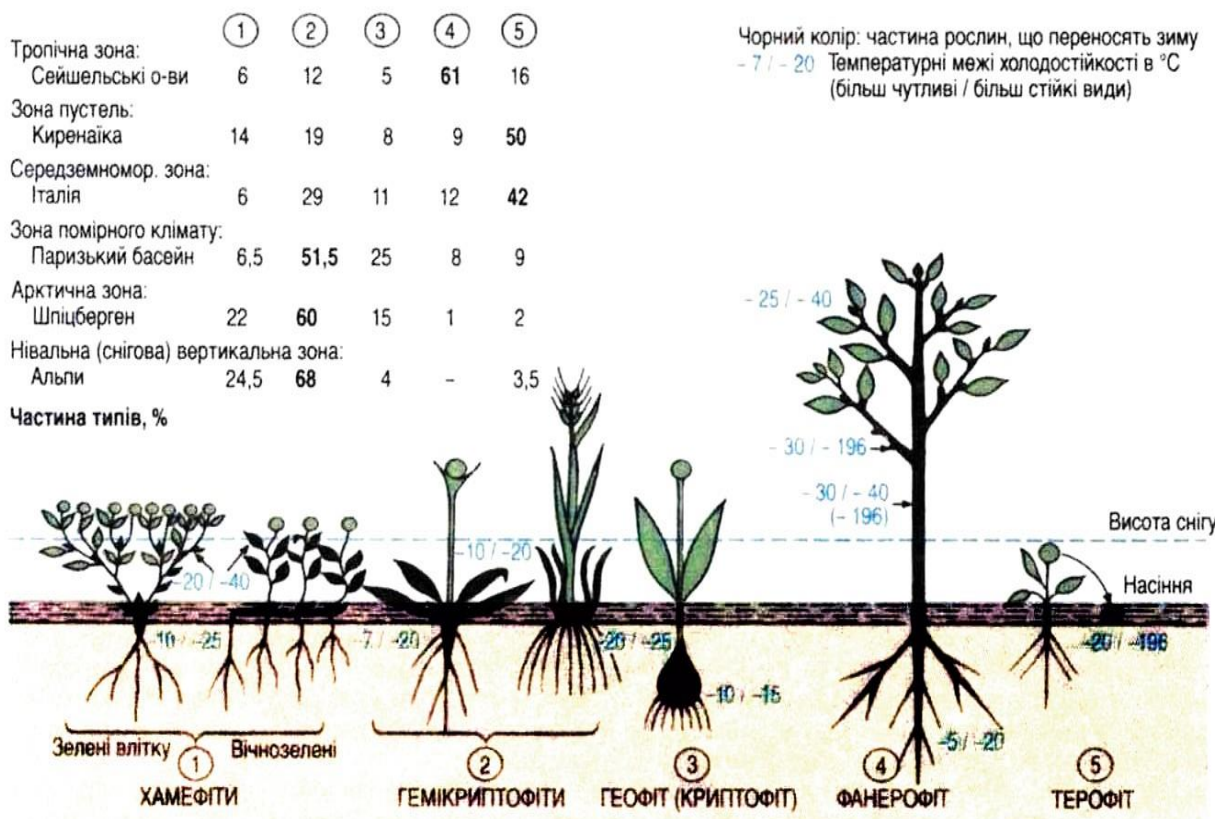


Рис. 3 – Життєві форми рослинних організмів (за Раункієром).

В. _____ – багаторічні трави з бруньками поновлення на рівні ґрунту. Не лише сніг в холодному кліматі, але й опале листя або відмерлі залишки рослин можуть захищати бруньки цих рослин.

Г. _____ – багаторічні трави з бруньками поновлення захованими у ґрунті (цибулини, бульбоцибулини, кореневища). У цих рослин найбільш надійний захист від суворого клімату – як жаркого, так і холодного.

Д. _____ – однорічники, що переживають несприятливий час року у вигляді насіння.

Завдання 3. Дайте відповідь: в біоценозах яких екосистем кожна з цих форм може бути домінуючою? Наведіть приклади.

Контрольні питання:

1. Що таке парцела, як вона зв'язана з популяцією?

2. Що таке біоцикл?
3. Дати чітке визначення, що таке біотоп?
4. Що ми розуміємо під поняттям консорція?
5. Що таке синузії, деми? Навести приклади.
6. Які види відносять до домінантних, субдомінантних та едифікаторів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема: Енергетична характеристика екосистем

Мета: З'ясувати особливості енергетичного балансу екосистем різних рівнів організації.

Обладнання та матеріали: таблиці, схеми, рисунки, роздатковий матеріал.

План вивчення теми

- 1) Особливості потоку енергії в екосистемі.
- 2) Роль продуцентів в екосистемі.
- 3) Поживні ланцюги.
- 4) Трофічна структура екосистеми.
- 5) Продукція екосистеми.

Питання до самопідготовки:

1. Процеси фотосинтезу та хемосинтезу.
2. У чому полягає суть гіпотези Геї?
3. Алелопатичні відносини і біопродуктивність культурних та дикорослих рослин.
4. Поясніть суть автотрофного та гетеротрофного живлення живих організмів.
5. Характеристика синьо-зелених водоростей, як продуцентів.

Теоретичні відомості

Речовини, які необхідні для побудови живих організмів, безперервно здійснюють кругообіг, надходячи в живі організми і повертаючись у ґрунт після їх смерті. Для цього екосистеми повинні безперервно постачатися енергією.

Енергія – це кількісна міра руху та взаємодії будь-яких видів матерії, завдяки чому пов'язуються всі явища природи між собою. Зміни енергії відбуваються внаслідок здійснення роботи.

Екологічні системи, як і всі живі істоти, підкоряються двом фундаментальним законам природи: першому та другому законам термодинаміки.

Перший закон термодинаміки – енергія не зникає й не виникає. Вона переходить з однієї форми в іншу. Загальна сума енергії залишається постійною. Наприклад, світло переходить у тепло, сонячна енергія переходить в енергію хімічних сполук тощо. Вимірюється енергія в ергах, джоулях, калоріях.

Другий закон термодинаміки – ефективність переходу енергії з однієї форми в іншу ніколи не буває 100%. Усі форми енергії спонтанно намагаються перейти в менш організовану, більш хаотичну форму (ентропію). Цей закон інколи ще називають законом ентропії. Наприклад, система «паливо – мотор – автомобіль – навколишнє середовище». Під час спалювання палива більша частина енергії розсіюється, переходить у хаос. Ентропія – це міра хаосу, міра невпорядкованості. Організми здатні підтримувати складну структуру, впорядкованість. Для цього необхідно, щоб до них увесь час надходила енергія.

Початковим джерелом енергії в екосистемах є сонячне світло. Основним процесом, що веде до утворення нової органічної речовини на основі поглинання сонячного проміння, є *фотосинтез*.

Оскільки рослини постійно мають змогу здійснювати фотосинтез на території, яка дещо перевищує половину площі поверхні Землі, то за рік утворена біомаса (у сухій масі) досягає не менш як 50 млрд. т (верхня межа оцінок досягає навіть 250 млрд. т). З атмосфери вилучається на 40 % більша маса вуглекислого газу, а маса виділеного кисню майже дорівнює синтезованій рослинами органічній речовині (рис. 4).



Рис. 4 – Розподіл потоку енергії Сонця.

До поверхні Землі потрапляє лише одна двохмільярдна частина загального випромінювання Сонця, але і його потужність перевищує 200 000 млрд. кВт. І лише 0,02–0,04% всього потоку сонячної енергії накопичують рослини, тобто всі рослини суходолу та водорості океанів використовують для фотосинтезу менше 0,1% всього потоку сонячної енергії, який досягає атмосфери Землі.

Теоретично величина коефіцієнта корисної дії (ККД) самого процесу фотосинтезу складає близько 32%. Але насправді ККД полів високоефективних

зернових (кукурудза, рис, пшениця тощо) навіть у період найбільшої фотосинтетичної активності не перевищує 3%. Зрозуміло, середній за рік ККД зернового поля виявиться значно нижчим.

Зниження ККД зумовлюється багатьма причинами. Зокрема, до внутрішніх належить необхідність негайно витратити трохи менше чверті вловленої енергії фотонів на дихання, мало не втричі більше на енергію поглинання води та інших мінеральних речовин.

Речовина та енергія складають єдине ціле і переходять в екосистемі від одних організмів до інших (рис. 5).

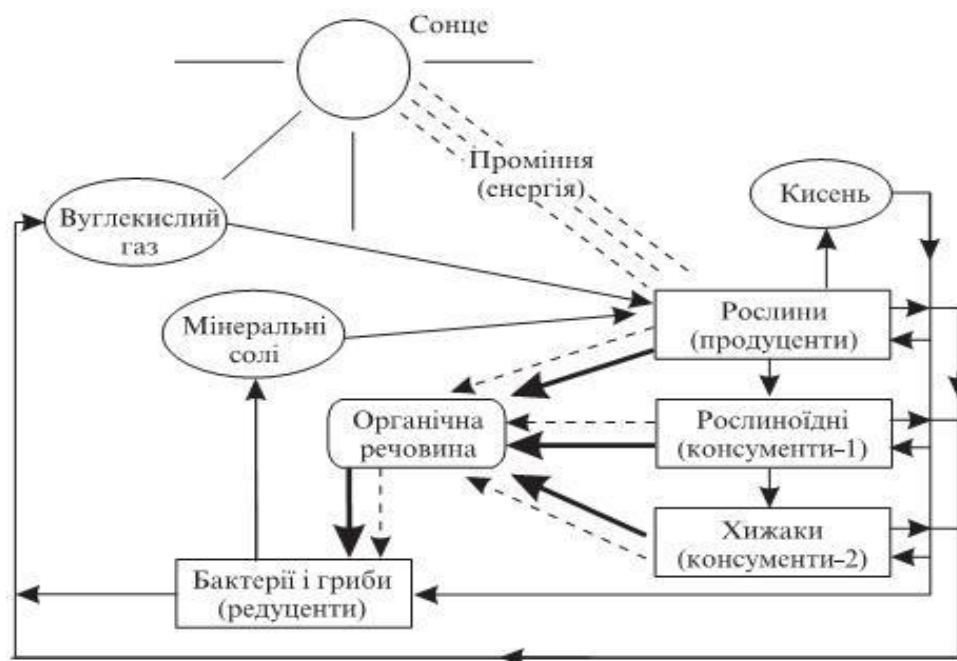


Рис. 5 – Основні компоненти екосистеми та обмін енергією, органічними і мінеральними речовинами.

Ефективність фотосинтезу, як і маса кінцевого врожаю, лімітується також абіотичними факторами, насамперед освітленням, температурою, опадами, родючістю ґрунту. Вся історія рослинництва є намаганням землеробів забезпечити рослини передусім необхідною кількістю води та органічними й мінеральними добривами, підвищити до максимуму родючість ґрунту. Раціонально керувати світлом і теплом вдається лише в теплицях. Останнім часом вчені розвинених країн створили досить складну математичну модель керування і програмування врожаю, застосування якої майже сповна реалізує всі можливості фотосинтезу наземних рослин.

Але є одна суттєва відмінність. Речовина може безкінечно довго здійснювати кругообіг, включаючись у процесі фотосинтезу в органічні сполуки та повертаючись у ґрунт після смерті організмів. А більша частина енергії поступово губиться у вигляді тепла.

Таким чином, екосистема постійно потребує притоку енергії ззовні у вигляді органічних сполук, в яких «законсервоване» сонячне світло. Так, підраховано,

що сонячна енергія, яка досягла поверхні Землі протягом року, становить $5 \cdot 10^{20}$ ккал. Це складає 9 млрд. ккал на 1 га. Один гектар лісу в середніх широтах продукує по 6 тон деревини і 4 тони листя, спалювання яких дає 46 млн. ккал. Відповідно, ефективність первинної продуктивності лісу, тобто ефективність використання рослинами сонячної енергії для утворення органічної речовини, складає всього лише близько 0,5%.

У відповідності із законом однонапрявленого потоку енергії, енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розсіюється або разом з їх біомасою незворотно передається консументам першого, другого, третього і інших порядків, а потім редуцентам, що супроводжується втратою певної кількості енергії на кожному трофічному рівні як наслідок процесів, які супроводжуються диханням. У зворотній потік потрапляє мала кількість енергії (менше 0,25%), тому говорити про кругообіг енергії в екосистемах не доводиться.

Первинна продукція екосистеми визначається як швидкість, із якою енергія сонця використовується продуцентами для фотосинтезу, накопичуючись у вигляді хімічних зв'язків органічних речовин.

В процесі утворення органічної речовини виділяють чотири рівня: 1) валова первинна продукція; 2) чиста первинна продукція; 3) вторинна продукція; 4) чиста продукція спільноти.

Необхідно розрізняти *первинну продукцію* – органічна маса, створена рослинами за одиницю часу, і *первинну продуктивність* – швидкість, з якою автотрофи (продуценти) в процесі фотосинтезу зв'язують енергію, і запасують її у формі органічної речовини.

Швидкість утворення біомаси рослинами на одиницю площі, що характеризує *первинну продуктивність*, подають в одиницях енергії (E/ST , Дж/м² · добу) чи маси (m/ST , кг/га · рік), де T – час.

Консументи, які споживають первинну продукцію, утворюють свою біомасу. Для позначення біомаси і швидкості її утворення консументами застосовуються терміни: «*вторинна продукція*», тобто продукція гетеротрофних організмів, і «*вторинна продуктивність*», тобто, швидкість утворення продукції гетеротрофами.

Первинна продукція – це частина живої речовини, яка створюється завдяки діяльності організмів з автотрофним типом живлення. У межах первинної продукції розрізняють валову та чисту продукцію.

Валовою продукцією називають масу органічної речовини, яка утворюється при фотосинтезі або хемосинтезі. Але, природно, якась частина первинної продукції витрачається на дихання. Залишок органічних речовин після цих витрат і становить *чисту продукцію*. Різниця між валовою та чистою продукцією досить велика, чиста продукція складає 40–80% валової продукції. Для екології основне значення має чиста продукція і тому, оцінюючи біопродукційний процес, звичайно мають на увазі саме чисту продукцію.

Вторинна продукція складається з органічних речовин, які утворюються при гетеротрофному типі харчування. Вторинна продукція завжди нижча, ніж первинна, оскільки, по-перше, не вся первинна продукція з'їдається

гетеротрофними організмами, частина її накопичується у ґрунті у формі гумусу (до речі, кам'яне вугілля – це також залишок мінералізованої біомаси, яка створена автотрофними організмами), і, по-друге, гетеротрофи не можуть забезпечити 100% перетворення первинної продукції у вторинну.

Загальна біологічна продукція на планеті не перевищує 0,3–0,5 кг/м² за рік у наслідок того, що на Землі переважають території з низькою продуктивністю (пустелі, океани).

Формувати біопродукцію кожній живій істоті доводиться в умовах того чи іншого біоценозу в тісній взаємодії з іншими організмами. Роль ценотичних факторів у біопродуктивному процесі виявляється в тому, що різні сполучення живих організмів – *біоми* – відрізняються один від одного і розміром первинної продукції, і запасами біомаси (табл. 11). Так, у помірній зоні за принципово подібних режимів абіотичних факторів рівень біопродукції відрізняється залежно від того, в оточенні яких живих організмів, в яких комплексах здійснюється біопродукційний процес.

Таблиця 11 – Показники продуктивності основних біомів Землі

Біоми	Біомаса в кг/м ²	Чиста первинна продукція в г сухої речовини на м ² на рік
Дощові тропічні ліси	45,0	2200
Болото	15,0	2000
Широколисті ліси помірних широт	30,0	1300
Тайга	20,0	800
Савана	4,0	700
Сільськогосподарські землі	1,0	650
Степи	14,0	500
Хвойні ліси помірних широт	35,0	500
Тундра	0,6	140
Пустелі та напівпустелі	0,7	90

Представники різних трофічних рівнів пов'язані між собою однобічно спрямованим передаванням органічних речовин у поживних ланцюгах. При кожному переході на наступний трофічний рівень частина доступної енергії не сприймається, частина віддається у вигляді тепла, а частина витрачається на процес дихання. Це супроводжується щоразу зменшенням загальної енергії в кілька разів. Наслідком цієї закономірності стає обмеженість довжини поживних ланцюгів. Чим коротший ланцюг та чим ближчий організм до її початку, тим більшим є доступ енергії.

Поживні ланцюги можна поділити на два основних типи: *пасовищний* та *детритний*, які представлені в екосистемах переважно разом. Внаслідок залежності метаболізму від розміру особин та розсіювання енергії в поживних ланцюгах кожна спільнота набуває специфічної трофічної структури, яка може

визначатися кількістю особин на кожному трофічному рівні, або врожаєм на одиницю площі, або кількістю енергії тощо.

Трофічні ланцюги, що починаються з фотосинтезуючих організмів, називають *ланцюгами виїдання* або *пасовищними трофічними ланцюгами* (трава – миша – сова – яструб – пухоїд).

Ланцюги, які беруть початок з відмерлих решток рослин, трупів і екскрементів тварин, називають *ланцюгами розкладання*, або *детритними ланцюгами* (перегній – жук-гноювик – ворона – яструб – пухоїд).

В *детритних ланцюгах живлення* продукція автотрофних рослин або консументів прямо в їжу не використовується. Жива речовина спочатку відмирає та надходить до поверхні ґрунту чи на дно водойм. Утворюється мертвий органічний матеріал – *детрит*: рослинний опад, фекалії, трупи тварин, продукти життєдіяльності, що виділяються в навколишнє середовище. Це стає їжею для різних груп організмів: рослиноїдних тварин, грибів, мікроорганізмів.

Живі організми в детритних ланцюгах, на відміну від пасовищних, повністю залежать від кількості та якості детриту. На трофічну діяльність усіх організмів детритотрофічного ланцюга найбільше впливають абіотичні фактори: температура, вологість, наявність O_2 та N_2 . Завершується детритний ланцюг повною мінералізацією органічної речовини з її розкладом на CO_2 , H_2O та мінеральні речовини.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Проаналізуйте таблицю 12 та розрахуйте відношення між показниками продукції різних типів екосистем. Зробіть висновок про залежність наявності та обсягів врожаю від особливостей організації відповідних екосистем.

Таблиця 12 – Річна продукція та дихання в ккал/($m^2 \cdot$ рік) у стійких екосистемах, та у екосистемах, що розвиваються

Продукція	Екосистеми					
	Поле люцерни	Молоді посадки сосни	Дубово- сосновий ліс	Великий струмок	Сплій дощовий ліс	Прибе- режний пролив
1	2	3	4	5	6	7
Валова первина продукція (GPP)	24400	12200	11500	20800	45000	5700
Автотрофне дихання (R_A)	9200	4700	6400	12000	32000	3200
Чиста первинна продукція (NPP)	15200	7500	5000	8800	13000	2500
Гетеротрофне дихання (R_H)	800	4600	3000	6800	13000	2500

Продовження табл. 12

1	2	3	4	5	6	7
Чиста продукція спільноти (<i>NCP</i>)	14400	2900	2000	2000	Дуже мала чи відсутня	Дуже мала чи відсутня
Співвідношення <i>NPP/GPP</i> (у %)						
Співвідношення <i>NCP/GPP</i> (у %)						

Завдання 2. Розгляньте схему (рис. 6), проаналізуйте переміщення енергії між різними компонентами екосистеми. Зробіть висновки, щодо значення різних компонентів екосистеми для формування її енергетичного балансу.

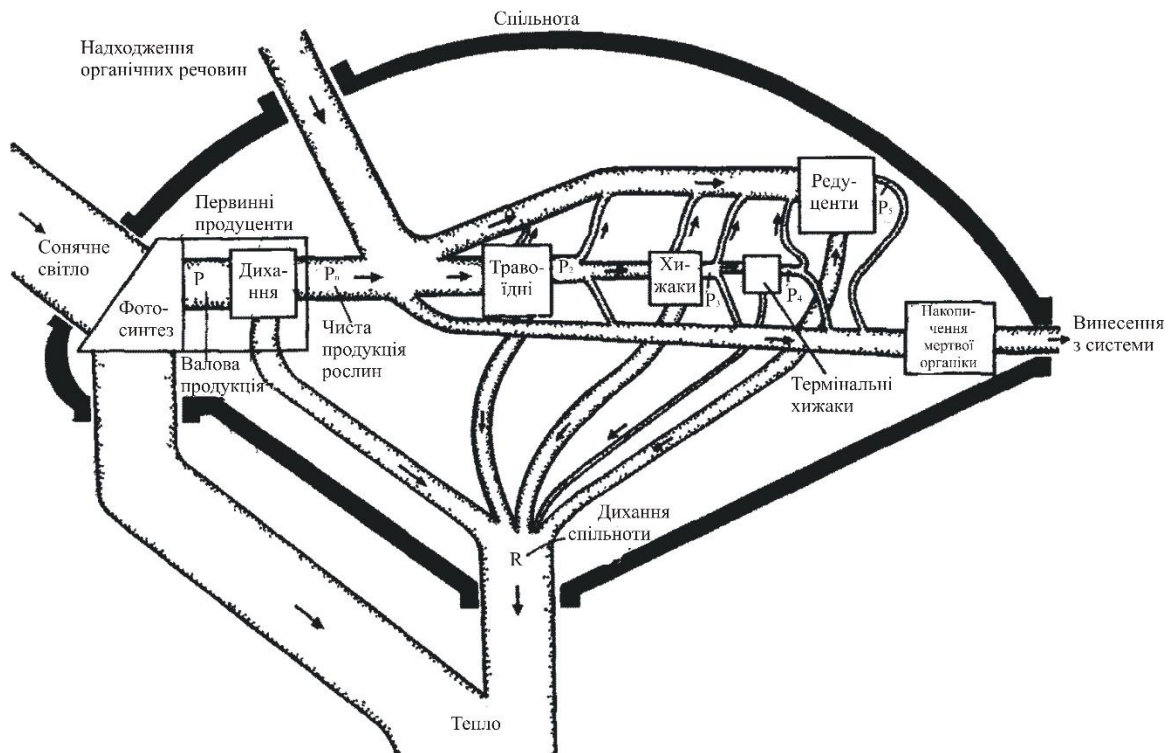


Рис. 6 – Динаміка потоку енергії в спільноті.

Завдання 3. Розгляньте та проаналізуйте рис. 7. Поясніть чому саме літораль (зона припливу-відливу) має найбільш високу первинну продуктивність. Поясніть особливості розподілу первинної продукції в екосистемах.

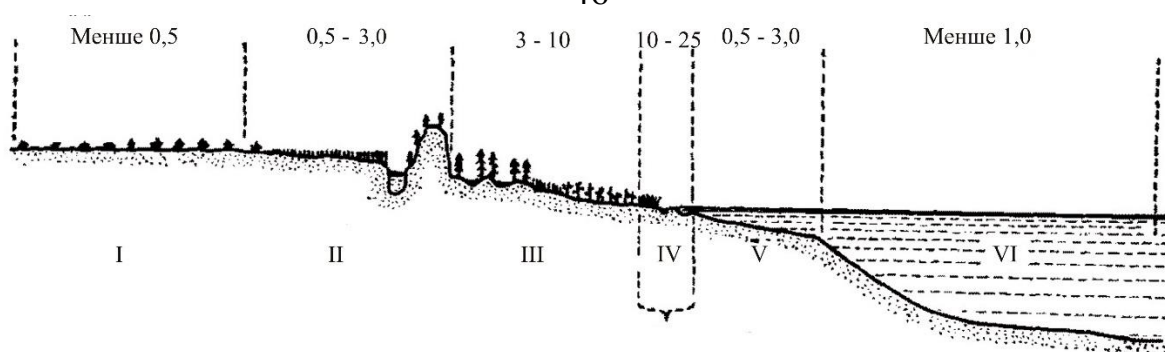


Рис. 7 – Світовий розподіл первинної продуктивності (в тисячах кілокалорій на 1 м^2): I – пустеля; II – степ, гірські ліси; III – вологі ліси, мілкі озера, вологі степи, сільгоспугіддя; IV – деякі естуарії, коралові рифи; V – води континентального шельфу; VI – океанічна частина.

Контрольні питання:

1. Надати характеристику продуцентам, консументам та редуцентам, навести приклади.
2. Дати чітке визначення, що таке первинна та вторинна продукція.
3. Назвати основні форми взаємовідносин між організмами та навести 2–3 приклади кожної з форм.
4. Надати порівняльну характеристику пасовищному та детритному поживним ланцюгам на конкретних прикладах.
5. Назвати основні анатомічні особливості пристосування рослин до різних умов освітлення.
6. Що зумовлює процес «цвітіння» води у водоймі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Тема: Біопродукційний процес в екосистемі

Мета: Оволодіти методикою постанови розрахунку вторинної продукції за вегетаційний сезон та інтенсивності продукування тварин «фізіологічним» методом.

Обладнання та матеріали: таблиці з енергетичними параметрами гідробіонтів – використання асимільованої їжі на ріст (K_2), споживання кисню твариною масою, рівній одиниці (Q_1) та кількість калорій на 1 г тіла для водних тварин; визначники організмів зоопланктону, калькулятор, роздатковий матеріал.

План вивчення теми

- 1) Енергетичний баланс в організмі або популяції.
- 2) Потік енергії в угрупованнях гідробіонтів.
- 2) Біопродуктивність популяцій та розрахунок вторинної продукції «фізіологічним» методом.

Питання до самопідготовки:

1. Біопродуктивність водних екосистем.
2. Принцип лімітування біопродукції.
3. Генетичні фактори продуктивності.

Теоретичні відомості

Процеси конструктивного та енергетичного обміну у екосистемі засновані на першому законі термодинаміки, у відповідності з котрим енергія при перетворенні не зникає, а переходить з однієї форми в іншу, утворюючи потік енергії. Це надає можливість оцінювати роль, яку грає в біоценозі той чи інший організм чи популяція у вигляді балансової моделі, або елементів, пов'язаних потоками енергії.

Для кожного елементу моделі існує два види потоків:

- 1) Вхідні потоки ззовні (сонячна енергія, алохтонні речовини, детрит, продукція нижчих трофічних рівнів) або потоки, що потрапляють із інших елементів моделі.
- 2) Вихідні потоки, які є результатом продукційного процесу усередині блоку або пов'язані з виносом речовини, деструкцією енергії до мінеральної форми чи розсіюванням енергії.

Для коректного побудування балансу необхідні дві умови:

- 1) Всі матеріальні потоки повинні виражатись у схожих одиницях (тонах, джоулях, калоріях);
- 2) Сума вхідних та вихідних потоків для кожного блоку повинна дорівнювати нулю.

Біотичний баланс не може бути стаціонарним, тому його важливішою характеристикою є час, за котрий він складений. Структура основних матеріальних потоків біотичного балансу особин чи популяцій представлена на рис. 8.

В термінах енергії процес продукування можна визначити як сумарний процес накопичення організмами у вигляді біомаси (**В**) та продукції, що відривається **О**, яка включає статеві продукти, екскрети та інші продукти.

Мірою інтенсивності продукування є питома продукція – кількість синтезованої популяцією органічної речовини за одиницю часу розраховуючи на одиницю біомаси популяції. Відношення приросту продукції (**Р**) популяції до її середньої біомаси (**В**) за певний проміжок часу (рік, сезон, місяць, добу, день), або продукційно-біомасовий коефіцієнт (**Р/В-коефіцієнт**), є показником питомої біопродуктивності популяції. Для різних тварин добові **Р/В** – коефіцієнти значно різняться (табл. 13).

При оцінці ролі, яку організм чи популяція грає у кругообігу речовин у гідробіоценозі потрібно враховувати не тільки біомасу, але й чисельність та розмір особин, їх калорійність та рівень доступності для консументів. Наприклад, роль у кругообігу речовин та енергії популяцій тюльки та інфузорій однакової чисельності буде значно різнитись внаслідок значно більшої поверхні взаємодії з оточуючим середовищем у останніх.

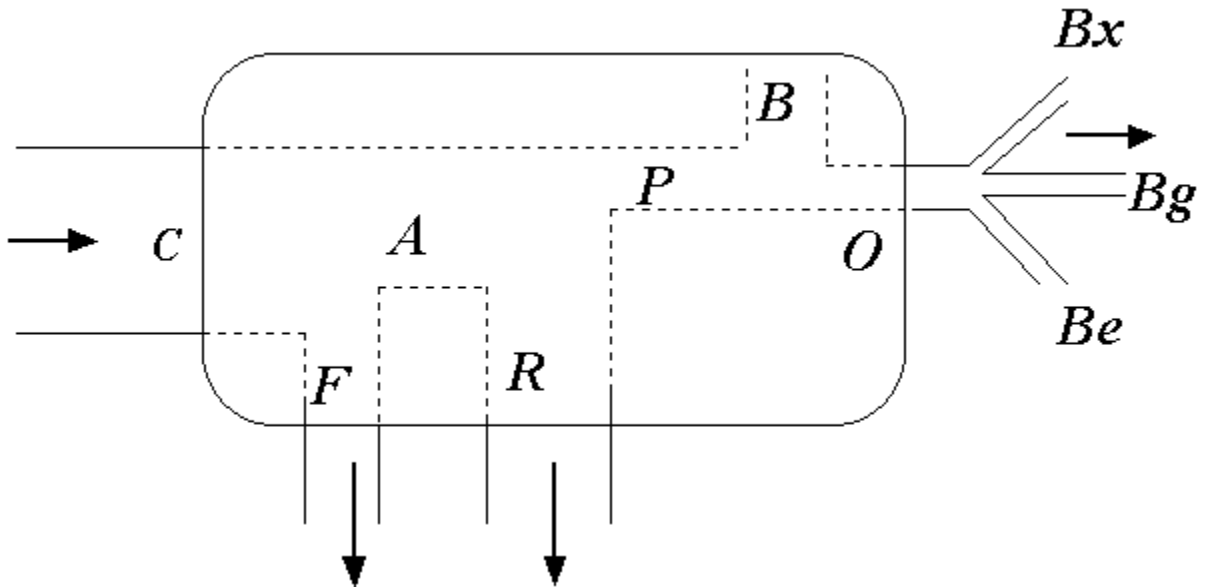


Рис. 8 – Структура головних потоків обміну речовиною та енергією з зовнішнім середовищем організму чи популяції. С – раціон, А – асиміляція, F – незасвоєна їжа, R – витрати на обмін, O – продукція, що відривається, Vg – статеві продукти, Vx – екскрети, Ve – екзувії, B – приріст біомаси.

Таблиця 13 – Значення продукційно-біомасового коефіцієнту (P/V) деяких систематичних груп гідробіонтів

Систематична група гідробіонтів	P/V-коефіцієнт
Інфузорії	0,5–1,0
Нижчі ракоподібні	0,02–0,45
Вищі ракоподібні	0,0014–0,05
Молюски	0,0001–0,0003
Голкошкірі	0,0007–0,0022
Риби	0,001–0,008

Обмін речовин, супроводжується виконанням зовнішньої та внутрішньої роботи, спалюванням частини асимільованої їжі та трансформацією енергії спалювання у теплову. Розділяють:

1) Основний обмін – це гранично низький рівень обміну речовин, котрий забезпечує життя у стані відносного спокою при оптимальній температурі без витрат енергії на перетравлення.

2) Загальний обмін, при котрому частина енергії йде на активну м'язову діяльність і тому він значно вище основного.

Оцінкою ефективності біосистеми є розподіл енергії на частину, що перетворюється на іншу органічну речовину, доступну для вищого трофічного рівня у вигляді їжі (P), і частину, що окислюється та втрачається у вигляді теплоти і дихання (R). Відношення R/P називають *мірою екологічного обороту Шредінгера*, а відношення R/B (де B – сумарна біомаса), *мірою термодинамічної врівноваженості Шредінгера*.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання. Визначте обсяги продукції та деструкції органічної речовини безхребетними зоопланктону «фізіологічним» методом, використовуючи дані таблиці 15. Зробіть екологічну оцінку стану екосистеми за продукційно-деструкційним процесом зоопланктонного угруповання.

Схема виконання:

Оцінка продукції водних тварин за допомогою «фізіологічного» методу можлива, коли відомі витрати тварин на обмін (R) та співвідношення цих витрат з продукцією. Це співвідношення визначається коефіцієнтом (K_2) використання асимільованої їжі на ріст.

$$K_2 = \frac{P}{(P+R)}, \quad (10)$$

З даного співвідношення отримуємо:

$$P = R \frac{K_2}{(1-K_2)}, \quad (11)$$

Значення (K_2) для водних тварин коливається від 0,26 до 0,4 та має фіксоване табличне значення для кожної групи тварин. Так, для коловороток та гіллястовусих ракоподібних $K_2 = 0,4$, для веслоногих ракоподібних та велігерів двостулкових молюсків $K_2 = 0,3$.

Трофічний коефіцієнт також можна розрахувати за формулою:

$$K_2 = \frac{Q_1}{Q} = \frac{Q_1}{(Q-Q_2)}, \quad (12)$$

де Q_1 – енергія утвореної у організмі речовини (енергія приросту); Q – енергія споживаної їжі; Q_2 – енергія незасвоєної частини їжі.

Таким чином, для розрахунку вторинної продукції потрібно розрахувати витрати тварин на обмін. Найбільш доступним показником витрат тварин на обмін є швидкість споживання тваринами кисню. Помножуючи кількість споживаного гідробіонтом кисню на оксикалорійний коефіцієнт, отримуємо кількість енергії, яка розсіюється у процесі дихання. Вінберг та Хеммінгсен показали, що для всіх тварин незалежно від їх будови, ваги та оточуючого середовища є залежність маси тіла від швидкості споживання кисню, яка виражається рівнянням:

$$Q = W^r Q_1, \quad (13)$$

де Q – швидкість споживання кисню (мл/год) при температурі 20°C; Q_1 – споживання кисню твариною масою, рівній одиниці; W – маса тіла, в г; r – константа.

Вивчення численними дослідниками швидкості обміну у різних гідробіонтів дозволило виявити параметри рівнянь, які відображають швидкість споживання кисню тварин від їх маси (табл. 14).

Таблиця 14 – Параметри рівнянь залежності швидкості споживання кисню від ваги тіла для груп прісноводного зоопланктону при температурі 20°C

Групи зоопланктону	Q ₁ , мл О/год	г
Infusoria	0,107	0,75
Rotatoria	0,106	0,796
Bivalvia	0,066	0,721
Crustacea (Cladocera)	0,143	0,803
Crustacea (Copepoda)	0,2	0,777

За допомогою оксикалорійного коефіцієнту тварин, від величини споживаного кисню можливо перейти до кількості калорій, яке тварина розсіює. Цей коефіцієнт у середньому дорівнює 4,86. Знаючи, скільки калорій приходить на 1г тіла гідробіонтів, розраховують масу органічної речовини, що розсіюється особиною гідробіонту певної маси за годину при температурі 20°C. Так, на 1 г тіла коловерток та веслоногих ракоподібних приходить 550 калорій, а велігерів та гіллястовусих ракоподібних – 600 калорій.

За допомогою рівняння $P = R \frac{K_2}{(1-K_2)}$ переходимо до величини продукції, яку утворює гідробіонт певної маси за годину при температурі 20°C. Надалі помножимо знайдене значення на кількість особин і таким чином знаходимо кількість органічної речовини, яке продукує популяція водних тварин за годину при температурі 20°C. Помножуючи останній показник на 24 переходимо від продукції тварини за годину до добової продукції. Так як кількість діб впродовж вегетаційного сезону на Україні у середньому дорівнює 210, помножимо значення добової продукції на 210 і знаходимо вторинну продукцію за вегетаційний сезон.

Для реальної оцінки вторинної продукції необхідно враховувати температуру, при якій мешкає популяція, тому більш коректно розраховувати спочатку місячну продукцію, помножуючи значення добової продукції на 30, а потім знаходити значення продукції кожного з 7 місяців окремо, виходячи з співвідношення:

$$\frac{P_2}{P_1} = 2,25^{(20-T)/10}, \quad (14)$$

де P₁ – продукція при середньомісячній температурі;

P₂ – продукція при температурі 20°C;

T – значення середньомісячної температури.

При розрахунку продукції зоопланктону в цілому застосовують рівняння:

$$П = Пм - Рх + Пх, \quad (15)$$

де П – продукція зоопланктону; Пм – продукція мирного зоопланктону; Р – раціон хижого зоопланктону; Пх – продукція хижого зоопланктону.

Алгоритм розрахунку раціону хижого зоопланктону містить такі ж самі етапи, що й мирного, крім переходу від витрат на обмін до продукції за рівнянням (11).

В угрупованнях зоопланктону виділяють два трофічних рівня: первинні консументи (мирний зоопланктон) і вторинні консументи (хижий зоопланктон). До першої групи відносять форми, що живляться переважно фітопланктоном, детрито- і бактеріофагів. Це більшість коловерток, гіллястовусі ракоподібні родин Sididae, Daphnidae, Macrothricidae, Chydoridae, Bosminidae, нестатевозрілі особини із родин Polyphemidae, Leptodoridae, представники Calanoida (крім особин старших стадій родів Heteroscore і Eurytemora та дорослих крупних діаптомусів), науплії і молодші копеподіти (1–3 стадії) представників Cyclopoidea. До хижих відносять дорослих Heteroscore та крупних циклопів родів – Macroscyclops, Ectocyclops, Acanthocyclops, Cyclops; статевозрілих гіллястовусих родів – Cercopagis, Evadne, Polyphemus, Corniger, Leptodora та коловерток родів – Vipalpus, Eosphora, Encentrum.

Показники енергетичного балансу зоопланктону розраховують для кожного трофічного рівня. Якщо у складі планктону були еврифаги (наприклад коловертки родів – Asplanchna та Synchaeta), половину їх кількості відносили до мирних, а інших – до хижих.

Приклад розрахунку продукції зоопланктону «фізіологічним» методом:

При обробці проби зоопланктону поверхневого шару водної товщі Запорізького водосховища у вересні було встановлено, що при середній температурі води 17°C, чисельність мирних коловерток складала 48168 екз/м³, біомаса – 68,9 мг/м³.

Чисельність хижих коловерток складала 7414 екз/м³, біомаса – 46,7 мг/м³.

Чисельність мирних веслоногих ракоподібних складала 20854 екз/м³, біомаса – 116,6 мг/м³.

Чисельність хижих веслоногих ракоподібних складала 872 екз/м³, біомаса – 19,1 мг/м³.

Чисельність мирних гіллястовусих ракоподібних складала 78704 екз/м³, біомаса – 230,9 мг/м³.

Чисельність хижих гіллястовусих ракоподібних складала 2215 екз/м³, біомаса – 26,2 мг/м³. Чисельність велігерів складала 3611 екз/м³, біомаса – 5,8 мг/м³.

1) Знаходимо продукцію мирних коловерток. Середня маса однієї коловертки дорівнює 0,00143 мг чи $1,43 \cdot 10^{-6}$ г.

Коловертка цієї маси споживає: $Q = 0,106W^{0,796} = 2,36 \cdot 10^{-6}$ мл, кисню за 1 годину при температурі 20°C , що відповідає розсіюванню коловерткою $R = 2,36 \cdot 10^{-6} \cdot 4,86 = 1,147 \cdot 10^{-5}$ калорій енергії або $1,147 \cdot 10^{-5} / 550 = 2,08 \cdot 10^{-8}$ г органічної речовини. Продукція коловертки за 1 годину при температурі 20°C дорівнює $P = 2,08 \cdot 10^{-8} \frac{0,4}{(1-0,4)} = 1,4 \cdot 10^{-8}$ г, органічної речовини. Загальна продукція мирних коловерток дорівнює $1,4 \cdot 10^{-8} \text{ г} \cdot 48168 \text{ екз/м}^3 = 6,73 \cdot 10^{-4} \text{ г/м}^3$. Помножуючи це значення на, 24 та на 30, знаходимо продукцію мирних коловерток за вересень при температурі 20°C , це складає $0,485 \text{ г/м}^3$. Враховуючи, що температура води впродовж місяця у середньому дорівнювала 17°C , отримуємо наступне співвідношення: $\frac{0,485}{P_1} = 2,25^{(20-17)/10}$ та розраховуємо $P_1 = \frac{0,485}{2,25^{0,3}} = 0,38 \text{ г/м}^3$.

2) Аналогічним чином знаходимо, що продукція хижих коловерток дорівнює $0,284 \text{ г/м}^3$.

3) Раціон хижих коловерток розраховуємо через співвідношення: $0,284 = R \frac{0,4}{(1-0,4)}$, тоді $R = 0,42 \text{ г/м}^3$.

4) Загальна продукція коловерток дорівнює: $\Pi = 0,38 - 0,42 + 0,28 = 0,24 \text{ г/м}^3$. Таким чином, Р/В-коефіцієнт відношення продукції до біомаси коловерток за вересень складає $0,24 / 0,11 = 2,1$.

5) Згідно описаному алгоритму знаходимо продукцію мирних веслоногих ракоподібних, враховуючи табличні коефіцієнти Q_1 , г, K_2 та кількість калорій на 1 г тіла веслоногих ракоподібних: $\Pi_m = 0,74 \text{ г/м}^3$.

6) Продукція хижих веслоногих ракоподібних дорівнює $0,09 \text{ г/м}^3$, а раціон $0,21 \text{ г/м}^3$. Таким чином, загальна продукція веслоногих ракоподібних за вересень складає $\Pi = 0,74 - 0,21 + 0,09 = 0,62 \text{ г/м}^3$, а Р/В-коефіцієнт веслоногих ракоподібних = 4,6.

7) Розраховуємо продукцію мирних гіллястовусих ракоподібних за вересень: $\Pi_m = 1,24 \text{ г/м}^3$, продукція хижих видів дорівнює $P_x = 0,11 \text{ г/м}^3$, а раціон $R_x = 0,16 \text{ г/м}^3$. Загальна продукція гіллястовусих ракоподібних складає $\Pi = 1,24 - 0,16 + 0,11 = 1,19 \text{ г/м}^3$, а Р/В – коефіцієнт гіллястовусих ракоподібних = 4,6.

8) Велігери дрейсен є цілком мирною групою прісноводного зоопланктону. Таким чином, їх продукція відповідає продукції мирних форм і для велігерів дрейсен продукція за вересень $\Pi = \Pi_m = 0,03 \text{ г/м}^3$.

9) Загальна продукція зоопланктону складається з продукції його груп: $\Pi = 0,24 + 0,62 + 1,19 + 0,03 = 2,08 \text{ г/м}^3$. Загальний Р/В-коефіцієнт зоопланктону Запорізького водосховища за вересень виявився 4,05.

Для отримання значення продукції зоопланктону за вегетаційний сезон, потрібно аналогічним чином розрахувати продукцію за інші 7 місяців сезону. Так, при продукції зоопланктону за квітень $0,11 \text{ г/м}^3$, за травень $0,27 \text{ г/м}^3$, за червень $1,64 \text{ г/м}^3$, за липень $3,11 \text{ г/м}^3$, за серпень $2,55 \text{ г/м}^3$, за жовтень $0,18 \text{ г/м}^3$, загальна продукція зоопланктону за вегетаційний сезон дорівнює $9,94 \text{ г/м}^3$. При середній біомасі зоопланктону Запорізького водосховища за вегетаційний сезон $0,27 \text{ г/м}^3$, Р/В – коефіцієнт зоопланктону за сезон буде дорівнювати 36,8.

Для розрахунку вторинної продукції угруповань зоопланктону торф'яного озера за 4 місяці (табл. 15), необхідно враховувати середню щомісячну

температуру води озера. Так, в травні середня температура води складала – 15°C, в червні – 18°C, в липні – 21,5°C та в серпні – 22°C.

Таблиця 15 – Видовий склад, чисельність (N, екз./м³) та біомаса (B, мг/м³) зоопланктону торф'яного озера

Види	Травень		Червень		Липень		Серпень	
	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Brachionus rubens</i>	–	–	–	–	19833	39,67	3333	6,67
<i>Bdelloidea</i> gen. sp.	–	–	–	–	–	–	2833	11,33
<i>Eudactylota</i> sp.	–	–	–	–	–	–	750	1,5
<i>Euchlanis meneta</i>	–	–	–	–	–	–	250	0,5
<i>Epiphanes</i> sp.	–	–	–	–	–	–	83	0,17
<i>Keratella</i> sp.	20	0,02	–	–	–	–	–	–
<i>Lecane bulla</i>	20	0,01	–	–	–	–	–	–
<i>Asplanchna</i> sp.	–	–	–	–	250	6,75	–	–
<i>Platyas</i> sp.	–	–	–	–	83	0,25	83	0,25
<i>Diacyclops</i> sp.	–	–	133	2,39	–	–	–	–
<i>Eudiaptomus</i> sp.	2460	130,4	17	0,90	–	–	583	30,90
<i>Cryptocyclops</i> sp.	–	–	–	–	4500	90,00	1333	26,66
<i>Nauplii</i>	600	1,20	133	0,27	5917	11,83	1417	2,83
<i>Polyphemus pediculus</i>	–	–	8133	610,0	–	–	–	–
<i>Daphnia</i> sp.	9060	453,0	133	6,65	–	–	–	–
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	100	2,50	–	–	–	–	–	–
<i>Scapholeberis mucronata</i>	60	2,40	7000	280,0	83	3,32	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i>	40	0,56	–	–	333	4,66	–	–
<i>Acroperus harpae</i>	20	0,42	–	–	–	–	–	–
<i>Macrothrix spinosa</i>	–	–	383	4,98	–	–	–	–

Контрольні питання:

1. Що позначає Р/В-коефіцієнт водних тварин?
2. Яке рівняння застосовують при розрахунку продукції зоопланктону?
3. Якою залежністю пов'язані витрати на обмін (R) та продукція (P) водних тварин?
4. Яким чином враховують температуру, при котрій існує популяція водних тварин?
5. Які роди відносяться до хижих коловороток?
6. Які роди відносяться до хижих веслоногих ракоподібних?
7. Які роди відносяться до хижих гіллястовусих ракоподібних?
8. Впродовж якого терміну продовжується вегетаційний сезон на Україні?

Тема: Концентрація речовин у трофічних ланцюгах

Мета: З'ясувати практичне застосування правила екологічної піраміди та закону концентрування.

Обладнання та матеріали: таблиці, схеми, рисунки, роздатковий матеріал.

План вивчення теми

- 1) Закон концентрування речовин у трофічних ланцюгах.
- 2) Закономірності концентрації ДДТ в трофічних ланцюгах.
- 3) Концентрація в трофічних ланцюгах радіоактивних речовин.
- 4) Здатність екосистем до самоочищення.

Питання до самопідготовки:

1. Застосування пестициду ДДТ в народному господарстві.
2. Трофічні рівні.
3. Ланцюги живлення.
4. Типи екологічних пірамід.
5. Закон Ліндемана.

Теоретичні відомості

У трофічних ланцюгах усі види речовин послідовно переходять від одного організму до іншого. Органічні речовини в цьому процесі перетворюються в специфічну для кожного виду рослин та тварин форму. Так, білки рослин у процесі живлення фітофагів, які їх споживають, розщеплюються до амінокислот, і вже з них в організмі тварини синтезуються специфічні білки. Тобто можна спостерігати таку схему перетворень білків: білки рослин → амінокислоти → білки тваринного організму.

Інший шлях проходять окремі хімічні речовини, зокрема так звані *ксенобіотики* – речовини, що в природі спочатку не існували, а потім були синтезовані людиною. Такі речовини проходять через трофічні ланцюги в незмінному вигляді.

Згідно правила екологічної піраміди, розмір біомаси в екологічних пірамідах закономірно знижується при переході на кожен новий трофічний рівень. Але *ксенобіотики*, залишаючись у незмінному стані, зберігатимуть свою масу при переході з рівня на рівень трофічної піраміди. Тому *концентрація ксенобіотиків у розрахунку на одиницю біомаси буде зростати*. Цей ефект називається **законом концентрування** речовин у трофічних ланцюгах.

Інтенсивне застосування пестицидів, особливо хлорорганічних, у сільському господарстві для боротьби із шкідниками агрокультур у середині ХХ ст. призвело до включення їх в інтенсивний кругообіг речовин у природі та проникненню у водне середовище, де вони прямо контактують із різними гідробіонтами, так чи інакше з ними взаємодіють. У водних екосистемах негативні наслідки від використання пестицидів проявилися значно різкіше та гостріше, чим у наземних екосистемах. Пестициди – загальноприйнята в світовій

практиці збірна назва хімічних заходів захисту рослин. Цей термін складається із двох слів: пест – шкода і цидо – вбиваю. Пестициди використовуються для знищення або для зупинки розвитку живих організмів – комах, ссавців, бактерій, вірусів, грибів, шкідливої рослинності. Пестициди мають здатність знищувати живе, тобто вони мають високу біологічну активність, тому можуть спричиняти порушення життєздатності не лише шкідливих організмів (проти яких вони використовуються), а й інших тепло- і холонокровних істот, у тому числі і людини.

Хлорорганічні пестициди (ХОП) являють собою хлорпохідні багатоядерних вуглеводнів ДДТ, циклопарафінів (ГХЦГ), сполук дієнового ряду (алдрин, дилдрин), бензолу (гексахлорбензол). Більшість з них погано розчинні у воді, але добре розчинні в органічних розчинниках, у тому числі в жирах. Важливою особливістю галогенопохідних вуглеводнів є стійкість до дії на них різноманітних факторів навколишнього середовища. Ряд ХОП належить до дуже стійких пестицидів, ДДТ виявлений у ґрунті через 8–12 років після його використання, ГХЦГ був знайдений через 4–12 років. Ці препарати довгий час затримуються у поверхневих шарах ґрунту і повільно мігрують углиб, досягаючи підземних вод.

Науковцями передбачалося, що залишки ДДТ, враховуючи найбільший період напіврозпаду (38 років), у кінці ХХ ст. повинні були повністю розпастися і в цей час практично дорівнювати нулю, але результати досліджень засвідчили інше. Залишки ДДТ та його метаболітів постійно фіксуються в органах та тканинах риби прісних та морських вод України, однак у воді більшості водойм України вони практично відсутні.

Закономірності концентрування речовини в трофічних ланцюгах були детально вивчені на прикладі ДДТ. За даними Н. Гріна та інших (1990), у США в трофічному ланцюгу з чотирьох ланок концентрація ДДТ зростала таким чином: у тілі водяних рослин (ДДТ вносили для знищення комарів) його концентрація становила 0,04 г на один кілограм біомаси, у риб, що харчуються водяними рослинами, вона підвищилася до 10 г на один кілограм біомаси, у хижих великих риб досягала 50 г на один кілограм ваги тіла, а в птахів, що харчуються рибою, – 75 г на один кілограм біомаси. Очевидно, що всього за 4 ланки трофічного ланцюга концентрація ДДТ в тканинах зросла в 1875 разів.

Забруднення навколишнього середовища стійкими хлорорганічними пестицидами (ХОП) в місцях розташування споруд колишніх складів отрутохімікатів має тенденцію до вертикальної та горизонтальної міграції у ґрунті, що викликає забруднення ґрунтових вод. Поширенню пестицидів сприяло руйнування будівель, зберігання отрутохімікатів з порушенням санітарних правилу не обладнаних для зберігання пестицидів складах. У результаті сільськогосподарська продукція, вирощена на ділянках, що зазнали, впливу, становить загрозу здоров'ю населення. Загальна площа таких ділянок на території України невідома.

Аналогічно відбувається концентрація в трофічних ланцюгах радіоактивних речовин (зокрема, цезію), важких металів (свинцю, кадмію та ін.), а також будь-яких ксенобіотиків. Криволуцький Д.А. та ін. (1989) показали, що при переході

радіоактивного цезію (^{137}Cs) від однієї ланки трофічного ланцюга до іншої, його концентрація зростає в 1,5–8 разів. М. Краус (1989) вивчив проходження важких металів у трофічному ланцюгу «рослини – комарі – хірономіди – ластівки». Виявилось, що в цьому трофічному ланцюгу спостерігалось виражене накопичення важких металів у тілі ластівок. У мозковій тканині і печінці накопичувався свинець, у м'язах, шкаралупі яєць та в тканинах ембріонів – хром та нікель, а в пір'ї – мідь і свинець.

Концентрування речовин у трофічних ланцюгах має важливі наслідки для всієї практики господарювання людини в природних екосистемах. Забруднення, яке вважається незначним при оцінці кількості забруднювача в навколишньому середовищі, стає катастрофічно небезпечним при дії закону концентрації, і небезпечним перш за все для самої людини, яка знаходиться на вершині всіх трофічних ланцюгів пасовищного типу.

Трофічні ланцюги виконують ще й бар'єрну функцію. Із концентруючими та бар'єрними функціями живої речовини пов'язана здатність екосистем до самоочищення. Вона проявляється стосовно великого класу речовин. Ряд з них, потрапляючи до трофічного ланцюга, поступово руйнується. Але така здатність біомів до самоочищення не безмежна. Є верхній граничний рівень концентрації, перевищення якого вже не дає можливості біому очиститися від даної речовини. Тут багато що залежить від типу забруднюючої речовини та швидкості її надходження в екосистему. При поступовому надходженні забруднюючих речовин самоочищення відбувається ефективніше, ніж при разових викидах в екосистему великої кількості ксенобіотика.

Деякі забруднюючі речовини в біогеохімічних циклах не руйнуються, а переходять у депо даного циклу (гірські породи, атмосфера і т.ін.), і їхня шкідлива дія на організм знижується. Це відбувається з багатьма мінеральними речовинами.

Кількісну оцінку здатності екосистем до самоочищення здійснюють на основі порівняння швидкості надходження тієї чи іншої речовини до екосистеми зі швидкістю асиміляції цієї речовини екосистемою. Для однієї з природних екосистем США (1984 р.) цей показник становив: для води – 3,3 кг/га на рік, для фосфору – 4,0 кг/га на рік, азоту – 11,8 кг/га на рік, міді – 0,9 кг/га на рік, кадмію – 4,7 кг/га на рік. У цьому прикладі при комплексному забрудненні критичним виявилось б забруднення азотом, яке повинне контролюватися в першу чергу.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання. Розв'язування екологічних задач.

Алгоритм розв'язку задач

1. Визначити тип ланцюга живлення, необхідного для розв'язку задачі.
2. Розмістити організми даної екосистеми по трофічних рівнях, пам'ятаючи про явище поліфагії.
3. Побудувати екологічні піраміди біомаси для всіх необхідних ланцюгів живлення.

4. Застосовуючи правило екологічної піраміди, розрахувати біомасу організмів на кожному трофічному рівні.

5. Визначити масу ксенобіотика на кожному трофічному рівні, пам'ятаючи про властивості ксенобіотиків у трофічних ланцюгах.

6. Розрахувати концентрацію ксенобіотика на всіх трофічних рівнях і визначити необхідну для розв'язку задачі.

7. Результати розрахунків представити у вигляді таблиці 16:

Таблиця 16 – Розрахунки біомаси організмів та концентрації ксенобіотика

Трофічний рівень	Біомаса організмів, кг	Маса ксенобіотика, г	Концентрація ксенобіотика, г/кг
I			
II			
III			
IV			

Приклад розв'язку

Задача. Яка біомаса ягідних кущів необхідна для того, щоб біомаса яструбів в екосистемі лісу становила 200 кг? Видове різноманіття даної системи: трава; заєць; вовк; ягідний кущ; рослинна комаха; павук; синиця; яструб; бактерії – сапрофіти.

Розрахуйте можливу концентрацію свинцю в ягідних кущах, якщо його концентрація в тілі яструба становила 10 г на кг біомаси.

Хід розв'язування

1. Для розрахунків необхідно скласти пасовищний тип ланцюга живлення.

2. Розподіл організмів по трофічних рівнях:

I трофічний рівень (продуценти): трава, ягідний кущ;

II трофічний рівень (консумети I-го порядку): заєць, рослинна комаха, синиця;

III трофічний рівень (консумети II-го порядку): павук, синиця, яструб;

IV трофічний рівень (консумети III-го порядку): яструб.

3. Для відповіді на перше питання задачі можливі два варіанти, що передбачають розв'язки за двома пірамідами біомаси, оскільки яструб може бути консументом II або III порядків.

I ВАРІАНТ: (яструб – консумент II-го порядку).

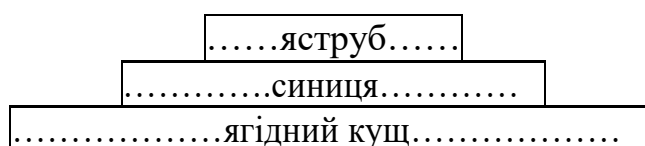


Рис. 9 – Екологічна піраміда біомаси за трьома трофічними рівнями.

Згідно «правила 10%», знаючи біомасу живих організмів III трофічного рівня (яструб), розраховуємо біомасу живих організмів на II (синиця) та I (ягідний кущ) трофічних рівнях (табл. 17).

Таблиця 17 – Результати розрахунків біомаси організмів

Трофічний рівень	Біомаса організмів, кг	Маса ксенобіотика, г	Концентрація ксенобіотика, г/кг
I	20000		?
II	2000		
III	200	?	10,0

4. Далі, знаючи властивості ксенобіотика та закон концентрування ксенобіотиків при переході з одного трофічного рівня на інший, визначаємо масу свинцю та його концентрацію відповідно на III, II та I трофічних рівнях, результати заносимо в табл. 18.

Таблиця 18 – Результати розрахунків концентрації свинцю в ягідних кущах

Трофічний рівень	Біомаса організмів, кг	Маса ксенобіотика, г	Концентрація ксенобіотика, г/кг
I	20000	2000	0,1
II	2000	2000	1,0
III	200	2000	10,0

II ВАРІАНТ: (яструб – консумент III-го порядку).

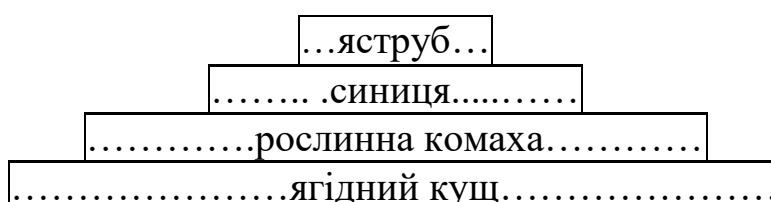


Рис. 10 – Екологічна піраміда біомаси за чотирма трофічними рівнями

Аналогічно алгоритму розв'язку I варіанта, маємо такі результати (табл. 19)

Таблиця 19 – Результати розрахунків концентрації свинцю в ягідних кущах за II варіантом

Трофічний рівень	Біомаса організмів, кг	Маса ксенобіотика, г	Концентрація ксенобіотика, г/кг
I	200000	2000	0,01
II	20000	2000	0,1
III	2000	2000	1,0
IV	200	2000	10,0

Самостійні завдання

Задача 1. До екосистеми озера входять такі організми: водорості багатоклітинні; дафнія; жаба; карась; окунь; сапрофітні бактерії.

А. Складіть схему трофічної мережі цієї екосистеми.

Б. Розрахуйте можливу концентрацію свинцю в тілі окуня, якщо його концентрація у біомасі водоростей 0,3 г на кг. Маса водоростей – 700 кг.

Задача 2. На рисунку 11 показано передачу ксенобіотика по трофічних рівнях біоценозу.

А. Складіть схему даного трофічного ланцюга.

Б. Розрахуйте можливу концентрацію ДДТ у зеленій біомасі дерев, якщо його концентрація у ґрунті становила 0,07 мг/кг (гранично допустима концентрація (ГДК) ДДТ = 0,10 мг/кг). Маса дрозда – 1,2 кг. Зробіть відповідний висновок.

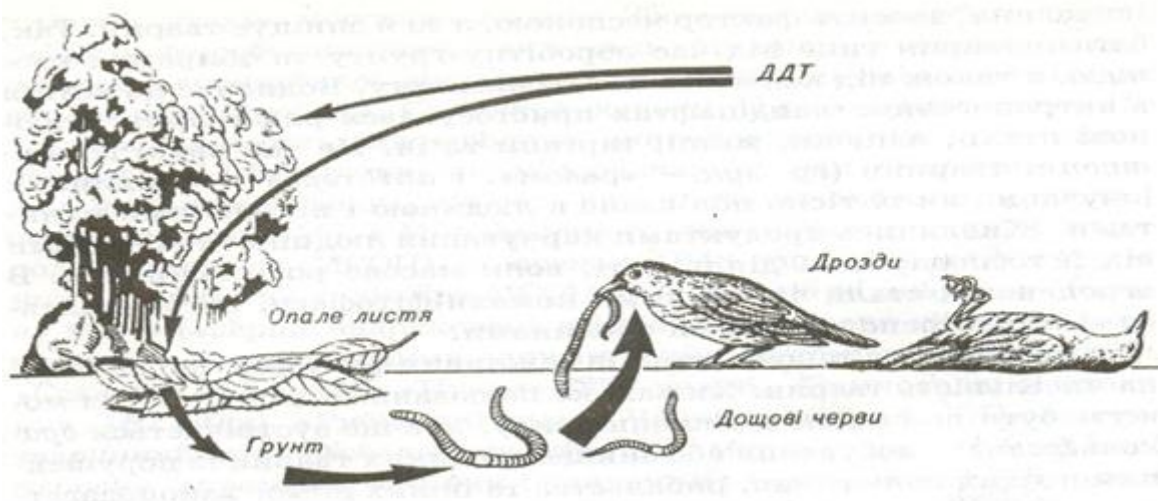


Рис. 11 – Передача ксенобіотика по ланцюгу живлення.

Задача 3. Видове різноманіття біогеоценозу лісу: трава; заєць; вовк; ягідний кущ; рослинна комаха; павук; синиця; яструб; бактерії – сапрофіти.

А. Розрахуйте яка біомаса ягідних кущів необхідна для того, щоб біомаса яструбів у лісовому біогеоценозі становила 800 кг? Розглянути всі можливі варіанти.

Б. Розрахуйте можливу концентрацію свинцю в траві масою 20 тонн цього ж біогеоценозу, якщо концентрація свинцю в тілі яструба становила 7 г на кг біомаси.

Контрольні питання:

1. Розкрити зміст закону концентрування речовини у трофічних ланцюгах.
2. Які негативні наслідки закону концентрування речовин у трофічних ланцюгах для природних екосистем? Навести приклади.

3. У чому проявляється позитивна дія явища концентрування ксенобіотиків в екосистемах? Навести приклади.
4. Пояснити, як накопичується ДДТ у трофічному ланцюгу водної екосистеми?
5. Де накопичуються хлорорганічні пестициди у тварин?
6. Які речовини називають ксенобіотиками?
7. Як кількісно оцінюють спроможність екосистеми до самоочищення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Тема: Динаміка екосистем та загальні принципи стійкості екосистеми

Мета: З'ясувати особливості здійснення екологічних сукцесій.

Обладнання та матеріали: колби, предметні та покривні скельця, мікроскоп, калькулятор, настої сіна, визначники найпростіших організмів та коловертки.

План вивчення теми

- 1) Уявлення про екологічну сукцесію.
- 2) Види сукцесій.
- 3) Клімаксові явища.
- 4) Стійкість екосистем.

Питання до самопідготовки:

1. Як змінюється кількість видів у первинній сукцесії?
2. Як відбувається сукцесія ялинового лісу після пожежі?
3. Поясніть чому найстабільнішими на Землі екосистемами вважаються екосистеми тропічного лісу?
4. Порівняйте природну і штучну екосистеми. Поясніть переваги та недоліки кожної з них.

Теоретичні відомості

Однією з основних властивостей екосистем є їх динамізм. Зміни екосистем можуть відбуватись залежно від природи впливу автогенно та алогенно. *Алогенні зміни* зумовлені впливом певних чинників ззовні (переважно кліматичні та геологічні фактори) – такі фізичні явища як ерозія, утворення осадових порід, гороутворення тощо можуть суттєвим чином змінювати фізичне середовище та екосистеми в цілому. *Автогенні зміни* зумовлені впливом процесів, які відбуваються в середині екосистем. Але, в більшості випадків майже неможливо відокремити вплив зовнішніх та внутрішніх факторів.

Автогенні зміни називають розвитком екосистеми, або екологічною сукцесією. має особливості:

- 1) відбувається під впливом біотичного компоненту екосистеми (спільноти), який викликає зміни фізичного середовища, чим визначає характер сукцесії, швидкість здійснення та межі розвитку;

2) сукцесія – упорядкований розвиток екосистеми, пов'язаний з певними змінами видової структури та процесів, які відбуваються, вона певним чином спрямована і передбачувана;

3) кульмінацією сукцесії є формування стабілізованої екосистеми з максимальними біомасою та кількістю міжвидових взаємовідносин на одиницю енергії.

Згідно з розвитком екосистеми відбуваються тонкі зміни в структурі поживних ланцюгів, розвиваються тісніші зв'язки та взаємні адаптації між тваринами та рослинами. Важливою тенденцією сукцесій є намагання замкнення біогеохімічних кругообігів основних елементів (азот, фосфор, кальцій) – зрілі системи краще зберігають ці компоненти в обмінному фонді. Вони втрачають лише незначну кількість речовин, порівняно з незрілими та порушеними екосистемами (враховуючи агроценози).

Аналізуючи екосистеми, розрізняють сукцесію екосистеми в цілому та окремо сукцесії рослинності, тваринного та мікробного населення. У типовому випадку узагальнена схема сукцесії полягає в послідовній зміні нижчих рослин і тварин більш організованими, а в рослин – ще й багаторічними формами. Наприклад, принципова схема сукцесії в лісовій зоні буде виглядати так: голий ґрунт → бактерії і водорості → мохи → папороть → лугові трави → чагарники → дерева.

При забрудненні або інших стресових впливах відбуваються зворотні зміни екосистем – збіднення видового складу в усіх ланках поживних ланцюгів, домінування невеликої кількості стійких до негативного впливу видів, зменшення загальної біомаси тощо.

Первинною сукцесією називають розвиток певної екосистеми на ділянці, раніше не зайнятій будь-якою спільнотою (океанічні острови, лава тощо). *Вторинною сукцесією* вважається розвиток екосистеми в межах території, з якої було видалено попередню спільноту.

Екологічні сукцесії, за яких біологічна продукція і видове різноманіття зростають, прийнято називати *прогресивними*. Якщо ці параметри знижуються – *регресивними*, чи *дегресивними*. Дегресії екосистем найчастіше виникають при надмірних антропогенних впливах на екосистеми (перевипас худоби на лугах тощо).

Термінальною, або стабільною спільнотою є клімаксова спільнота – *клімакс* це кінцева відносно стійка фаза природного розвитку екосистеми, яка найбільше відповідає екологічним характеристикам певної місцевості в певний геологічний період. *Клімаксова екосистема* – зріла екосистема, яка досягла стабільного стану зі стійким гомеостазом. У ній спостерігається тенденція до рівноваги між продукцією та диханням.

Встановлення сукцесійного віку екосистем та біоценозів є непростою справою. Вона успішно вирішується спеціалістами. У будь-якій місцевості екосистеми сукцесійно різновікові. Залежно від історії їх формування та тривалості існування окремі біоценози є *піонерними*, інші – *сукцесійними*, треті – *клімаксними*.

Стійкість екосистем забезпечується рівновагою популяцій, яких в екосистемі може бути сотні чи навіть тисячі. У свою чергу, рівновага залежить від співвідношення біотичного потенціалу («тиску життя») і опору середовища, які діють у протилежних напрямках.

Біотичний потенціал – це сукупність чинників, які сприяють збільшенню чисельності популяції:

- велика швидкість розмноження;
- поповнення статевозрілого складу за рахунок потомства;
- достатня кількість їжі;
- здатність розширювати свій ареал;
- параметри довкілля в зоні оптимуму виду.

Опір середовища – чинники, що протидіють збільшенню популяції:

- нестача їжі;
- несприятливі умови життя;
- розмноження хижаків;
- поширення хвороботворних бактерій;
- низька репродуктивна здатність;
- сприйнятливості до хвороб і паразитів;
- нездатність адаптуватися до змін зовнішнього середовища;
- вузька екологічна ніша.

Оскільки кожна популяція прагне збільшити свою чисельність, вона використовує для цього два механізми: збільшує *біотичний потенціал* за рахунок міграцій, освоєння нових територій і зменшує *опір середовища*, виробляючи численні пристосування до несприятливих умов існування: освоєння нових видів їжі, посилення захисних функцій організму. Так, дуб захищається від гусені, синтезуючи таніни (гіркі на смак речовини, що викликають порушення функціонування травної системи гусені); сосни на Донеччині ростуть на вапнякових відслоненнях, віддаючи перевагу в центральній Україні піщаним ґрунтам.

Зменшення опору середовища може зумовити *популяційний вибух* – різке зростання чисельності окремої популяції (такі явища часто відбуваються з інтродукованими видами). З іншого боку, несприятливі умови навколишнього середовища спричиняють масову загибель певної популяції (розмноження хвороботворних організмів; отруєння пестицидами бджіл тощо).

Збільшення чисельності видів в екосистемі зменшує ймовірність таких ситуацій, тому різноманітність екосистем забезпечує їх стабільність.

Усі природні екосистеми, які сформувалися протягом тривалого історичного часу, характеризуються досить великою стійкістю. Для них існує ряд закономірностей формування і стійкого існування, що визначаються чотирма **головними екологічними принципами стійкості екосистем**.

Перший принцип був встановлений Августом Тінеманом (1939): *чим більші різноманітні умови біотопу, тим більше число видів у біоценозі*. Прикладом може стати тропічний ліс, де надзвичайно велика кількість екологічних ніш у різних ярусах рослинного покриву та ґрунту, різноманітність видів рослин і рівний без коливань клімат, призводять до того, що у цьому середовищі

проживає найбільше число видів тварин. Тисячі видів комах одночасно живуть поряд і займають кожний свою екологічну нішу.

Другий принцип також сформульований Августом Тінеманом: *чим більше умови біотопу відхиляються від норми і від властивого організму оптимуму, тим бідніший видами і специфічніший біоценоз* (тим більша чисельність окремих видів). «Відхилення від норми», про які йде мова, характерні для тих біотопів, де умови клімату далекі від сприятливих: солоні озера, гарячі джерела, бідні на кисень глибини озер, а також полярні льодяні пустелі і високогір'я. Розповсюджується це і на території, які зруйновані людиною: забруднені водойми та індустріальні ландшафти. Вони зберегли незначні залишки вихідної фауни і флори.

Третій принцип сформулював Г. Франц: *чим більш плавно змінюються умови середовища у біотопі, чим більш тривалий час він залишається незмінним, чим багатіший видами біоценоз, тим більш зрівноважена і стабільна екосистема*. Тому старі клімаксні угруповання найбільш різноманітні і стабільні. Коралові рифи, вологі тропічні ліси, печери, стародавні озера (о. Байкал), є наочними прикладами прояву цього екологічного принципу.

Четвертий принцип сформульований Й. Іллієсом: *близькоспоріднені види, як правило, не зустрічаються одночасно в одному і тому ж місці, тобто не займають однакові екологічні ніші всередині біотопу, тому багаті видами роди, звичайно, представлені у біоценозах тільки яким-небудь одним видом*. Цей принцип відбиває іншу аналогічну закономірність – *кожний біотоп «насичений» обмеженою кількістю екологічних ніш, у кожній з яких може існувати тільки один вид з певним типом пристосування*.

В цілому цілісність і стійкість екосистем (за Б. Небелом) забезпечується трьома принципами:

I. Кругообігом хімічних елементів – одержання ресурсів і позбавлення відходів відбувається в рамках кругообігу всіх хімічних елементів.

II. Використанням сонячної енергії – екосистеми існують за рахунок сонячної енергії, яка не забруднює середовище, практично вічна і кількість якої відносно стала й надлишкова. Російському вченому, основоположнику геліобіології О. Чижевському належать такі слова: ...«Люди і всі тварі земні є «дітьми Сонця» – «творіннями» складного світового процесу, що має свою історію, в якому наше Сонце займає не випадкове, а закономірне місце разом з іншими генераторами космічних сил. ...Велич полярних сьйв, цвітіння троянди, творча робота, думка – все це прояв променистої енергії Сонця».

III. Передачею енергії ланцюгами живлення – чим більша біомаса популяції, тим нижчим має бути трофічний рівень, який вона займає.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Заздалегідь приготуйте три сінних настоїв з тижневим інтервалом за відомою методикою. Встановіть видовий склад та чисельність організмів різних сінних настоїв. Проаналізуйте отриманні дані та занесіть їх до таблиці 20, зробіть висновки. Для визначення кількості організмів кожного виду у одиниці об'єму використовують спеціальну формулу (11).

Зверніть увагу, що сінний настій готують з розрахунку 2 грами сіна на 500 мл водопровідної води. Після чого необхідно прокип'ятити вміст кожної колби протягом 20 хвилин і відставити їх у світле місце для відстоювання. Періодично сінний настій підгодовують дріжджами. У міру випаровування до сінного настою доливають відстояну водопровідну воду.

Абсолютну кількість організмів у одиниці об'єму розраховують таким чином:

1. Підраховують організмів у 10 полях зору (переглядають 3–5 препаратів);
2. Знаходять середнє арифметичне для одного поля зору.
3. Знаходять кількість організмів у 1 мл (екз/мл):

$$D = \frac{S \cdot d}{p \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (11)$$

де d – кількість організмів в одному полі зору; S – площа покривного скельця; p – об'єм дослідженої рідини; r – радіус поля зору.

Таблиця 20 – Видовий склад та чисельність організмів різних за часом утворення сінних настоїв

Види	Чисельність організмів, екз/мл		
	Настій 1	Настій	Настій 3
1			
2			
3...			

Завдання 2. Проаналізуйте різні типи клімаксів. Заповніть таблицю 21 та зробіть висновки.

Таблиця 21 – Типи клімаксів

Питання для порівняння	Типи клімаксів			
	Кліматичний	Едафічний	Циклічний	Дисклімакс
Стан рівноваги з кліматичними умовами				
Стан рівноваги з едафічними умовами				
Вплив катастрофічних явищ на клімаксову спільноту				
Вплив антропогенних факторів на клімаксову спільноту				

Завдання 3. Вирішення задачі.

Визначте, яка з екосистем, А чи Б, є стійкішою, на основі таких даних:

- а) А – 10 видів рослин, 5 видів тварин; Б – 20 видів рослин, 10 видів тварин.
 б) А – 20 видів, біомаса 15 т; Б – 20 видів, біомаса 10 т.
 в) А – 1 вид рослин, 0 видів тварин; Б – 20 видів рослин, 10 видів тварин.

Контрольні питання:

1. Дати визначення сукцесії.
2. Яка сукцесія називається первинною?
3. Яка сукцесія називається вторинною? Навести приклади.
4. Які ознаки характеризують стабільну екосистему?
5. Чи однаковими будуть стабільні екосистеми для різних природних зон Землі?
6. Типи клімаксу.
7. Як впливає людина на сукцесійні процеси?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Тема: Біогеохімічний кругообіг речовин у біосфері

Мета: З'ясувати особливості кругообігу речовин і енергії в біосфері та його порушення.

Обладнання та матеріали: довідкові матеріали, схеми, таблиці, калькулятор, статистичні дані.

План вивчення теми

- 1) Біогенна міграція хімічних елементів.
- 2) Жива речовина біосфери.
- 3) Біогеохімічний цикл.
- 4) Обмінний та резервний фонд біогеохімічних циклів.
- 5) Біологічний кругообіг.

Питання до самопідготовки:

1. Уявлення про біосферу.
2. Кругообіг води та вплив людини на нього.
3. Кругообіг вуглекислого газу та вплив людини на нього.
4. Потік енергії в біосфері.

Теоретичні відомості

Унаслідок процесів міграції хімічних елементів усі геосфери Землі зв'язані єдиним циклом кругообігу цих елементів. Такий кругообіг, рушійною силою якого є тектонічні процеси та сонячна енергія, отримав назву *великого (геологічного) кругообігу*. Цей кругообіг має абіотичний характер. Тривалість його існування – близько 4 млрд. років. Потужність великого (геологічного) кругообігу речовин в атмосфері, гідросфері та літосфері оцінюється в $2 \cdot 10^6$ тонн/рік.

Виникнення життя на Землі спричинило появу нової форми міграції хімічних елементів – біогенної. У результаті біологічної міграції на великий

кругообіг (геологічний) наклався *малий (біогенний) кругообіг* речовин. У малому біологічному кругообігу переміщуються в основному вуглець (10^{11} тонн на рік), кисень ($2 \cdot 10^{11}$ тонн на рік), азот ($2 \cdot 10^{11}$ тонн на рік) та фосфор (10^8 тонн на рік). У наш час обидва кругообіги відбуваються одночасно та тісно пов'язані між собою.

У біосфері відбувається постійний кругообіг активних елементів, які переходять від організму до організму, у неживу природу і знову до організму. Елементи, які вивільняються мікроорганізмами при гнитті, надходять у ґрунт і атмосферу, знову включаються в кругообіг речовин біосфери, поглинаючись живими організмами. Весь цей процес і буде біогенною міграцією атомів. Для біогенної міграції характерним є накопичення хімічних елементів у живих організмах, а також їх вивільнення у результаті розкладу мертвих організмів. Біогенна міграція викликається трьома процесами:

- 1) обміном речовин в організмах;
- 2) ростом;
- 3) розмноженням.

Визначення біогенної міграції хімічних елементів, яка викликана силами життя, дав В.І. Вернадський (Закон біогенної міграції атомів). Біогенна міграція є частиною загальної міграції хімічних елементів біосфери. Головною геохімічною особливістю живої речовини є те, що вона пропускаючи через себе атоми хімічних елементів земної кори, гідросфери та атмосфери, здійснює у процесі життєдіяльності їх закономірну диференціацію. Завершуючи свій життєвий цикл, організми повертають природі все, що взяли в неї протягом життя.

В.І. Вернадський підрахував, що за час існування на Землі біосфери було створено $3,5 \cdot 10^{19}$ т біомаси, що майже в 2 рази перевищує масу всієї земної кори, яка становить $2,1 \cdot 10^{19}$ т.

Жива речовина активно регулює геохімічну міграцію атомів. Завдяки йому зберігається стабільність біосфери і здійснюється еволюція як живих організмів, так і всієї біосфери в цілому. Цей особливий вид стану рівноваги, що постійно змінюється, В.І. Вернадський називав динамічною рівновагою. Для геосфер, не охоплених життям, характерна стійка динамічна рівновага. В біосфері динамічна рівновага не стійка. Це означає, що біосфера розвивається в процесі діяльності, самовдосконалюється, все більш повно, активно і в більшому масштабі накопичує, трансформує енергію, ускладнює свою організацію, збагачується інформацією.

Біогеохімічний цикл можна визначити як циклічне поетапне перетворення речовин та зміну потоків енергії з просторовим масоперенесенням, яке здійснюється за рахунок сумісної дії біотичної та абіотичної трансформації речовин. Біогеохімічні цикли становлять циклічні переміщення біогенних елементів: вуглецю, кисню, водню, азоту, сірки, фосфору, кальцію, калію та ін. – від одного компонента біосфери до інших так, що на певних етапах цього кругообігу вони входять до складу живої речовини.

Просторове переміщення речовин у межах геосфер, або, інакше кажучи, їх міграція, поділяється на п'ять основних типів:

1. Механічне перенесення (відбувається без зміни хімічного складу речовин).

2. Водне (міграція здійснюється внаслідок розчинення речовин та їх наступного переміщення у формі іонів або колоїдів). Це один із найбільш важливих видів переміщення речовин у біосфері.

3. Повітряне (перенесення речовин у формі газів, пилу або аерозолів із потоками повітря).

4. Біогенне (перенесення здійснюється за активної участі живих організмів).

5. Техногенне, що проявляється як результат господарської діяльності людини.

Обмінний та резервний фонди. Відомо, що з понад 90 хімічних елементів, які зустрічаються в природі, живим організмам необхідні 30 – 40. Деякі з них (вуглець, водень, азот) потрібні в значних кількостях, а інші в невеликих і навіть в незначних. Але, незалежно від потреб, всі ці речовини беруть участь в біогеохімічних кругообігах.

Біогеохімічний кругообіг має вигляд кола, спрямованого від автотрофів до гетеротрофів і навпаки. В природі елементи майже ніколи не поділяють рівномірно по всій екосистемі та знаходяться скрізь в різній хімічній формі. На шляху між гетеротрофами та автотрофами елементи надходять в *резервний фонд* – велика маса речовин, що рухаються повільно і переважно не пов'язаних з організмами. На відміну від нього, *обмінний фонд* – це швидкий обмін речовин між організмами та їх безпосереднім оточенням (має вигляд кола).

Залежно від природи резервного фонду виділяють *два основних типи біогеохімічних кругообігів*:

1) кругообіг газоподібних речовин з резервним фондом в атмосфері та гідросфері;

2) осадковий цикл з резервним фондом в земній корі.

Резервні фонди атмосфери та гідросфери легко доступні, тому вони є достатньо стійкими. Осадкові цикли, в яких участь беруть фосфор та залізо, менш стабільні, бо підпадають впливу різноманітних місцевих змін. Через те, що переважна кількість речовин зосереджена в малоактивному та малорухливому резервному фонді земної кори, частина матеріалу, що обмінюється виходить з кругообігу.

Обмінний фонд утворюється за рахунок речовин, які повертаються до кругообігу двома основними шляхами:

1) внаслідок первинної екскреції тваринами;

2) при розкладенні детриту мікроорганізмами.

Якщо обидва шляхи реалізують в одній екосистемі, то перший переважає там, де основний потік енергії іде через пасовищний поживний ланцюг (планктон тощо), а другий – через детритний поживний ланцюг (степ, ліс тощо).

Моделі кругообігу. Будь-яку екосистему можна уявити у вигляді ряду блоків, через які проходять різні матеріали і в яких ці матеріали можуть залишатись на певний час. В кругообігу мінеральних речовин, як правило, беруть участь три активних блоки: живі організми, мертвий органічний детрит та доступні неорганічні речовини. Два додаткових блоки – органічні речовини, які

осідають, та посередньо доступні неорганічні речовини – пов’язані з кругообігами біогенних елементів у певних периферійних ділянках загального циклу. Але обмін між цими блоками та іншою екосистемою загальмований порівняно з іншими блоками.

Процеси асиміляції та розпаду, завдяки яким відбуваються кругообіги біогенних елементів, тісно пов’язані з поглинанням та вивільненням енергії організмами. Критичними моментами біогеохімічних циклів є захоплення (рівень продуцентів) та повернення (рівень редуцентів) речовин з фізичного середовища. Вони пов’язані з реакціями відновлення за рахунок сонячного світла та окислення консументами з подальшим розсіюванням енергії. Речовини в екосистемах здійснюють майже повний кругообіг, потрапляючи спочатку в організми, потім до абіотичного середовища і знову до організмів.

Аналізуючи біогеохімічні цикли, В.І. Вернадський виявив концентраційну функцію живої речовини. Унаслідок реалізації цієї функції жива речовина вибірково поглинає з навколишнього середовища хімічні елементи. Якщо наша планета в цілому сформована зі сполук заліза, нікелю, магнію, сірки, кисню в першу чергу, то в результаті вибіркового поглинання та концентраційної функції біомаса має зовсім інший склад. Вона утворена з вуглецю, водню за порівняно малої участі інших елементів.

Хімічні елементи, що переважно беруть участь у побудові живої речовини і є необхідними для його синтезу, отримали назву біогенних. Концентраційна функція тварин та рослин по-різному реалізується в різних видів. Мають свої особливості й окремі біоми. Деякі вчені (Криволуцький, Покаржевський, 1986) за характером накопичення хімічних елементів поділяють організми тварин на три групи:

- 1) *накопичувачі* (концентрують певні елементи у своєму тілі);
- 2) *розсіювачі* (завдяки міграціям розсіюють хімічні елементи переважно на терені біому);
- 3) *очищувачі* (утримують певні елементи у своєму тілі меншою мірою, ніж одержують з їжі, і таким чином сприяють очищенню трофічних ланцюгів від даних елементів).

Накопичувачами та очищувачами є й рослини.

Біологічний кругообіг. В кожній екосистемі кругообіг речовин відбувається в результаті взаємодії автотрофів та гетеротрофів. Суть кругообігу в тому, що утворення живої речовини і розклад органічної речовини – два боки єдиного процесу. В процесі біологічного кругообігу атоми поглинаються живою речовиною і заряджаються енергією, а потім залишають живу речовину, віддаючи енергію, в оточуюче середовище. За рахунок біогенної енергії відбувається більшість хімічних реакцій. Біологічні кругообіги можуть бути різних масштабів і різної тривалості – від швидкого кругообігу в ґрунті, річці, озері до тривалого, який обіймає всю біосферу. Близько 40 хімічних елементів, що входять до складу біомаси, постійно циркулюють між живими та неживими компонентами екосистеми. Наведемо приклади кругообігу найбільш розповсюджених хімічних елементів.

Кругообіг Нітрогену. Нітроген (азот) у вигляді газоподібних сполук (N_2 , NH_3 , N_2O , NO , NO_2) знаходиться в повітрі, в живих організмах переважно у вигляді білків, нуклеїнових кислот, ферментів; у ґрунті – у вигляді солей амонію, нітратів і нітритів; тут завдяки численним мікроорганізмам – азотфіксаторам, нітрифікаторам, денітрифікаторам відбуваються найрізноманітніші біохімічні процеси. В біосфері фіксація нітрогену з повітря відбувається переважно біологічним шляхом і лише незначна кількість (менш як 35 мг/м^3) – у результаті фізико-хімічних процесів в атмосфері (електричні розряди та фотохімічні процеси).

Нітроген вступає в кругообіг виключно через кореневу систему у вигляді нітратів чи солей амонію або за допомогою симбіотичного зв'язку через бактерії, гриби та синьо-зелені водорості, які здатні фіксувати атмосферний азот.

Органічні сполуки, що містять нітроген, при розщепленні в організмі виділяються у вигляді аміаку чи солей амонію в природне середовище. В природі поклади KNO_3 (чилійської селітри) є лише в Чилі, де практично не буває дощів.

Кругообіг Карбону (вуглецю). В атмосфері міститься оксид карбону (IV) або вуглекислий газ (об'ємна частка становить 0,03%), оксид карбону (II) або чадний газ, як малі компоненти – вуглеводні, зокрема метан, та інші органічні сполуки. Карбон – основний хімічний елемент живої речовини, оскільки входить до складу білків, жирів, вуглеводів та інших речовин. При окисленні в процесі метаболізму органічних сполук утворюється оксид карбону (IV), що підтримує в крові сталу кислотність (карбонатна буферна система).

Сполуки карбону (у вигляді горючих корисних копалин і карбонатів, а також алотропних форм – алмазу і графіту) знаходяться в літосфері. У воді – карбонати і гідрокарбонати переважно кальцію і магнію, розчинений CO_2 , на дні – карбонатні мули, утворені хімічним шляхом чи внаслідок накопичення мертвих решток організмів, що будують своє тіло з карбонату кальцію.

Сполуки карбону у ґрунті – це переважно органічні речовини – рештки організмів, продукти їх метаболізму та CO_2 , що виділяється під час дихання організмів і розкладання органічних речовин в аеробних умовах. Оксид карбону (IV) рослини поглинають листям і кореневою системою для синтезу органічних сполук.

Людська діяльність значно впливає на кругообіг цього біофільного хімічного елемента. Сполуки карбону у вигляді оксидів потрапляють в атмосферу при спалюванні горючих корисних копалин, що їх запасла біосфера; вуглеводні – під час нафтовидобутку та нафтопереробки; численні нові органічні сполуки утворюються в процесах органічного синтезу.

Кругообіг Фосфору. Особливістю цього кругообігу є те, що він має лише одну газоподібну сполуку – фосфін PH_3 , який утворюється під час гниття органічних решток. Більшість фосфатів не розчинні у воді.

Мінералами є апатит і фосфорит. У ґрунті фосфор входить до складу решток мертвих організмів та їхніх екскрементів. Поширеним фосфоровмісним добривом є гуано-послід морських птахів.

Для підвищення родючості ґрунтів на поля вносять добрива, зокрема, фосфорні. Змивання їх у водойми спричинює евтрофікацію водойм (підвищення

біологічної продуктивності екосистеми внаслідок нагромадження біогенних елементів, головним чином нітрогену і фосфору). Сполуки фосфору накопичуються на дні водойм і в прибережній зоні морів та океанів у вигляді решток живих організмів і фосфатів. На суходіл потрапляють з рибою та під час видобування корисних копалин. Кислотні дощі прискорюють міграцію фосфору завдяки розчиненню фосфатів.

Кругообіг Сульфуру. Цей хімічний елемент має газоподібні сполуки: гідрогеносульфур та оксиди сульфуру (IV) і (VI).

Більшість сульфатів розчинні у воді, тоді як сульфідів (крім лужних металів і амонію) малорозчинні. Сульфур у складі органічних сполук міститься в живих організмах, горючих корисних копалинах. У ґрунті діють численні мікроорганізми, що перетворюють сульфідів на сульфати та сірку і навпаки. Під час гниття органічних решток виділяється токсичний гідрогеносульфур (сірководень, H_2S), що отрує водні організми; з іншого боку, H_2S може осаджувати катіони важких металів у вигляді малорозчинних сульфідів, сприяючи самоочищенню водойм.

Великі кількості оксидів сульфуру утворюються при спалюванні сміття, добуванні металів із сульфідів, у виробництві та використанні сульфатної кислоти.

У літосфері існує самородна сірка, малорозчинні у воді сульфідів багатьох металів у вигляді мінералів: свинцевий блиск PbS , пірит FeS_2 , цинкова обманка ZnS , кіновар HgS , реальгар Ag_2S ; розчинні сульфати: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ – мірабіліт, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – гіпс, $CaSO_4$ – ангідрид.

Значні кількості сульфат-іонів містяться в природних водах, особливо мінералізованих; деякі мінеральні води збагачені гідрогеносульфуром (сірководнем). Сірководневі зони існують і в морях та океанах – це мертві зони, хоча гідрогеносульфур і є джерелом енергії для хемосинтезуючих організмів. Таким чином, для всіх без винятку екосистем характерний *кругообіг речовин*.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Опрацюйте теоретичний матеріал щодо кругообігу речовин у біосфері за літературними джерелами та дайте характеристику біологічному кругообігу речовин в біосфері, заповніть табл. 22.

Таблиця 22 – Характеристика кругообігу речовин в біосфері

Хімічний елемент	Місця акумуляції	Роль живих організмів в кругообігу	Наслідки антропогенного втручання в кругообіг
Карбон			
Оксиген			
Нітроген			
Фосфор			
Сульфур			

Завдання 2. Розгляньте рис. 12 та визначить, колообіг якого елемента зображено на малюнку? Яку роль у ньому відіграють мікроорганізми, які існують на корінні бобових? З чим пов'язана неврівноваженість цього колообігу? Які можливі шляхи підтримання рівноваги цього колообігу?

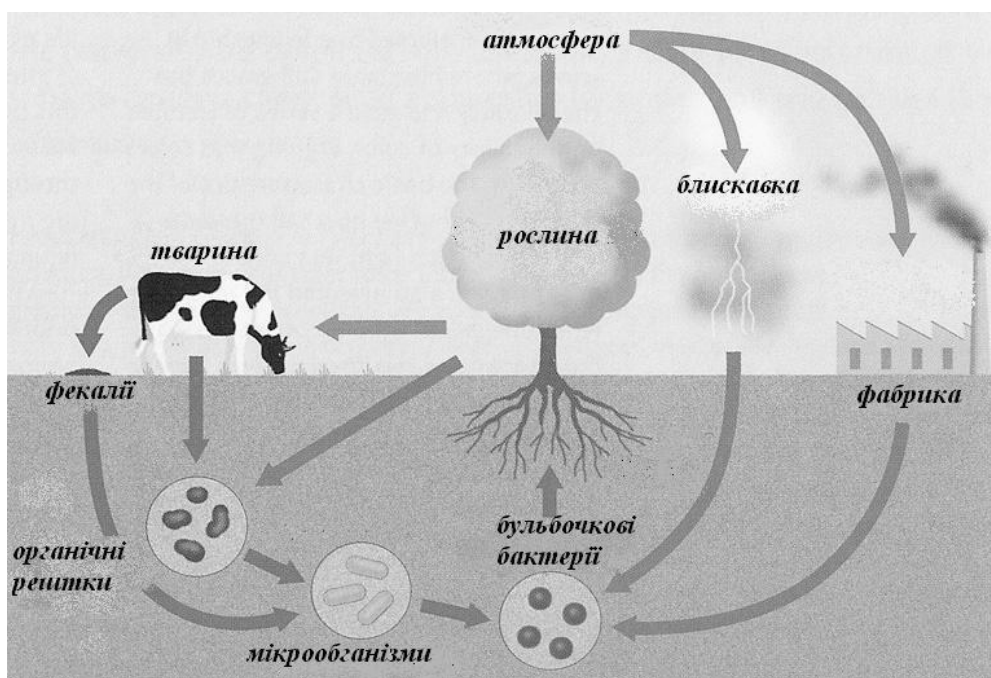


Рис. 12 – Кругообіг певного біогенного елемента.

Завдання 3. Розгляньте рисунок 13 і визначте колообіг якого хімічного елемента зображено? Назвіть шляхи урівноваження цього колообігу.

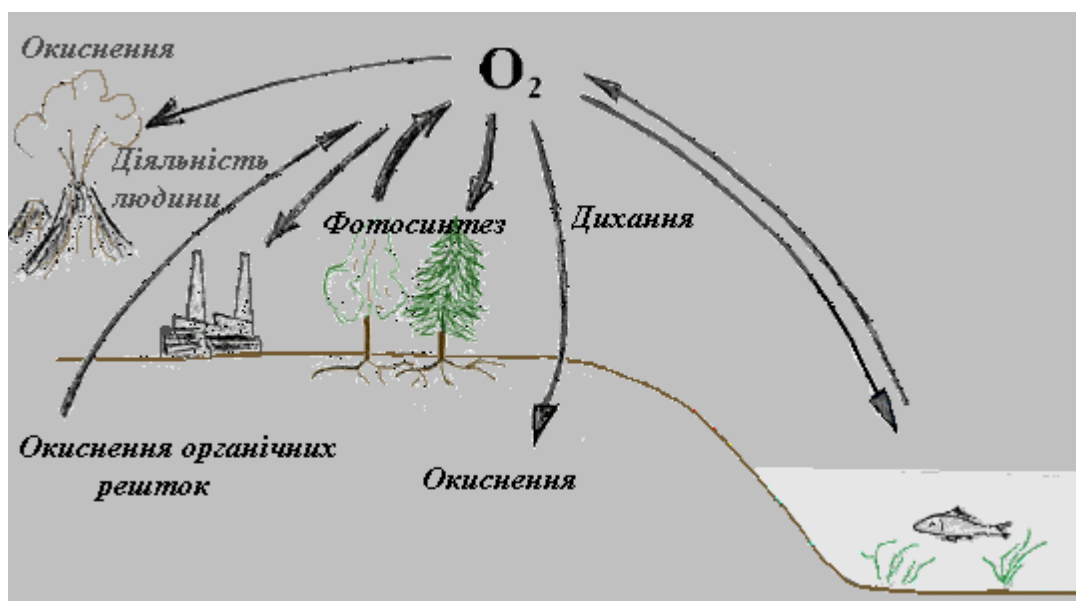


Рис. 13 – Кругообіг певного біогенного елемента.

Завдання 4. Назвіть рушійні сили колообігу, що зображений на рис. 14, та вкажіть його значення.

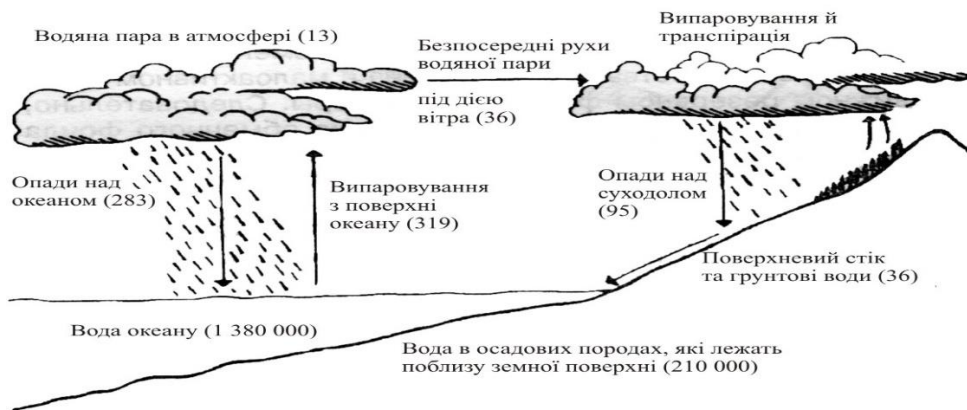


Рис. 14 – Колообіг певного біогенного елемента.

Завдання 5. Розгляньте колообіг сірки (рис. 15), вкажіть типи найбільшого антропогенного втручання та позначте їх на схемі колообігу. Запропонуйте шляхи зменшення негативного впливу людини на колообіг та зробіть висновки.

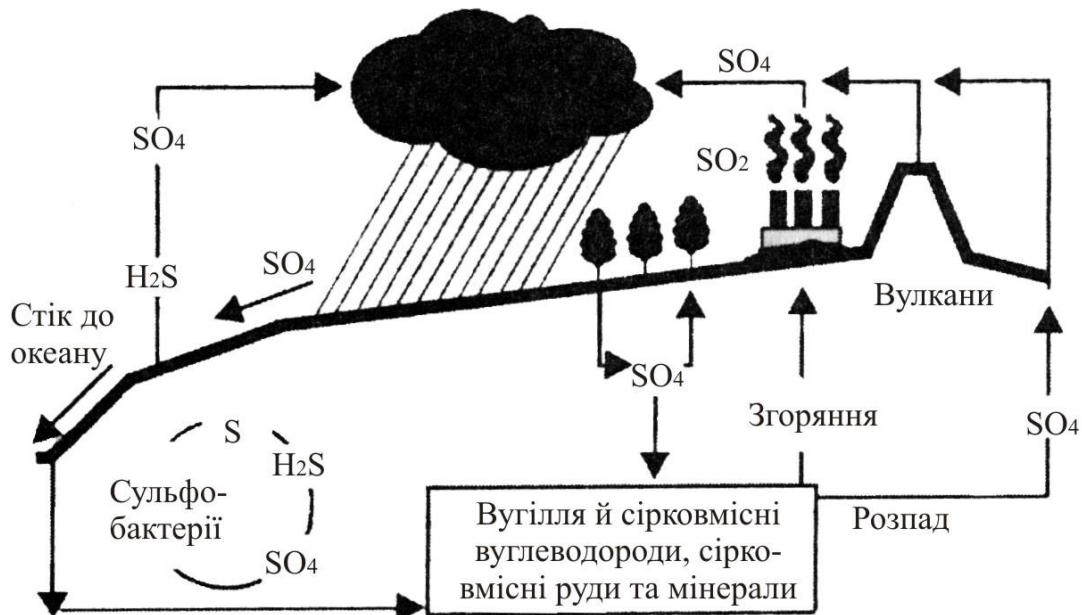


Рис. 15 – Колообіг сірки.

Завдання 6. Розгляньте рисунок 16 та визначить колообіг якого хімічного елементу зображено? Які процеси ініціюють цей колообіг на суші? Де знаходиться депо цього елементу?

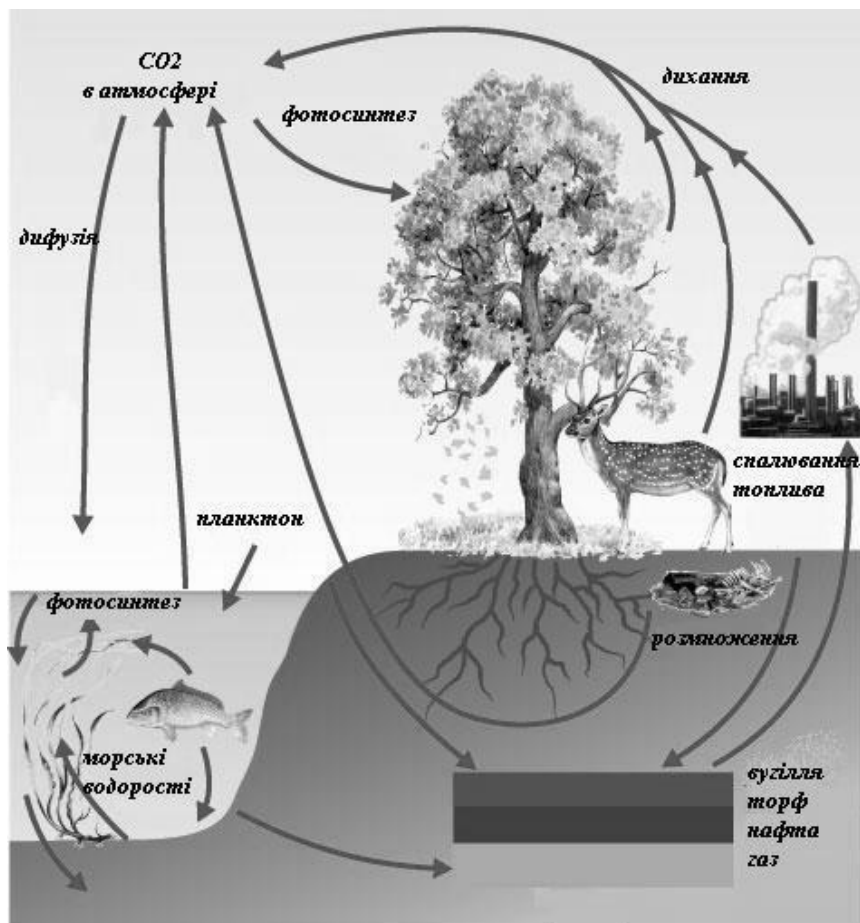


Рис. 16 – Колообіг певного біогенного елементу.

Контрольні питання:

1. Які речовини входять до складу біосфери?
2. Що таке косна речовина біосфери?
3. Які закономірності існують у розподілі хімічних елементів у біосфері?
4. У чому полягає закон біогенної міграції атомів хімічних елементів? Хто його сформулював?
5. У чому полягає значення колообігів хімічних елементів?
6. Що таке біологічний кругообіг? Навести приклади кругообігу основних хімічних елементів.
7. З'ясувати, у чому полягає безумовна важливість для живих організмів наявності атмосфери?
8. Проаналізувати рівень замкнутості біогеохімічних циклів.
9. Яке значення мають відходи біогеохімічних циклів для живих організмів?
10. Пояснити, чому хімічні зміни в біосфері, що виникають внаслідок антропогенних впливів, є практично некерованими і здатними до саморозвитку?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Тема: Антропогенний вплив на біосферу

Мета: Навчитися визначати запаси гумусу у кореневмісному шарі ґрунту та економічні збитки від дегуміфікації.

Обладнання та матеріали: довідкові матеріали, схеми, таблиці, калькулятор, статистичні дані.

План вивчення теми

- 1) Науково-технічний прогрес і проблеми екології.
- 2) Екологічні проблеми України.
- 3) Види антропогенного забруднення довкілля та їх характеристика.
- 4) Ґрунт як біокосний елемент екосистеми.
- 5) Забруднення та деградація ґрунту.

Питання до самопідготовки:

1. Джерела екологічної кризи ХХ століття та її вплив на біосферу.
2. Форми та механізми деградації біосфери.
3. Особливості антропогенного впливу на довкілля.
4. Антропогенний вплив на атмосферу.
5. Антропогенний вплив на ґрунти.
6. Відходи сільськогосподарського виробництва.

Теоретичні відомості

Взаємодіючи з природою, людина завжди прагнула поліпшити свій добробут, зробити життя більш комфортним і матеріально забезпеченим. Це обумовило збільшення виробництва необхідної продукції промисловості та сільського господарства і призвело до необмеженого використання різноманітних природних ресурсів. Виробництво продукції, як відомо, пов'язане з утворенням відходів, які, потрапляючи у навколишнє природне середовище, забруднюють його. Крім того, в процесі життєдіяльності людина цілеспрямовано перетворює природу, створюючи на місці природних систем техногенні об'єкти та території – міста та промислові комплекси, дороги та лінії електропередач, водосховища та кар'єри. Процес незворотного перетворення людиною частин біосфери на техногенні об'єкти та території дістав назву техногенезу, а частина біосфери, штучно перетворена в результаті життєдіяльності людини і заповнена її продуктами, називається техносферою (техногенно змінена оболонка біосфери).

Розвиток промислового виробництва, заснованого на використанні ресурсного і технологічного потенціалу, неминуче породжує дисгармонію у системі «природа – суспільство». Свідченням цього є техногенна деградація природних ресурсів, ландшафтів та ін.

Україна є одним із тих регіонів планети, де рівень антропогенного забруднення середовища досить високий. У промислових районах країни

(Придніпров'я, Донбас, частково Причорномор'я) природне середовище суттєво забруднюють викиди шкідливих речовин в атмосферу і водойми. У сільськогосподарських районах (Західне Полісся, Карпати, Крим) наявне забруднення ґрунтів залишками мінеральних добрив і пестицидів. Тут же, як правило, унаслідок високої розораності земель сильно розвинені ерозійні процеси. В Україні відносно чисті території не перевищують 7% від загальної площі, а на 68% екологічна ситуація є несприятливою для здоров'я людини. У багатьох країнах території екологічних катастроф досягають 1% загальних їх площ.

Грандіозні науково-технічні досягнення останніх десятиріч супроводжуються виникненням не менш значних глобальних екологічних проблем: зникненням сотень біологічних видів, надмірним забрудненням природних вод, винищенням лісів, деградацією орних земель, появою озонових «дірок» і, врешті-решт, поглибленням соціально-економічної кризи, яка призводить до голоду сотні мільйонів людей.

Забруднення – це внесення в навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних хімічних і біологічних речовин, агентів або внесення в надлишковій кількості будь-яких уже відомих речовин, які чинять шкідливий вплив на природні екосистеми й людину і яких природне середовище не здатне позбутися самоочищенням. Речовини або явища, які спричиняють це забруднення, називаються *забрудниками (полютантами)*.

Розрізняють *природне* забруднення, яке виникає внаслідок потужних природних процесів (виверження вулканів, лісові пожежі, вивітрювання тощо) без будь-якого впливу людини, і *антропогенне*, яке є результатом діяльності людини й інколи за масштабами впливу переважає природне. Різні типи забруднення можна розділити на три основні групи: фізичне, хімічне та біологічне.

Фізичне забруднення пов'язане зі змінами фізичних, температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів зовнішнього середовища. Зокрема, тепловий вплив проявляється в погіршенні режиму земної поверхні та умов життя людей. Джерелами теплового забруднення в межах міських територій є: підземні газопроводи промислових підприємств (140–160°C), теплотраси (50–150°C), збірні колектори і комунікації (35–45°C) тощо. До фізичного забруднення можна віднести вплив шуму й електромагнітне випромінювання, джерелами якого є високовольтні лінії електропередач, електропідстанції, антени радіо- і телекомунікаційних станцій, а останнім часом також деякі побутові електроприлади. Встановлено, що при тривалому впливі електромагнітних полів навіть у здорових людей спостерігається перевтома, головний біль, почуття апатії та ін.

Хімічне забруднення – збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також: проникнення (введення) в нього хімічних речовин, не притаманних йому або в концентраціях, котрі перевищують норму. Найнебезпечнішим для природних екосистем і людини є саме хімічне забруднення, яке отруєє навколишнє середовище різними токсикантами (аерозолі, хімічні речовини, важкі метали, пестициди, пластмаси, детергенти та

ін.). За підрахунками спеціалістів, у наш час у природному середовищі міститься 7–8,6 млн. хімічних речовин, причому їхня кількість щорічно поповнюється ще на 250 тис. нових сполук. Багато хімічних речовин мають канцерогенні та мутагенні властивості, серед яких особливо небезпечними є 200 (список складений експертами ЮНЕСКО): бензол, азбест, бензапірен, пестициди, важкі метали (особливо ртуть, свинець, кадмій), харчові добавки і різноманітні фарбники.

Біологічне забруднення – випадкове або пов'язане з діяльністю людини проникнення в екосистеми не притаманних їм рослин, тварин і мікроорганізмів (бактеріологічне); часто справляє негативний вплив при масовому розмноженні нових видів.

Особливо забруднюють середовище підприємства, які виробляють антибіотики, ферменти, вакцини, сироватки, кормовий білок, біоконцентрати та ін., тобто підприємства промислового біосинтезу, в викидах якого наявні живі клітини мікроорганізмів. До біологічного забруднення можна віднести надмірну експансію живих організмів. Так, у містах наявність звалищ, несвоєчасне прибирання побутових відходів призвели до значного збільшення синантропних тварин: щурів, комах, голубів, ворон та ін.

Забруднювачі бувають також *первинні* (безпосередньо з джерела забруднення) і *вторинні* (внаслідок розкладу первинних або хімічних реакцій). Ще виділяють забруднювачі *стійкі* (ті, що не розкладаються), які акумулюються в трофічних ланцюгах.

Проникнення різних забруднювачів у природне середовище може мати небажані наслідки: завдання шкоди рослинності і тваринному світу (зниження продуктивності лісів і культурних рослин, вимирання тварин); порушення стійкості природних біогеоценозів; втручання в біогеохімічні цикли тощо.

Для стійкості біогеохімічних циклів велике значення мають депо біогенних хімічних речовин в ґрунті. Ґрунт – це особливе за своїми властивостями природне тіло. У біосфері ґрунт виконує безліч специфічних функцій. Він забезпечує рослини всіма необхідними поживними речовинами, утримує в собі велику кількість вологи, перешкоджає її швидкому стоку до рік. У сільському господарстві ґрунт є компонентом виробництва.

Ґрунти в різних біомах та різних природних зонах досить сильно різняться між собою. У помірних широтах властивості ґрунтів такі, що сприяють утриманню гумусом катіонів та аніонів біогенних елементів, їх вивільнення відбувається поступово, і це забезпечує збереження родючості ґрунту на довгий час, а також створення біологічної продукції. У протиположному в тропіках, завдяки високій температурі та вологості, мінералізація йде досить швидко. Видужування ґрунтів та вимивання з них іонів мінеральних речовин проходять досить активно. Тому агроекосистеми тропічних широт порівняно з екосистемами помірних зон більш вразливі та швидше деградують. Цей процес тут часто завершується запустелюванням та виключенням території із сільськогосподарського використання.

Важливими учасниками біогеохімічних циклів є ґрунтові мікроорганізми. Ґрунт одночасно служить депо для багатьох речовин, за рахунок якого гасяться

флуктуації, що виникають при переході речовин з однієї ланки біогеохімічного циклу до іншої. Особливо важливий з цього погляду гумус ґрунту. У ньому продукти розкладу органічних речовин утримуються тривалий час. Наприклад, у дерново-підзолистому ґрунті обсяг можливих нових включень органічної речовини складає 300 кг/га, у чорноземах – 160 кг/га.

Чимало речовин, що надходять до ґрунту, можуть утримуватися в ньому за рахунок адсорбції та інших фізико-хімічних процесів. Ємність ґрунтів за рахунок такого типу поглинання сягає 225 кг/га на рік.

За час розвитку людської цивілізації площі ґрунтів, придатних для землеробства, безперервно скорочуються. Це відбувається в результаті відведення земель під міське та сільське будівництво, транспортні комунікації, ложа водосховищ та на інші потреби. Забруднення ґрунтів полягає в тому, що до них надходять нові, нехарактерні для них речовини, або поселяються та розмножуються в них нові мікроорганізми.

У другій половині ХХ століття внаслідок забруднення стала характерною масова деградація ґрунтів із втратою їх основної властивості – родючості.

Деградація ґрунтів – це поступове погіршення їх властивостей, яке відбувається головним чином під впливом антропогенної діяльності та призводить до часткової або повної втрати родючості. Деградація ґрунтів може відбуватись за рахунок дегуміфікації. *Дегуміфікація* – це процес поступового зниження вмісту гумусу у ґрунтах, що спостерігається із початком їх сільськогосподарського використання.

Факторів деградації ґрунтів дуже багато. Головні з них такі:

- 1) *неправильне землекористування*, що призводить до втрати родючого шару ґрунту при ерозії;
- 2) *знищення екосистем*, у межах яких формувався даний тип ґрунту;
- 3) *забруднення промисловими*, сільськогосподарськими та побутовими відходами;
- 4) *зміни кліматичних факторів* і, в першу чергу, гідрологічних умов.

Залежно від регіону та умов господарювання на перший план у деградації ґрунтового покриву може висуватися будь-який із цих факторів.

Екосистеми і біосфера в цілому все більше втрачають здатність до саморегуляції та самопідтримки. У кінцевому підсумку це надає кругообігу речовин на земній кулі якісно нового та непередбачуваного характеру. Сама стабільність функціонування біосфери опинилася під загрозою. Забрудненням та деградацією охоплені всі геосфери Землі. Повітря, вода та ґрунт стали втрачати свої основні природні властивості.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання. За дослідженнями М.Г. Пляхи, проведеними на чорноземі звичайному важкосуглинковому Кіровоградської дослідної станції, одержано такі результати (табл. 23).

Визначити: зміни запасів гумусу у кореневмісному шарі ґрунту за 40-річний період та економічні збитки від дегуміфікації. За даними професора О.І. Бацули 1 т втраченого гумусу еквівалентна 500 грн.

Запаси гумусу розраховують за формулою:

$$Z = A \cdot d_v \cdot h, \quad (16)$$

де A – вміст гумусу, %; d_v – щільність складення ґрунту, г/см³; h – глибина шару, см.

Таблиця 23 – Зміни гумусу в ґрунті за 40-річний період часу в шарі ґрунту 0–60 см, т/га

Глибина, см	1958 р.			1998 р.			Зниження гумусу	
	Вміст гумусу, %	Щільність складення, г/см ³	Запаси гумусу, т/га	Вміст гумусу, %	Щільність складення, г/см ³	Запаси гумусу, т/га	%	т/га
0–20	6,5	1,25		4,9	1,27			
20–30	5,3	1,28		4,8	1,25			
30–40	5,2	1,30		3,9	1,32			
40–50	4,5	1,28		3,3	1,34			
50–60	4,1	1,31		2,8	1,33			
Всього								

Контрольні питання:

1. Що таке антропогенне забруднення?
2. Назвати основні види забруднення природного середовища?
3. Які основні фактори, що призводять до деградації ґрунту?
4. Що таке природне забруднення?
5. Назвати якими речовинами забруднюються атмосфера, ґрунти.
6. Що таке дегуміфікація ґрунту та чому вона виникає?
7. Яка роль гумусу в родючості ґрунту?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Тема: Екологічна діагностика стану довкілля

Мета: Навчитись оцінювати якість води водного об'єкту за допомогою біологічного методу.

Обладнання та матеріали: гідробіологічний матеріал щодо видового складу та чисельності макрозообентосу певної водної екосистеми, таблиці, визначники водних організмів (личинок волохокрильців, личинок одноденок, личинок хірономід, личинок бабок, водних жуків та напівжосткокрилих, гамарид, п'явок, олігохет), калькулятор.

План вивчення теми

- 1) Біологічний метод в оцінці забруднення довкілля.
- 2) Біоіндикаційні дослідження екосистем.
- 3) Аналітичні методи дослідження.
- 4) Переваги живих організмів в біоіндикаційних дослідженнях.
- 5) Біоіндикаційні індекси.

Питання до самопідготовки:

1. Антропогенне забруднення гідросфери.
2. Біологічні індикатори забруднення гідросфери.
3. Організми зообентосу в біоіндикаційних дослідженнях.
4. Екологічне нормування антропогенних навантажень.
5. Сапробіологічна оцінка стану водних екосистем.
6. Види-індикатори та їх характеристика.

Теоретичні відомості

На сучасному етапі розроблено багато *методів збору інформації* про стан біосфери, що є одним з найголовнішим завдань екології. Контроль сучасного стану біосфери в цілому чи в межах її окремих складових, збір екологічних даних у межах окремих континентів, їх частин або акваторій, порівняльний аналіз екологічної інформації з різних регіонів земної кулі з метою визначення динаміки екологічних ситуацій і можливих біосферних змін здійснюється за допомогою екологічного моніторингу навколишнього середовища – системи режимних довгострокових безперервних спостережень за станом довкілля.

Серед можливих підходів до оцінки забруднення довкілля важливе місце займає **біологічний метод**. Підґрунтям методу є те, що тварини та рослини мають здатність тривалий час існувати лише в певних умовах. Кожен організм чи біологічний вид завдяки своїм морфологічним або фізіологічним особливостям відзначаються більшою чи меншою чутливістю та витривалістю, до зміни цих умов. Визначальними для кожного живого організму є наявність у середовищі кисню для дихання, відсутність шкідливих речовин та наявність поживних. Наявність або відсутність того чи іншого виду у біоценозі, характеризує стан середовища. Види, за якими визначають особливості середовища, де ці види мешкають, називають видами-індикаторами.

Умови існування організмів у природі змінюються під впливом як природних причин (зміна дня і ночі, погодних умов, пори року тощо), так і під впливом діяльності людини (антропогенні зміни). Антропогенні зміни, як правило, мають катастрофічний характер, тому частина організмів чи видів зі слабкою витривалістю не встигає пристосовуватись до них. Частина видів гине, або не може розмножуватись в змінених умовах, через що порушується біологічна рівновага в екосистемах. Ця рівновага підтримується за рахунок численних динамічних зв'язків організмів між собою та з оточуючим середовищем. Відповідно, коли ця рівновага порушується під впливом забруднень, це позначається на кількісних і якісних характеристиках наявних угруповань біоти. Відбуваються перебудови в їх структурі. Наприклад, вже при

найменшому антропогенному забрудненні, яке важко визначити навіть гідрохімічними методами, відбуваються зміни видового складу угруповань та співвідношення у них видів. *Біологічний метод* саме й ґрунтується на аналізі цих змін.

Вивчення наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище неможливе без застосування *методів біологічної індикації*, яка інформує про реакцію організмів на стресові фактори. На сьогодні одним із напрямів природоохоронних досліджень є розробка інформативних показників екологічного стану екосистем і надійних, доступних методів їх визначення. Ці показники і методи необхідні для адекватного визначення якості об'єктів довкілля, регламентації їх використання. Спостереження за станом біотичної компоненти біосфери, її реакцією на антропогенні впливи, відхилення від нормального, природного стану на різних рівнях (молекулярному, клітинному, організменому, популяційному й біоценологічному) являє собою *біологічний моніторинг*. Він пов'язаний з двома дуже близькими напрямами – **біоіндикацією** та **біотестуванням**.

Біоіндикація (грец. *bios* – життя і лат. *indico* – вказую) – це визначення біологічно значущих навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань, що в повній мірі відноситься до всіх видів антропогенних забруднень. Застосування біологічних методів для оцінки якості середовища передбачає виділення видів тварин та рослин, які чуйно реагують на той чи інший тип впливу. Тому дуже важливим є вивчення вибірки та її чисельності, яка необхідна для розуміння властивостей або ознак генеральної сукупності біологічних об'єктів. Наука про статистичний аналіз групових якостей значень у біології називається біометрією. Її методи засновані на теорії ймовірності та теорії помилок.

На сьогодні система оцінки стану довкілля визначається за допомогою гранично допустимих концентрацій (далі – ГДК) хімічних речовин, які визначаються державними органами охорони здоров'я. При визначенні ГДК та подальшому контролі забруднень застосовують хімічні, фізичні, фізико-хімічні й біохімічні методи. Всі ці методи є інформативними для людини, досить коштовні та потребують великих матеріальних витрат. Для оцінки ж стану довкілля інформація щодо ГДК виявляється недостатньою, оскільки багато політантів здатні трансформуватися в довкіллі та живих організмах у більш або менш токсичні з'єднання (прикладом такої трансформації може бути перетворення в мікроорганізмах металічної ртуті в високотоксичну сполуку – метилртуть). Варто відмітити, що ГДК не враховують вплив певних концентрацій забруднень на різні вікові категорії населення, сумарний ефект впливу речовин тощо. На жаль, сьогодні прихильники інструментальних методів досліджень нехтують біоіндикацією, аргументуючи це тим, що за допомогою даного методу не завжди можна встановити точну концентрацію токсичної речовини в середовищі. Проте для оцінки стану навколишнього природного середовища доцільно використовувати критерії, які інформують про вплив антропогенних факторів на специфічні ознаки біоіндикаторів, а не тільки про концентрацію того чи іншого забруднювача.

Використання тільки кількісних аналітичних методів дослідження водотоків дозволяє визначити якість води лише на момент відбору проб. Однак більшість біоіндикаторів не можуть миттєво реагувати на зміну екологічних умов, тому що їх індикаторними властивостями є популяційні процеси, які можуть відобразити усереднену якість води за останній рік чи декілька років та спрогнозувати її стан в майбутньому. Для адекватного екологічного нормування необхідно не лише вибирати найбільш показові абіотичні і біотичні характеристики екосистеми, але і обов'язково враховувати самі закономірності реакції біоти на зміни середовища.

При *біоіндикації* застосовують переважно (окремо чи в синтезі) два основних принципи виявлення організмів-індикаторів та аналіз видової структури біоценозів. Більш рідко стан екосистеми оцінюється за функціональними характеристиками.

У науковій літературі під **біологічним аналізом** розуміють оцінку якості води за окремими індикаторними видами та їх кількісним співвідношенням, а також за складом водного населення (видового різноманіття водної екосистеми). В основу біоіндикації покладено такі показники як структура популяцій гідробіонтів, а також характеристика санітарно-біологічного стану водойм (наприклад, визначення ступеня сапробності окремих зон водойми тощо).

Під час прогнозування екологічного стану водойм, часто не звертають увагу на те, що вплив антропогенних чинників на біоценоз спирається головним чином на реакціях його популяцій. З одного боку популяції еволюціонують – в напрямку пристосування до популяцій інших видів, а з іншого боку – в напрямку утворення механізмів, які забезпечують їх відносну самостійність. Кожна видова популяція має досить суттєвий діапазон мінливості параметрів, що забезпечує її динамічну стабільність в різноманітних біотичних та абіотичних умовах середовища.

Реакції популяції на дію будь яких нових факторів середовища, в тому числі й антропогенних завжди неспецифічні. Стійкість популяції в природних умовах залежить від амплітуди мінливості чисельності, генетичної гетерогенності та особливості організації особин у просторі. Чим більш виражена природна мінливість чисельності, генетична мінливість та диференціація населення популяції у просторі тим вона більш стійка до дії будь якого фактора, в тому числі й антропогенного.

Важливу роль як у процесах самоочищення, так і в *біоіндикації* якості води відіграють представники зообентосу. Вони є дуже чутливими до змін хімічного складу води й надходження до екосистеми чужорідних елементів.

Визначення забруднення вод за якісним та кількісним складом донних безхребетних має найбільші переваги, оскільки донні організми реагують не на окремий фактор, а на загальну екологічну ситуацію, що дозволяє отримувати свідчення про кумулятивну дію ступеня забруднення водойми. Організми зообентосу внаслідок характерного для них достатньо тривалого життєвого циклу, високої чисельності та малорухливості, а також можливості їх більш

точного визначення до виду, знайшли широке застосування в існуючих методах визначення якості вод.

Переваги живих організмів, яких використовують в якості біоіндикаторів полягають в тому, що вони:

1) акумулюють всі біологічно активні речовини, віддзеркалюючи стан довкілля в цілому;

2) випереджають хімічні методи вимірювання біологічних параметрів, оскільки живі організми постійно присутні в оточуючому середовищі і реагують на тимчасові й залпові викиди токсинів, які не реєструються при хімічному контролі з періодичним відбором проб на аналізи;

3) віддзеркалюють швидкість змін, що відбуваються в природному середовищі;

4) виказують шляхи і місця накопичення різного роду забруднень в екологічних системах та можливі шляхи надходження цих агентів до їжі людини;

5) дозволяють судити про ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи та людини;

6) надають можливість контролювати дію багатьох синтезованих людиною сполучень;

7) допомагають нормувати припустиме навантаження на екосистеми, що відрізняються за своєю стійкістю до антропогенного впливу, оскільки однаковий склад та обсяг забруднення може викликати різні реакції природних екосистем в різних географічних зонах.

В сучасний період в біоіндикації використовуються десятки різноманітних методів, застосовуються сотні індексів якості вод та стану водних екосистем, частина з яких базуються на принципі зникнення певних видів або груп макробезхребетних за умови погіршення середовища їх мешкання.

Для біологічного аналізу забруднення води також широко використовують різноманітні біотичні індекси. Їх позитивною рисою є поєднання принципів індикаторного значення видів та змін різноманіття форм в умовах забруднення водних екосистем з добре розвиненою вищою водною рослинністю. Остання сприяє розвитку водних стадій комах і надає змогу використовувати їх у якості біоіндикаторів.

Біотичні індекси головним чином ґрунтовані на двох параметрах бентосного угруповання: загальне різноманіття водних безхребетних та наявність у водоймі організмів, що належать до «індикаторних» груп. При підвищенні ступеня забрудненості водойми представники цих «індикаторних» груп бентосу зникають із угруповання в певному порядку.

Для визначення якості вод використовується видова структура макрозообентосу, фітофільної макрофауни та епіфауни твердих субстратів. Розрахунки біотичних індексів проводять як за складом окремих біотичних комплексів, так і за структурою макрофауни безхребетних в цілому. Для аналізу використовуються максимальні з отриманих протягом вегетаційного сезону значення індексів, які нівелюють сезонні зміни у складі комплексів макробезхребетних, агрегованість поселень та похибки у відборі гідробіологічних проб.

Отже, *біоіндикація* – економічно ефективний метод контролю якості середовища існування, вартість гідробіологічних досліджень значно менше, ніж постійний аналітичний контроль якості води водної екосистеми в одній точці. Використання *методів біоіндикації* виправдано, оскільки з їх допомогою можливо спростити програму робіт без збитків для якості отримуваної інформації.

Таким чином, екологічна діагностика стану довкілля є джерелом необхідної інформації для прийняття управлінських рішень щодо природоохоронних заходів і вироблення стратегії гармонізації співіснування природи і суспільства.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Схема виконання:

Для оцінки якості води за Бельгійським біотичним індексом (ВВІ) необхідно:

- 1) оцінити загальне різноманіття зообентосу у пробі;
- 2) визначити групи організмів-індикаторів у пробі (табл. 24);
- 3) знайти бал біотичного індексу для водойми (табл. 26).

Бал індексу визначають за таблицею на перетині рядка (значення загальної кількості індикаторних груп) і стовпчика (індикаторної групи), починаючи з личинок веснянок та личинок волохокрильців (родина *Heptageniidae*).

Таблиця 24 – Практичні межі виявлення таксонів у Бельгійському біотичному індексі (Belgian Biotic Index)

№	Індикаторні групи
1	кожен з відомих родів плоских червів (<i>Plathelminthes</i>)
2	кожна з відомих родин малощетинкових червів (<i>Oligochaeta</i>)
3	кожен з відомих родів п'явок (<i>Hirudinea</i>)
4	кожен з відомих родів молюсків (<i>Gastropoda + Bivalvia</i>)
5	кожна з відомих родин ракоподібних (<i>Crustacea</i>)
6	кожен з відомих родів личинок веснянок (<i>Plecoptera</i>)
7	кожен з відомих родів личинок одноденок (<i>Ephemeroptera</i>)
8	кожна з відомих родин личинок волохокрильців (<i>Trichoptera</i>)
9	кожен з відомих родів личинок бабок (<i>Odonata</i>)
10	кожен з відомих родів личинок вислокрилок (<i>Megaloptera</i>)
11	кожен з відомих родів водяних клопів (<i>Heteroptera</i>)
12	кожна з відомих родин жуків (<i>Coleoptera</i>)
13	кожна з відомих родин ряду двокрилих <i>Diptera</i> (за виключенням <i>Chironomidae</i> , які розділені на 2 групи: <i>Chironomidae thummi-plumosus</i> та <i>Chironomidae non-thummi-plumosus</i>)
14	представники водяних кліщів (<i>Hydracarina</i>)

За діючими стандартами Бельгії значення індексу ВВІ відповідають певним класам якості води та зонам сапробності (див. табл. 25).

Значення біотичного індексу вимірюється в балах від 0 до 10:

- 0–2 – V клас якості води (дуже брудні);
 3–4 – IV клас якості води (брудні);
 5–6 – III клас якості води (помірно забруднені);
 7–8 – II клас якості води (досить чисті);
 9–10 – I клас якості води чисті (не забруднені).

Таблиця 25 – Класифікація якості води за біотичним індексом

Індекс ВВІ	
Бали	Зона сапробності
0–2	полісапробна
3–4	α -мезосапробна
5–6	β -мезосапробна
7–8	олігосапробна
9–10	

Таблиця 26 – Робоча шкала для визначення індексу (ВВІ)

Індикаторні групи	Видове багатство	ВВІ при загальній кількості індикаторних груп				
		0–1	2–5	6–10	11–15	> 16
Plecoptera, Ephemeroptera (родина Neptageniidae)	≥ 2	–	7	8	9	10
	1	5	6	7	8	9
Trichoptera (з чехликами)	≥ 2	–	6	7	8	9
	1	5	5	6	7	8
Ancyliidae, Ephemeroptera (виключаючи Neptageniidae)	≥ 2	–	5	6	7	8
	1	3	4	5	6	7
Aphelocheirus, Odonata, Gammaridae, Mollusca (виключаючи Sphaeriida)	≥ 1	3	4	5	6	7
Asellidae, Hirudinea, Sphaeriidae, Hemiptera (виключаючи Aphelocheirus)	≥ 1	2	3	4	5	–
Tubificidae, <i>Chironomus thummi – plumosus</i>	≥ 1	1	2	3	–	–
Syrphidae – Eristalinae	≥ 1	0	1	1	–	–

Довідкова інформація:

У Бельгії біологічна оцінка якісного стану водних об'єктів виконується з 1978 року за допомогою біотичного індексу. Ця оцінка заснована на модифікації біотичного індексу р. Трент і французького біотичного індексу. В даний час він затверджений у Бельгії як стандарт NBN T92-104, 1984.

Завдання. Використовуючи індекс ВВІ встановити якість води дослідженого водотоку, використовуючи дані, які представлені у таблиці 27.

Таблиця 27 – Макробезхребетні р. Мокра Московка 2009 р.

Таксони	Кількість організмів в пробі					
	С _{т.} 1	С _{т.} 2	С _{т.} 3	С _{т.} 4	С _{т.} 5	С _{т.} 6
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne)	422	7	9	540	–	1
<i>Gammarus lacustris</i> Sars	–	–	3	–	–	–
<i>Baetis buceratus</i> Eaton	–	–	–	–	41	–
<i>Cloeon dipterum</i> (L.)	1	–	9	2	–	1
<i>Caenis horaria</i> (L.)	2	–	–	–	–	–
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Pict.)	1	157	–	–	36	8
<i>Limnephilus stigma</i> Curtis	2	–	–	–	–	–
<i>Ilybius</i> sp.	1	–	–	–	–	–
<i>Platambus maculatus</i> (L.)	–	–	1	–	–	–
<i>Hydrobius fuscipes</i> (L.)	–	–	4	–	–	–
<i>Hydrochus</i> sp.	–	–	6	–	–	–
<i>Nepa cinerea</i> (L.)	–	–	1	–	–	–
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.)	–	–	1	–	–	–
<i>Cricotopus silvestris</i> (Fabricius)	195	43	–	–	–	–
<i>Ablabesmyia monilis</i> (L.)	1	–	–	–	–	–
<i>Ablabesmyia lentiginosa</i> (Fries)	–	–	4	–	24	21
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kief.)	–	–	–	40	–	–
<i>Tanytus vilipennis</i> (Kieffer)	–	–	–	1	–	–
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	–	1	–	1	–	–
<i>Bithynia troschelii</i> Paasch	23	–	–	–	–	–
<i>Valvata</i> s. str.	1	–	–	–	–	–
<i>Lymnaea palustris</i> (O.F. Muller)	–	–	1	–	–	–
<i>Lymnaea auricularia</i> (L.)	–	–	10	5	–	–
<i>Planorbis planorbis</i> (Linne)	–	–	2	–	–	–
<i>Glossiphonia heteroclite</i> (L.)	1	–	–	–	–	–
<i>Batrachobdella paludosa</i> (Carena)	–	–	2	–	–	–
<i>Haemopsis sanguisuga</i> (L.)	–	–	–	1	–	–
<i>Herpobdella octoculata</i> (L.)	–	–	–	–	–	1
<i>Aeschna viridis</i> Eversmann	–	–	1	2	–	–
<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden)	–	–	2	–	–	–
<i>Coenagrion armatum</i> Charp.	–	–	–	1	–	–
<i>Sialis morio</i> Klst.	–	–	–	3	–	–
<i>Oxycera limbata</i> Loew	–	–	–	1	1	–
<i>Nevermania angustitarsis</i> (Lundstr.)	–	–	–	–	2	–
<i>Nais variabilis</i> Piguet	–	–	–	–	–	2

Бельгійський біотичний індекс заснований на реакції на забруднення вод макробезхребетних: зменшенні видової різноманітності і прогресуючому зниженні чисельності визначених чутливих до забруднення груп організмів у міру погіршення якості вод.

Біотичний індекс ВВІ (Belgian Biotic Index) використовується для оцінки екологічного стану водних об'єктів не тільки в самій Бельгії, а також в інших країнах – в Нідерландах, в Португалії, в Алжирі та в Коста-Ріка. В Україні цей біотичний індекс з 2012 року рекомендовано використовувати для оцінки екологічного стану поверхневих вод за відповідними категоріями («Методика оцінки екологічного стану поверхневих вод за відповідними категоріями»).

Контрольні питання:

1. Дати визначення біоіндикації.
2. У чому переваги біоіндикації?
3. Розглянути суть концепції ГДК та з'ясувати позитивні та негативні моменти.
4. В чому полягають переваги живих організмів, яких використовують в якості біоіндикаторів?
5. Які переваги використання біотичних індексів для біоіндикаційних досліджень?
6. Які гідробіологічні принципи покладено у систему Бельгійського біотичного індексу?
7. Які групи та види гідробіонтів макробезхребетних р. Мокра Московка чутливі до забруднення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Тема: Визначення якості середовища існування людини

Мета: навчитися визначити стан середовища свого існування за окремими параметрами.

Обладнання та матеріали: пробірки, мірні циліндри на 10 мл, скляні палички, ложечки, шпателі, хімічний олівець, фільтр, папір, лійки, предметні й покривні скельця, лічильна камера, мікроскоп, проби меду, дистильована вода, 5% розчин йоду, ацетатна та хлоридна кислоти, етанол, розчин AgNO_3 ($C = 0,1$ моль/л); 1% розчин резорцину; розчин гліцерину з желатином, основний фуксин, 10% розчин меду.

План вивчення теми

- 1) Специфіка проживання людини в місті.
- 2) Якість природного середовища.
- 3) Якість атмосферного повітря та питної води.
- 4) Харчові домішки та їх характеристика.
- 5) Мед як харчовий продукт.

Питання до самопідготовки:

1. Найважливіші показники якості життя людини.
2. Професійні захворювання.
3. Демографія та демографічні дослідження.

4. Дитяча смертність, тривалість життя.

5. Основні екологічні проблеми, що постають перед жителями міст України.

Теоретичні відомості

Здоров'я – це здатність людини до оптимального фізіологічного, психологічного та соціального функціонування. Право на здорове середовище розглядається як одне з основних прав людини. Здоров'я значною мірою визначається станом навколишнього середовища. Спеціалісти вважають, що рівень здоров'я залежить від стану довкілля на 2–40%, тоді як від спадкових факторів – тільки на 15–20%, від способу життя – на 25%, а від рівня медичного обслуговування – усього на 10%.

Ситуація в містах стосовно цього двояка. З одного боку, лише місто забезпечує людині висококваліфіковану й швидку медичну допомогу, проте в міській скупченості швидше поширюються інфекційні хвороби. Не випадково, що під час епідемій першими їх жертвами стають жителі міст. У середні віки під час багатьох епідемій чуми й холери в деяких містах смертність досягала майже 100%.

Специфіка проживання в місті веде до того, що люди 85–90% часу проводять у приміщеннях (жилі будинки, метро, службові приміщення, будови фабрик та заводів). Одним із показників якості життя в місті є повітря приміщень. Воно має бути вільним від наднормативної кількості радону, оксидів азоту й сірки, волокон азбесту та інших забруднювачів. Важливу гігієнічну роль відіграють кімнатні рослини, що здатні зв'язувати вуглекислий газ і очищати повітря від пилу та шкідливих газів.

У більшості міст світу внаслідок забруднення повітря, води та харчових продуктів сукупний рівень забруднення навколишнього середовища вищий, ніж у сільській місцевості. Життя й виробнича діяльність у такому екологічно нестійкому середовищі почали супроводжуватися розвитком специфічних «екологічних» захворювань. Для всіх них характерні швидка втомлюваність, знижена опірність інфекціями, алергічний синдром. Такі екологічні захворювання пов'язуються перш за все з ослабленням імунної системи, яка не справляється з комплексом несприятливих впливів з боку середовища низької якості. У деяких випадках у людей проявляється особливий хворобливий стан – синдром закритого приміщення. Місто сприяє особливому мікроеволюційному процесу, генетичним аномаліям людини, вимагає додаткових витрат адаптаційної енергії.

Якість природного середовища є однією з передумов визначення якості життя людей. Незадовільний стан середовища негативно позначається на здоров'ї людей, на якості їхнього життя в цілому. Проблеми якості умов життя безпосередньо стосуються кожної людини, оскільки її існування зумовлено якістю води, продуктів харчування, фоновим вмістом забруднюючих речовин і електромагнітних полів у робочих приміщеннях, на вулицях тощо. Для визначення їх вмісту та оцінювання дії, допустимих концентрацій необхідно опановувати відповідними методиками, застосовувати нормативи, вміти користуватися ними тощо.

Якість атмосферного повітря безпосередньо впливає на самопочуття та здоров'я людини. Повітря може бути забруднене механічними домішками (пиллом), хімічними речовинами, а також містити біологічно активні агенти. Таке повітря може спричиняти ряд захворювань дихальної системи, викликати запальовальні процеси слизової оболонки очей тощо, внаслідок чого погіршується самопочуття людини та якість життя в цілому.

Серед різноманітних компонентів на *якість середовища суттєво впливає питна вода*. Вона повинна мати сухих залишків менш ніж 1000 мг/л, з них хлору – менше 350 мг/л, сірки – менше 500 мг/л. Вміст кисню не повинен бути меншим за 4 мг/л. Питна вода має бути повністю вільною від патогенних мікроорганізмів, адже переважна їх більшість розноситься саме водою.

Мед – один із найцінніших харчових продуктів, здавна його використовують із лікувальною метою. У меді гинуть дизентерійна та кишкова палички, стрептококи й стафілококи. Медом можна загоювати рани. Властивості меду залежать від квітів, із яких зібраний нектар, тому й мед відрізняється за густиною, кольором, запахом, смаком: прозорий, як вода, – ожиний; темно-коричневий, найбагатший на білки й ферум, – гречаний; золотистий з ніжним запахом – лавандовий; дуже густий, білуватий з тонким ароматом і нудно-солодкий на смак – ріпаковий. Збирачі меду – бджоли – можуть виступати екологічними індикаторами. За хімічним складом золи меду й перги можна виявити уранові руди. Мед часто фальсифікують, тому добре самому вміти визначати його якість та біологічну активність.

Харчові домішки – це речовини, що додають до продуктів харчування для збільшення терміну реалізації товару, поліпшення зовнішнього вигляду, смакових властивостей тощо. Оскільки вплив харчових домішок на здоров'я людини повністю не вивчений, споживач повинен отримувати інформацію про використані домішки. На споживчій упаковці харчових продуктів, які включають харчові домішки, вказують назву кожної з них (хімічну, торговельну, міжнародний символ). Перелік дозволених до використання харчових домішок може змінюватись із урахуванням результатів токсикологічних та інших біологічних випробувань, вірогідного сумарного добового надходження їх до організму людини з усіх джерел. Раніше назви цих хімічних речовин писали на етикетках продуктів повністю, але вони займали так багато місця, що в 1953 році в Європі, було вирішено змінити повні назви цих речовин буквою E (від Europe) з цифровими кодами, ідентифікованими згідно Міжнародної системи класифікації (INS).

Якість середовища існування людини як прямо так і опосередковано впливає на демографічну ситуацію в суспільстві. Для прогнозу чисельності населення на перспективу велике значення має його віковий склад. Він за віковими групами різного інтервалу має графічне відображення у вигляді пірамід.

Несприятлива ситуація зі здоров'ям населення складається в Україні. Хоча середня тривалість життя досягає 70,7 років (для чоловіків – 65,9, для жінок – 75), захворюваність залишається дуже високою. Протягом останніх 25 років

народжуваність поступово знижувалася, а смертність зростала. У 1992 році смертність перевищила народжуваність.

Завдання до виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Визначення якості меду.

1.1 Визначення механічних домішок у меді.

У пробірку наливають 2 мл меду, доливають 5 мл дистильованої води. Мед розчиняється, а домішки осідають на дно або спливають на поверхню.

1.2. Визначення домішок борошна або крохмалю.

У пробірку до 2 мл меду і 5 мл дистильованої води додають розчин йоду. За наявності домішок борошна чи крохмалю розчин забарвлюється в синій колір.

1.3. Визначення домішки крейди.

До водного розчину меду додають кілька крапель ацетатної кислоти або оцту. За наявності крейди мед пініться (виділяється CO_2).

1.4. Визначення домішок крохмальної патоки.

До водного розчину меду (1:2 чи 1:3) додають 96% етанол. За наявності патоки розчин набуває молочно-білого кольору, а після відстоювання на дні залишається напіврідка маса декстрину. За відсутності патоки розчин стає прозорим, а на межі мед – спирт утворюється невелика каламуть, яка при збовтуванні зникає.

1.5. Визначення домішок цукрового сиропу.

До 10% розчину меду додають AgNO_3 або ляпіс. Поява білого осаду свідчить про наявність домішок.

1.6. Визначення зрілості меду.

Набирають на ложечку мед і обертають її навколо своєї осі. Зрілий мед намотується на ложечку і стікає з неї безперервними нитками; незрілий просто стікає з ложечки. Визначення слід проводити при температурі меду 20°C , оскільки вона впливає на густину меду.

Завдання 2. Визначення запиленості повітря в приміщенні.

На 3 предметних скла нанесіть по краплині дистильованої води, залиште їх на 20 хвилин на підвіконні та інших ділянках аудиторії. Після закінчення часу краплю накрийте покривним скельцем та розгляньте під світловим мікроскопом. Підрахуйте кількість пилинок, визначте середню величину кількості пилинок у одному полі зору. Надайте якісну характеристику пиловому забрудненню повітря в приміщенні.

Завдання 3. Визначення якості харчових продуктів.

Проаналізуйте склад харчових продуктів, які споживала ваша сім'я протягом тижня. Зверніть увагу на якісний та кількісний склад харчових домішок у продуктах. Побудуйте діаграму, де на осі «у» розташуйте кількість продуктів з певними домішками; на осі «х» позначте харчові домішки. Зробіть аналіз стосовно якості вашого харчування використовуючи дані таблиці 28.

Таблиця 28 – Класифікація харчових добавок за принципом дії

Код харчових добавок	Характеристика
E100 – 199	<i>Барвники.</i> Надають продуктам яскраві кольори.
E200 – E299	<i>Консерванти.</i> Підвищують термін зберігання продуктів, захищають від мікроорганізмів, грибків, бактеріофагів. Хімічні добавки для стерилізації та дезінфекції.
E300 – E399	<i>Антиоксиданти.</i> Захищають від окислення, зокрема, від згіркнення жирів та зміни кольору.
E400 – E499	<i>Стабілізатори.</i> Зберігають задану консистенцію. <i>Згущувачі.</i> Підвищують в'язкість.
E500 – E599	<i>Емульгатори.</i> Утворюють однорідну суміш незмішуваних фаз, зокрема води та олії.
E600 – E699	<i>Посилювачі смаку й аромату.</i>
E900 – E999	<i>Підсолоджувачі.</i> (надають солодкого смаку харчовим продуктам, застосовуються у виробництві низькокалорійних, дієтичних харчових продуктів), <i>розрихлювачі, піногасники</i> (попереджають або знижують утворення піни).

Увага!

Найшкідливішими з усіх винайдених кодів, заборонених в усіх без виключення країнах світу є:

- 1) барвники E121 – цитрусовий червоний-2, E123 – амарант;
- 2) консерванти E240 – формальдегід, E216 – пропиловий ефір пароксибензойної кислоти, E217 – натрієва сіль пропилового ефіру пароксибензойної кислоти;
- 3) поліпшувачі борошна та хліба E924a – бромат калія, E924b – бромат кальція.

Всі вони викликають розвиток пухлин.

В Україні заборонено використовувати штучні барвники: так, використання синтетичного підсолоджувача – сахарину (E954) обмежується максимально допустимими рівнями. Стабілізатор лактобінат натрію (E399) не дозволений в Україні. Згідно ДСТУ додавати до продуктів можна не більше двох хімічних консервантів. До заборонених харчових добавок належать: E103; E105; E111; E121; E123; E125; E126; E130; E152; E952.

Поради при виборі продуктів харчування:

1. Беріть з собою список заборонених і дозволених Е-добавок ідучи в магазин за продуктами.

2. Не купляйте консерви, напівфабрикати та кондитерські вироби тривалого зберігання, тому що це досягається за рахунок використання синтетичних консервантів.

3. Намагайтеся НЕ вживати щоденно консервовані продукти, ковбаси та копченості.

4. Не купуйте продукти, які містять більше 3-х синтетичних Е, тому що невідомо як вони взаємодіють.

5. Відмовтеся від солодкої газованої води, бульйонних кубиків, готових соусів та сухих продуктів і супів, які треба «тільки залити окропом».

6. Не купуйте продукти з неприродньо яскравим забарвленням, так як у них може міститися велика кількість синтетичних барвників.

7. Не захоплюйтеся картопляними чіпсами, хрусткими хлібцями та крекерами, які містять акриламід (канцерогенна та мутагенна речовина) та глютамат натрію.

8. Добре промивайте водою екзотичні фрукти перед вживанням, тому що вони обробляються біфенілом (E230) та ортофенілфенолом (E231) для захисту від плісняви.

Контрольні питання:

1. Дати визначення якості середовища.
2. Якість харчових продуктів.
3. Стан атмосфери та його вплив на людину.
4. Якість питної води та її значення.
5. Ксенобіотики, генетично модифікований організм (ГМО).
6. Ефект екологічного бумерангу.
7. Рекреація та її значення для стану здоров'я людини.

ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Зміст самостійної роботи студентів з дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» визначається робочою програмою навчальної дисципліни.

Самостійне вивчення програмних питань передбачає опрацювання рекомендованої літератури, інформаційних матеріалів мережі Інтернет та складання конспекту. Контроль рівня засвоєння знань у ході самостійної роботи здійснюється викладачем шляхом усного опитування, перевірки лабораторних робіт і тестування.

Самостійна робота студента з дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» передбачає:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- опрацювання рекомендованої навчально-методичної та наукової літератури;
- підготовку до захисту лабораторної роботи;
- підготовку до тестового контролю знань;
- виконання індивідуального завдання.

Індивідуальне практичне завдання

Індивідуальне завдання подається у вигляді есе з презентацією. Тему індивідуального завдання обирає студент. Результати виконання індивідуального завдання також заносяться до системи рейтингу та оцінюються згідно наступних критеріїв:

- повнота розкриття питання;
- цілісність, системність, логічна послідовність, уміння формулювати висновки;
- акуратність оформлення письмової роботи;
- підготовка матеріалу за допомогою комп'ютерної техніки, різних технічних засобів (слайдів, приладів, схем тощо);
- захист виконаного індивідуального завдання.

Результат виконання і захисту студентом кожного індивідуального завдання оцінюється за такою шкалою:

- 16-20 балів робота виконана згідно всіх вимог.
- 11-15 балів наявні незначні помилки в оформленні.
- 6-10 балів наявні значні помилки в оформленні та змісті.
- 0-5 балів – тема не розкрита.

ПИТАННЯ ДО АКТУАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ З КУРСУ

1. Екологія як наука, її зміст, завдання, об'єкти дослідження.
2. Зв'язок екології з іншими дисциплінами, сучасний розвиток.
3. Рівні організації життя.
4. Поняття про життєві форми (біоморфи).
5. Уявлення про популяцію.
6. Найважливіші характеристики популяції.
7. Ареал та його складові.
8. Чисельність популяції, її залежність від різних факторів.
9. Типи динаміки чисельності.
10. Статеві-вікова структура популяції.
11. Уявлення про вид.
12. Закон мінімуму Лібіха та закон толерантності Шелфорда.
13. Уявлення про екологічні фактори, їх класифікація.
14. Абіотичні фактори, особливості їх дії на живі організми.
15. Температура та її характеристика.
16. Світло та його значення для організмів.
17. Класифікація організмів за їх відношенням до різних абіотичних факторів.
18. Добові ритми активності організмів.
19. Сезонні явища в житті організмів.
20. Фотоперіодичні реакції та їх типи.
21. Конзекутивний та проспективний спокій.
22. Їжа як біотичний фактор.
23. Типи живлення організмів.
24. Продуценти та їх значення для екосистем.
25. Консументи та їх екологічна роль.
26. Редуценти та їх екологічна роль.
27. Поживна спеціалізація різних видів.
28. Конкурентні взаємовідносини.
29. Особливості внутрішньовидової та міжвидової конкуренції.
30. Хижацтво та взаємовідносини типу «хижак-жертва».
31. Явища паразитизму.
32. Антропогенні фактори та специфіка їх дії.
33. Уявлення про ГДК, ГДВ. Ксенобіотики.
34. Взаємний вплив організмів при конкурентних взаємовідносинах, а також у відносинах типу «хижак-жертва», «паразит-хазяїн».
35. Явище мутуалізму та його значення для організмів.
36. Антропогенні фактори.
37. Поняття екосистеми та біогеоценозу.
38. Найважливіші характеристики екосистем.
39. Структура екосистеми.
40. Потік енергії та кругообіг речовин в екосистемі.
41. Гомеостаз екосистем.

42. Продуктивність екосистем, види продуктивності.
43. Поживні ланцюги.
44. Причини обмеженості довжини поживних ланцюгів.
45. Порівняльна характеристика пасовищних та деструктивних ланцюгів.
46. Потік енергії в лінійному поживному ланцюзі.
47. Піраміди чисел, біомаси та енергії.
48. Кругообіг газоподібних речовин.
49. Кругообіг твердих речовин.
50. Явище біогеохімічних циклів.
51. Втручання людини в біогеохімічні цикли.
52. Типи біогеохімічних циклів та особливості їх здійснення.
53. Біотична спільнота.
54. Властивості біоценозів.
55. Особливості організації біогеоценозів.
56. Сукцесійні явища в екосистемах.
57. Первинні і вторинні сукцесії.
58. Зміст первинної сукцесії.
59. Причини формування та особливості здійснення вторинної сукцесії.
60. Явище клімаксу.
61. Лісова екосистема.
62. Ярусність в екосистемах – її значення та причини формування.
63. Організація екосистеми на прикладі луку.
64. Організація екосистеми на прикладі степу.
65. Особливості екосистеми на прикладі пустелі.
66. Продукція та деструкція для наземних екосистем.
67. Продукція та деструкція для водних екосистем.
68. Ґрунт як особливе середовище існування та причини формування чорноземів.
69. Водне середовище існування.
70. Повітряно-наземне середовище існування.
71. Організм як середовище існування.
72. Вчення про Біосферу.
73. Структура Біосфери.
74. Уявлення про гомеостаз та буферні властивості Біосфери.
75. Геологічне значення живої речовини.
76. Уявлення про Ноосферу.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ**1. Що є предметом вивчення демекології?**

- А) взаємовідносини особин одного виду з навколишнім середовищем.
- Б) структура, динаміка чисельності та складу популяцій живих організмів, механізми їхньої саморегуляції;
- В) вплив великих промислових підприємств на довкілля;
- Г) взаємовідносини особин кількох видів з навколишнім середовищем.

2. Назвіть від чого залежить чисельність популяцій різних видів тварин і рослин?

- А) балансу народжуваності і загибелі;
- Б) географічної зональності біогеоценозів;
- В) їжі;
- Г) сукцесій.

3. Назвіть, що є основним обмежувальним фактором чисельності тварин:

- А) зміни біогеоценозу;
- Б) їжа;
- В) рослинність;
- Г) сукцесії.

4. Популяція це:

- А) група особин кількох видів, що співіснують в одному біотопі;
- Б) особини кількох видів, об'єднані в екосистемі харчовими зв'язками;
- В) сукупність особин одного виду, що відтворюють себе впродовж багатьох поколінь і тривалий час займають певну територію з відносно однорідними умовами існування;
- Г) форма взаємовідносин між організмами.

5. Після вирубування або пожежі велика ділянка, де росли ялини, заселяється трав'янистими рослинами. Далі на ній ростуть берези, осики, згодом з'являється ялина і тільки через 100 років відновлюється початковий ялиновий ліс. Як називають цей процес?

- А) зміни біогеоценозу;
- Б) географічна зональність біогеоценозів;
- В) біоценотичні кризи;
- Г) сукцесії.

6. Що є провідним компонентом біоценозу?

- А) рослинність;
- Б) їжа;
- В) баланс народжуваності і загибелі;
- Г) сукцесії.

7. Як називають однорідні угруповання рослин, які складаються з певних видів (сосновий ліс, ковиловий степ та ін.)?

- А) фітоценози;
- Б) едифікатори;
- В) консорції;
- Г) деми.

8. Яких живих організмів називають гетеротрофами?

- А) організми, які не здатні самостійно синтезувати органічну речовину з неорганічної, а отримують готові органічні речовини під час живлення;
- Б) всі живі організми, які в екосистемах виступають в якості продуцентів;
- В) організми, які здатні утворювати органічні речовини з неорганічних як результат фото- або хемосинтезу;
- Г) зелені водорості.

9. Як називають види, без яких тривале існування біоценозу неможливе?

- А) субдомінанти;
- Б) едифікатори;
- В) доміанти;
- Г) консорти.

10. Назвіть сумарну масу особин різних видів у перерахунку на одиницю площі чи об'єму:

- А) вторинна продукція;
- Б) первинна продукція;
- В) продукція біоценозу;
- Г) біомаса біоценозу.

11. Які організми відносять до автотрофів?

- А) паразитичні організми;
- Б) віруси та всі без виключення мікроорганізми;
- В) хижаки, які в екосистемах виступають в якості консументів II порядку;
- Г) організми, які здатні утворювати органічні речовини з неорганічних, використовуючи при цьому сонячну енергію або енергію хімічних реакцій.

12. Назвіть масу органічної речовини, яка створюється за одиницю часу автотрофними організмами:

- А) продуктивність біоценозу;
- Б) біомаса біоценозу;
- В) первинна продукція;
- Г) вторинна продукція.

13. Назвіть масу органічної речовини, яка створюється за одиницю часу гетеротрофними організмами:

- А) продуктивність біоценозу;
- Б) біомаса біоценозу;
- В) первинна продукція;
- Г) вторинна продукція.

14. Назвіть трофічний рівень сірої ворони, яка живиться зерном:

- А) консументи I порядку;
- Б) консументи III порядку;
- В) консументи II порядку;
- Г) продуценти.

15. Які з екологічних пірамід ніколи не бувають інвертованими (перевернутими)?

- А) піраміда чисельності;
- Б) піраміда біомаси;

- В) піраміда енергії;
- Г) піраміди чисельності, біомаси, енергії.

16. Визначте, якими біотичними компонентами біогеоценозів є види і популяції автотрофних організмів:

- А) консументи;
- Б) елементи;
- В) продуценти;
- Г) редуценти.

17. Які організми перебувають на початку пасовищних ланцюгів живлення?

- А) автотрофи;
- Б) гетеротрофи;
- В) сапротрофи;
- Г) редуценти.

18. З чого починається детритний ланцюг живлення?

- А) автотрофів;
- Б) гетеротрофів;
- В) сапротрофів;
- Г) детриту.

19. Назвіть складову літосфери, що є верхнім родючим шаром:

- А) ґрунт;
- Б) гумус;
- В) комахи;
- Г) нітрифікуючі бактерії.

20. Яку назву має перехідна зона від одного біогеоценозу до іншого?

- А) ареал;
- Б) екотон;
- В) біотоп;
- Г) літораль.

21. Невичерпними природними ресурсами є:

- А) мінеральні корисні копалини;
- Б) чисте повітря;
- В) сонячна енергія, енергія вітру, припливів;
- Г) рослини і тварини.

22. На першому місці по збільшенню концентрації CO₂ в атмосфері знаходиться:

- А) інтенсивний розвиток сільського господарства;
- Б) спалювання палива на електростанціях;
- В) розвиток гірничодобувної та металургійної промисловості;
- Г) транспорт.

23. Евтрофікація водоймищ виникає внаслідок надходження у водне середовище:

- А) важких металів;
- Б) неорганічних речовин, в основному сполук азоту і сірки;
- В) патогенних мікроорганізмів;
- Г) фосфору та нітрогеновмісних органічних речовин.

24. Вкажіть, який з наведених параметрів середовища не може вважатись екологічним фактором:

- А) висота над рівнем моря;
- Б) відносна вологість повітря;
- В) температура повітря;
- Г) тривалість дня.
- Д) тривалість дня і температура повітря.

25. Яка з наведених характеристик може вважатись екологічним фактором:

- А) клімат;
- Б) паразитизм;
- В) еволюційні зміни;
- Г) генетичні зміни.
- Д) фенологічні зміни.

26. Екологія – це наука про:

- А) порушення стану рівноваги в природі;
- Б) тварин і рослин та їх особливості організації;
- В) взаємини організмів між собою та з їх оточенням.
- Г) прокариот і еукариот та їх екологічні особливості.
- Д) взаємини багатоклітинних організмів.

27. Найменш вибагливими до їжі є:

- А) еврибіонти;
- Б) олігофаги;
- В) стенобіонти;
- Г) поліфаги;
- Д) монофаги.

28. Вкажіть біотичний фактор:

- А) полювання;
- Б) внутрішньовидова конкуренція;
- В) обмеження чисельності шкідливого виду.
- Г) інтродукція виду.
- Д) клімат.

29. До гідробіонтів відносяться:

- А) личинки травневого хруща;
- Б) личинки тутового шовкопряда;
- В) личинки білана капустяного;
- Г) личинки цикади;
- Д) личинки хірономід.

30. Підвищення температури довкілля сприяє підвищенню інтенсивності фізіологічних процесів у:

- А) хатнього горобця;
- Б) білого ведмеда;
- В) рудого таргана.
- Г) кажана.
- Д) байбака.

31. Дрозофіла псевдообскура літає переважно рано вранці та пізно ввечері через:

- А) нижчу температуру в цей час;
- Б) більшу відносну вологість;
- В) меншу наявність хижаків.
- Г) меншу вітряну погоду.
- Д) наявність туману.

32. Сигналом до сезонних змін у рослин є переважно:

- А) зміна температури;
- Б) кількість наявних поживних речовин;
- В) довжина дня.
- Г) наявність комах запилювачів.
- Д) наявність комах та птахів запилювачів.

33. Організми температура тіла яких залежить від навколишнього середовища називаються:

- А) пойкилотермними;
- Б) ендотермами;
- В) гомойотермами;
- Г) стенотермами;
- Д) термофілами.

34. Розрізняють сукцесії:

- А) первинні;
- Б) вторинні;
- В) другорядні;
- Г) третинні.

35. Прикладами біогенної речовини є:

- А) пісок;
- Б) кам'яне вугілля;
- В) торф;
- Г) глина;
- Д) нафта.

36. Прикладами косної речовини є:

- А) вода;
- Б) нафта;
- В) торф;
- Г) граніт;
- Д) глина.

37. Розрізняють такі наземні екосистеми:

- А) відкриті;
- Б) напівзакриті;
- В) закриті;
- Г) напіввідкриті.

38. Пристосування організмів до середовища називається:

- А) транспірацією;
- Б) адаптацією;

- В) асоціацією;
- Г) угрупованням.

39. Суттєве зменшення біорозмаїття на планеті призведе:

- А) до деградації біосфери;
- Б) до розквіт у окремих видів й популяцій організмів;
- В) до стабілізації екосистем;
- Г) до розквіт у й стабілізації біосфери.

40. Пестициди багатократно збільшують концентрацію:

- А) при підвищенні дози використання;
- Б) при порушенні правил зберігання;
- В) пересуваючись ланцюгами живлення;
- Г) при взаємодії з іншими речовинами.

41. Деревостани тропічних лісів, як правило:

- А) одноярусні;
- Б) двоярусні;
- В) тріярусні;
- Г) без'ярусні.

42. Біомаса тварин у лісах менша, ніж у автотрофного блоку:

- А) у 10 разі;
- Б) у 100 разів;
- В) у 1000 разів;
- Г) у 10000 разів.

43. Клімат, у якому формуються тропічні дощові ліси, характеризується постійними опадами:

- А) > 500 мм;
- Б) > 1000 мм;
- В) > 1500 мм;
- Г) > 2000 мм.

44. Середній опад у ялинових лісах досягає:

- А) 2,0 т/га;
- Б) 3,0 т/га;
- В) 4,0 т/га;
- Г) 5,0 т/га;

45. У хвойних лісах накопичується шар підстилки до:

- А) 10–15 см;
- Б) 20–25 см;
- В) 30–35 см;
- Г) 40–45 см.

46. Термін «екологічна ніша» запропонував:

- А) Г. Гаузе;
- Б) Ч. Елтон;
- В) Ж. Гріннел;
- Г) Т. Шенер.

47. Параметри екологічної ніші визначають через показники:

- А) споживання ресурсів;

- Б) наявності ресурсів;
- В) відсутності ресурсів;
- Г) конкуренції за ресурси.

48. У зоні оптимуму адаптивні механізми:

- А) посилені;
- Б) послаблені;
- В) відключені;
- Г) без змін.

49. Повна тимчасова зупинка життя організму отримала назву:

- А) гіпобіоз;
- Б) криптобіоз;
- В) анабіоз;
- Г) гетеробіоз.

50. Нездатність переносити значні коливання тиску має назву:

- А) стенотермність;
- Б) стеногалінність;
- В) стенобатність;
- Г) стенотопність.

51. За певними вимірами (факторами) екологічні ніші високоспеціалізовані організми характеризуються межами толерантності, які є:

- А) вузькими;
- Б) широкими;
- В) середніми;
- Г) оптимальними.

52. Формулювання «Можливість існування даного виду в певному районі та ступінь його «процвітання» залежать від чинників, представлених у найменшій кількості» належить:

- А) Ю. Лібіху;
- Б) А. Тінеманну;
- В) Л. Раменському;
- Г) В. Мізінгу.

53. Значна кількість мешканців морів і океанів відносно тиску є:

- А) еврибатними;
- Б) полібатними;
- В) гетеробатними;
- Г) стенобатними.

54. Фундаментальна ніша – той потенційно можливий гіперпростір, який може зайняти вид за:

- А) відсутності конкуренції;
- Б) наявності конкуренції;
- В) зниженої конкуренції;
- Г) підвищеної конкуренції.

55. Співвідношення між створенням і розкладенням органіки має назву:

- А) екологічний баланс;
- Б) енергетичний баланс;

В) біоценотичний баланс;

Г) трофічний баланс.

56. Кит не може бути елементарною екосистемою тому, що він:

А) не може забезпечити кругообіг речовин;

Б) не може забезпечити енергією консортів;

В) не є гетеротрофом;

Г) не є продуцентом.

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ З ЕКОЛОГІЇ

Приклади.

Задача 1

Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності популяцій жертв із постійним виїданням хижаками в 10% та періодичними змінами приросту популяції від 30% до 5% при перевищенні чисельності 1000 особин.

Рішення.

I. Популяція складається з 1000 особин, 10% постійно виїдають хижаки, тому вона складає:

$$1000 - (1000/10) = 900 \text{ особин}$$

II. Зміни приросту:

$$900 \text{ осіб} - 100\%$$

$$X \text{ осіб} - 30\%$$

$$X = (900 \times 30) / 100$$

$$X = 270 \text{ осіб}$$

III. $900 + 270 = 1170$ особин

IV. 1170 осіб – 100%

$$X \text{ осіб} - 10\%$$

$$X = (1170 \times 10) / 100$$

$$X = 117 \text{ осіб}$$

V. $1170 - 117 = 1053$ особини

VI. 1053 осіб – 100%

$$X \text{ осіб} - 5\%$$

$$X = (1053 \times 5) / 100$$

$$X = 53 \text{ осіб}$$

VII. $1053 + 53 = 1106$ особин.

Відповідь: Орієнтовна динаміка чисельності популяції жертв коливатиметься близько 1000 особин, через що ми можемо вважати її відносно стабільною.

Задача 2

Розрахуйте орієнтовану динаміку чисельності популяцій хижаків із постійним приростом у 20% та змінами смертності від 10% до 35% при перевищенні чисельності в 1000 особин.

Рішення.

I. Популяція складається:

$$1000 - 100\%$$

$$X \text{ осіб} - 20\%$$

$$X = (1000 \times 20) / 100$$

$$X = 200 \text{ особин}$$

$$1000 + 200 = 1200 \text{ особин}$$

II. 1200 – 100%

X осіб – 10%
 $X = (1200 \times 10) / 100$
 $X = 120$ особин
 III. $1200 - 120 = 1080$ особин
 IV. 1200 осіб – 100%
 X осіб – 35%
 $X = (1200 \times 35) / 100$
 $X = 420$ осіб
 V. $1200 - 420 = 780$ особин

Відповідь: Орієнтовна динаміка чисельності популяції хижаків коливається від 780 особин до 1080 особин і вона буде більш-менш стабільною.

Задача 3

Розрахуйте тривалість розвитку комах, ефективна кількість температур якої становить 85 градусодіб, температурний поріг – 15°C, а середньодобові температури – 22°C.

Дано:	1. Знаходимо різницю середньодобової температури та температурного порогу: $22 - 15 = 7^\circ\text{C}$
$E_{\text{к-ть } t} = 85$ градусодіб	
$t_{\text{поріг}} = 15^\circ\text{C}$	
$t_{\text{середньодобова}} = 22^\circ\text{C}$	
Тривалість розвитку комахи – ?	2. Тривалість розвитку комах: $\frac{85}{7} = 12$ діб

Відповідь: Тривалість розвитку комах складає 12 діб.

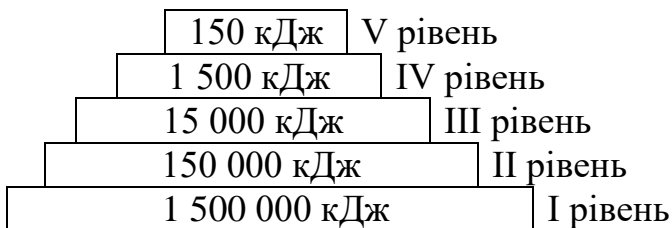
Задача 4

Користуючись законом Ліндемана, побудуйте піраміду енергії з 5 трофічними рівнями при обсязі енергії на першому рівні 1 500 000 кДж.

Закон піраміди енергії (Р. Ліндемана): з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить у середньому не більше 10% енергії. Зворотний потік із більш високих на більш низькі рівні набагато слабший – не більше 0,5–0,25% і тому говорити про кругообіг енергії в біоценозі не доводиться.

Рішення.

Піраміда енергії відображає картину швидкостей проходження маси їжі крізь поживний ланцюг. Піраміда енергії для даного біоценозу має вигляд:

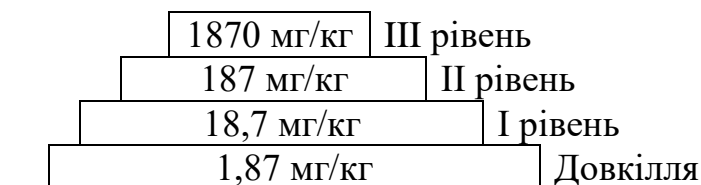


Відповідь: на 5 трофічному рівні міститься 150 кДж енергії.

Задача 5

Розрахуйте орієнтовану концентрацію шкідливої речовини на третьому трофічному рівні поживного ланцюга, якщо відомо, що її початкова концентрація в довкіллі становить 1,87 мг/кг.

Рішення.



Відповідь: на третьому трофічному рівні концентрація шкідливої речовини становитиме 1870 мг/кг.

Задача 6

Встановіть концентрацію хлорпохідних одноциклічних багатоядерних ароматичних вуглеводнів (ДДТ) та його метаболітів в організмі щуки, якщо їх сумарна концентрація в річковій воді складає 0,000005 частин/млн., а середній коефіцієнт акумуляції ДДТ та його метаболітів у трофічних ланцюгах дорівнює 100.

Рішення.

Визначимо трофічний ланцюг:

Вода → фітопланктон → зоопланктон → карась → щука.

Концентрація ДДТ та його метаболітів у щукі визначається за формулою:

$$C_{щ} = C_{в.} \cdot k_n,$$

де: $C_{в.}$ – концентрація ДДТ у воді;

k_n – коефіцієнт акумуляції;

n – число ланок у трофічному ланцюзі.

$$C_{щ} = 0,00005 \cdot 100^4 = 500 \frac{\text{частин}}{\text{млн.}},$$

Відповідь: концентрація ДДТ у щукі становитиме 500 частин/млн.

Задача 7

Розрахуйте індекс біорізноманіття Сімпсона для вибірки 480 особин із 6 видів, 3 з яких представлені по 65 особин, а інші 3 – 95.

Рішення.

Індекс біорізноманіття Сімпсона:

P для перших трьох видів становить $65/480 = 0,135$;

P для других трьох видів становить $95/480 = 0,198$.

Індекс різноманіття Сімпсона:

$$D = \frac{1}{0,135^2 + 0,135^2 + 0,135^2 + 0,198^2 + 0,198^2 + 0,198^2} = 5,8$$

Другий компонент – вирівняність розподілу особин між видами. Для вказаного індексу її визначають за відомою формулою:

Для індексу Сімпсона:

$$E = \frac{5,8}{6,0} = \frac{1}{6,0 \cdot 0,1723} = 0,97$$

Відповідь: індекс різноманіття Сімпсона становить 5,8 для даного угруповання, а рівномірність (вирівняність) розподілу – 0,97.

ЗАДАЧІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ:

1. Розрахуйте тривалість розвитку комахи, ефективна кількість температур якої становить 63 градусодіб, температурний поріг – 9°C, а середньодобові температури – 13°C та зростають кожного дня на 1°C.

2. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності хижаків із постійним приростом 13% та коливання смертності від 10% до 27% при перевищенні чисельності в 394 особин.

3. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності популяції жертв із постійним виїданням хижакими 11% та періодичними змінами приросту популяції від 25% до 3% при перевищенні чисельності в 213 особин.

4. Розрахуйте тривалість розвитку комахи, ефективна кількість температур якої становить 60 градусодіб, температурний поріг – 13°C, а середньодобові температури – 21°C.

5. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності хижаків із постійним приростом 17% та коливання смертності від 3% до 29% при перевищенні чисельності в 315 особин.

6. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності популяції жертв із постійним виїданням хижакими 9% та періодичними змінами приросту популяції від 39% до 4% при перевищенні чисельності в 344 особин.

7. Розрахуйте тривалість розвитку комахи, ефективна кількість температур якої становить 60 градусодіб, температурний поріг – 12°C, а середньодобові температури – 17°C в перші дві доби та 20°C у подальшому.

8. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності хижаків із постійним приростом 20% та коливання смертності від 5% до 30% при перевищенні чисельності в 310 особин.

9. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності популяції жертв із постійним виїданням хижакими 8% та періодичними змінами приросту популяції від 35% до 5% при перевищенні чисельності в 200 особин.

10. Розрахуйте тривалість розвитку комахи, ефективна кількість температур якої становить 72 градусодіб, температурний поріг – 15°C, а середньодобові температури – 21°C.

11. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності хижаків із постійним приростом 24% та коливанням смертності від 15% до 29% при перевищенні чисельності в 398 особин.

12. Розрахуйте орієнтовну динаміку чисельності популяції жертв із постійним виїданням хижаків 9% та періодичними змінами приросту популяції від 29% до 7% при перевищенні чисельності в 255 особин.

13. Надайте оцінку ефективності використання біологічного методу боротьби зі шкідником, якщо його хижак знищує близько 30% популяції, а приріст становить 20% у випадку чисельності на рівні 1000 і більше особин, та 50% – при чисельності менше 100 особин.

14. Розрахуйте індекс біорізноманіття Сімпсона для вибірки 350 особин із 10 видів, із яких 4 представники по 50 особин, а 6 – по 25 особин.

15. Розрахуйте вирівняність індексу Сімпсона для вибірки 550 особин із 9 видів, 5 із яких представлені по 50 особин, а 4 – по 75.

16. Користуючись законом Ліндемана, побудуйте піраміду енергії з 5 трофічними рівнями при обсязі енергії на першому рівні 1000000000 кДж.

17. Побудуйте піраміду енергії для трофічного ланцюга з 6 трофічними рівнями при кількості енергії на першому рівні 50000 кДж.

18. Побудуйте піраміду енергії для трофічного ланцюга з 6 трофічними рівнями при кількості енергії на першому рівні в 1150000 кДж.

19. Розрахуйте орієнтовну концентрацію шкідливої речовини на п'ятому трофічному рівні поживного ланцюга, якщо початкова концентрація в довкіллі не перевищує 0,58 мг/кг.

20. Розрахуйте орієнтовну концентрацію шкідливої речовини на третьому трофічному рівні поживного ланцюга, якщо початкова концентрація в довкіллі становить 1,17 мг/кг.

21. Побудуйте піраміди чисельності та біомаси для лісової екосистеми.

22. Побудуйте піраміди чисельності для пасовищного поживного ланцюга хижаків.

23. Розрахуйте орієнтовну концентрацію отруйної речовини в довкіллі, якщо на четвертому поживному рівні вона становить 1,5 г/кг ваги тіла тварин.

24. На підставі правила екологічних піраміди визначте, скільки водоростей і бактерій потрібно, щоб у Чорному морі виріс і міг існувати один дельфін масою 400 кг.

25. Протягом одного року 1 га кукурудзяного поля поглинає 76650000 кДж, з яких тільки 2,3 % акумулюється у вигляді приросту сухої речовини. Складіть ланцюг живлення і визначте, скільки гектарів такого поля потрібно, щоб прогодувати людину протягом року, якщо на добу людині необхідно приблизно 10000 кДж.

26. Суха біомаса трави з 1 м² біоценозу становить 128 г, а безхребетних тварин – 81 г. Визначити біомасу цього біоценозу в кілограмах на гектар і його продуктивність у кілоджоулях на гектар. Енергетичні показники біогеоценозу: 1 г сухої рослинної речовини акумулює в середньому 20 кДж. 1 г сухої тваринної речовини акумулює в середньому 21 кДж.

27. 1 м² площі культурного біоценозу дає 800 г сухої біомаси за рік. Побудувати ланцюг живлення і визначити, скільки гектарів потрібно, щоб прогодувати людину масою 70 кг (з них 63% становить вода).

28. Користуючись правилом екологічної піраміди, визначити, яка площа (га) відповідного біоценозу може прогодувати одну особину останньої ланки в ланцюзі живлення (умови щодо продуктивності наведено в попередній задачі):

а) планктон → синій кит (жива маса 100 тонн);

б) планктон → риба → тюлень (300 кг);

в) планктон → нехижі риби → щука (10 кг);

г) планктон → риба → тюлень → білий ведмідь (500 кг);

д) планктон → риба → рибоїдні птахи (кайра, баклан) → орлан-білохвіст (5 кг);

е) рослини → заєць → лисиця → вовк (50 кг);

є) рослини → безхребетні тварини → короп (3 кг);

ж) донна рослинність → амур → людина (70 кг);

з) донна рослинність → рослиноїдні водні комахи → короп → щука (10 кг);

і) рослини → попелиці → сонечко → комахоїдні птахи → яструб (1,5 кг).

29. Оцінити концентрацію токсичної речовини та його метаболітів у консументах III порядку, якщо їх сумарна концентрація в довкіллі складає 30,07 частин/млн., а середній коефіцієнт акумуляції цієї речовини та його метаболітів у трофічних ланцюгах дорівнюється 50.

30. Оцінити концентрацію бензаперену та його метаболітів у овочах, якими харчується людина, якщо їх сумарна концентрація в довкіллі складає 0,004 частин/млн., а середній коефіцієнт його акумуляції та його метаболітів у трофічних ланцюгах дорівнюється 80.

31. Оцінити концентрацію ртуті та її метаболітів у людини, якщо їх сумарна її концентрація в довкіллі складає 0,0000095 частин/млн., а середній коефіцієнт її акумуляції та її метаболітів у трофічних ланцюгах дорівнюється 1000.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**Основна:**

1. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум. Навчальний посібник. Київ : Лібра, 2002. 352 с.
2. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. Київ : Либідь, 2005. 368 с.
3. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології : підручник. Київ : Либідь, 2004. 408 с.
4. Бровдій В.М., Гаца О.О. Екологічні проблеми України (проблеми ноогеніки). Київ : НПУ, 2000. 110 с.
5. Дідух Я.П. Популяційна екологія. Київ : Фітосоціоцентр, 1998. 192 с.
6. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія. Суми : Університетська книга, 2005. 416 с.
7. Кучерявий В.П. Загальна екологія. Львів : Світ, 2010. 520 с.
8. Кучерявий В.П. Екологія : підручн. для студ вузів. 2-ге. вид. Львів : Світ, 2001. 480 с.
9. Некос В.Ю., Некос А.Н., Сафранов Т.А. Загальна екологія та неоекологія : підручник. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. 596 с.
10. Протасов О.О. Біогеоміка. Екосистеми світу в структурі біосфери. Київ : Академперіодика, 2017. 382 с.
11. Соломенко Л.І., Боголюбов В.М., Волох А.М. Загальна екологія : підручник. 2-ге вид. випр. і доп. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 352 с.
12. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Основи екології та охорони довкілля. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 394 с.

Додаткова:

13. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. Москва : Айрис, 2007. 576 с.
14. Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін. Моніторинг довкілля : підручник / За ред. В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова. Херсон : Грінь Д.С., 2011. 530 с.
15. Боголюбов В.М., Соломенко Л.І., Предместніков О.Г., Пилипенко Ю.В. Екологія з основами збалансованого природокористування : навчально-методичний посібник. Херсон : Айлант, 2009. 216 с.
16. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. Санкт-Петербург : ДЕАН, 2000. 250 с.
17. Гандзюра В.П. Екологія : навч. посіб. для вищих навчальних закладів. Київ : ВГЛ «Обрії», 2008. 356 с.
18. Крисаченко В.С. Людина і біосфера : основи екологічної антропології: підручник. Київ : Заповіт, 1998. 688 с.
19. Пахомов О.Є., Кунах О.М. Функціональне різноманіття ґрунтової мезофауни заплавних степових лісів в умовах штучного забруднення середовища : монографія. Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2005. 324 с.
20. Соломенко Л.І. Загальна екологія : теоретичні основи і практикум. Київ : ТОВ «ДІА», 2010. 176 с.

21. Рома В.В., Степова О.В. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)» для студ. напрямку «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Полтава : ПолтНТУ, 2014. 164 с.
22. Одум Ю. Экология / пер. с англ. Т.1–2. Москва : Мир, 1986. 704 с.

Інформаційні ресурси:

1. Офіційний сайт Міністерства екології і природних ресурсів України. URL: <http://www.menr.gov.ua>
2. Програма ООН з навколишнього середовища. URL: <http://www.unep.org>
3. Зелена енергетика (журнал). URL: <http://www.ri.lviv.ua>
4. Веб-сторінка Екологічної програми Європейської комісії. URL: http://www.europa.eu.int/comm/dgs/environment/index_en.htm
5. ІНФОРМ-ЕКОЛОГІЯ. Інформаційно-аналітичне агентство. URL: <http://www.informeco.ru>
6. Журнал «Вода і екологія: проблеми і рішення». URL: <http://www.waterandecology.ru>
7. Екологія лісу. URL: <http://www.forest.report.ru>
8. Глобальний ресурсний інформаційний банк даних. URL: <http://www.grida.no>
9. Глобальна служба атмосфери. URL: <http://www.wmo.ch>
10. Всесвітній фонд дикої природи. URL: <http://www.wwf.org>
11. Всесвітня організація охорони здоров'я. URL: <http://www.who.int>
12. ООО «ЛесИС» (Лісові інформаційні системи). URL: <http://www.lesis.ru>

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Домбровський Костянтин Олегович

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ:
демекологія, біоценологія та неоекологія

Навчально-методичний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності «Екологія»
освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»

Рецензент *О.В. Луганська*
Відповідальний за випуск *О.Ф. Рильський*
Коректор *К.О. Домбровський*