

Москалець В.В., Москалець Т.З.,
Князюк О.В., Голунова Л.А.,

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Вінниця
ТОВ «Нілан-ЛТД»
2015

УДК 502/504(075.8)
ББК 20.1я73
3 - 14

*Рекомендовано рішенням кафедри прикладної екології БНАУ
протокол № 13 від 5 лютого 2015 року.*

Рецензенти: **Писаренко П. В.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства та агрохімії імені В.І. Сазонова Полтавської державної аграрної академії;
Тарасюк С. І., член-кореспондент НАН України, завідувач відділу молекулярних досліджень Інституту рибного господарства НАН України

3 - 14 Москалець В.В., Москалець Т.З., Князюк О.В., Голунова Л.А.
ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ: – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД»,
2015.– 160 с.

ISBN 978-617-7212-69-9

Начальний посібник розроблений для роботи студентів факультетів природничого спрямування в умовах кредитно-трансферної системи організації навчального процесу освітньо-кваліфікаційного рівня – бакалавр. Матеріал подано у вигляді окремих тем, структурованих на смислові частини. Основні поняття виділено в тексті, а в кінці кожної теми подано підсумок та запитання для роздумів і самоперевірки роботи. Це дозволить студентам розширити екологічний світогляд, поглибити знання у вивченні теоретичних аспектів екології.

УДК 502/504(075.8)
ББК 20.1я73

ISBN 978-617-7212-69-9

© Голунова Л.А., Князюк О.В., 2015
© Москалець В.В., Москалець Т.З., 2015
© ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015

ВСТУП

Для формування світогляду майбутніх спеціалістів природничого напрямку необхідні знання основних питань аутоекології, синекології, демекології, екосистемології та біосферології. Автори рукопису систематизували фактичний матеріал багаторічної роботи низки вчених-екологів й відобразили в навчальному посібнику, де розкриваються найважливіші аспекти екології як науки. Значна увага приділяється питанням факторіальної екології, екології популяцій, угруповань, вченню про екосистеми, біосферу, проблемам антропогенного забруднення навколишнього середовища та його охорони.

Отже, важливим аспектом посібника є адаптований для практичних занять матеріал, аспекти якого мають на меті закріпити у студентів теоретичні знання, допомогти набути практичних навичок визначення фізичних параметрів навколишнього середовища, ознайомити з методами дослідження параметрів популяції, організації та проведення фенологічних спостережень, виявлення біоценотичних зв'язків.

В кінці рукопису міститься термінологічний словник.

Матеріал подано у вигляді окремих тем, структурованих на смислові частини. Основні поняття виділено в тексті, а в кінці кожної теми подано підсумок та запитання для роздумів і самоперевірки, самостійної роботи.

Методична праця дозволить студентам поглибити знання у вивченні теоретичних і практичних аспектів екології.

Мета: ознайомитись з матеріалом, проаналізувати структуру, методи та завдання екології, привернути увагу студентів до сучасної екологічної ситуації в навколишньому природному середовищі.

Питання для опрацювання

1. Становлення екології як природничої науки.
2. Екологічні дослідження в Україні.
3. Структура сучасної екології, її завдання та методологія.
4. Екологічні проблеми в біосфері та шляхи їх вирішення.

1. Становлення екології як природничої науки

Як і всі інші біологічні науки, екологія розвивалася безперервно, але нерівномірно. Як і більшість наук, екологія має свою передісторію.

Вперше сам термін «екологія» згадується у праці *Ернста Геккеля* «Загальна морфологія організмів» у 1866 р. і «Природнича історія світотворення» (1868), де вчений вперше спробував дати визначення суті цього терміна.

Е. Геккель дав таке визначення екології як науки: «Під екологією ми розуміємо загальну науку про відносини організмів з оточуючим середовищем, куди відносимо в широкому сенсі всі «умови існування». Вони частково органічної, частково неорганічної природи; але як ті, так і інші... мають досить велике значення для форм організмів, оскільки вони змушують їх пристосовуватися до себе. До неорганічних умов існування, до яких пристосовуються всі організми, по-перше, належать фізичні та хімічні властивості їх місць існування – клімат (світло, тепло, волога та атмосферний струм), неорганічна їжа, склад води й ґрунту та ін. В якості органічних умов існування ми розглядаємо загальні відношення організму до всіх інших організмів, з якими він вступає в контакт і з яких більшість сприяє його користі або ж шкодить. Кожен організм має серед інших своїх друзів чи ворогів таких, які сприяють його існуванню, і тих, які йому шкодять. Організми, які слугують їжею для решти чи паразитують в них, у всякому разі належать до даної категорії органічних умов існування» (Е. Haeckel, 1866, Bd. II, S. 286).

Е. Геккель, формулюючи поняття екології як нової науки, ґрунтувався на великій кількості фактичного матеріалу, нагромадженого в біології впродовж її тривалого розвитку. Дійсно, у попередній період становлення біологічних знань відбувалося

накопичення не лише описів окремих видів, але й відомостей щодо їх способу життя, а також і окремих узагальнень. Так, у 1798 р. *Т. Мальтус* описав рівняння експотенційного росту популяцій, на основі якого будував свої демографічні концепції. Французький лікар *В. Едвардс* (1824) опублікував книгу «Вплив фізичних факторів на життя», яка поклала початок екологічній та порівняльній фізіології. Німецький агрохімік *Ю. Лібіх* (1840) сформулював «Закон мінімуму», який не втратив свого значення і в сучасній екології.

Професор Московського університету *К.Ф. Рульє* впродовж 1842–1858 рр. сформулював практично повний перелік принципових проблем екології, хоч так і не знайшов виразного терміну для позначення цієї науки. Він перший чітко визначив принцип взаємовідносин організму і середовища, зачепив проблеми мінливості, адаптацій, міграцій, розглядав вплив людини на природу тощо.

На початку ХХ ст. сформувались екологічні напрямки досліджень ботаніків, зоологів, гідробіологів тощо. З'явилися перші екологічні зведення – про роль симбіозу в еволюції організмів *А.С. Фамінцина* (1907), угруповання наземних тварин *В. Шелфорда* (1913), екологія тварин *Ч. Адамса* (1913), гідробіологія *С. Зернова* (1913). У 1913–1920 роках екологію почали викладати в університетах, були організовані екологічні наукові товариства, побачили світ екологічні журнали.

В 30–40 рр. ХХ ст. з'явилися зведення по екології тварин – *К. Фрідерікс* (1930), *Ф. Боденгеймер* (1938) та ін. *Д.М. Кашкаровим* видано зведення «Середовище й угруповання» (1933), «Основи екології тварин» (1938). Сформувався новий напрямок екологічної науки – популяційна екологія, основоположником якого вважають *Ч. Елтона*. На початку 40-х років в екології виникає принципово новий екосистемний підхід в дослідженнях біологічних систем: введено термін «екосистема» (*А. Тенслі*, 1935), поняття біогеоценоз (*В.М. Сукачев*, 1942). На новому науковому рівні розвивається вчення про біосферу, основоположником якого є *В.І. Вернадський*.

В 70–90 рр. ХХ ст. ключовим питанням екології присвячені роботи видатних вчених *Р. Дажо* – «Основи екології» (1975), *Ю. Одума* – «Основи екології» (1975), «Екологія» (1986), *В. Ковди* – «Біохімія ґрунтового покриву» (1985), *М. Реймерса* – «Природокористування» (1990), «Екологія» (1994) та ін.

З розвитком екологічної науки саме *поняття екології* суттєво змінювалося. У науковій та навчальній літературі останніх десятиліть наведено різні визначення та підходи до розуміння поняття „екологія". Так, російський еколог *М. Реймерс* (1990) визначає сучасну екологію як «нову галузь знань, науку про виживання у навколишньому природному середовищі, фундаментальну основу для знань про охорону природи та охорону середовища...» Класичними стали вислови американського еколога *Ю. Одума* (1975, 1980, 1986):

«Екологія – біологія довкілля», «Екологія – міждисциплінарна галузь знань про структуру та функціонування багаторівневих систем у природі й суспільстві у їх взаємозв'язку», «Сьогодні екологія сформувалась у принципово нову інтегральну дисципліну, яка зв'яже фізичні й біологічні явища та створює міст між природничими та суспільними науками». *К. Ситник* (1997) також підкреслює інтегральний характер сучасної екології й зазначає: «Екологія – недавно одна з біологічних наук... стала міждисциплінарною наукою, проблеми якої набули глобального характеру...».

У країнах заходу (США, Канада, Західна Європа) термін «екологія» вживається як традиційне суто біологічне поняття (тобто як «біоекологія»). У тих випадках, коли йдеться про широке поняття екології, її прикладні аспекти, західні автори вживають термін «інвайроментологія», «наука про навколишнє природне середовище», «вплив людини на екосистеми», «інженерна екологія» та інші.

Отже, *сучасна екологія* – це комплексна наука про середовище існування, його живі та неживі компоненти, їх взаємозв'язки, закони розвитку і функціонування біосфери під впливом природних та антропогенних факторів, а також визначення шляхів ефективного співіснування техносфери та біосфери.

2. Екологічні дослідження в Україні

Вченими України зроблено чималий внесок у розвиток екологічної науки. Вперше науковий осередок екологічних досліджень в Україні створено в 1930 р. при Інституті зоології та ботаніки Харківського державного університету. Серед відомих вчених цього осередку – *Станчинський В.В.* – еколог і зоолог, орнітолог. З 1929 р. працював замісником з наукової частини заповідника Асканія-Нова, в 1929–1933 рр. завідував кафедрою зоології хребетних Харківського державного університету, в 1933 р. репресований. Розробляв теоретичні питання охорони природи та заповідної справи. Один із засновників еколого-фауністичного напрямку у вітчизняній орнітології. Запропонував класифікації пролітних шляхів птахів і біогеографічних меж. Основний науковий доробок відображено у працях: «Про деякі кліматичні межі поширення птахів у Східній Європі» (1926), «Мінливість організмів та її значення в еволюції» (1927), «До розуміння біоценозу» (1933).

Вагомий внесок до розробки сучасних екологічних концепцій зробили вітчизняні вчені *Ф.А. Гриня, І.Г. Підоплічко, С.М. Стойко, П.С. Погребняк, Д.В. Воробйов* (проблеми раціонального природокористування, екології лісу і ландшафтів). *О.Л. Бельгардом* (1971) досліджено штучні ліси України. Праці академіка *М.Г. Холодного* присвячені екології залізобактерій. Йому належить

дослідження фітогенних речовин, що сприяло розвитку нової науки – алелопатії.

Нині в Україні широке визнання отримали роботи *Д.М. Гродзинського, Ю.Р. Шеляг-Сосонка, М.А. Голубця, К.М. Ситника, А.П. Травлєєва, І.Г. Ємельянова та ін.*

Наразі головні екологічні центри України зосереджені в Києві, Львові, Дніпропетровську. Відкрито заклади, що займаються дослідженнями в галузі екології – Інститут екології Карпат НАН України в м. Львові та Одеський державний екологічний університет. В навчальних закладах різних рівнів акредитації відкрито кафедри екології. Зокрема у Білоцерківському національному аграрному університеті створено кафедри Прикладної екології, Екології та біотехнології, Екотрофології та ін. Колективом кафедри прикладної екології під керівництвом завідувача *В.В. Лаврова* проводяться дослідження природних, штучних ландшафтів за дії антропогенних чинників, та розробки заходів щодо збалансованого ставлення до компонентів біосфери.

3. Структура сучасної екології, її завдання та методологія

Екологія, як кожна наука, має певні об'єкт, предмет і методи досліджень, вирішує специфічні завдання.

Об'єктом дослідження екології є екосистеми планети та їхні елементи: організми різних груп (рослини, тварини, мікроорганізми), органічні й неорганічні речовини тощо. Ці групи організмів можна вивчати як на рівні однієї особини, так і на рівні популяції чи екосистем.

Предметом досліджень екології є взаємозв'язки живих організмів, їхніх груп різних рангів, живих та неживих компонентів екосистем, а також характер впливу природних і антропогенних факторів на функціонування екосистем та біосфери в цілому. Сфера компетенції екології простягається від організменного рівня до біосфери, при цьому стрижневим є рівень екосистем.

Екологія, що виникла як біологічна наука, нині покликана вирішувати набагато ширше коло питань, пов'язаних із господарською діяльністю людини та її впливом на навколишнє природне середовище. Одні автори приділяють більше уваги загальнофілософським і культурним аспектам, інші – соціальним, треті – еколого-економічним, четверті – біоекологічній деталізації. Відповідно до цього, останнім часом розвиваються найрізноманітніші напрями екологічних досліджень. Усього, станом на 2000 рік, нараховувалося 98 напрямків екологічних досліджень, які можна умовно об'єднати за принципом галузевої належності, взаємопідпорядкованості, належності до геосфер, соціально-економічної значущості тощо. Усі напрямки екології об'єднують у два

розділи: **Теоретична (фундаментальна, загальна) екологія** досліджує загальні закономірності взаємозв'язків організмів між собою та навколишнім природним середовищем і включає в себе такі напрямки: екологія людини, екологія тварин, екологія рослин, палеоекологія, еволюційна екологія, основи біоіндикації та ін. (рис. 1).

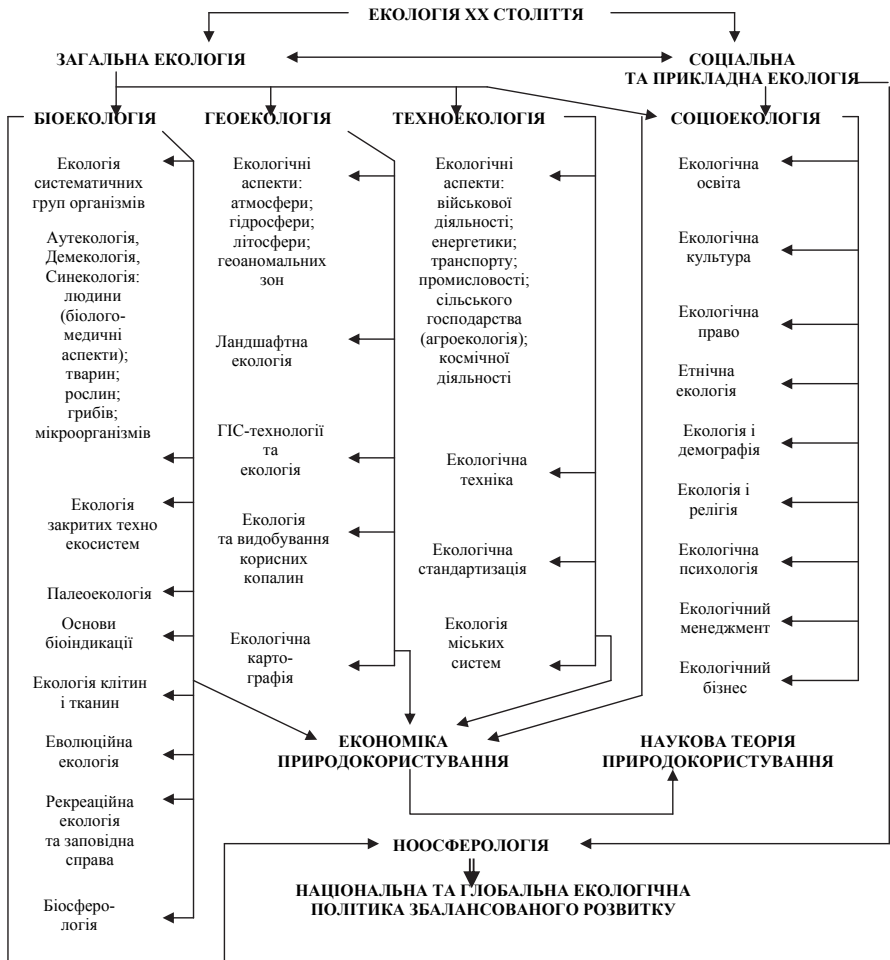


Рис. 1. Структура сучасної екології (Г.О. Білявський та ін., 2005)

Практична (прикладна) екологія вивчає соціально-економічні фактори впливу людини на навколишнє природне середовище (національна екополітика, екологічний менеджмент, екологічна освіта, екологічне право тощо).

З урахуванням взаємопідпорядкованості об'єктів дослідження, теоретичну екологію можна умовно поділити на п'ять великих підрозділів (М.Ф. Реймерс, 1994):

Аутекологія (факторіальна екологія) – розглядає взаємозв'язки окремо взятих організмів (передусім представників сільськогосподарських, лікарських, рідкісних, небезпечних видів) із середовищем, що їх оточує. Цей розділ екології займається, переважно, визначенням меж стійкості виду та його відношенням до різних екологічних факторів. Аутекологія вивчає також вплив середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів (Шретер, 1896).

Демекологія (популяційна екологія) – вивчає взаємозв'язки популяцій живих організмів із середовищем, їх структуру та процеси, що в них відбуваються, описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини (Швердтфегер, 1963).

Синекологія (біоценологія) – аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними та навколишнім середовищем (видовий склад угруповань, чисельність, частота зустрічаності виду, просторове розміщення, розвиток угруповань, обмін речовин та енергії між різними компонентами) (Шретер, 1902).

Біогеоценологія (екосистемологія) – вивчає біогеоценотичний шар Земної кулі і, зокрема, конкретні біогеоценози (суходольні, водні), у яких взаємодіють біоценози й абіотичне середовище.

Біосферологія (глобальна екологія) – вивчає біосферу як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери.

У розділі практична екологія виділяють такі блоки:

Геоєкологія – включає низку напрямків досліджень про взаємозв'язки організмів між собою і середовищем їх існування в різних географічних зонах та про охорону природи (екологія геосфер Землі, геоаномальних зон, ландшафтна екологія та ін.);

Техноєкологія – напрямки досліджень про техногенні забруднення (екологічні аспекти військової діяльності, транспорту, промисловості; агроєкологія, урбоєкологія, екологічна стандартизація та ін.);

Соціоєкологія – напрямки досліджень про взаємовідносини суспільства та природи, покликані перебудувати ставлення людини до природи (екологічна освіта, екологічна культура, екологічне право, етнічна екологія, екологічний менеджмент та ін.).

Методи досліджень в екології. Екологічні дослідження вимагають систематичного підходу під час дослідження екологічних процесів, який базується на науковому методі, який включає такі етапи (рис. 2):

- 1) спостереження (бувають *прямі* або *непрямі*; *якісні*, тобто дають змогу описувати колір, форму, смак, зовнішній вигляд тощо, або *кількісні*, які є точнішими);
- 2) формулювання на основі спостережень теорії про закономірність досліджуваного явища;
- 3) перевірка теорії наступними спостереженнями й експериментами;
- 4) спостереження за тим, чи передбачення, основані на цій теорії, правдиві (факти, які належать до конкретної проблеми і які називають *даними*).

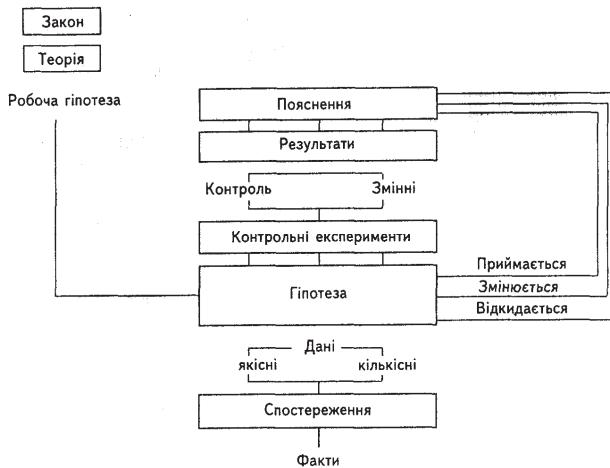


Рис. 2. Схематичне зображення наукового методу.

Внаслідок спостережень отримують так званий «сирий матеріал», на основі якого формується *гіпотеза* – науково обгрунтоване припущення, яке базується на спостереженнях, за допомогою якого можна пояснити те чи інше явище.

Найважливіша гіпотеза стає *робочою гіпотезою*, і якщо вона здатна встояти при спробах її усунення і вдало передбачає раніше незрозумілі факти і взаємозв'язки, то вона може стати *теорією*.

Загальний напрям наукового дослідження полягає в досягненні вищих рівнів передбачуваності (ймовірності). Якщо теорію не здатні змінити жодні факти, а відхилення під неї регулярні і передбачувані, то її можна перевести в ранг закону (рис. 3).

Наукові знання за своєю природою динамічні і народжуються в процесі полеміки, а достовірність наукових методів постійно піддається сумніву.

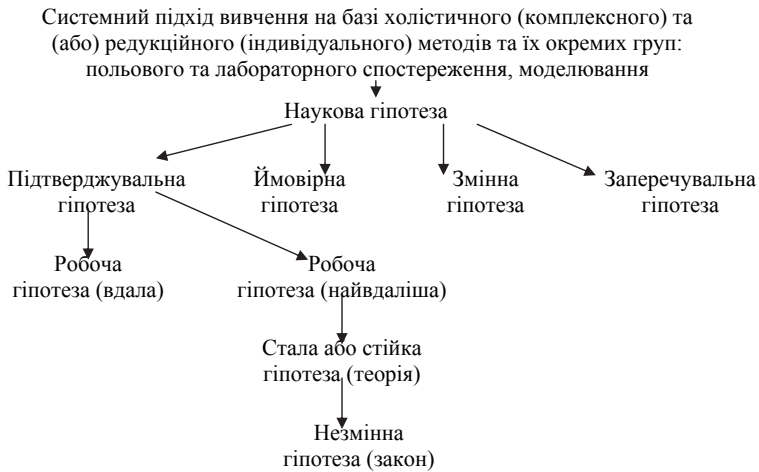


Рис. 3. Схематичний процес руху, перетворення та становлення наукових досліджень.

Метод безпосередніх спостережень екосистеми у природних умовах передбачає мінімальні втручання спостерігача в природні процеси. Цей метод ще називають *еколого-географічним*, або ж методом *порівняльної екології* (рис. 4).

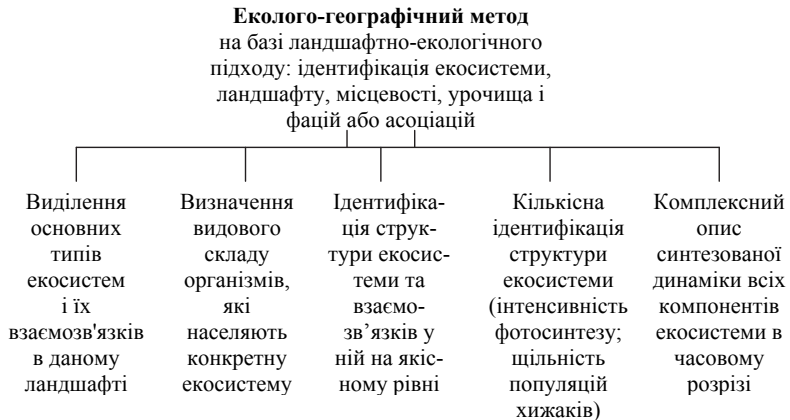


Рис.4. Схематичне зображення механізму методу порівняльної екології.

Експериментальна екологія досліджує екосистеми з використанням методів прямого втручання. Деякі з цих об'єктів досліджуються і в умовах лабораторій *методом моделей* (рис. 5).

Кінцевим продуктом будь-якого системного дослідження є *змістовний синтез*, шлях до якого базується на обґрунтовано-послідовних детальних етапах (рис. 6).

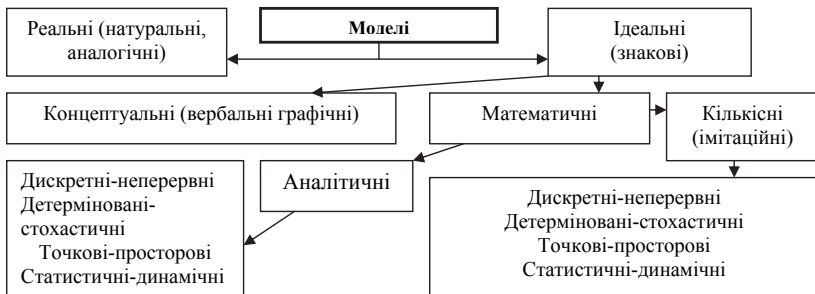


Рис. 5. Класифікація моделей.



Рис.6. Послідовність процес системного дослідження.

Особливого значення у зборі інформації про стан компонентів біосфери набув **екологічний моніторинг** – система режимних довгострокових спостережень за станом навколишнього природного середовища.

Отже, **завдання екології** як інтегральної науки різноманітні. До *загальнотеоретичних* завдань належать:

- розробка загальної теорії структури і функціонування екологічних систем;
- вивчення екологічних механізмів адаптації до навколишнього середовища;
- дослідження регуляції чисельності популяцій;
- вивчення біологічного різноманіття і механізмів його підтримки; моделювання стану екосистем і глобальних біосферних процесів.

До *прикладних* завдань екології належать:

- прогнозування й оцінка можливих негативних наслідків у довкіллі під впливом діяльності людини;
- поліпшення якості навколишнього природного середовища; зберігання, відтворення і раціональне використання природних ресурсів; відновлення порушених природних систем, збереження еталонних (чистих) ділянок біосфери;
- оптимізація інженерних, сільськогосподарських, організаційно-правових, соціальних і інших рішень для забезпечення екологічно безпечного розвитку.

Стратегічним завданням екології вважається гармонізація взаємодії природи і суспільства.

Отже, екологія ґрунтується на досягненнях як біологічних наук: зоології, ботаніки, фізіології, генетики, біофізики, так і небіологічних наук: географії, фізики, математики та інших. Усі ці науки пов'язує екологічна абетка – в єдині терміни та закони. Знання цієї абетки та вміння користуватися нею сьогодні необхідне для всіх спеціалістів.

4. Екологічні проблеми в біосфері та шляхи їх вирішення

Екологічна проблема – це зміна природного середовища в результаті антропогенних дій, що веде до порушення структури і функціонування природних систем (ландшафтів) і приводить до негативних соціальних, економічних та інших наслідків. Поняття екологічної проблеми є антропоцентричним, оскільки негативні зміни в природі оцінюються щодо умов існування людини.

Екологічні проблеми, пов'язані з порушенням окремих компонентів ландшафту або їх комплексу можна умовно об'єднати в *шість груп*:

- *атмосферні* (забруднення атмосфери: радіологічне, хімічне, механічне, теплове);
- *водні* (виснаження і забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення морів і океанів);
- *геоморфологічні* (інтенсифікація несприятливих геоморфологічних процесів, порушення рельєфу і геологічної будови);
- *грунтові* (забруднення ґрунтів, ерозія, дефляція, вторинне засолення, заболочування і ін.);
- *біотичні* (зведення рослинності, деградація лісів, пасовищна дигресія, скорочення видової різноманітності і ін.);
- *комплексні* (ландшафтні) – аридизація територій, зниження біорізноманіття, порушення режиму природоохоронних територій і т.д.

На основних екологічних наслідках зміни природи виділяють наступні **екологічні проблемні ситуації**:

- *антропоекологічні*, відносно зміни умов життя і здоров'я населення;
- *природно-ресурсні*, пов'язані з виснаженням і втратою природних ресурсів, погіршуючи господарську діяльність на території;
- *ландшафтно-генетичні*, зумовлені порушенням цілісності ландшафтів, втратою генофонду, втратою унікальних природних об'єктів.

Екологічний стан атмосфери. Атмосфера — це зовнішня газова оболонка Землі, життєдайний «буфер» між Космосом і поверхнею Землі. Вона є носієм тепла, вологи, захисником екосистем від згубних ультрафіолетових випромінювань, важливим чинником фотосинтезу. Це своєрідний «скафандр» для Землі і одночасно велетенський резервуар кисню.

Повідомлення. Дані ООН свідчать, що в атмосферу щорічно викидається 110 млн. т оксиду сірки; 70 млн. т оксиду азоту; 180 млн. т оксиду вуглецю; 70 млн. т неочищених отруйних газів; 60 млн. т завислих часток; 700 тис. т фреонів (сполук тяжких металів); 500 тис. т свинцю; 100 тис. т токсохімікатів; 10 тис. т ртуті.

Встановлено, що 80 % кисню постачає в атмосферу морський фітопланктон, 20 % тропічні ліси та інша рослинність. Але його рівновага порушена антропогенними чинниками. Щорічно кількість кисню в атмосфері зменшується на 10 млрд. т (цього вистачило б для дихання кількох десятків мільярдів чоловік). А промисловість, наприклад, США, Японії, ФРН взагалі живе за рахунок інших, бо споживає кисню більше, ніж його утворюється на територіях цих країн. Або, скажімо, лише один сучасний пасажирський реактивний літак протягом 8 год. польоту поглинає 50–75 т кисню, викидаючи при цьому в атмосферу десятки тонн вуглекислого газу. Відтворити таку втрату кисню впродовж доби може масив площею 25–30 тис. га. І все ж, витрати атмосферного кисню поки що компенсується його утворенням в процесі

життєдіяльності рослинності суші і Світового океану. При фотосинтезі вони щорічно продукують близько 320 млрд. т кисню.

У повітрі циркулюють створені людиною отруйні речовини, які призводять до мутагенного забруднення. Відомо понад три тисячі хімічних сполук, що володіють мутагенною активністю. Так, якщо в 1945 р. було зареєстровано 0,7 % народжених з цієї причини неповноцінних дітей, то сьогодні – понад 10 % немовлят народжуються із спадковими дефектами. Це вказує на небезпеку зміни генофонду людства.

Загроза зміни клімату і порушення енергетичного балансу планети пов'язана із значним виділенням вуглекислого газу. Звичайно, вуглекислий газ є необхідним компонентом фотосинтезу рослин. Але при спалюванні органічного палива, вирубці лісів, розорюванні степів, гнитті, вулканічній діяльності його продукується все більше, що може призвести до підвищення середньорічної температури.

Повідомлення. Слід також зазначити, що впродовж тисячоліть середньодобова температура на Землі дорівнювала 15 градусам за Цельсієм. Упродовж останніх 100 років вона підвищилася на 0,5–0,6 градуса і за деякими прогнозами до середини XXI ст. може зрости на 1,5–2,5 градуси, що неминуче призведе до так званого парникового ефекту, тобто до підвищення температури земної поверхні. Розігрівання відбувається завдяки затримці вуглекислим газом тепла розігрітої Сонцем земної поверхні. Небезпека цього явища непередбачувана, бо парниковий ефект змінить характеристики таких чинників, як опади, вітер, хмари, морські течії, айсберги. У середніх широтах значно збільшиться посушливість, клімат стане напівпустельним, урожаї різко знизяться, а на узбережжях очікується значне підвищення рівня Світового океану за рахунок танення льодовиків Антарктиди, а отже – і затоплення багатьох прибережних районів. Наслідок цього – велике переселення народів. Спеціалісти стверджують, що за останнє століття рівень Океану піднявся на 10–12 см. Нині цей процес прискорився у декілька разів.

Озонові дирки в атмосфері. Останнім часом спостерігається значна деформація озонового шару як наслідок потрапляння у верхні шари атмосфери оксидів азоту, бромів та хлорорганічних сполук (хлорфторвуглець), які і розкладають озон на кисень. Оксиди азоту створюються бактеріями з азотних добрив, внесених у ґрунт і перенесених у стратосферу. Там вони фотохімічно реагують з озоном. Але це не єдиний шлях доставки їх у стратосферу. Особливої шкоди озону завдають польоти висотних літаків та запуски космічних кораблів (зокрема, на твердому паливі), вихлопні гази, що містять багато оксидів азоту. Так звані фреони широко застосовуються в холодильниках, рефрижераторах, для очищення мікросхем, в аерозольних упаковках для лаків, дезодорантів, фарб тощо. Щорічно виготовляється майже 1 млн. т фреонів (40 % яких у країнах ЄС, 35 % – у США, приблизно по 10%) – у Японії та на пострадянському просторі).

Повідомлення. Надзвичайне занепокоєння викликає витік антарктичного озону (40–50 %). Якщо раніше ця пульсуюча діра відновлювалася, то з 1987 року

вона існує цілорічне і має тенденцію до розширення. У 1987 р. озонна діра охоплювала поле в 5 млн. км², а в 1990 р. – майже в 10 млн. км². Озоновий «екран» Землі виник 570–400 млн. років тому. Він становить лише мільйонні долі атмосфери, але роль його важко переоцінити: поглинати і не пропускати на Землю смертоносне випромінювання. Помічено зменшення озону і над Арктикою на 6 %). Це досить небезпечно, адже зменшення озонного шару лише на 1 % призводить до посилення ультрафіолетового випромінювання на 2 % та до зростання захворювань на рак шкіри і катаракти очей на 5–6 %).

З озоною дірою це багато незрозумілого, і це потребує активізації спільних дій різних держав. Ще у 1985 році 28 держав виробників фреону уклали Віденську конвенцію з охорони озонного шару. Протокол Монреальської конференції 1987 р.), підписаний представниками понад 50 держав, передбачав зменшення виробництва озоноруйнівних речовин у 1993 році на 20%, у 1998 р. – на 50 %, а потім повну заміну їх безпечними сполуками.

Шість станцій, розташованих у Києві, Борисполі, Богуславі, Одесі, Львові та Карадазькому природному заповіднику в Криму, проводять також моніторинги загальної концентрації озону та стану озонного шару. Довгострокові результати підтверджують зростання озонного дефіциту, який може призвести до додаткового погіршення екологічних умов, особливо у період біологічно активного сонячного ультрафіолетового випромінювання (весна–літо).

Кислотні дощі, які утворюються внаслідок взаємодії атмосферної вологи з продуктами неповного згорання палива на ТЕЦ, промислових підприємствах, в автомобільних двигунах становлять велику загрозу.

Повідомлення. Сірчана й азотна кислоти у вигляді дрібних краплин переносяться на величезні відстані і випадають кислотними дощами. Наслідки цього надзвичайно тяжкі: гинуть ліси, комахи, тварини, руйнуються будівлі, виводяться із сівозміни ґрунти. У разі цього знижується врожайність більшості сільськогосподарських культур внаслідок ушкодження листя кислотами; вимиваються з ґрунту кальцій, калій і магній, що викликає деградацію фауни та флори; отруюється вода озер і ставків, де гине риба й зникають птахи; зникають водоплавні птахи і тварини, що харчуються комахами; гинуть ліси в гірських районах, що викликає зсуви й селеві потоки; збільшується кількість захворювань серед населення (подрознення очей, хвороби дихальних шляхів тощо).

Так, тільки у Швеції через підвищення кислотності води суттєво постраждав риболовний промисел на 2500 озерах. На півдні Норвегії у 1750 із 5000 тис. озер риба загинула повністю. У Швейцарії засихає третина лісів.

В Україні, як і в багатьох інших країнах, стан повітряного середовища явно **незадовільний**, а у деяких регіонах чи містах (наприклад, Донбас, Кривий Ріг та ін.) – **вкрай загрозливий**.

Повідомлення. Диктат центру тривалий час впливав на відповідну структурну деформацію народного господарства, коли перевага надавалася розвитку сировинно-видобувних і металоліварних (металургійних, гірничорудних, хімічних), досить є брудних і надзвичайно екологічно небезпечних галузей промисловості. Економіці України властива також висока питома вага ресурсних та енергоємних технологій, впровадження і нарощування яких у

промисловості та сільському господарстві здійснювалося найбільш «дешевим» способом – без будівництва відповідних очисних споруд.

Причина, які зумовила погіршення екологічного стану атмосфери:

- **злочинна діяльність всевладних монополій** – одна з основних причин безпрецедентного радіаційного і хімічного забруднення величезних територій. Роки безконтрольної експлуатації багатств України призвели до того, що у багатьох районах забруднення повітря у десятки разів перевищує граничне допустимі норми. Хіба не вражають такі дані: територія України становила 2,7% колишнього Союзу, а шкідливих викидів на неї припадало майже 30%. Це 17 млн. т шкідливих речовин, тобто по 300 кг на кожного жителя, а в деяких регіонах, наприклад Дніпровсько-Придніпровському, ця цифра становить 500 кг і більше (у Кривому Розі – 1,6 т на мешканця, що становить 10,1 % усієї кількості викидів в Україні).

Повідомлення. За даними Державної гідрометеорологічної служби, якою регулярно здійснює моніторинг 54 великих та малих міст, 13 агломераційних виробництв, що зосереджені переважно у Донецько-Придніпровському промисловому регіоні і характеризуються високим рівнем викидів в атмосферне повітря не тільки класичних забруднювачів, а й специфічних канцерогенних речовин, загалом впродовж останніх кількох років щорічні концентрації пилу, оксидів азоту, діоксиду сірки та оксиду вуглецю зменшилися разом із рівнем забруднення. Все ж вони часто перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК), унормовані українськими стандартами якості атмосферного повітря, в 1,1 рази і більше. Перевищення, скажімо, діоксиду азоту спостерігалось майже у всіх великих містах, а загалом із двох проведених щорічних вимірювань різних забруднювачів на території України принаймні одне перевищує ГДК. Головним чином це стосується іроксичних забруднювачів повітря.

Взагалі, високі промислові викиди, що змінюються для основних забруднювачів від 500 тис. т до 100 тис. т на рік, спостерігаються у Кривому Розі, Маріуполі, Донецьку, Єнакієвому, Дніпропетровську, Дебальцеві, Запоріжжі, Макіївці та Горлівці (рис. 7).



Рис. 7. Викиди з підприємств в атмосферу в Донбасі.

Найбільшими забруднювачами повітря є такі джерела:

- енергетичний та теплоенергетичний сектор (32 %);
- чорна та кольорова металургія (27 %);
 - вугільна промисловість (27 %);
- нафтопереробні заводи (2 %);
- енергетична промисловість.

Повідомлення. У 1996 р. 43,9 % всієї електроенергії було вироблено на



Рис. 8. Луганська ТЕС.

атомних станціях (рис. 8, 9). На п'яти АЕС працювало 15 атомних блоків загальною потужністю 13,618 тис. мвт., на яких було вироблено 79,6 млрд. квт-год електроенергії. За кількістю реакторів та їх потужністю Україна посідає восьме місце у світі та п'яте – в Європі.



Рис. 9. Рівненська АЕС.

Чотири енергоблоки з реакторами ВВЕР-1000 перебувають в стані будівництва на майданчиках Рівненської та Хмельницької АЕС з різними ступенями будівельної готовності. Другий блок Чорнобильської АЕС законсервовано, перший блок цієї станції остаточно зупинено у листопаді 1996 р. В Києві та Севастополі

розташовані дослідницькі реактори, які у 1996 р. не працювали, але продовження їх експлуатації планується у наступні роки. Головними причинами накопичення радіоактивних відходів є атомні станції, на яких здійснюється їх первинна переробка та тимчасове зберігання. На АЕС не існує повного циклу первинної переробки відходів відповідно до вимог норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки, що призводить до нераціонального використання сховищ та збільшує ризик радіаційних аварій. У 30- км зоні Чорнобильської АЕС зберігається в тимчасових, не пристосованих для зберігання сховищах велика кількість радіоактивних відходів, серед яких є відходи ядерної енергетики.

Головним джерелом небезпеки у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС залишається об'єкт «Укриття», в якому зосереджені небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких близько 20 млн. Кюрі.

У шести областях України розташовані регіональні підприємства УкрДО «Радон» з переробки та зберігання радіоактивних відходів, які приймають на зберігання радіоактивні відходи від усіх галузей народного господарства. Ці підприємства також не мають установок для первинної переробки відходів.



Рис. 10. Вулиці столиці України.

Підприємства з видобування та переробки уранових руд знаходяться у Дніпропетровській, Миколаївській та Кіровоградській областях.

Характерним для уранопереробки є те, що майже всі її відходи – відвали шахтних порід, скиди та викиди (рідкі, газоподібні) є джерелами радіаційного



Рис. 11. Димові труби Макіївки.

забруднення навколишнього природного середовища. В них містяться природний уран, торій-232, продукти розпаду уранового та торієвого рядів, у тому числі і радіоактивний газ радон. Для природного середовища та людей головну небезпеку становлять великі за своїми обсягами сховища та зосереджені в них радіоактивні матеріали;

- пересувні транспортні засоби (1885 тис. т, 31 % від загального обсягу викидів (у багатьох областях та містах – Рівне, Ужгород, Київ, Одеса, Житомир, Тернопіль, Чернівці, Луцьк та Чернігів, вони

перевищують викиди від стаціонарних джерел на 60–90 %) від усіх викидів) (рис. 10).

- хімічні підприємства.

Повідомлення. *Найзабрудненіші міста України, індекс (результати дослідження атмосфери, проведеного лабораторією МНС) (рис. 11):*

1. Макіївка – 22,8; 2. Дніпродзержинськ – 19,2; 3. Одеса – 17,6; 4. Донецьк – 16,0; 5. Горлівка – 15,6; 6. Єнакієве – 14,3; 7. Маріуполь – 14,0; 8. Дніпропетровськ – 13,3; 9. Лисичанськ – 13,3; 10. Северодонецьк – 13,2; 11. Херсон – 13; 12. Слов'янськ – 12,5; 13. Краснопереконськ – 12,3; 14. Запоріжжя – 11,2; 15. Арм'янськ – 10,7; 16. Краматорськ – 10,6; 17. Луцьк – 10,5; 18. Хмельницький – 9,5; 19. Ужгород – 9,4; 20. Львів – 9,3.

Повідомлення. Так, на Луганщині жителі прозвали «Бермудами» трикутник між містами Северодонецьк, Лисичанськ і Рубіжне. Можна довго перераховувати «дива», що спостерігаються там з «ласки»хімічних підприємств. Зокрема, за 10 років подвоїлась кількість дітей, які народжуються тут з відхиленнями. Не кращий стан атмосферного середовища й у Дніпродзержинську, Дніпропетровську, Донецьку, Кривому Розі, Макіївці, Києві та Одесі. У Донецькому економічному районі хімічно небезпечні об'єкти розташовані в усіх областях, загальна кількість яких становить 119 підприємств 3 них до I ступеня хімічної небезпеки віднесено 5 об'єктів, до II – 2, до III – 86 і до IV – 30 об'єктів. На них зберігається 19567 т сильнодіючих отруйних речовин, з них хлору понад 2410 т і аміаку понад 16410 т. Сумарна площа зони хімічного забруднення місцевості внаслідок аварій на цих підприємствах дорівнюватиме 10772 км². В імовірних зонах хімічного забруднення місцевості проживає 1980 тис. чол., з них в осередках хімічного ураження може опинитися 950 тис. чол.

У Південному економічному районі розташовано 372 хімічно небезпечних об'єкти, з них: 25 об'єктів I ступеня хімічної небезпеки, 20–11, 327 – III та IV ступенів небезпеки. На них зберігається 80643,5 т СДОР, з них 856,5 т хлору та 79563 т аміаку. Сумарна площа зон хімічного зараження місцевості внаслідок аварій на цих об'єктах становитиме 18441,5 км². В імовірних зонах хімічного зараження місцевості в межах регіону проживає 4586,1 тис. чол., з них в осередках хімічного ураження може опинитися 1065 тис. чол.

У Подільському економічному районі розташовано 111 хімічно небезпечних об'єктів, на яких зберігається 5845,1 т СДОР. При викиді СДОР в навколишнє середовище сумарна площа хімічного забруднення місцевості становитиме 96,3 км². В імовірній зоні хімічного зараження в межах регіону проживає 406,3 тис. чол., з них в осередках хімічного ураження опиниться 117,9 тис. чол.

У Поліському економічному районі розташовано 177 хімічно небезпечних об'єктів, на яких зберігається 6643,6 т сильнодіючих отруйних речовин, з них 148,7 т хлору та 9113 т аміаку. Сумарна площа зони хімічного забруднення місцевості внаслідок аварій на цих об'єктах становитиме 519,2 км². В імовірних зонах хімічного забруднення місцевості проживає 802,8 тис. чол., з них в осередках хімічного ураження може опинитися 58 тис. чол.

У Придніпровському економічному районі розташовано 235 хімічно небезпечних об'єктів, з них 11 об'єктів віднесено до I, 7 – II, 116 – III та 101 до IV ступенів хімічної небезпеки. На цих підприємствах зберігається 56506 т СДОР, з них 1369,2 т хлору та 39149 т аміаку. Сумарна зона хімічного забруднення місцевості перевищує 16121 км². В імовірних зонах хімічного забруднення проживає 4609,7 тис. чол., з них в осередках хімічного ураження може опинитися 1412,8 тис. чол.

В одному економічному районі розміщено 291 хімічно небезпечний об'єкт, з них 5 – віднесено до I – II та 281 – III ступенів хімічної небезпеки. На них зберігається 25649 т СДОР, з них 1673 т хлору та 19311 т аміаку. Внаслідок аварій на цих підприємствах з викидом СДОР у навколишнє середовище сумарна площа зон хімічного забруднення місцевості становитиме 7220 км². В імовірних зонах хімічного забруднення місцевості в межах регіону проживає 3646,3 тис. чол., з них в осередках хімічного ураження може опинитися 1826,5 тис. чол.

- використанням джерел іонізуючого випромінювання (далі – ДІВ) у багатьох сферах господарства і наукової діяльності.

Повідомлення. На даний час існує близько 8 тисяч підприємств та організацій (тільки по місту Києву їх близько 400), які використовують понад 100 тисяч ДІВ.

Через існування великої кількості штучних і природних джерел іонізуючого випромінювання та в результаті Чорнобильської катастрофи в Україні склалася дуже складна радіоекологічна ситуація, яка викликає необхідність створення системи заходів радіаційного захисту населення та навколишнього природного середовища.

В систему таких заходів мають входити: основи ядерного законодавства, державне регулювання ядерної та радіаційної безпеки, державні програми мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи, норми поводження з радіоактивними відходами та підвищення безпеки атомних станцій, система соціального захисту населення.

Головними причинами, що призвели до погіршення стану навколишнього середовища, є:

- застаріла технологія виробництва та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість, що перевищують у два – три рази відповідні показники розвинутих країн;
- високий рівень концентрації промислових об'єктів;
- несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв;
- відсутність належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо), низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів;
- відсутність належного правового та економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем;
- відсутність належного контролю за охороною навколишнього природного середовища.

Екологічний стан гідросфери. Повідомлення. *Вода є однією з найбільш необхідних і найпоширеніших речовин. Вона необхідна для життя, оскільки бере участь у кожному процесі, що відбувається в живих організмах. Загальний об'єм води на нашій планеті оцінюється вражаючою цифрою – 1385 млн. куб. см.*

- Основними джерелами забруднення і засмічення водойм є:
- стічні води промислових та комунальних підприємств;
 - відходи від розробок рудних і нерудних копалин;
 - води рудників, шахт, нафтопромислів;
 - відходи деревини під час заготівлі, обробки, сплаві лісових матеріалів;
- (коса, тирса, тріска, колоди, хмиз та ін.);
- викиди водного, залізничного та автомобільного транспорту;
 - первинна обробка льону, коноплі та інших технічних культур.



Рис. 12. Міграція токсичних компонентів від осередків забруднення у підземні води по водоносному горизонту.

Повідомлення. Дефіцит води в Україні нині становить близько 4 млрд. м³. Практично всі поверхневі, ґрунтові й частково підземні води забруднені промисловими, побутовими, сільськогосподарськими стоками й за якістю не відповідають навіть чинним заниженим санітарним нормам (рис. 12). Щороку у водоїми України потрапляє близько 5 млн. т солей, 190 млн. м³ різних стоків. У водні об'єкти басейну Дніпра при цьому скидається близько 8 км³ стічних вод. Гострий дефіцит якісної питної води відчувається вже не тільки в містах Криму, Донбасу, в

Одесі, Львові, Харкові, а й у Києві, Житомирі, Вінниці, Херсоні, Нікополі, Запоріжжі, Дрогобичі, Білій Церкві та інших містах. Якість питних підземних вод також постійно знижується. Найбруднішими річками в Україні вважають Либідь, що протікає через Київ, і Полтву (Львівська область).

У Либіді, в басейні якої розташовано близько 300 підприємств (100 із них скидають узагалі неочищені стоки), концентрація солей у 3 рази вища, ніж у Дніпрі, нітратів – у 900 разів більша за ГДК, міді – в 50 разів, цинку – в 4, а свинцю (поблизу гирла) – 3,5 кг на 1 т води.

У воді Полтви міститься величезна кількість сірководню. Концентрація основних забруднювальних речовин становить: легкоокиснених органічних сполук – 3–22 ГДК, амонійного азоту – 22–35, нітритного азоту – 3–7, нафтопродуктів – 6–13, сполук міді – 9, цинку – 4, марганцу – 9 ГДК. В окремі роки концентрації цих речовин були ще вищими.

Серед великих річок України до найбільш забруднених належать Сіверський Донець і Дністер, в які щороку скидається близько 200 млн. м³ забруднених стоків. Крім того, Дністер опинився на межі висихання через непосильні для нього об'єми водозабору для потреб промисловості та меліорації (його стік зменшився від 6 до 3 млн. м³/рік).

Більш як 800 сіл України втратили власні джерела питної води, й тепер вона або завозиться, або подається здалеку трубопроводами. Особливо нагально ця проблема відчувається в Донбасі, Криворіжжі, на Дніпропетровщині.

Екологічний стан літосфери. Літосфера – верхня тверда оболонка земної кулі. Найважливішими її частинами є: поверхневий родючий шар, або ґрунт, земні надра (корисні копалини).

Сучасний стан ґрунтів такий, що він є не стільки природним тілом, скільки продуктом людської діяльності.

Шкідливий антропогенний вплив, а також розгул стихій, природних та посиленних людиною, завдає ґрунтам величезної, інколи непоправної шкоди. Це, насамперед:

- водна і вітрова ерозія;
- погіршення ґрунтової структури;

- механічне руйнування та ущільнення ґрунту;
- постійне збіднення на гумус та поживні речовини;
- забруднення ґрунту мінеральними добривами, отрутохімікатами, мастилами та паливом;
- перезволоження та засоленість земель.

Причинами зниження продуктивності ґрунтів та погіршення їх властивостей, у тому числі й в Україні, є і нерациональне використання земель, надмірна їх експлуатація.

Антропогенний вплив людини на ґрунти може бути прямим і непрямим:

1. **Прямий вплив** виявляється насамперед у сільськогосподарській діяльності людини.
2. **Непрямий вплив** людини на ґрунт виявляється у:
 - вирубуванні лісів;
 - будівництві штучних водойм;
 - надмірному випасанні тварин;
 - будівництві об'єктів видобувної та переробної промисловості, дамб тощо.

Основними джерелами забруднення ґрунту є:

- житлові будинки та побутові підприємства: у числі забруднюючих речовин переважає побутове сміття, харчові відходи, фекалії, будівельне сміття, відходи опалювальних систем, сміття громадських закладів (лікарень, їдалень, готелів, магазинів тощо).

Повідомлення. Тверді побутові відходи – відходи, які утворюються в процесі життя і діяльності людини і накопичуються у житлових будинках, закладах соціально-побутової, громадських, навчальних, лікувальних, торговельних та інших закладах (це харчові відходи, предмети домашнього вжитку, сміття, опале листя, відходи від прибирання і поточного ремонту квартир, макулатура, скло, метал, полімерні матеріали тощо) і не мають подальшого використання за місцем їх утворення (рис. 13).

Серед причин зростання кількості побутових відходів називають зростання населення. Проте вчені довели, що кількість відходів зростає набагато швидше, ніж кількість населення. Отже, причина полягає не у кількості, а – у способі життя людей, які використовують все більше пакувальних матеріалів, виготовляють і купують неякісні товари, що швидко виходять з ладу, викидають речі замість того, аби знайти їм інше застосування тощо. Викидаючи сміття, ми брутально порушуємо один з основних екологічних законів – кругообігу речовин у природі.



Рис. 13. Несанкціоноване звалище твердих побутових відходів.

Адже вилучаючи з природи чимало речовин, людина змінює їх до невпізнанності і повертає у природу у вигляді сміття, яке не розкладається на вихідні речовини природнім шляхом. Наприклад, в умовах лісу папір розкладається протягом 2 років, консервна бляшанка – понад 90 років, поліетиленовий пакет – понад 200 років, скло – понад 1000 років.

У Києві за рік утворюється близько 800 тис. тонн твердих побутових відходів (ТПВ).

Приблизно 50% ТПВ складають харчові та паперові відходи, а інші 50% - це поліетилен, пластмаса, гума, скло, метали, деревина — цінні компоненти, які через відсутність роздільного збору, служби з сортування та складання не утилізуються і без переробки захоронюються або знищуються, вимагаючи додаткової площі на звалищах і полігонах та енергетичних витрат при їхньому спалюванні. Вага 1 м³ міських відходів складає приблизно 250 кг.



Рис. 14. Відходи від видобутку уранової руди в м. Жовті Води.

- промислові

підприємства.

Повідомлення. Види промислових відходів:

- **відходи видобутку** (рис. 14). Відходи видобутку в залежності від розробки називають розкривними чи шахтними і вони складають значні обсяги, а тому і відвали займають великі площі земель, піддаються водній і вітровій корозії, забруднюючи прилеглу територію. Значна втрата природному середовищу загоряння

териконів, тому навколо відвалів влаштовують захисні зони, що приводить до збільшення площі відчужених земель. Тверді відходи вуглевидобутку використовують як низькосортне паливо. У світовій практиці відходи вуглевидобутку використовують для закладки вироблених шахтних просторів;

- **відходи вуглезбагачення.** Відходи вуглезбагачення утворюються при збагаченні вугілля для коксування, енергетичних і інших цілей і являють собою суміш осадових порід, часток вугілля й вугільно-мінеральних зростків.

Відходи вуглезбагачення використовують як енергетичну сировину шляхом спалювання чи газифікації, направляють на Perezбагачення, одержують сірку, будівельні матеріали, при влаштуванні насипів, закладці підземних виробок, рекультивації земель; - відрізняються по цінності і складності переробки;

- **відходи деревини утворюються** на всіх стадіях її заготівлі і переробки. Одним з основних способів переробки й утилізації відходів деревини є одержання штучної деревини – міцного матеріалу. Представлений далеко не повний перелік напрямків утилізації промислових відходів свідчить про широкі можливості їхнього використання в народному господарстві;

- **золошлакові відходи.** Золошлакові відходи утворюються при спалюванні твердого палива в топках теплових електростанцій при температурі 1200–1700° С. Одним з найбільш перспективних напрямків утилізації золошлакових відходів є виробництво з них пористих заповнювачів для легких бетонів. В даний час золошлакові відходи широко використовуються в шляховому будівництві, де їх застосовують як засипку при влаштуванні основи для асфальтобетонних покриттів. Золу використовують і як наповнювач для виробництва рулонних покрівельних матеріалів;

- **відходи видобутку залізної руди.** Відходи видобутку залізної руди являють собою породи, що попутно добуваються, що, поряд з розробкою залізної руди, витягають і складають у відвали.

Основним напрямком утилізації цих відходів є використання їх для пристрою дамб, гребель, насипів, основ доріг, а також для виробництва будівельних матеріалів (як заповнювачі у важких і особливо важких бетонах);

- **відходи збагачення руди.** Відходи збагачення руди, так звані «хвости», утворюються при одержанні залізного концентрату методами електромагнітної чи магнітної сепарації і займають величезні площі. При цьому підтоплюються прилеглі території, забруднюються підземні води, що явно суперечить законодавству України. Основним напрямком використання «хвостів» є використання їх як вторинну сировину для виробництва будівельних матеріалів. Піски з відходів збагачення можуть використовуватися в кладкових і шукатурних розчинах, при приготуванні бетонів, одержанні силікатної цегли.

- **металургійні шлаки.** Металургійні шлаки утворюються при виплавці металів і являють собою продукти високотемпературної взаємодії руди, порожньої породи, флюсів, палива. Основним споживачем шлаків є цементна промисловість. Ці шлаки також використовують для виробництва шлакової вати. З розплавлених металургійних шлаків відливають камені для бруківки доріг, бордюрний камінь, жаростійкі плитки, труби й інші вироби.

- **відходи виробництва і споживання пластмас.** Вони утворюються при готуванні сировини у виді злитків, брил, бракованих волокон і при формуванні виробів у виді обрізків і браку. Відходи використовуються для виробництва того ж продукту чи у виробі менш відповідального призначення. При утилізації без поділу по типах пластмас відходи подрібнюють, відокремлюють домішки, гранулюють і використовують для виробництва тари, підстилок, сувенірів, іграшок. Відходи синтетичних матеріалів легкої й інших галузей промисловості у виді волокон, пряжі, обрізків можуть використовуватися для очищення промислових стічних вод;

- **відходи виробництва і споживання гуми.** Вони утворюються в процесі виробництва гумовотехнічних виробів, товарів народного споживання, у шинній промисловості й у процесі споживання. До них відносяться зношені покришки, гумове взуття, відпрацьовані конвеєрні стрічки, приводні ремені, прогумована тканина. Найбільш цінними компонентами гумових відходів є каучук і тканини. Відходи виробництва - не вулканізовані і вулканізовані



Рис. 15. Транспортування радіоактивних відходів.



Рис. 16. Сховища радіоактивних відходів у Дніпродзержинську (накопичено понад 42 млн. тонн).

- **відходи ядерної енергетики** (рис. 15, 16). Повідомлення. Під час роботи реакторів в паливних стрижнях накопичуються радіоактивні відходи. Розпадаючись, ці відходи виділяють тепло, і тому їх треба охолоджувати ще довго після закінчення керованого процесу розщеплення. На сьогодні не існує поки що загальноприйнятого способу зберігати відходи, які залишаються високорадіоактивними протягом дуже довгого часу.

Існує проблема могильників, де поховані радіоактивні речовини, дамб, які повинні захищати річки і водойми від радіаційного забруднення.

Високорадіоактивні відходи неможливо знищити: їх треба ізолювати від навколишнього середовища на десятки тисяч років – лише тоді вони стануть нешкідливі. Але ми не знаємо як це зробити. Людське

суспільство ще не існувало десятки тисяч років. Тому необхідно створити систему знешкодження ядерних відходів, яка була б незалежна від людини. Досі жоден технічний процес ніколи не був безпомилковим і вічним, а саме це й потрібно для ізоляції ядерних матеріалів.

Поки що більшість відходів ядерного палива «тимчасово» зберігають в облицьованих сталевими плитами басейнах біля атомних електростанцій, і небезпека забруднення навколишнього середовища дедалі зростає. Тепер у всьому світі працює приблизно чотириста атомних реакторів, а системи тривалого зберігання ядерних відходів не існує. Люди, відповідальні за ядерні програми, вірять, що нарешті буде створено довічно закриту систему. Але таку систему треба ще створити.

- **теплоенергетика:** окрім утворення значних кількостей шлаків, при спалюванні кам'яного вугілля в атмосферу потрапляє багато сажі, оксидів сірки, які в кінці-кінців надходять у ґрунт.

Повідомлення. Одним з основних джерел забруднення ґрунтів у Харківської області є Зміївська ТЕС, викиди якої забруднюють землі в радіусі 15 км. Результатами такого забруднення земної поверхні є окислення сніжного покриву та сільськогосподарських угідь, нагромадження в ґрунті важких металів

з вугільної золи, що пригнічує лісові біоценози, знижує врожайність агрокультур і насичує харчові продукти шкідливими для здоров'я людини сполуками.

- **сільське господарство:** мінеральні добрива, пестициди, хімічні засоби захисту рослин є джерелами забруднення ґрунту важкими металами (свинець, ртуть, цинк, манган); накопичення важких металів у ґрунті, а також ерозійні процеси (рис. 17) зумовлює зміни його складу і властивостей.



Рис. 17. Ерозія ґрунту.

Повідомлення. Екскременти тварин і птиці завдяки високому вмісту органічної речовини, а також поживних елементів (фосфор, калій, мікроелементи) здавна вважаються цінним добривом. Дослідження показують, що внесення у ґрунт екскрементів тварин у дозах, які перевищують оптимальну (45 т/га на рік), негативно позначається на родючості ґрунтів і життєдіяльності мікроорганізмів та рослин. Наприклад, у ґрунті з'являється надлишок розчинних солей, які можуть затримувати ріст або вимиваються у ґрунтові води. Разом з екскрементами у ґрунт потрапляють мідь і миш'як, які додають у корм для птиці проти деяких захворювань або для стимуляції росту. Нітрати, присутні у ґрунті в надмірній кількості, можуть мігрувати через ґрунтовий профіль до ґрунтових вод, а також змиватися поверхневими водами у процесі ерозії.

Ерозія ґрунтів. Ерозія (лат. erosio – роз'їдання) ґрунту – це різноманітні процеси руйнування ґрунту і переміщення продуктів руйнування водою і вітром.

В залежності від факторів руйнування ерозію поділяють на водну та вітрову (рис. 18):



Рис. 18. Види ерозії ґрунту залежно від факторів руйнування.

Водна ерозія – це змивання ґрунту поверхневими водами (дощовими, талими та тригаційними (зрошення та полив)). Водна ерозія буває двох видів:

- поверхнева - змивається верхній родючий горизонт ґрунту на значній території;

- глибока - проявляється на крутих схилах, зумовлює утворення ярів.

Водна ерозія проявляється в основному на розораних схилах, особливо там, де оранка проводиться вздовж схилу, а не впоперек. Внаслідок цього виникають поздовжні борозни, по яких стікає тала і дощова вода. Ситуація значно погіршується, якщо на цих полях засівають просанні культури. Водна ерозія призводить до значного змивання орного шару, значна частина якого надходить у водойми, збагачуючи їх азотом, фосфором та ін. Крім того, що зменшується родючість ґрунтів, водною ерозією завдається шкоди сінокосам і пасовиськам, замулюються річки, псується гідротехнічні споруди.

Водну ерозію підсилюють:

- вирубування лісів, знищення трав'яного покриву, розорювання схилів;
- неглибока оранка;
- велика кількість опадів;
- неправильна меліорація.

Вітрова ерозія (дефляція) – це руйнування ґрунтового шару силою вітру. Вона спостерігається переважно на недостатньо захищених або зовсім не захищених рослинністю землях, відсутня належна задернілість поверхні ґрунту. Найшкідливішим видом вітрової ерозії є пилові бурі, які спричинюються сильними вітрами. Вітрова ерозія поширена в степовій, пустельно-степовій і пустельній зонах.

У відкритих степових ландшафтах щорічно внаслідок вітрової ерозії пошкоджується 5–6 млн. га родючих земель.

Вітрову ерозію підсилюють:

- розорювання піщаних і супіщаних ґрунтів;
- вирощування на одній території протягом декількох років одних і тих самих культур;
- неправильна меліорація.

Причинами **прискореної ерозії** є:

1. Безконтрольне вирубування лісу. Ліс найефективніше захищає ґрунт від ерозії, оскільки:

- коренева система дерев утворює тонке сплетіння, яке, обплітаючи ґрунт, дає йому змогу утримувати талу і дощову воду;
- ґрунт поступово вбирає воду, що підтримує його вологість. За чудовою властивістю утримувати вологу ліс можна порівнювати з водосховищем;
- з безлісного ґрунту значно швидше (утричі) випаровується вода.
- не захищений рослинністю ґрунт під дією сонячного випромінювання нагрівається дуже інтенсивно, що спричинює знищення ґрунтових мікроорганізмів, деяких тварин і рослин, які беруть участь у створенні гумусу (комах, черв'яків, водоростей, грибів), процесах перетворення хімічного складу ґрунту та утворення органічних і мінеральних сполук;
- знищення площі лісів зумовлює зміни місцевого клімату на більш сухий, що, у свою чергу, спричинює висушування ґрунту.

2. Розорення лук. Трав'янисті рослини мають добре розвинену кореневу систему, яка на поверхні ґрунту утворює дернину. Вона і виконує ґрунтозахисні функції.

3. Перевипасання худоби небезпечно тим, що:

- рослинний покрив значно зменшується, тому що рослини знищуються швидше, ніж завершується нормальний цикл відновлення пасовища.
- крім прямого знищення рослин, худоба під час випасання вибиває ґрунт кінцівками, внаслідок чого порушується його структура, він стає пилюватим. Поступово рослинність у цих місцях зникає і через деякий час починає розвиватись ерозія, - особливо швидко утворюються балки. На шляхах перегону

худоби, навколо загонів у ґрунті поступово утворюються невеликі поглиблення, в яких збирається вода, відтак ерозійні процеси прискорюються.

- вибіркоче поїдання худобою цінних кормових рослин значно збіднює видовий склад рослинності. Поширюються види, не придатні для годівлі. Передусім зникають багаторічні рослини, а ті, що залишилися, однорічні, через свої фізіологічні властивості і гірше розвинену кореневу систему погано захищають ґрунт від ерозії.

- надмірне випасання худоби у напівпустелях або сухих степах з легкими ґрунтами спричинює руйнування дернини, через що виникає вітрова ерозія.

Відсутність сівозміни шкідливе тим, що при тривалому вирощуванні однієї і тієї самої культури на одному місці ґрунт більшу частину року залишається відкритим, не захищеним рослинним покривом від посиленого впливу сонячного випромінювання, вітру. У ньому при цьому постійно зменшується вміст необхідних для рослин поживних речовин. Для компенсації нестачі елементів живлення, як правило, використовують мінеральні добрива. Запаси органічної речовини, необхідної для збереження структури і властивостей ґрунту, не поповнюються. Через це ґрунт виснажується, погіршується його структура, посилюється вітрова і водна ерозія.

Неправильне розорювання схилів – це, передусім, поздовжнє розорювання схилів, навіть невисоких, яке спричинює змивання частинок ґрунту.

Наслідки ерозії, спричиненої антропогенною діяльністю (рис. 19):



Рис. 19. Наслідки ерозії ґрунту.

Засолення ґрунтів. Вторинне засолення ґрунтів обумовлене виробничою діяльністю людини через ненормоване зрошення і відсутність природного або штучного дренажу. У випадку цього засолення ґрунтів спостерігається руйнування ґрунтових агрегатів та ущільнення ґрунту, підвищення рівня ґрунтових вод і підняття сольових розчинів до поверхні, екватранспірація (випаровування з поверхні ґрунту і транспірація) та відкладення солей у кореневмісному шарі ґрунту. Для уникнення або зменшення засолення ґрунтів необхідно застосовувати комплекс агротехнічних і гідромеліоративних заходів, які включають дренаж, планування, капілярну та експлуатаційну промивку ґрунтів, вирощування інтродуцентів після капітального промивання тощо.

Одним із негативних результатів застосування пестицидів в агроекологічному аспекті є можливість порушення існуючої рівноваги чисельності видів у конкретних популяціях. В результаті хімічних обробок гинуть не тільки шкідливі організми, але й багато корисних видів. А зникнення їх з агроєкосистеми може призвести до значних змін у характері функціонування екосистеми загалом. Під впливом пестицидів, які надходять в агрофітоценози, може змінюватись склад шкідливих комах і кліщів, при цьому на зміну одних шкідливих організмів приходять інші.

Водночас, як показує багаторічна практика, застосування пестицидів у світі є складовою частиною сучасної технології вирощування сільськогосподарських культур, без застосування яких не можна одержати необхідні для населення продукти харчування. У зв'язку з цим багато дослідників і практиків висловлюються проти скорочення або повної відмови від використання хімічних засобів захисту рослин.

Незважаючи на це, треба пам'ятати, що систематичне застосування пестицидів у землеробстві призводить до того, що вони стають постійним екологічним чинником, який змінює і формує макро- і мікробоценози.

Важливою екологічною характеристикою пестицидів є їх здатність мігрувати у профілі ґрунту і створювати тим самим небезпеку забруднення ґрунтових вод.

Перистентність пестицидів у ґрунті залежить від застосовуваної дози і форми їх внесення, адсорбційної здатності, повторності обробок, розподілу препарату у ґрунті, тилу ґрунту, добавок до пестицидів різних речовин, його рН, температури, вологості, комбінації пестицидів тощо.

Сучасне землеробство базується на широкому використанні мінеральних добрив як основного засобу підвищення родючості ґрунту й одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Проте надмірне, недостатньо обґрунтоване їх використання призводить до забруднення ґрунту, а також накопичення їх у продовольчих товарах, кормах, поверхневих і підґрунтових водах.

Враховуючи це, потрібний чіткий контроль за правильним їх використанням. Наприклад, застосування добрив можна регламентувати агротехнічними і санітарно-гігієнічними нормативами, нормою добрив на одиницю площі, співвідношенням поживних елементів для окремих культур, строками і способами внесення тощо.

- **транспорт**: під час роботи двигунів внутрішнього згорання інтенсивно виділяються оксиди азоту, свинець, вуглеводні та інші речовини, які осідають на поверхні ґрунту або поглинаються рослинами. Крім того, під час руху автомобільного транспорту на трасах залишаються бензин, мастила, бруд із вмістом токсичних речовин – все це дощовими потоками змивається в навколишні ґрунти.

Отже, самоочищення ґрунтів практично не відбувається або відбувається дуже повільно. Токсичні речовини накопичуються, що сприяє поступовим змінам хімічного складу ґрунту, порушенню єдності геохімічного середовища та живих організмів. З ґрунту токсичні речовини можуть надходити до організму рослин, тварин та людей і викликати небажані наслідки.

Останнім часом в Україні активізувалися екзогенні геологічні процеси — зсуви, селі, змиви, карстоутворення, яроутворення, суфозія, спровоковані людською діяльністю (будівництво різноманітних об'єктів, шляхів, видобуток корисних копалин, підтоплення території). На окремих ділянках (високі береги

водосховищ на Дніпрі, узбережжя Чорного моря в Одеській області, Південний берег Криму) ці процеси прискорилися більш як у 2–3 рази (Г.О. Білявський та ін., 2002, 2005).

На 60 % території України почали розвиватися процеси карстоутворення, в тому числі в половині випадків проявився відкритий карст (провалля, вирви), особливо в Криму, на Поділлі, в Миколаївській області, де поблизу поверхні залягають вапняки. На 50 % освоєних площ схилів розвиваються зсуви (Крим, Закарпаття, Прикарпаття, Одеська, Харківська області).

У зонах активної діяльності людини спеціалістами зафіксовано вже 13,8 тис. ділянок зсувів і 2,5 тис. карстово-суфозійних об'єктів. У Криму, Карпатах, на Закарпатті та в Прикарпатті на 70 % гірських водозборів і схилів розвинулися селеві процеси. В районах поширення лесових порід (65 % площі України) відбувається просідання поверхні через підтоплення ґрунтів (на 42 % площі під лесами), 18 % території України потерпає від яружної ерозії (Хмельницька, Вінницька, Чернівецька, Одеська, Київська, Черкаська, Кіровоградська області, АР Крим).

На Поліссі спостерігаються процеси підтоплення, а на півдні України на 10–11 % площ сільськогосподарських угідь – засолення внаслідок неправильного зрошування. Людська діяльність уздовж Чорноморського та Азовського узбереж: повсюдно супроводжується активізацією морської абразії берегів.

Майже на 70 % території України значно знизилася сейсмостійкість ґрунтів і порід, особливо на півдні, в Донбасі, Прикарпатті, що спричинилося появою тисяч свердловин, шахт, кар'єрів. Неприятлива інженерно-сейсмічна обстановка склалася й у районі Чорнобильської АЕС, де через комплекс природних і техногенних факторів зниження сейсмостійкості максимальне. Це саме характерне й для району Рівненської АЕС, де спостерігаються процеси карстоутворення й підтоплення. Техногенні фактори в межах зон впливу цих АЕС можуть підсилити землетрус на 1–1,5 бала, тобто довести його силу до 5–7 балів.

Зниження біорізноманітності й біопродуктивності.

За останні 100 років людська діяльність завдала величезної шкоди тваринному й рослинному світові України. Тільки в передвоєнні роки на Донеччині й у Криму зникло більш як 40 видів рослин, у Карпатах – 20. До Червоної книги України занесено близько 700 видів тварин і рослин, яким загрожує вимирання чи знищення.

Україна підписала Конвенцію про біорізноманітність (Ріо-де-Жанейро, 1992). Виконанню вимог цієї Конвенції має сприяти Закон України про охорону навколишнього природного середовища (1991). Для збереження біорізноманітності дуже важливі прийняття законів про охорону тваринного й рослинного світу, а також робота комісії з Червоної книги України.

Охорона окремих видів рослин і тварин – найважливіша складова охорони навколишнього природного середовища. Важко відділити охорону рослин і тварин чи, в широкому розумінні, генофонду природної флори й фауни від проблем охорони природи загалом.

При Міністерстві охорони навколишнього природного середовища України постійно діє комісія з Червоної книги, яка на підставі пропозицій учених вносить у неї доповнення та зміни. Верховна Рада України розробила й затвердила Положення про Червону книгу України.

Дані, наведені в Червоній книзі, уточнюються в процесі так званих кадастрових робіт, тобто цілеспрямованих досліджень поширення й чисельності окремих видів рослин і тварин. Зазначене міністерство розробляє наукові засади охорони й відтворення рідкісних видів рослин і тих, що зникають, а також створює комп'ютерну базу даних про види рослин і тварин, занесені до Червоної книги України.

Загальні збитки України через недобір біомаси внаслідок скорочення сільгоспугідь, зниження врожайності, вирубування лісів та їх загибелі від кислотних дощів, пожеж, радіації були дуже великими. Щорічно в Україні використовується приблизно 40 млн. мг деревини (у вигляді кругляка), близько 70 % якої наша країна змушена тепер імпортувати. В результаті надмірного забруднення водою запаси риби в більшості річок України скоротилися в десятки разів. Істотно зменшилося поголів'я великої рогатої худоби, практично зникло конярство. Через різке погіршення екологічного стану акваторії в Чорному морі за останні 100 років стадо дельфінів зменшилося від 1 млн. до 80–90 тис. осіб.

Демографічна криза й зростання захворюваності населення. Нині в Україні швидко розвивається демографічна криза. У 1991 р. розпочався процес, безпрецедентний для мирного часу: смертність стала переважати над народжуваністю. Смертність дітей у нас – одна з найвищих у світі; 12–13 % шлюбів – бездітні.

За даними Міністерства охорони здоров'я України, в нашій країні простежується поступове зростання рівня поширення захворювань. За період з 1980 р. здоров'я нації погіршилося більш як на 30 %.

Збільшується кількість випадків захворювань шкіри, системи кровообігу, органів травлення. Наприклад, тільки за період з 1980 по 1992 р. захворюваність на стенокардію зросла майже в 9 разів, на інфаркт міокарда – в 2,5 рази, на виразку шлунка й дванадцятипалої кишки – в 2 рази. Як правило, ці захворювання пов'язані з психічними стресами та умовами середовища. Простежується тривожна тенденція почастишання випадків захворювань на туберкульоз, хронічні

бронхіти й бронхіальну астму. Суттєво ускладнилась епідеміологічна ситуація — досить згадати закриті влітку численні морські курорти.

Медико-генетичними дослідженнями встановлено, що через тривале забруднення навколишнього природного середовища в популяції зростає кількість спадкових генетичних аномалій. Відомо, що коли ця кількість досягає 30 %, то, згідно з біологічними законами, нація починає зникати. А в Донецько-Придніпровському регіоні цей показник уже становить 19–24 %.

Коли забруднення атмосфери в 1,2–1,5 рази перевищує санітарно-гігієнічні норми, починаються захворювання імунної системи. Сьогодні в Україні налічується близько 1700 небезпечних джерел забруднення атмосфери, з них 1000 — особливо небезпечні хімічні підприємства. Через зазначені вище причини тривалість життя в Україні знизилася й у середньому становить: у чоловіків — до 60 років, у жінок – 75 років. Лише 5–8 % випускників шкіл сьогодні вважаються практично здоровими.

Поступово знижується народжуваність. Якщо в 60–70-х рр. ХХ ст. вона становила 14–16 дітей на 1000 осіб населення, то нині – менш як 10. За результатами опитувань, близько третини молодих сімей не бажають мати дітей через страх перед несприятливими генетичними наслідками, пов'язаними з радіоактивним забрудненням після аварії на ЧАЕС.

Аналіз смертності показує, що головні її причини — захворювання системи кровообігу (25–30 % випадків), злоякісні пухлини (20–30 %), отруєння, травми та нещасні випадки (23–34 %).

Навіть ці факти свідчать про критичний стан здоров'я населення України, про загрозу існуванню всієї нації. Ця ситуація зумовлена цілим комплексом факторів, і, як свідчать дані про рівень популяційного здоров'я, екологічні проблеми посідають серед них аж ніяк не останнє місце.

Запитання для роздумів та самоперевірки

- 1. Як змінювалося поняття екології з розвитком екологічної науки?*
- 2. Де й коли вперше сформувався науковий осередок екологічних досліджень в Україні?*
- 3. У чому полягає внесок українських вчених до розробки сучасних екологічних концепцій?*
- 4. Що є предметом та об'єктом дослідження екології?*
- 5. Які основні розділи та напрямки сучасної екології Вам відомі?*
- 6. Основні завдання екології як інтегральної науки?*
- 7. Які основні групи методів досліджень сучасної екології Вам відомі?*

8. Які методи досліджень екології використовуються й іншими науками, а які є суто екологічними?

Тестові завдання

1. Хто вперше запропонував термін «екологія»?
а) Шелфорд; б) Тенслі; в) Геккель; г) Сукачов.
2. Що означає в дослівному перекладі з грецької «екологія»?
а) наука про виробництво;
б) вчення про живі організми;
в) наука про дім (помешкання);
г) наука про охорону природи.
3. Який підрозділ екології вивчає динаміку популяцій?
а) аутокологія;
б) синекологія;
в) демекологія;
г) біогеоценологія;
д) біосферологія.
4. Закон оптимальності визначає, що:
а) будь-яка система може розвиватися лише за рахунок матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища;
б) будь-яка система з найбільшою ефективністю функціонує в певних, характерних для неї просторово-часових межах;
в) кількість живої речовини (біомаса всіх організмів) біосфери для конкретного екологічного періоду є сталою;
г) еволюція незворотна; організм (популяція, вид) не може повернутися до попереднього стану.

Теми рефератів

1. Основні етапи становлення екології як науки.
2. Українська екологічна школа.

Рекомендована література для самопідготовки

1. *Заверуха Н.М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А.* Основи екології: Навч. посібник. – К.: Каравела, 2006. – 368 с.
2. *Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю.* Основи екології: Підручник. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
3. *Кучерявий В.П.* Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
4. *Сафранов Т.А.* Загальна екологія та неоекологія. Курс лекцій. – К.: КНТ, 2005. – 188 с.

Мета: розглянути поняття екологічні фактори та з'ясувати характер їх впливу на живі організми.

Питання для опрацювання

1. Різноманіття екологічних факторів та їх класифікації.
2. Вплив екологічних факторів на біоту.

Організм в середовищі свого існування перебуває під впливом екологічних факторів.

Екологічний фактор – це будь-яка умова середовища, що прямо чи опосередковано впливає на організм упродовж хоча б однієї з фаз його життя. Комбінацію екологічних факторів та їхніх режимів у межах однорідної ділянки навколишнього природного середовища називають **екотопом**.

Екологічні фактори *поділяються на (Мончадський, 1962):*

1) **первинні періодичні** – фактори середовища, яким властива послідовна періодичність: добова, місячна, річна (рельєф, температура, припливи та відпливи, освітленість та ін.);

2) **вторинні періодичні** – фактори, які є наслідком змін первинних: періодичні взаємозв'язки між живими організмами; ці фактори молоді в еволюційному відношенні (рослинний корм є вторинним відносно первинного – вегетаційного циклу рослини та ін.);

3) **неперіодичні** – фактори, які в нормальних умовах не існують, а утворюються раптово (вітер, гроза, пожежа, вчинки хижаків, паразитів, людини щодо паразитів та ін.);

Французький вчений *Р. Дажо (1975)* виділяє такі групи факторів:

1) **кліматичні фактори** (температура, світло, відносна вологість, опади та ін.);

2) **некліматичні фактори** (фактори водного, ґрунтового, геологічного середовищ);

3) **кормові фактори** (харчові);

4) **біологічні фактори** (внутрішньовидова, міжвидова взаємодії).

Екологічні фактори середовища, якими зв'язаний будь-який живий організм, поділяються на три категорії: абіотичні, біотичні і антропогенні.

Абіотичні фактори – це властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на живі організми: освітленість,

клімат, властивості ґрунту, рельєфу та води, тобто є сукупністю ресурсів та умов існування.

Біотичні фактори – це сукупність взаємовпливів одних організмів на інші.

Антропогенні фактори – це форми діяльності людини, які змінюють елементи абіотичних і біотичних факторів.

2. Загальні закономірності впливу факторів на живі організми.

У характері впливу екологічних факторів на біоту і в реакціях її у відповідь, можна виявити загальні закономірності. *М. Реймерс* (1994) визначив близько 250 законів, закономірностей, принципів і правил, якими користується сучасна екологія.

Закон мінімуму (*Ю. Лібіх, 1840*): витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб або речовиною, що знаходиться в мінімумі.

Вчений встановив, що врожай зерна часто лімітується не тими речовинами, які вимагаються рослиною у великих кількостях (вуглекислий газ, вода) і яких є достатньо, а тими, які необхідні у незначних кількостях, наприклад, бор чи ферум.

Закон екологічної толерантності (*В. Шелфорд, 1913*): лімітуючим фактором процвітання може бути як мінімум, так і максимум екологічного фактора, діапазон між якими й визначає величину толерантності (витривалості) організму до даного фактора.

Встановлено, що лімітуючим фактором може бути не тільки нестача, але й надлишок, реакція організмів характеризується екологічним мінімумом і максимумом. Сприятлива сила впливу називається *зоною оптимуму* екологічного фактора (рис. 20, крива А).

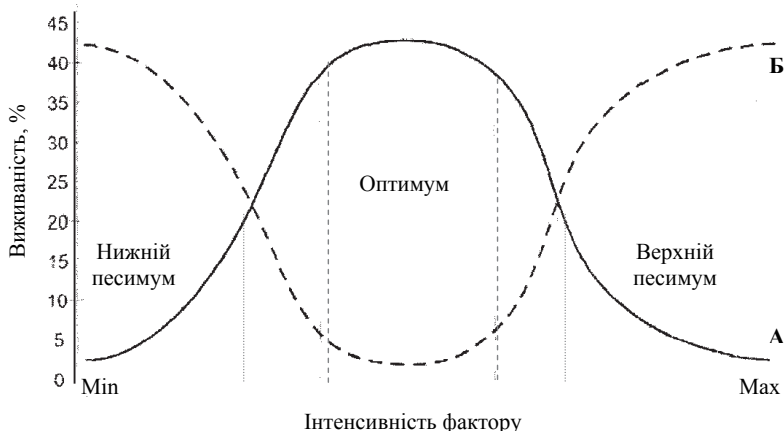


Рис. 20. Життєдіяльність організму за дії різної інтенсивності фактора (А), енергетичні витрати організму (Б).

Чим сильніші відхилення від оптимуму, тим більше пригнічує даний фактор життєдіяльність організму, це *зона песимуму*. Значення фактора, що переносяться мінімально та максимально, – це критичні точки, за межами яких існування вже неможливе, настає смерть. Діапазон між цими двома величинами називають *зоною екологічної толерантності*.

Види з широкою зоною толерантності (екологічної валентністю), які можуть жити при різних значеннях фактора, називають *еврибіонтами*. Організми, життєві можливості яких обмежені вузьким діапазоном змін даного фактора, називають *стенобіонтами*. Екологічну валентність виду стосовно різних екологічних факторів позначають додаванням до назви фактора префіксів «еври-» чи «стено-»: стенотермний - евритермний (стосовно температури); стеногідричний – евригідричний (стосовно води) тощо.

Прикладом евритермів є живі організми в умовах Арктики й Антарктиди з тривалою зимою, коли температура сягає -50°C – -60°C й коротким літом з температурою $+30^{\circ}\text{C}$. Такі тварини, як снігові куріпки, вовки, білі ведмеді, зайці біляки можуть витримувати коливання температури повітря в діапазоні близько 80°C .

До стенотермних видів належать організми, які мешкають у морських глибинах, гарячих джерелах тощо. Рослини й тварини тропічних лісів та водойм. Прикладом стенотермних організмів є тепловодний рачок, який витримує зміни температури води в інтервалі не більше 6°C (від $+23^{\circ}\text{C}$ до $+29^{\circ}\text{C}$).

Адаптація до будь-якого фактора пов'язана із витратою енергії. У зоні оптимуму адаптивні механізми відключені, і енергія використовується тільки на фундаментальні життєві процеси. При виході значень фактора за межі оптимуму включаються адаптивні механізми, функціонування яких пов'язано з витратами енергії, що зростають зі збільшенням відхилення фактора від оптимального значення.

Крім величини екологічної валентності, види можуть відрізнятися і місцем положення оптимуму на шкалі кількісних змін фактора. Види, пристосовані до високих доз фактора, позначаються терміном із закінченням – *філ* (термофіли, оксифіли (високий вміст кисню), гідрофіли та ін.) Види, що існують у протилежних умовах, позначаються терміном із закінченням – *фоб* (гідрофоби, галофоби (не переносять засолення) та ін.)

Закон толерантності пізніше був доповнений низкою положень:

- організми можуть мати широкий діапазон толерантності стосовно одного фактора і вузький – стосовно іншого;
- найбільш широко розповсюджені організми з широким діапазоном толерантності;
- діапазон толерантності для одного екологічного фактора може залежати від інших екологічних факторів;

- якщо умови за одним екологічним фактором не оптимальні для виду, то це позначається і на діапазоні толерантності до інших екологічних факторів;

- межі толерантності істотно залежать від стану організму; так, межі толерантності для організмів у період розмноження або на стадії личинки звичайно вужчі, ніж для дорослих особин;

- у природних популяціях істотний вплив на діапазон толерантності можуть робити міжпопуляційні відносини (конкуренція, хижацтво, паразитизм).

Закон неоднозначності дії фактора на різні функції: кожен фактор неоднаково впливає на різні функції організму, оптимум для одних процесів може бути песимумом для інших.

Так, температура повітря в межах +40–+50°C у холонокровних тварин збільшує швидкість обмінних процесів в організмі, однак гальмує рухову активність, і тварини впадають у теплове заціпеніння. Для багатьох риб температура води, що є оптимальною для дозрівання статевих продуктів, водночас несприятлива для ікрометання, яке відбувається за іншого температурного режиму.

Закон мінливості й різноманітності реакцій окремих особин виду у відповідь на дію факторів середовища: ступінь витривалості, критичні точки, оптимальна й песимальна зони окремих індивідумів не збігаються.

Ця мінливість визначається як успадкованими якостями особин, так і статевими, віковими та фізіологічними відмінностями. Наприклад, відносно температури повітря зона оптимуму та песимуму для людини визначається розподілом її за віком та расою. Інший приклад, критична мінімальна температура для гусені метелика млинової вогнівки – мінус 7°C, для дорослих особин – мінус 22°C, яєць – мінус 27°C. Мінусова температура близько 10°C є летальною для гусені, але не для метеликів та яйця.

Морфологічні зміни пов'язані з функціонуванням організму і його органів, що дає можливість особинам оптимально використовувати зовнішнє середовище і пристосовуватись до нього. З'являються життєві форми – біоморфи, які систематизовані за видовими, біометричними параметрами та біологічними ритмами (циклічними коливаннями біологічних процесів і явищ). Ці форми визначають пристосованість організмів до комплексу факторів і зумовлені специфічними умовами їх місцезростання.

Отже, функціональність форми та її адаптивний характер – це дві сторони одного й того самого явища.

Перша класифікація рослин за біоморфами була запропонована ще О. Гумбольдтом.

У 1903 р. датський ботанік *Крістен Раункієр* запропонував систему класифікації рослин за п'ятьма основними життєвими

формами – біоморфами, засновану на розташуванні їх бруньок відновлення, і виявив, що поширення головних виділених ним категорій добре співпадає з розподілом кліматичних умов (рис. 21):

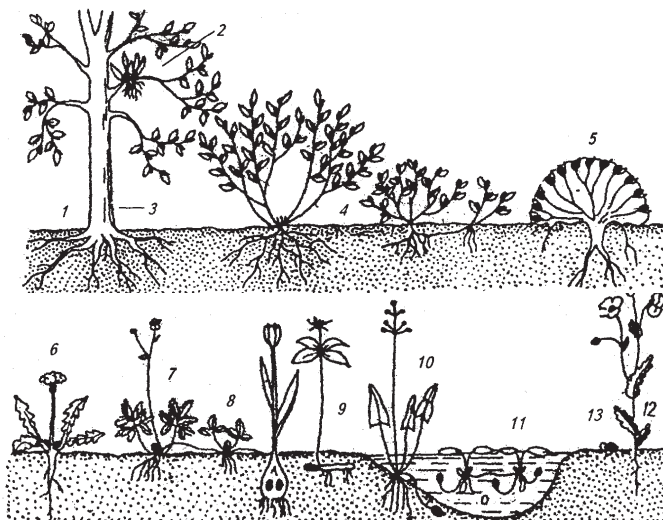


Рис. 21. Життєві форми рослин:

1–3 – фанерофіти; 4, 5 – хамефіти; 6, 7 – гемікриптофіти; 8–11 – криптофіти; 12 – терофіти; 13 – насіння із зародком.

Фанерофіти (від грецьк. *фанерос* – видимий) – рослини, бруньки і кінцеві гони яких призначені для перецікування несприятливих пір року, розміщені на кінчиках гілок високо над землею (дерева, кущі, дерев'яністі багаторічні ліани). Домінують у вологому теплому кліматі, де бруньки не вимагають особливого захисту.

Хамефіти (від грецьк. *хаме* – приземкуватий, карликовий) – зимуючі бруньки відновлення розміщені невисоко над землею (напівкущі з дерев'янистою основою стебла, низькорослі сланкі кущики). Хамефіти найчастіше трапляються в місцях із холодним сухим кліматом.

Гемікриптофіти (від грецьк. *кринтос* – потаємний) – рослини, гони яких з настанням несприятливих умов зимових місяців відмирають до рівня ґрунту (більшість трав'яних багаторічників). Ця форма характерна для холодних вологих областей.

Криптофіти – зимуючі бруньки ще краще захищені від замерзання і висихання, оскільки вони зовсім заховані в ґрунті (бульбові і кореневищні трави) або на дні водойм. Трапляються також у холодному вологому кліматі.

Терофіти (від грецьк. *терос* – літо) – рослини, які відмирають в несприятливі пори року, вони не мають зимуючих бруньок чи гонів. Поновлюються виключно за рахунок насіння, яке легко витримує сильні морози і посуху. До терофітів належить більшість однорічних рослин, які особливо поширені в пустелях і степах.

Між життєвими формами рослин і типами клімату спостерігається близька відповідність. Фанерофіти домінують над іншими життєвими формами в теплих вологих середовищах, а в помірних і арктичних областях їх заміщають хамефіти, гемікриптофіти і криптофіти. В пустелях домінують терофіти.

Для лісівників прикладне значення має класифікація російського вченого І.Т. Серебрякова, який виділяє в покритонасінних такі життєві форми:

- деревні рослини,
- напівдеревні рослини (кущі, кущики, напівкущики),
- трав'янисті полікарпіки (кореневищні, цибулинні, бульбові, стержнекореневі і т.ін.),
- трав'янисті монокарпіки (багаторічні та дворічні, озимі, що довго вегетують, озимі ефемери, ярі ефемери).

Отже, екологічна валентність виду завжди ширша за екологічну валентність кожної окремої особини. Сума екологічних валентностей відносно окремих факторів середовища становить екологічний спектр виду.

Правило екологічної індивідуальності видів (Л.Г. Раменський, 1924): *екологічні спектри окремих видів не збігаються; кожен вид специфічний за своїми екологічними можливостями.*

Навіть у близьких за способами пристосування до середовища видів існують відмінності щодо тих або інших окремих факторів. Наприклад, жовта та гірська пліски займають подібні біотопи, ведуть схожий спосіб життя, проте, відрізняються за строками гніздування.

Закон взаємодії факторів (констеляції): *оптимальна зона та межі витривалості організмів відносно будь-якого фактора середовища можуть зміщуватися залежно від того, з якою силою і в якому поєднанні діють одночасно інші фактори.*

Наприклад, спеку легше переносити за сухого, а не вологого повітря. Загроза замерзнути значно більша при морозі з сильним вітром, ніж при тій же температурі в безвітряну погоду. Отже, один і той же фактор у поєднанні з іншими виявляє неоднакову екологічну дію. Навпаки, одного й того самого екологічного результату можна досягти різними шляхами.

Наприклад, в'янення рослин можна припинити як збільшенням кількості вологи в ґрунті, так і зниженням температури повітря, що призводить до зменшення випаровування. Створюється ефект часткової взаємозамінності факторів. Разом із тим, взаємна компенсація дії факторів середовища має певні межі, і повністю замінити один з них іншим неможливо. Цілковита відсутність води чи хоча б одного з основних елементів мінерального живлення унеможливує життя рослин навіть за найсприятливішого поєднання інших умов.

У ролі головного фактору на різних етапах життя організму можуть виступати різні фактори. Наприклад, в період проростання злакових основним фактором є температура, у період колосіння й цвітіння – ґрунтова волога, а в період дозрівання – кількість поживних речовин і вологість повітря. Головний фактор може бути неоднаковим в одних і тих самих видів, які живуть в різних фізико-географічних умовах. Так, активність комарів у теплих районах визначається світловим режимом, тоді як на півночі – змінами температури.

Отже, екологічні фактори значно відрізняються за походженням, природою, необхідністю для життя організмів; їх впливи можуть бути постійними чи періодичними, ледве помітними чи життєво важливими. Тому існують численні класифікації екологічних факторів. Попри це, у характері впливу факторів на організми і в реакціях живих істот у відповідь виявляється низка загальних закономірностей. Фактори середовища визначають, які організми можуть жити в даному місці, а які не можуть, тобто є вирішальними щодо структури і функціонування екосистем.

Запитання для роздумів, самоперевірки

- 1. Які основні класифікації екологічних факторів Вам відомі? Чим зумовлена наявність такої кількості класифікацій?*
- 2. Чому іноді події факторів на абіотичні та біотичні не відповідає дійсності?*
- 3. На основі закону Шелфорда охарактеризуйте зону екологічної толерантності конкретного виду живих організмів за дії довільно обраного абіотичного екологічного фактора.*
- 4. На прикладі людини доведіть, що витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі екологічних потреб.*
- 5. Які основні закони відображають загальні закономірності пристосованості організмів до дії екологічних факторів?*
- 6. У чому полягає закон взаємодії факторів (явище констеляції)?*

Запитання для самостійної роботи

- 1. Які фактори слід вважати лімітуючими у водній екосистемі, ґрунті?*

2. У чому полягає біоіндикаційний метод досліджень? Яке його значення?

3. Чому види з вузькою екологічною валентністю є кращими індикаторами навколишнього природного середовища, ніж з широкою?

4. Що краще використовувати як біоіндикаційний тест: числове співвідношення різних видів, популяцій, угруповань чи чисельність особин одного виду?

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 386 с.
2. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1993. – в 2-х т.
3. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
4. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основы екології: Підручник – К.: Либідь, 2005. – 408 с.

АБІОТИЧНІ ФАКТОРИ

ТЕМА 3

Мета: з'ясувати адаптаційні механізми живих організмів до основних абіотичних факторів середовища.

Питання для опрацювання

1. Адаптація організму та його стійкість за різних коливань екологічних факторів.
2. Екологічні адаптації біоти до світлового режиму.
3. Температура як екологічний фактор.
4. Повітря як екологічний фактор.
4. Вода як екологічний фактор.
5. Ґрунт як екологічний фактор.
6. Інші абіотичні фактори.

1. Адаптація та стійкість організму до несприятливих екологічних факторів

Адаптація – це сукупність морфофізіологічних, поведінкових, популяційних та інших особливостей виду, які забезпечують можливість специфічного способу життя в певних умовах навколишнього природного середовища. Сукупність способів адаптації надає будові та життєдіяльності організмів рис доцільності. Адаптацією називають також процес формування пристосувань організмів до умов існування. Вони виробляються на всіх рівнях організації живої матерії – від молекулярного до біогеоценотичного під впливом основних факторів органічної еволюції – мінливості,

спадковості чи штучного добору. Розрізняють *генетичну адаптацію*, *акліматизацію*, *акліматизацію*, *морфологічну*, *фізіолого-біохімічну* та *швидку адаптації*.

Генетична адаптація відбувається впродовж багатьох поколінь, упродовж яких використовуються всі можливі стратегії пристосування, в тому числі й мутації. Інші типи адаптації проявляються лише на рівні фенотипу, тобто пристосування організму відбувається в межах інформації, яка зберігається та реалізується генотипом (рис. 22).

Адаптація рослин – це процес пристосування рослинних організмів до різноманітних умов навколишнього природного середовища, який забезпечує множину їхніх життєвих форм. Для рослинних організмів типовими є акліматизація та акліматизація.

Акліматизація – це пристосування організму до штучно створених умов, які контролюються, наприклад, у фітотроні.

Акліматизація – це пристосування організмів до нових умов існування, в які вони потрапляють природним шляхом або, частіше, переносяться навмисно чи випадково людиною. Вона забезпечує пристосування до кліматичних, фізико-хімічних і ґрунтових умов нового середовища та до нових біоценозів. Це пристосування

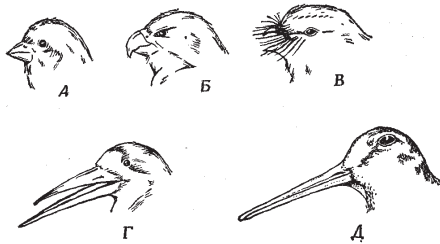


Рис. 22. Будова дзьоба у різних птахів як приклад адаптації та характеру харчування: А – в'юрок (харчується насінням); Б – сокіл (хижак); В – козодій (під час польоту уловлює комах); Г – водоріз (ловить рибу біля поверхні водного середовища); Д – вальдшнеп (дістає комах із тріщин в стовбурі дерев).

відбувається або лише внаслідок неспадкових змін норми реакції організму, обміну речовин, або під впливом природного добору шляхом зміни генетичної структури виду (справжня акліматизація). Розрізняють кілька ступенів акліматизації:

- здатність деяких однорічних тропічних рослин (баклажани, червоний перець) розвиватися і плодоносити в культурі;

- здатність переселених рослин жити

постійно в нових природних умовах за ретельного догляду (магнолії, катальпа в дендраріях);

- здатність рослин (клен червоний, чорнобривець амурський) розвиватись і розмножуватися за нових умов не гірше, ніж місцеві форми;

- здатність акліматизованого виду швидше розмножуватися у новому місці проживання аж до витіснення місцевих форм (елодея).

Акліматизація має неабияке значення для збагачення флори цінними видами, а також може використовуватись як метод експериментальних досліджень з метою вивчення процесів мікроеволюції.

Морфологічна адаптація – пристосування, які виникають на рівні клітини, тканини й цілісного організму і забезпечують існування їх у мінливих умовах навколишнього природного середовища. Морфологічні адаптивні зміни можна прослідкувати від рівня клітини і тканин (форма і розміри клітин, структура тканин, їх спеціалізація) до рівня цілісного організму (зміна розмірів, форми росту, співвідношення різних органів тощо) (рис. 23).

Фізіологічно-біохімічна адаптація проявляється в зміні хімічного складу, інтенсивності фізіологічних процесів та їхньої стійкості.

Швидка адаптація – пристосування, не пов'язане зі змінами в експресії генів або значною перебудовою клітинних структур.

Змінюється лише конформація деяких макромолекул, рівень активності ферментів, характер їхньої дії, спостерігаються зміни біоенергетики, рН, концентрації йонів у клітинних компартментах тощо. Цей вид пристосувань спричинює зміну спрямованості й інтенсивності дії багатьох функціональних систем клітини.

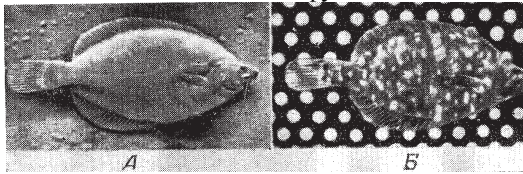


Рис. 23. Здатність камбали змінювати своє забарвлення відповідно до фону: А – камбала на однотонному фоні; Б – камбала на темному з світлими плямами фоні.

Адаптації непостійні, оскільки змінюються в процесі історичного розвитку окремих видів залежно від змін інтенсивності дії екологічних факторів. У цілому біологічна адаптація – це

видоспецифічна спадкова пристосованість організмів до умов існування, яка формується в ході еволюційного процесу і виявляється в пристосованості всіх особин даного виду до певних конкретних умов навколишнього природного середовища.

Звичайно, не всі риси організації та життєдіяльності рослин слід розглядати як адаптивні, спрямовані на забезпечення оптимальних умов існування в даному середовищі. Є низка конституційних і спадкових ознак, які, очевидно, не залежать від середовища існування (форма листків чи тіла тощо). Отже, кінцевий результат впливу середовища багато в чому визначається біологічними особливостями самої живої речовини.

Регуляторні системи організму передусім зберігають стаціонарний стан нерівноваги, тобто адекватно забезпечують організм енергією. Порушення енергетичного постачання є межею життя, адже біологічна система, з одного боку, має відкритий

характер, а з іншого – перебуває далеко від стану рівноваги з навколишнім природним середовищем.

Підтримка стаціонарного стану нерівноваги – потрібна умова життя. Високоякісне функціонування організму можливе у відносно вузькому діапазоні коливань зовнішніх факторів у так званих адекватних умовах. Життєздатність за цих умов потребує використання додаткових механізмів регуляторних систем задля забезпечення стаціонарного стану внутрішнього середовища, а потім і стаціонарного стану нерівноваги. Якщо ж це неможливо, організм гине. Вважають, що стійкість системи можна визначити лише стосовно будь-якого одного або декількох конкретних факторів, але це ще не означає, що система є стабільною.

Під поняттям *стабільність* екологі розуміють суму різноманітних адаптацій у часі. Стабільні системи не можуть бути нестійкими, але стійкі щодо якогось фактора системи необов'язково є стабільними.

2. Екологічні адаптації біоти до світлового режиму

Світло – один із найважливіших абіотичних факторів біосфери. Життя нашої планети в усьому його біорізноманітті зумовлене енергією сонячної радіації. Вона – основне джерело для підтримування теплового балансу планети. Завдяки сонячній енергії відбувається також випаровування води, формування повітряних і морських течій. Діапазон електромагнітних коливань, які сприймає око людини (видима радіація), майже збігається з діапазоном так званої фізіологічної радіації (350–750 нм), яка в екологічному аспекті має найважливіше значення, оскільки на неї припадає до 50 % усього сонячного випромінювання.

Особливо важлива роль світла в житті рослин, які використовують сонячну енергію в процесі фотосинтезу для створення органічної речовини. Все це в цілому дає можливість сформувати середовище, здатне задовольнити життєві потреби організмів. Світло – не лише життєво важливий регулюючий фактор, а й обмежувальний як на мінімальних, так і на максимальних рівнях.

З особливостями світлового режиму тісно поєднане географічне поширення певних видів живих організмів.

Значення світла, як екологічного фактора для організмів, зумовлене довжиною хвилі світлового потоку, інтенсивністю, якісним спектральним складом і тривалістю світлового періоду.

За природою світло – це електромагнітне випромінювання у широкому діапазоні з довжиною хвилі від 290–380 нм до 3–4 тис. нм, що виділяється в процесі термоядерного синтезу на Сонці. Сонце посилає на Землю надзвичайно велику кількість енергії у вигляді тепла та світла, які здатні поширюватись у світовому просторі завдяки

випромінюванню. Тому теплову та світлову енергію Сонця ще називають *променею енергією*. Сонячні промені поширюються в світовому просторі зі швидкістю 300 000 км/с і проходять шлях від Сонця до Землі лише за 8,3 хв. На Землю надходить лише незначна частина всієї енергії випромінювання Сонця (одна двохмільярдна доза всієї сонячної енергії або 136 мВт/см^2 – «сонячна постійна»), проте на планеті фактично відсутня зона, де б, наприклад, ріст рослин унеможлилювався через нестачу світла. Сонячна радіація – це промені, довжина хвиль яких становить від 150 до 3000 нм.

У спектрі сонячного проміння виділяють три ділянки, які розрізняються біологічною дією, – *ультрафіолетову, видиму та інфрачервону*.

Променева енергія, яка досягає земної поверхні в ясний день, складається приблизно на 10 % із ультрафіолетового випромінювання, на 45 – із видимого світла та 45 % – із інфрачервоного. Сонячна радіація, проходячи крізь атмосферу, зазнає значних змін (рис. 24).

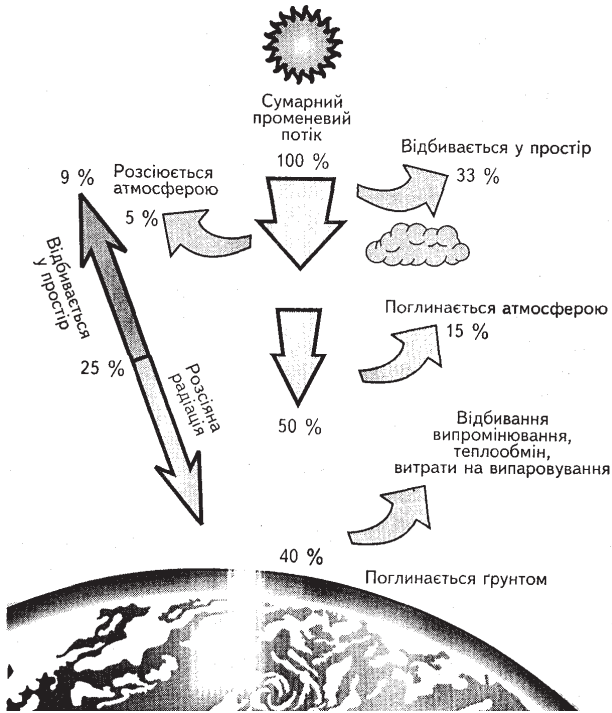


Рис. 24. Баланс сонячної радіації наземній поверхні.

Короткохвильові ультрафіолетові промені, довжина хвилі яких становить до 290 нм, глибоко діють на живу матерію, проте у

невеликих кількостях вони необхідні тваринам, бо сприяють синтезові вітаміну D. Ультрафіолетові промені здебільшого не досягають поверхні Землі завдяки наявності у верхньому шарі атмосфери (приблизно на висоті 25 км) озонового шару, який істотно поглинає короткохвильове випромінювання. Без цього існування організмів на суходолі було б неможливим.

Чим більший кут падіння сонячних променів на земну поверхню, тобто чим більша висота Сонця над горизонтом, тим меншим є шлях сонячних променів у атмосфері.

Кожному відомо, що Сонце поблизу горизонту здається червоним. Й насправді, при висоті Сонця 0,5 град над горизонтом до земної поверхні надходять лише червоні промені видимої частини спектра, тоді як синьо-фіолетові повністю розсіюються.

Під час проходження крізь щільні хмари та воду найменше послаблюється видиме світло. Довжина хвиль цього світла становить 400–700 нм і має особливе значення в житті всіх організмів. Видима частина спектра складається з окремих кольорів (від фіолетового до червоного), які мають різну частоту коливань і довжину хвилі:

Промені Довжина хвиль, нм

Фіолетові – 390–455;

Сині – 455–485;

Блакитні – 485–505;

Зелені – 505–550;

Жовто-зелені – 550–575;

Жовті – 575–585;

Оранжеві – 585–620;

Червоні – 620–760.

Межі цих кольорових ділянок спектра досить умовні. Спільний вплив такої гами кольорів на око людини створює уявлення світла білого кольору. В спектрі видимого світла міститься область *фотосинтетичноактивної радіації* (ФАР), в якій відбувається біосинтез хлорофілу та здійснюється процес фотосинтезу (рис. 25).

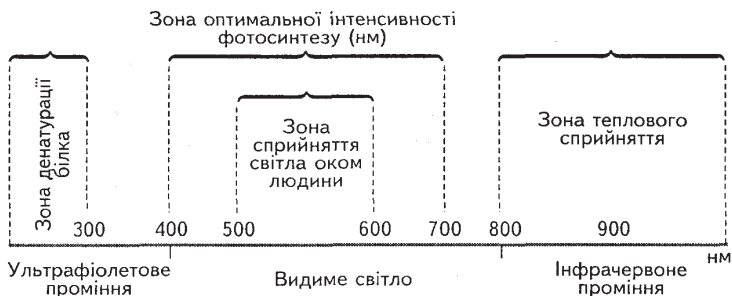


Рис. 25. Спектр оптичного діапазону сонячного випромінювання.

Частка ФАР у загальному потоці сонячної радіації змінюється залежно від висоти Сонця над горизонтом, хмарності, вологості та заповнення атмосфери. Так, у середніх широтах опівдні ФАР становить у середньому 43 % прямої сонячної радіації, а під час сходу та заходу Сонця – тільки 10–20 %. У розсіяній радіації вміст ФАР стабільніший впродовж дня й становить близько 60 %.

На рівнинній частині України максимальна напруга ФАР спостерігається у червні-липні й становить у середньому в північних районах 290–306, а в південних 340–360 МДж/м².

Для світлолюбних рослин, якими є більшість представників сільськогосподарських культур, оптимальна величина ФАР є в межах інтенсивності 1400–2100 Вт/м². Нижче цього значення рослини витрачають на дихання більше органічних речовин, ніж її утворюється під час фотосинтезу.

ФАР має вирішальне регуляторно-енергетичне значення в житті рослин. Найінтенсивніше сонячна енергія поглинається ще у вужчому діапазоні: рослинність інтенсивно поглинає сині (400–500 нм) та червоні (600–700 нм) промені. Мінімум поглинання припадає на жовто-зелені промені з довжиною хвилі 550–575 нм.

Інфрачервоні промені (довжина хвиль понад 750 нм) значною мірою поглинаються в атмосфері водяною парою і вуглекислим газом, а частина їх є джерелом теплової енергії для живих істот. Деякі організми (наприклад, рослини, комахи, земноводні, плазуни) використовують енергію інфрачервоних променів для власного теплообміну, зокрема підвищення температури тіла. Досить важливою є функція інфрачервоних променів для транспірації рослин, яка забезпечує випаровування води і створює умови для надходження вуглекислого газу крізь продиhi.

Крім теплової дії, сонячна радіація створює світловий ефект або освітленість.

Освітленість (світловий потік, що припадає на одиницю площі) поверхні Землі варіює в широких межах і залежить від географічної широти, рельєфу, висоти сонцестояння над горизонтом, тобто кута падіння сонячних променів, довжини дня, погодних умов, прозорості атмосфери, альbedo та інших факторів. Чим нижче Сонце над горизонтом, тим менший його кут падіння й тим більшу масу атмосфери мають пройти сонячні промені до Землі. І навпаки, чим вище Сонце, тим менший шлях його променів крізь атмосферу і тим вища освітленість. У помірних широтах упродовж вегетаційного періоду рослинність практично забезпечена природним світлом.

Одиниця освітленості – люкс (лк): світловий потік в 1 люмен, що припадає на 1 м².

В енергетичному відношенні, сонячне випромінювання, яке досягає верхніх шарів Землі, становить 8,3 Дж/см², що відповідає освітленості порядку 140 тис. лк.

В атмосфері утворюється два потоки радіації – один спрямований до Землі, інший – від неї. Останній також відбивається й розсіюється. Рослини, основна маса яких розташована поблизу поверхні Землі, одержують частину радіації ще й у вигляді світла, відбитого від поверхні ґрунту, води чи інших рослин. Тому на освітлення рослини впливають властивості субстрату, на якому вона росте, зокрема його здатність до відбиття світла.

Відбиту радіацію найчастіше характеризують безрозмірною величиною – *альbedo*, що характеризує відношення відбитої радіації до спадної. Наприклад, у лучному травостой її величина досягає 30 %, у хвойних лісах – до 19, у чорноземі – 14, у хлібних злаках різної стадії стиглості – від 10 до 25 %. Альbedo води становить 5 %. Це означає, що моря й океани поглинають близько 95 % сонячної радіації, яка досягає їхньої поверхні.

Різниця між кількістю тепла, випромінюваного земною поверхнею, й теплом, яке вона дістає від зустрічного випромінювання атмосфери, має назву *ефективного випромінювання Землі*. Влітку тепло від сумарної радіації переважає над ефективним випромінюванням.

Фотоперіодизм тісно поєднаний з біоритмами, біологічним годинником, які в сукупності формують адаптивний механізм регулювання функцій живого організму в часі. В процесі еволюції рослини пристосувалися до різних умов освітлення. Світловий період на півдні та півночі, в горах і на рівнинах, у приморських і континентальних регіонах далеко не однаковий. Більше того, самі живі організми в різних угрупованнях дуже впливають на режим освітлення. Тому різні види у відповідь на ритм освітлення виробили власний ритм фізіологічних процесів. Впливаючи на їхній хід, світлова енергія багато в чому визначає форму рослин чи спосіб поведінки тварин, певні морфологічні ознаки. Наприклад, залежно від фотоперіодичної реакції рослин, що визначається тривалістю світлового періоду, необхідного для переходу їх до цвітіння, розрізняють *рослини довгого дня, короткого та нейтральні*. Рослини довгого дня для переходу до цвітіння й подальшого розвитку потребують більш як 12 год на добу безперервного світлового періоду (наприклад, льон, овес, пшениця). У рослин короткого дня цвітіння відбувається за тривалості світлового періоду доби 12 год і менше (наприклад, конопля, хризантема). У разі штучного освітлення (більш як 14 год.) рослини короткого дня прискорюють свій ріст, інколи досягаючи значних розмірів, проте в такому разі затримується їхній розвиток. Фотоперіодично нейтральні рослини квітнуть у широкому інтервалі світлового періоду (бузок, гречка, виноград). Тривалість фотоперіоду змінює співвідношення між формуванням підземних і надземних органів рослин.

Наприклад. Спектральна ділянка поглинання радіації зеленим листком охоплює ультрафіолетову, видиму й інфрачервону частини спектра. Ультрафіолетові промені практично повністю поглинаються покривними тканинами листка, цитоплазмою, флаваноїдними пігментами вакуолей тощо.

Зелена рослина в нормальному стані поглинає до 85 % падаючої на неї енергії ФАР. Із решти 15 % приблизно половина енергії відбивається поверхнею листка і стільки ж пропускається. В межах діапазону ФАР спостерігається селективне поглинання окремих спектральних ділянок пігментним комплексом рослин.

Залежно від специфічних особливостей конкретної екологічної ніші, яку займають рослини, можуть відбуватися досить вагомі зміни не лише в інтенсивності сонячної радіації, а й у її спектральному складі, тривалості освітлення, розподілі кількості світла в часі та просторі. У різних видів живої речовини і різних угруповань потреба у світлі неоднакова.

Наприклад, вимоги рослин до освітленості визначають за показником світлового забезпечення. Цей показник розраховується за відношенням освітленості в тому місці, де живе рослина, до повної освітленості на відкритому місці. Для кожної рослини можна визначити середнє, мінімальне та максимальне значення світлового забезпечення. За вимогою до освітленості розрізняють три основні екологічні групи рослин:

- світлолюбні *геліофіти* – від гр. *геліос* – Сонце);
- тіньовитривалі або факультативні геліофіти;
- тіньові, умброфіти або сціофіти (від гр. *скіа* – тінь).

До *світлолюбних* видів належать мешканці відкритих, добре освітлених місцезростань. Як правило, вони мають вище стебло порівняно з видами, що мешкають у затінку, розсічені листові пластинки, в листках добре розвинена стовпчаста асиміляційна паренхіма листка (інколи навіть з обох боків листка), досить багато продихів, розгалужена коренева система. У світлолюбних видів максимальна інтенсивність фотосинтезу (світлове насичення) спостерігається за 0,25–0,33 повної яскравості денного світла. Більшість з них раніше зацвітають, мають дрібне насіння, самосів якого добре виживає на оголеному ґрунті або в низькорослому рослинному покриві. Типовими геліофітами є степові та лучні злаки, рослини тундри, високогір'я, ранньовесняні ефемери та ефемероїди, більшість культурних рослин, багато бур'янів. Часто геліофіти водночас є ксерофітами й мають ксероморфні ознаки. Для тих геліофітів, що зростають у гірських районах, характерні приземисті форми, які навіть утворюють подушки.

Група *тіньовитривалих рослин* або *факультативних геліофітів*, характеризується широкою екологічною амплітудою відносно світла.

До цієї групи належить більшість видів деревних порід, кущів – ялина, граб, ліщина, бузина тощо.

Тіньовитривалі рослини можуть рости при повному денному світлі, на відкритих, добре освітлених місцях, але краще розвиваються при деякому затінненні, наприклад, у лісах (дуб, липа, бузок). Тіньовитривалими є також більшість кімнатних рослин. Тіньовитривалість рослин знижується у вищих широтах, у горах, сухому кліматі, на бідніших ґрунтах.

У *тіньових рослин* (плаун булавовидний – *Lycopodium clavatum* L., барвінок малий – *Vinca minor* L., квасениця звичайна – *Oxalis acetosella* L.) листки темно-зеленого кольору з високим вмістом хлорофілу, стовпчаста паренхіма погано розвинена або відсутня. Вони не витримують повного освітлення, проте завдяки структурі листка сіціофіти навіть за слабого освітлення здатні засвоювати вуглекислий газ не менш ефективно, ніж листки геліофітів. Тіньові рослини в умовах високої сонячної інсоляції не можуть регулювати інтенсивність транспірації й на відкритій місцевості звичайно засихають. До цієї екологічної групи належать рослини нижніх ярусів лісу. В дібровах це так зване різнотрав'я. У тропічних лісах у цих рослин поширені специфічні форми – ліани та епіфіти.

Всі перелічені екологічні групи чітко не розмежовані. Навіть один і той самий вид може виявляти різні вимоги до світла в різних кліматичних або ґрунтових умовах і навіть впродовж життя одного індивідуума. Більше того, в межах крони одного дерева можна зустріти світлові та тіньові листки, що відрізняються анатомічно і морфологічно.

Із рослинних угруповань найактивніше змінюють склад сонячного світла лісові масиви, тому до поверхні ґрунту доходить незначна частина сонячної радіації. Причому нетривалий світловий весняний період до розпускання бруньок на деревах змінюється довгочасним затінненням упродовж літньої вегетації, а восени, після листопаду, – знову настає просвітлення. Рослини, які мешкають під пологом лісу, пристосовані до незначного освітлення.

У *геліофітів* (більшість представників рослин степу, акація, евкаліпт) у полудневі години листки зорієнтовані майже вертикально або під значним кутом до горизонту, щоб зменшити потік радіації.

Є група так званих «компасних» рослин (пижмо звичайне, деревій звичайний), у яких листки розташовуються в одній площині з орієнтацією північ-південь. Завдяки цьому в полудень надходження сонячної радіації до них мінімальне. В затінку їхня орієнтація стає невпорядкованою, тобто вони втрачають свою «компасну» здатність. Листкові пластинки більшості геліофітів укриті кутикулою, восковим нальотом, мають опушення, що дає змогу частково відбивати чи розсіювати прямі сонячні промені. Їхня внутрішня анатомічна структура відрізняється добре розвинуеною палісадною паренхімою,

яка може бути навіть з обох боків листка, що зумовлює значну товщину самої пластинки.

Отже, основні фізіологічні пристосування до світла у різних екологічних типів рослин чітко проявляються в специфічних особливостях фототрофного живлення. Здатність рослин переносити дефіцит освітлення значною мірою залежить від низки інших екологічних факторів, особливо водного режиму.

3. Температура як екологічний фактор

Сонячна радіація слугує джерелом тепла, вона регулює температурний режим поблизу поверхні Землі. Однак значний вплив земного випромінювання й циркуляції повітря на рівень і розподіл температури зумовлюють необхідність розгляду сонячного тепла й температури повітря окремо від сонячної радіації й освітленості.

Процес трансформації сонячної енергії досить складний і залежить від низки взаємопов'язаних факторів. Унаслідок цього в різних зонах, регіонах, в умовах різного рельєфу, в кожному конкретному типі рослинних угруповань складається свій річний, місячний і добовий радіаційний баланс, який і визначає розподіл температур у ґрунті та приземних шарах атмосфери. Частина цього тепла витрачається на нагрівання приземного шару повітря, рослин, випаровування води з ґрунту, а також рослинами, а частина – на нагрівання ґрунту.

Радіаційний баланс може бути позитивним, якщо прихід тепла переважає його витрати, або негативним, коли витрати переважають його надходження. На земній кулі, крім Антарктиди, річні суми радіаційного балансу позитивні. Місячні показники радіаційного балансу в помірних і високих широтах негативні тільки в зимовий період. Річний хід радіаційного балансу в основному відповідає ходу сумарної сонячної радіації й температурі повітря, яка поступово знижується від екватора до полюсів.

Величина радіаційного балансу передусім залежить від суми прямої та розсіяної радіації. Річний і місячні радіаційні баланси впливають на температуру ґрунту та повітря, чим зумовлюють розподіл рослинності за зонами і значно впливають на життєдіяльність окремих рослин та їхніх угруповань. Не менше на життя рослин впливає також добовий хід величин радіаційного балансу. Максимальні позитивні величини добового балансу спостерігаються в полудень, тоді як мінімальні – в нічний час. На хід добового балансу впливають також погодні умови (хмарність, вологість повітря), форми рельєфу та рослинності.

До температури живі організми більш вибагливі, ніж до світла. Межі існування життя визначаються значеннями температури, за яких можливими є нормальна будова і функціонування білків. В

середньому вони становлять від 0 до + 50°C. Однак чимало організмів має спеціалізовані ферментні системи і пристосовані до активного існування при температурі тіла, яка виходить за вказані межі.

Види, які віддають перевагу холододві, відносять до екологічної групи **криофілів** (бактерій, грибів, черв'яків, членистоногих, молюсків, риб тощо). Вони можуть зберігати активність при температурі клітин до -8, -10°C, коли рідини їхнього тіла перебувають у переохолодженому стані. Види, оптимум життєдіяльності яких приурочений до умов високих температур, належать до групи **термофілів** (деякі нематоди, личинки комах, кліщі тощо).

Деякі термофільні організми в активному стані можуть витримувати до +80°C і навіть вищі температури, наприклад, водорості з родини *Oscillatoria*, які зустрічаються в гарячих джерелах Ісландії. Спори деяких бактерій витримують протягом кількох хвилин нагрівання до +180°C. У лабораторних експериментах насіння, пилки і спори рослин, нематоди, коловертки, цисти найпростіших та ряд інших організмів після зневоднювання витримували температури, що близькі до абсолютного нуля (до -271,16°C), а потім знову повертались до активного життя. Припинення всіх життєвих процесів організму називається **анабіозом**. Із стану анабіозу живі істоти можуть повернутися до нормальної активності лише в тому разі, якщо не була порушена структура макромолекул (білки, ДНК тощо) в їх клітинах.

Температура впливає на кореневе харчування рослин. Цей процес можливий лише тоді, коли температура ґрунту буде на декілька градусів нижча температури повітря. Якщо температура ґрунту і повітря однакова (+22°C), то стан рослин різко погіршується і вони не дають квітів (льон, гречка). У разі подальшого підвищення температури ґрунту до +34°C починався опадання верхкових бруньок, стебел, а згодом гине вся рослина. Негативно впливають на рослину і такі умови, коли температура ґрунту є низькою, а повітря – високою. Це призводить до послаблення всмоктування поживних речовин.

Стосовно температури як екологічного фактора розрізняють дві групи рослин: **теплолюбні** (термофіли) і **холодолюбні** (психрофіли). **Теплолюбними** називають рослини, які добре розвиваються в умовах високих температур, **холодолюбними** – рослини, які можуть рости в умовах досить низьких температур.

Справжніми термофілами є рослини-вихідці з тропічних районів.

За ступенем адаптації до умов крайнього дефіциту тепла можна виділити три групи рослин:

1. **Нехолодостійкі** – сильно пошкоджуються або гинуть при температурах, вищих за точку замерзання води. Загибель пов'язана з інактивацією ферментів, порушенням обміну нуклеїнових кислот і

білків, руйнуванням мембран і припиненням дії асиміляторів. Це рослини дощових тропічних лісів, водорості теплих морів.

2. **Неморозостійкі** – переносять низькі температури, але гинуть, як тільки у тканинах починає утворюватись лід. За настання холодного періоду року в них підвищується концентрація осмотично активних речовин у клітинному розчині і цитоплазмі, що знижує точку замерзання до -5° – -7°C . Вода у клітинах може охолоджуватися нижче точки замерзання без остаточного утворення льоду.

3. **Морозостійкі** або **льодостійкі** – ростуть у регіонах з сезонним кліматом і холодними зимами. Під час сильних морозів наземні органи дерев і чагарників промерзають, але зберігають життєвість (за рахунок нагромадження у клітинах цукрів (до 20–30 %), похідних вуглеводів, деяких амінокислот та інших захисних речовин, які зв'язують воду).

За ступенем адаптації до високих температур виділяють такі групи організмів:

1) **нежаростійкі** – пошкоджуються вже за температурі 30 – 40°C (водні квіткові, наземні мезофіти);

2) **жаровитривалі еукаріоти** – рослини сухих місцезростань із сильною інсоляцією (стеги, пустелі, савани, сухі субтропіки і т.і.) переносять півгодинне нагрівання до 50 – 60°C ;

3) **жаростійкі прокаріоти** – термофільні бактерії і деякі види синьо-зелених водоростей, які можуть жити в гарячих джерелах за температури 85 – 90°C .

4) **пірофіти** – група рослин, які витримують температуру пожеж, що сягає сотень градусів (рослини саван із грубою корою і товстошкірим насінням).

За особливостями до температурних адаптацій тварин групують на такі види:

1) **хімічна терморегуляція** – активне збільшення теплопродукції у відповідь на зниження температури;

2) **фізична терморегуляція** – зміна рівня тепловіддачі, завдяки особливостям волосяного чи пір'яного покриву, розподілу жирових запасів, деталям будови кров'яної системи, можливості випаровування тощо;

3) **поведінка організмів** – переміщуючись у просторі або змінюючи свою поведінку, тварини можуть активно уникати критичних температур.

Вивчаючи взаємозв'язки між організмами та температурою навколишнього природного середовища, усі організми поділяють на теплокровні та холоднокровні. Проте такий поділ є неточним і суб'єктивним. Температура тіла пустельних рептилій безумовно може бути позначена терміном «тепло-», за порівняння з такою гідробіонтів, що населяють північні (холодні) водойми.

Точнішим є поділ організмів на пойкило- і гомойотермних. **Пойкілотермні** – організми (мікроорганізми, рослини, безхребетні, хордові), температура тіла яких змінюється залежно від температури зовнішнього середовища і звичайно дорівнює їй або на 1–2°C вища; **гомойотермні** – організми (ссавці, птахи) з відносно сталою температурою тіла, що майже не залежить від температури навколишнього середовища. Гомойотермним організмам властива висока стійка температура тіла: у птахів глибинна температура тіла складає 41 °C з коливанням у різних видів від 38 до 43,5°C. У більшості ссавців температура тіла складає 30–33°C.

Гомойотермія розвинулась з пойкилотермії шляхом удосконалення способів регуляції теплообміну. Здатність до такої регуляції слабо виражена у дітей ссавців, а також у пташенят, і повністю проявляється лише в дорослому віці. Надзвичайно високий опір гомойотермних тварин перегріванню був блискуче продемонстрований близько двохсот років тому в досліді доктора *Ч. Бледена* в Англії. Разом з кількома друзями і собакою він провів 45 хв у сухій камері при температурі + 126°C без наслідків для здоров'я. В той же час шматок м'яса, взятий у камеру, виявився звареним, а холодна вода, випаровуванню якої перешкоджав шар олії, нагрілась до кипіння.

Вдалим вважається поділ організмів на *ендотермні* та *екзотермні*.

Ендотермні організми регулюють температуру тіла за рахунок внутрішньої терморегуляції (птахи і ссавці), а **екзотермні** розраховують на зовнішні джерела (плазуни, рослини, гриби і простіші). Однак і цей поділ не є абсолютним. Багато плазунів, риб і комах (наприклад, бджоли, метелики) можуть деякий час регулювати температуру тіла, використовуючи для цього вироблене всередині організму тепло. В деяких рослин (наприклад, тюльпанове дерево) метаболічне тепло підтримує відносно постійну температуру всередині квітів. Однак деякі птахи і ссавці при незвичайно низьких температурах ослаблюють або ж зупиняють ендотермічну регуляцію температури тіла.

4. Повітря як екологічний фактор

Повітря як екологічний фактор має для рослин особливе значення, оскільки є не лише середовищем, у якому відбуваються життєві процеси, але і одним із джерел споживання. Майже 50 % сухої маси рослин становить вуглець, засвоєний ними з повітря.

Чисте і сухе повітря являє собою суміш газів: основні з них – азот (78,08 %), кисень (20,95 %), аргон (0,93 %) та вуглекислий газ (0,03 %). Решта газів представлена незначними частками.

Повітря майже ніколи не буває сухим, в ньому завжди присутня водяна пара, частка якої в повітрі сягає 4 %, а деколи – лише 0,01%

загального об'єму. Крім того, у ньому часто присутні фізичні домішки природнього і антропогенного походження: пилок і спори рослин, пил, сажа тощо. Тому повітряне середовище вважається двофазним (повітря + твердий субстрат). У перезволоженому повітрі «народжуються» кислі дощі.

Для більшості живих організмів *кисень* – життєво необхідний. У безкисневому середовищі можуть існувати в основному анаеробні бактерії. Багато болотних рослин нормально розвиваються також у бідних на кисень ґрунтах завдяки добре розвиненій повітропроникній тканині – аеренхімі, якою кисень легко проникає в корені. Кисень ґрунтового повітря потрібен для процесів проростання насіння, дихання корневих систем рослин, для підтримання життєдіяльності мікроорганізмів. Єдиним продуцентом вільного молекулярного кисню на Землі є зелені рослини, які утворюють його в процесі фотосинтезу. Доросле дерево за добу виділяє до 180 л кисню. Людина ж вдихає його впродовж дня до 180 л, а при інтенсивній роботі – до 900 л. Реактивний лайнер на переліт з Європи до Америки витрачає 35 т кисню.

Вуглекислий газ – одна з найважливіших форм циркулюючого біогенного елемента – неорганічного вуглецю. Основні джерела надходження його в атмосферу – дихання тварин і рослин, життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, грибів, процеси горіння, виверження вулканів, викиди промислових підприємств, транспортних засобів тощо. Через незначну кількість у повітрі, навіть слабкі коливання його вмісту істотно впливають на фотосинтезуючі організми. Крім того, вуглекислий газ поглинає довгохвильові інфрачервоні промені, які випромінює нагріта поверхня Землі, створює умови для збереження тепла в атмосфері. В океані вуглекислого газу майже в 60 разів більше, ніж в атмосфері.

Досить важливим компонентом атмосфери є газ *озон*. Основна кількість озону зосереджена в стратосфері на висоті 20–35 км, де він утворює озоновий шар, який має велике еколого-біологічне значення. Озон поглинає короткохвильові ультрафіолетові промені Сонця, чим зумовлює не лише температурний режим стратосфери, а й захищає все живе від їхньої шкідливої дії. Поблизу поверхні землі його дуже мало. Озонові «дири» в атмосфері є причиною зростання інтенсивності ультрафіолетових променів. У 70-х рр. минулого століття виявлено локальне зменшення концентрації озону в атмосфері над Антарктидою, що й було названо озоною «дирою». Останнім часом озонові «дири» виявили і в інших частинах земної кулі, зокрема в Європі. Вважають, що основна причина їхньої появи – підвищений вміст у стратосфері хлорфторметанів (фреонів).

Аргон, неон, гелій та інші гази атмосфери вважаються екологічно нейтральними.

Водяна пара в атмосфері затримує до 60 % теплового випромінювання нашої планети, створює грандіозний «парниковий ефект». Якби вміст водяної пари зменшився наполовину, середня температура Землі знизилася б на 5 °С. Водяна пара – джерело для утворення опадів. Від її вмісту в приземному шарі повітря залежать випаровування з поверхні ґрунту і транспірація рослин.

Завислі в повітрі домішки (різноманітний пил космічного, вулканічного та земного походження, кристалики солей води морів і солоних озер, відходи виробництва), що осідають на рослинах, утруднюють газообмін, сповільнюють процес фотосинтезу, порушують терморегуляцію тощо. Від цього розвиток рослин пригнічується або зовсім припиняється, що інколи призводить до повної загибелі рослинності. До основних фізичних характеристик стану атмосферного повітря належать тиск, температура і густина, які тісно взаємопов'язані.

Повітря має певну температуру, яка залежить від його теплових властивостей – теплоємності та теплопровідності. Вона безперервно змінюється в усіх точках земної кулі. Поблизу земної поверхні температура змінюється в досить широких межах – від + 60 °С (тропічні пустелі) до -90 °С (Антарктида).

Мала теплопровідність повітря захищає рослинний світ від понижених температур, запобігає надмірному охолодженню підстилаючої поверхні та зумовлює поширення цього охолодження на порівняно незначну товщу шару повітря. Завдяки тому, що земля поверхня має різноманітне природне покриття, насамперед рослинність, вона неоднаково сприймає сонячну радіацію, внаслідок чого нерівномірно нагрівається. Це і є причиною того, що в одних районах (арктичних) формуються холодні, а в інших (південних) – теплі повітряні маси. Але на місці свого формування повітряні маси залишаються недовго. Вони переміщуються з одного району в інший, змінюючи на своєму шляху погодні умови.

5. Вода як екологічний фактор

Вода – не лише колиска життя, а саме життя. Вона займає 71 % території земної кулі, основна маса її, 97,5 % всіх вод – це солоні води, запаси прісних вод становлять 3,5 %, з них: 24 064 тис. км³ – це вода льодовиків і постійного снігового покриву та 10 530 – підземні прісні води; вода прісних озер – 91; ґрунтова волога – 16,5; волога атмосфери – 129; вода боліт – 11,5; вода рік – 2,1; біологічна вода – 1,1.

В більшості клітин організмів вода становить 70–80 % їхнього складу, вона основне середовище для багатьох реакцій у процесі обміну речовин, й як речовина життя, забезпечує повсякденне існування низки організмів.

Водний фактор середовища складається із таких складових: опадів, вологості ґрунту та вологості повітря.

Атмосферними опадами називають воду в рідкому або твердому стані, та яка випадає на земну поверхню з хмар. Опادي – найбільш змінний у часі й просторі елемент погоди та клімату, тому як добовий, так і річний хід їх дуже складний. Надзвичайно важливе значення опадів полягає в тому, що вони є основним джерелом води. Вони живлять річки, озера, ставки та інші водоймища, а також створюють певний запас вологи в ґрунті, який є основою для забезпечення водою всіх рослин.

Особливо важливе значення для рослин має **вологість ґрунту**, що створюється тією частиною атмосферних опадів, проникає в ґрунт і утримується ним.

Лише завдяки опадам у ґрунті можуть нагромаджуватися і тривалий час зберігатися водні запаси, без яких ніяке життя в ґрунті неможливе. Розрізняють *повну, капілярну та польову вологоємність*.

Повна вологоємність – це кількість води, яку ґрунт утримує під час заповнення всіх його проміжків.

Капілярна вологоємність – це найбільша кількість вологи, яка може утримуватися ґрунтовими капілярами.

Найменша або польова вологоємність – це кількість вологи, яку ґрунт утримує у підвищеному стані над ґрунтовими водами за умови глибокого їх залягання.

Виділяють такі форми ґрунтової вологи, що відрізняються за ступенем доступності її рослині:

- *гравітаційна вода*, яка заповнює проміжки між частинками ґрунту і легко доступна для рослин;
- *капілярна вода*, яка заповнює капілярні пори ґрунту і утримується в них силами поверхневого натягу, доступна рослинам;
- *плівкова вода*, яка оточує колоїдні частинки ґрунту. Чим ближче до колоїдних частинок знаходяться молекули води, тим із більшою силою вони утримуються. Така вода малодоступна для рослин;
- *гігроскопічна вода*, ця форма води повністю недоступна для рослин. Вона становить так званий *мертвий запас*, – *коефіцієнт в'янення рослин* – межа вологості ґрунту, за якою відбуваються незворотні ознаки в'янення рослин, їхній тургор не відновлюється, припиняється приріст і формування біомаси.

З підняттям угору кількість водяної пари в атмосфері дуже швидко зменшується і вище 10–15 км залишаються тільки її сліди. Кількість водяної пари в повітрі змінюється залежно від фізико-географічних умов місцевості, пори року, часу доби і погодних умов.

Під **вологістю повітря** розуміють вміст у ньому водяної пари. Розрізняють *абсолютну та відносну* вологість повітря.

Абсолютна вологість – це кількість водяної пари в грамах, яка міститься в 1 м^3 повітря.

Відносна вологість – це відношення пружності водяної пари, яка є в повітрі, до максимальної пружності водяної пари за даної температури. Вона вказує на ступінь насичення повітря водяною парою. У разі вивчення екологічної ролі води враховується не лише кількість опадів, а й особливості їх розподілу впродовж року.

На розподіл вологості значно впливає рослинний покрив. Серед рослинності абсолютна вологість повітря підвищена, оскільки рослини випаровують багато вологи і тим самим збагачують водяною парою приземні шари повітря.

Області, в яких випаровування перевищує річну суму опадів, називають **сухими (аридними)**. Ділянки суші, де забезпеченість водою достатня, називають **вологими (гумідними)**.

Вода – єдина речовина на землі, яка водночас і у великій кількості трапляється в *рідкому, твердому та газоподібному* станах.

Завдяки полярності вода є *дуже добрим розчинником* для багатьох груп речовин. Розчинення кристалів неорганічних солей відбувається завдяки *гідратації йонів* солей. Добре розчиняються у воді також органічні речовини, з карбоксильними, гідроксильними та іншими групами, яких вода утворює водневі зв'язки.

Вода – *найаномальніша речовина, хоча і прийнята за еталон міри густини (щільності) й об'єму для інших рідин*. Для стоячих водойм аномалія густини води має важливе значення. Всі речовини збільшують об'єм при нагріванні, зменшуючи при цьому густину (щільність). Однак за тиску в 1 атм (0,1013 МПа) у воді в проміжку від 0 до 4 °С при підвищенні температури об'єм зменшується і максимальна густина її спостерігається при 4 °С (за такої температури 1 мл води має масу 1 г, а густина дорівнює одиниці). Ця властивість води, за якої найбільшої густини вона досягає при 4 °С і з подальшим охолодженням уже не стискується, а розширюється, має вирішальне значення для життя організмів у різних водоймах, тому що в іншому разі вся вода в них охолола б до 0 °С і перетворилася б на лід.

Об'ємні зміни води – найважливіший фактор впливу на материнські породи в процесі формування ґрунту. Так, під час замерзання вода здатна розвивати тиск до 2400 атм, чим руйнує гірську породу.

Наявність водневих зв'язків приводить до підвищення температури кипіння і теплоти випаровування за рахунок додаткової енергії, необхідної для розриву або зміни їх. Результатом наявності водневих зв'язків є такі аномалії води порівняно з іншими рідинами, як досить **висока температура кипіння** (100 °С), найбільша порівняно з усіма іншими рідинами, а також і твердими тілами **питома теплоємність**. Величина теплоємності води (тобто кількість тепла, необхідна для підвищення температури на 1 °С) у 5–10 разів вища, ніж у інших речовин, а саме дорівнює 4,187 кДж. З підвищенням тиску температура кипіння води зростає, а температура плавлення (замерзання, яка у воді становить 0 °С) – знижується.

Висока теплоємність води захищає рослини від різкого зростання температури при підвищенні температури повітря, а висока теплота пароутворення (2,3 кДж на 1 г) забезпечує терморегуляцію організмів. Вода має також **високу теплопровідність** (перенесення енергії від більш нагрітих ділянок

тіла до менш нагрітих унаслідок теплового руху і взаємодії мікрочастинок), що дає їй змогу випаровуватися навіть при 0 °С.

Вода має **високу густину** (густину води визначають вміст солей і тиск) та **високий поверхневий натяг** за рахунок потужних **сил зчеплення (когезії)** між її молекулами; вищий поверхневий натяг лише у ртуті. Для води характерна також властивість **прилипання (адгезії)**, що проявляється при пересуванні її проти гравітаційних сил, наприклад, у тканинах високих дерев. Дуже виражена здатність до адгезії має важливе значення у разі взаємодії води з іншими компонентами клітини.

Важливою властивістю води для біоценозів водойм є її **прозорість**.

До найважливіших властивостей належить також і відома здатність води **розчиняти гази**. Оскільки вміст CO₂ часто є фактором, що обмежує продукуючі процеси у водоймах, то розчинність вуглекислоти у воді визначає їх біопродуктивність.

Завдяки переліченим унікальним фізико-хімічним властивостям вода в процесі еволюції виявилася найпридатнішим внутрішнім середовищем для всіх живих організмів.

Отже, вода це:

- специфічне середовище, в якому лише і відбувається життєдіяльність рослинних організмів;
- зв'язуюча транспортна ланка між різними клітинами, тканинами, органами, яка забезпечує гомеостаз і функціонування організму як єдиного цілого;
- невід'ємний компонент протоплазматичних структур;
- обов'язковий компонент, учасник низки біохімічних процесів;
- фактор, який забезпечує тургор, а отже, і форму тканин, органів, цілісних рослин;
- фактор, який стабілізує температуру тіла, стає перепоною до перегрівання.

Вода та рослинний організм. Вода, як складова частина протоплазми, в рослині міститься переважно в стабілізованому вигляді, тобто її активність знижена. Воду, яка зв'язана йонами та низькомолекулярними сполуками, називають **осмотично-зв'язаною**. Воду, зв'язану як із внутрішніми, так і з розташованими на поверхні хімічними групами високомолекулярних сполук, називають **колоїдно-зв'язаною**. У клітинних стінках та судинах провідної системи рослин міститься капілярно зв'язана вода.

Активність води (реальна концентрація) в протоплазмі рослинних клітин визначається здатністю її до дифузії, а тому всі фактори, які знижують швидкість руху молекул води, впливають і на її активність. До цих факторів належать **гідратація, осмотичне зв'язування, іммобілізація, температурний фактор і механічні бар'єри**. До факторів, які сприяють зміні активності води, слід віднести також **транспортну воду з однієї частини клітини до іншої або з клітини в клітину; зміну вмісту осмотично-активних речовин; реакції обміну**, що відбуваються з участю води; **зміну тургорного тиску; зміну стану води в протоплазмі**.

Переважає маса води надходить у рослину крізь кореневу систему з ґрунту. Розподіл кореневої системи рослин у певних горизонтах ґрунту часто зумовлений його рідкою фазою – ґрунтовим розчином, вода якого утримується з різною силою: **легкодоступна** – 0,5 МПа, **середньодоступна** – 1,0–1,2 та **важкодоступна** – 2,5–3,0 МПа. **Коренева система пересувається в ґрунті завдяки різниці**

водних потенціалів (термодинамічного показника стану води в системі) **між різними частинами системи ґрунтового розчину.**

За **повної польової вологості ґрунту** (*вологість, за якої всі пори ґрунту заповнені водою*) водний потенціал його близький до нуля, тому вода легко добувається коренем. Коли ж потенціал ґрунтової води нижчий за потенціал води в клітині кореня, рослина в'яне.

Для транспортування води по рослині існують провідні тканини: *судини й трахеїди* в ксилемі для транспіраційного потоку й *ситоподібні трубки флоєми* – для асимілятів. Це – шляхи *ближнього транспортування*.

Вода пересувається рослиною із зони з високим водним потенціалом (*ґрунт*) у зону з нижчим водним потенціалом (*атмосфера*) відповідно з його градієнтом. Водний потенціал помірно зволоженого повітря на кілька десятків тисяч кілопаскалей нижчий, ніж у рослині, тому вода і прагне покинути тканину рослин.

Отже, поглинання води та пересування її вгору здійснюється в результаті спільної дії таких факторів, як *кореневий тиск* або *нижній кінцевий двигун* і *транспірація* – *верхній кінцевий двигун*.

Транспірація буває:

- *продихова* транспірація здійснюється через продихові щілини в епідермісі, крізь які відбувається газообмін;
- *кутикулярна* транспірація здійснюється крізь поверхню кутикули, яка вкриває епідерміс листка. Вона, як правило, значно менша продихової;
- *ленікулярна* транспірація відбувається з участю *сочевичок* – сукупності нещільно розташованих клітин перидерми багаторічних стебел і коренів, що випинаються на поверхню у вигляді горбочків, рисочок, крізь які й здійснюється газообмін.

Вода, що надійшла в клітини кореня, під впливом різниці водних потенціалів, які виникають завдяки транспірації та кореневому тиску, пересувається провідними елементами ксилеми. В нормі вода з рослини виділяється у вигляді пари. Під час переходу води з рідкого стану в пароподібний використовується сонячна енергія. Випаровується вода крізь *продихи, кутикулу та сочевички*. Отже, в природних умовах у ксилемі потік води існує як результат транспірації. За слабкої транспірації концентрація солей у ксилемі зростає й за законом осмосу сприяє рухові всередину кореня.

Клітини ендодерми (правильніше – їхні стінки) виконують ще одну функцію: вони не дають змоги солям, що надійшли в ксилему, здійснити зворотний шлях, тобто вийти назовні крізь апопласт (клітини неспеціалізованих тканин). Ось за таких умов у кореневій системі розвивається тиск у декілька атмосфер – *кореневий тиск* (це сила, яка спричинює в рослині висхідний потік води з розчиненими речовинами незалежно від транспірації). В основі стовбура дерев кореневий тиск досягає 1,013 МПа. Якщо перерізати стебло трав'янистої рослини недалеко від ґрунту, то із зони надрізу починає виділятися *насока*. Це явище називають плач рослин (прижиттєвий односторонній потік води, пов'язаний з витратами енергії), який доводить наявність кореневого тиску. Про те, що плач рослин є нормальним явищем, свідчить інше явище – *гутація*, тобто виділення краплин води крізь *гідатоди* – особливі пори по краях листків у місцях закінчення листкових жилок (рис. 26). Отже, плач рослин, як і гутація, показують, що

коренева система поглинає воду і накачує її в рослину. На цій основі кореневу систему рослин називають *нижнім кінцевим двигуном*.



Рис.26. Гутація на листках пшениці.

Кореневий тиск складається з двох складових частин: *осмотичної* та *метаболічної*, причому остання потребує затрат АТФ. Передбачають, що при цьому значну роль відіграють актиноподібні білки, енергозалежне скорочення та розслаблення яких і спричинює зміни гідростатичного тиску в клітинах. Внаслідок цього на шляху водного потоку в напрямку судин ксилеми виникають локальні градієнти водного потенціалу, які й сприяють надходженню води в судини. У деяких багаторічних рослин узимку судини ксилеми заповнені повітрям, тому весною надходження води здійснюється лише за рахунок нижнього кінцевого двигуна.

Від кореневої системи вода швидко пересувається рослиною до листків. Дерева здатні нагнітати воду з ґрунту в крону в кількостях, часто більше за 1 т на день. Яким чином це відбувається? Вода, що поглинена кореневими волосками, проходить відстань у декілька міліметрів живими клітинами і лише потім надходить у мертві судини ксилеми. Пересування води живими клітинами можливе завдяки різниці їх водних потенціалів. Всисна сила зростає від кореневого волоска до тих живих клітин, що примикають до судин ксилеми. Встановлено, що для пересування води живими клітинами, наприклад листка, всисна сила кожної наступної клітини має відрізнятись на 0,1 атм.

Звідси зрозуміло, чому рослини, які не мають судин (*мохи, лишайники*), не досягають великих розмірів. Лише з появою трахеїд (*паноротеподібні, голонасінні*) та судин (*покритонасінні*) в процесі еволюції створилася можливість для рослин досягати висоти в декілька десятків і навіть більше сотні метрів (евкаліпти, секвої). Тільки незначну частину свого шляху в рослині вода проходить живими клітинами – в коренях, а потім у листках. Випаровування води з поверхні листків створює всисну силу в клітинах листків і коренів, чим підтримує пересування води рослиною. Тому листки рослин і дістали назву *верхнього кінцевого двигуна*, на відміну від кореневої системи, яка нагнітає воду в рослину. Випаровуючи воду з поверхні своїх листків, рослини автоматично втягують воду судинами. Осмотичний тиск у водяних рослин досить низький, бо їм не доводиться переборювати водозатримувальну здатність ґрунту. В них дуже редукована і провідна система. (М.М. Мусієнко, 2006).

Вода – це середовище насичене життям (рис. 27). Серед гідробіонтів виділяють такі екологічні групи: *бентос* – організми, які заселяють дно водойм; *пелагос*, тварини що мешкають з товщі води.

Нектон – це організми, що здатні до активного руху в товщі води (риби, кальмари, дельфіни). Серед пристосовань до такого способу існування є обтічна форма тіла, розвиток мускулатури та органів чуття для орієнтації в навколишньому природному середовищі.

Серед пелагіальних організмів виділяють *планктон і нектон*.



Рис. 27. Власне водне середовище та нерозривність з ним інших.

Водне середовище істотно відрізняється від водно-наземно-повітряного, тому у водяних організмів є низка специфічних анатомо-морфологічних і фізіологічних адаптивних рис. Вода відрізняється від повітря більшою густиною, що зумовлює відповідну будову тіла її мешканців. У організмів водно-наземно-повітряного середовища добре розвинена механічна тканина, що забезпечує їхню міцність, вони пристосовані до різних умов водопостачання, що позначилося на їхніх морфологічних, анатомо-фізіологічних та біохімічних особливостях. Наприклад, залежно від екологічної ніші, рослини поділяють на *водяні* та *наземні*.

Вищі водяні рослини поділяють на *гідатофіти* і *гідрофіти*.

Гідаатофіти – рослини (валісерія, водяний горіх, елодея, ряска), які повністю (справжні гідаатофіти) або частково ростуть у воді й поза водним середовищем існувати нездатні. Вони можуть прикріплюватися до ґрунту коренями (латаття) або вільно плавати (ряска, елодея), їхні листкові пластинки тонкі, часто розсічені, без диференціювання мезофілу, з добре розвинутою особливою повітряною тканиною – аеренхімою.

Гідрофіти (від гр. *гідор* – вода, *фітон* – рослина) – рослини, прикріплені до ґрунту і занурені у воду нижньою частиною (очерет, рогіз, комиш). У рослин, лише частково занурених у воду, добре виражена *гетерофілія* – різниця в будові надводних і підводних листків на одній і тій самій особині. Ростуть вони або у прибережній смузі, на мілководді, або, рідше, на болотах. До групи гідрофітних належать рослини, які розвиваються в умовах достатнього водопостачання, – на низинних місцях із неглибоким заляганням ґрунтових вод, болотах, озерах тощо.

Водно-наземні трав'янисті рослини, що ростуть як у воді на мілководді, так і на берегах річок, водойм, на болотах і на добре зволужених ґрунтах, належать до **гелофітів** (від гр. *гело* – болото та *фітон* – рослина).

Надземні рослини, які ростуть в умовах підвищеної вологості ґрунту та повітря на болотах, берегах річок чи озер, у вологих лісах (розрив-трава, квасениця звичайна) належать до **гігрофітів** (від гр. *гігрос* – вологий, *фітон* – рослина). Насиченість їхніх тканин водою досягає 80 % і вище. Гігрофіти не витримують водного дефіциту, тому не пристосовані до обмеженої її витрати. Найтипівші гігрофіти – трав'янисті рослини й епіфіти вологих тропічних лісів. В наших широтах до таких тіньових гігрофітів належать тонколисті папороті, розрив-трава звичайна (*Impatiens nolitangere*), квасениця звичайна (*Oxalis acetosella*), чистотіл великий (*Chelidonium majus*) та ін. Нарешті, серед гігрофітів трапляються і такі, як хвощ річковий (*Equisetum fluviatile*), ситник розлогий (*Juncus effusus*) та подібні до них рослини, у яких листки сильно редуковані, тому функцію фотосинтезу виконують зелені стебла. Вважається, що це особлива реліктова група гігрофітів, що збереглася до наших днів.

Мезофіти (від гр. *мезо* – середній, проміжний та *фітон*) – рослини, що живуть в умовах середнього рівня зволоження. Трапляються у тропічних, помірних і холодних поясах. Форма цих рослин різноманітна, без чітко виражених специфічних ознак. До групи мезофітів належать переважно представники культурної флори, здатні розвиватися в умовах достатнього водопостачання (дуб (*Quercus robur*), люцерна серповидна (*Medicago falcata*), тонконіг лучний (*Poa pratensis*), житняк гребінчастий (*Agropyron pectiniforme*) та інші. Залежно від кліматичних умов часто виділяють такі типи мезофітів: вічнозелені мезофіти вологих тропічних лісів; зимово-зелені дерев'янисті мезофіти; літньо-зелені дерев'янисті мезофіти; літньо-зелені багаторічні трав'янисті мезофіти; ефемери й ефемероїди.

Ксерофіти (від гр. *ксерос* – сухий та *фітон*) – рослини посушливих місцевостей, пристосовані до життя в умовах недостатнього водозабезпечення. Це – рослини пустель, посушливих степів, піщаних дюн, схилів, які дуже прогріваються. Характерно, що навіть найтипівші ксерофіти не є рослинами-сухолюбамі. Вони – посухостійкі й тому здатні переносити дефіцит вологи з меншою шкодою, ніж мезофіти. Влітку, в період

посухи, вони припиняють ріст, навіть частково або повністю скидають листя, тоді як у весняні, вологіші місяці, набувають масового розвитку.

Рослини холодних місцезростань, що мають ксероморфні ознаки, називають *психрофітами*, а рослини, пристосовані до холодних і сухих екологічних ніш, як, наприклад, в умовах високогір'я, – *криофітами*. Різких розмежувань між ними немає.

Ксерофітні рослини надзвичайно різноманітні: *кактуси, сукуленти, тонколисті та жорстколисті ксерофіти, ефемери*.

До *кактусів* належать рослини пустель, розвиток яких пішов по лінії максимального скорочення випаровуючої поверхні. Внаслідок цього листки втратили свої функції асимілюючого та випаровуючого органу. Коренева система дуже добре розвинена.

Сукуленти – це багаторічні рослини з соковитими м'ясистими листками (агава, алое) або стеблами (молочайні), здатними нагромаджувати в них воду. В них добре розвинена водозапасна тканина – паренхіма, де вода нагромаджується і потім повільно витрачається.

Тонколисті ксерофіти – це група рослин із надзвичайно розвинутою кореневою системою, яка проникає в глибокі шари ґрунту й поглинає звідти воду. Тіло їхнє вкрите білими волосками, які утворюють напівпрозорий екран, що захищає хлоропласти від шкідливого впливу яскравого світла. Характерними ознаками цих рослин є шипи, колючки. До тонколистих ксерофітів належать люцерна, верблюжа колючка, дикий кавун, деякі види полину, листки яких швидко в'януть, якщо їх зірвати з рослини. Загальна властивість цих рослин у тому, що вони характеризуються невідповідністю між кореневою системою і наземною частиною.

До ксерофітного типу належать так звані *жорстколисті рослини*, як, наприклад, деякі представники степових злаків: ковила, типчак, деякі зонтичні, зокрема перекотиполе. Найважливішою ознакою їх є здатність добре витримувати тривале в'янення.

Група так званих *несправжніх ксерофітів*, які характеризуються надзвичайно коротким вегетаційним періодом:

- *ефемери* – однорічні рослини з коротким періодом розвитку (що триває декілька тижнів), які уникають негативного впливу нестачі води (мокрець середній).

- *ефемероїди* – багаторічні трав'янисті рослини, надземні частини яких живуть лише протягом декількох тижнів, а решту року перебувають у стані спокою у вигляді бульб, цибулин чи кореневищ.

- *посухостійкі*, здатні використовувати запаси води з глибоких горизонтів ґрунту або запаси води у власних тканинах рослин типу ксерофітів;

- *посуховитривалі*, життєздатні при значних втратах води.

Отже, вода – найважливіший екологічний фактор для всього живого на Землі. Вона є обов'язковим компонентом живої клітини, основою внутрішнього середовища організму. Необхідна умова нормальної життєдіяльності організмів – підтримання сталого вмісту в них води. Тому у живих істот виробилися різноманітні пристосування до засвоєння води з довкілля, а також до зменшення її витрат.

5. Ґрунт як екологічний фактор

Ґрунт (грецькою – *едафотон*) – це природне тіло на земній поверхні, зона максимальної концентрації життя флори та фауни,

«трансформатор» найважливіших процесів обміну речовин, енергії та інформації, що відбуваються в біосфері.

Найважливіша екологічна функція ґрунтового покриву:

- ***поглинальна здатність ґрунту***, тобто здатність його затримувати сполуки або їхні часточки, що перебувають у розчиненому стані, а також колоїдно-дисперговані часточки мінеральних і органічних речовин, живі мікроорганізми та грубі суспензії. Розрізняють такі основні види цієї здатності:

- ***механічна*** полягає в тому, що ґрунт, завдяки пористості, затримує частки, що містяться у воді, яка просочується крізь нього;

- ***адсорбційна*** зумовлюється явищами адсорбції на поверхні часток ґрунту, молекул або їхніх груп (адсорбція молекул під час коагуляції).

- ***обмінна*** полягає в наявності в ґрунті поглинального комплексу – вискодисперсного нерозчинного у воді комплексу колоїдних сполук ґрунту, що характеризуються обмінними реакціями;

- ***хімічна*** полягає в приєднанні до твердої фази ґрунту тих аніонів із розчину, що утворюють з ґрунтом нерозчинні або слаботорозчинні сполуки.

- ***біологічна*** – це вбирання біорізноманіттям із ґрунту різних речовин: азоту, фосфору, калію, мікроелементів тощо, що залежить від структури ґрунту, кліматичних і погодних умов та рослинних угруповань, що зростають на ньому;

- ***трансформаційна*** – ґрунти трансформують різні речовини та енергію, що надходять із навколишнього природного середовища;

- ***регулююча відносно складу атмосфери й гідросфери*** (постійний газообмін між ґрунтом і приземною атмосферою) та ***регулююча відносно інтенсивності біосферних процесів через регулювання щільності й продуктивності організмів на земній поверхні***;

- ***обмежувальна***, тобто його низька вологоємність, наявність токсичних речовин, значне ущільнення, висока кислотність або лужність, низька родючість тощо.

- ***нагромаджувальна*** – в біологічних циклах синтезу й розкладу органічної речовини, які постійно відбуваються на поверхні землі, ґрунт виступає акумулятором залишкових продуктів цих циклів. Органічна речовина, особливо її специфічна частина — гумус, завдяки своїй функції підвищувати родючість ґрунту, забезпечує сталість процесу продукування біомаси;

- ***захисна або буферна*** функція, яка проявляється в нівелюванні або зрівноваженні ґрунтом різких коливань (*сезонних і добових змін вологості та температури ґрунту від адекватних змін в атмосфері*) вхідних потоків речовин та енергії. Важливим фактором даної функції є здатність протистояти механічному руйнуванню структури ґрунту

під дією води, вітру, хімічних речовин. Буферність ґрунту є: кислотна, лужна, буферність стосовно різних видів забруднення ґрунту;

- **санітарна**, тобто здатність ґрунту переробляти відходи життєдіяльності організмів, решток рослин і тварин, а також антропогенні забруднення, що потрапляють щорічно в ґрунт і на його поверхню. В процесі деструкції органічної речовини беруть участь не тільки мікроорганізми, а й безхребетні тварини, що разом утворюють складний комплекс очищення ґрунтів. Не менш важливим є зв'язок санітарної функції ґрунтів з їхніми антисептичними властивостями, що обмежують розвиток хвороботворних мікробів;

- **інформаційна**, так як ґрунт регулює кількісний склад і структуру біоценозів, здатен сигналізувати про початок сезонних біологічних процесів (*за певної температури, інтенсивне випаровування рано навесні як початок процесів сезонної активації та вегетації рослин*);

- з антропоцентричної точки зору, **специфічна** функція ґрунтового покриву, так як він є *найважливішим природним ресурсом*, головним засобом сільськогосподарського виробництва, фізичним місцем проживання (завдяки живим організмам він забезпечує матеріальну основу нашого існування – продукти харчування, одяг, будівельні матеріали, сировина для багатьох видів промисловості тощо).

ґрунт є фізичною системою, що складається з твердої, рідкої та повітряної фаз. Кількісні співвідношення між ними забезпечують умови життєдіяльності організмів.

Тверда фаза складається з мінеральної та органічної частин. Найважливішою з фізичних ознак ґрунту є *дисперсність*, тобто ступінь подрібнення речовини твердої фази.

Рідка фаза, або вода з розчиненими у ній мінеральними, органічними речовинами та газами, – один із найважливіших факторів життєдіяльності ґрунтових організмів. Основним джерелом води є атмосферні опади й підземні ґрунтові води.

Повітряна фаза є динамічна складова частина ґрунту, з якою тісно пов'язана біологічна активність ґрунту. Склад ґрунтового повітря постійно змінюється в результаті газообміну з атмосферою та у зв'язку з добовими й річними коливаннями метеорологічних умов, фізичного стану ґрунту та біохімічними процесами. Хімічний склад ґрунтового повітря: вуглекислий газ – 0,15–0,65 %; азот – 70,8–80,2 %; кисень – 10,4–20,7 %, а також аміак, а в болотних ґрунтах – метан, сірководень, ацетилен і водень.

Жива речовина ґрунту. Усі гірські породи зазнають біологічного вивітрювання в умовах, сприятливих для розвитку і життя живих організмів. Досить типовим прикладом дії живих організмів на неживу природу є скупчення водоростей на гірських породах у горах чи в приморських районах, утворення лишайникових

плівок на борових пісках, поселення різних видів комах в осадових породах. До біологічного вивітрювання можна віднести також руйнування кореневими системами рослин гірських порід.

Біологічне вивітрювання є початковою стадією процесу ґрунтоутворення. Цей процес не припиняється у сформованих ґрунтах і триває впродовж усього часу їх існування. Нижчі організми (бактерії, водорості, актиноміцети, гриби, лишайники) та вищі рослини видозмінюють активну поверхню субстратів. З часом продукти перетворення живої речовини формують сорбційний комплекс, що накопичує, утримує та підкислює воду, яка з посиленою хімічною активністю впливає на мінеральну породу. Дія живої речовини пов'язана з її надзвичайною індивідуалізацією, розпиленістю продуктів життєдіяльності та тривалістю цієї дії. Одноклітинні організми, маючи мікроскопічні розміри, розпорошуються в мінеральній масі ґрунту. Багатоклітинні організми складені з мільйонів клітин. Одна клітина теоретично може дати принаймні одну пилінку продукту її розкладання. Межа поділу речовин цим шляхом переважає можливості, які досягаються в природі іншими шляхами. Бактерій у ґрунті величезна кількість. Розміри їх сягають частки мікрона. Тому при їх руйнуванні утворюються ще дрібніші пилінки, які входять до складу ґрунту. Проте на цьому не закінчується світ найдрібніших живих організмів, а розгортається світ ультрамікроскопічних і невидимих.

Найважливіші функції живих організмів у ґрунті виявляються у вигляді різних хімічних реакцій, серед яких виділяють: **концентраційні, окисно-відновні та газові.**

Видова структура ґрунтової біоти (Ю. Одум, 1985):

- мікробіота, до якої належать бактерії, гриби, ґрунтові водорості і найпростіші;
- мезобіота, яка містить нематоди, кліщі, ногохвісткі, найдрібніші личинки комах і деякі інші організми;
- макробіота, що містить кореневі системи рослин, великі комахи, дощові черви та інші тварини.

За співвідношенням тваринних і рослинних видів організмів ґрунт має закономірності, властиві біосфері в цілому, а саме: представників рослинного світу в ньому набагато більше у видовому відношенні ніж мікрофауни (рис. 28).

Найчисленнішою в усіх ґрунтах є група бактерій, потім – актиноміцети та нижчі гриби. Більшість бактерій гетеротрофні й живуть вони на органічних рештках, що гниють. Частина їх здатна до хемосинтезу, тобто засвоювання CO_2 за рахунок окиснення органічних сполук. Екологічна роль хемосинтезуючих бактерій полягає у їхній активній участі в кругообігу хімічних елементів у ґрунті та біосфері в цілому. Багато найважливіших реакцій кругообігу речовин у ґрунті, наприклад, кругообіг азоту (процеси нітрифікації,

денітрифікації, азотфіксації), відбувається лише за участі бактерій. Деякі з вільноживучих ціанобактерій можуть фіксувати азот повітря, відновлюючи його до аміаку. За участі в ґрунтовому метаболізмі розрізняють бактерії, які:

- розкладають безазотисті органічні сполуки;
- розкладають білок і сечовину з виділенням аміаку;
- нітрифікаційні, денітрифікаційні та азотфіксуючі;
- окиснюють сірку, залізо;
- перетворюють важкорозчинні сполуки фосфору і калію в легкодоступні для рослин форми.

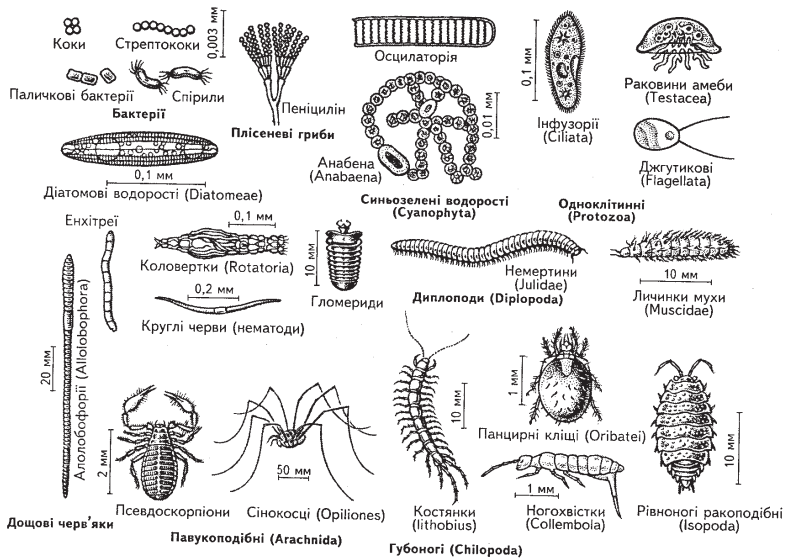


Рис. 28. Видова структура ґрунтової біоти.

Нижчі гриби становлять третю за чисельністю групу ґрунтових мікроорганізмів. Гриби зумовлюють трансформацію таких органічних речовин, як целюлоза, лігнін, а також беруть активну участь у процесах гуміфікації, можуть окиснювати сірку. Часто гриби перебувають у симбіозі з вищими рослинами, утворюючи так звану мікоризу на коренях лісових дерев (рис. 29). *Мікориза* – це сполучення рослинних кореневих тканин і грибного міцелію.

Розрізняють *ендотрофну* та *ектотрофну* мікоризу.

Ендотрофна мікориза виникає в разі проникнення гіф гриба в тканини рослини. Цей тип мікоризи поширений серед орхідних, вересових і багатьох інших видів трав'янистих рослин.

Ектотрофна мікориза виникає в разі обплетення гіфами гриба кінчиків кореня, утворюючи на них так звані мікоризні чохлаи. Гіфи гриба проникають між клітинами кори кореня, однак не проникають усередину клітин. На коренях, укритих мікоризними чохлами, кореневих волосків немає. Ектотрофна мікориза відома у деревних (сосна, ялина, береза, бук, дуб, липа) і чагарникових видів рослин.

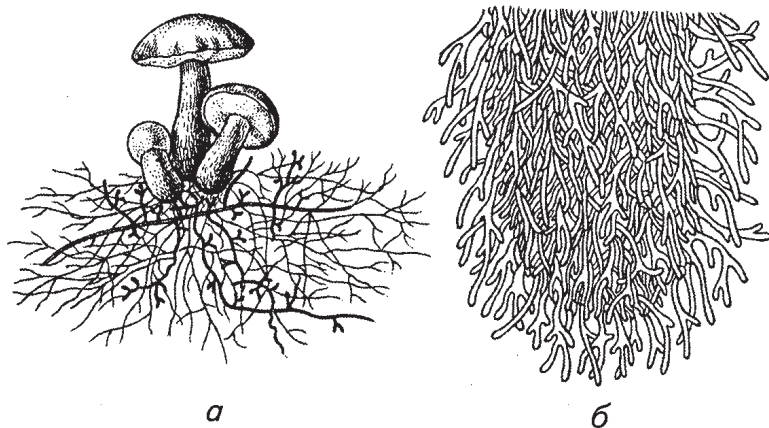


Рис. 29. Гриби-мікоризоутворювачі: *а* – схема зв'язку плодових тіл лісових грибів із корінням дерев (корінь дерева позначено потовщеною лінією); *б* – кінець кореня, оплетений гіфами гриба.

Присутність мікоризи необхідна для успішного росту багатьох видів рослин, особливо в посушливих і бідних поживними речовинами місцезростаннях. Тому мікориза, як правило, не формується на коренях дерев, що ростуть на багатих поживними речовинами ґрунтах, у яких навіть присутні відповідні гриби.

Мікориза є вискоєфективним акумулятором поживних речовин і вологи в ризосфері, тобто в зоні, яка безпосередньо оточує корінь.

У мікоризі учасники симбіозу обмінюються органічними речовинами. Іноді симбіотичні відношення між грибом і рослиною порушуються, і тоді гриб виступає як паразит стосовно рослини. Рослини, які нормально ростуть і розвиваються при мікоризному контакті з грибами, називають *мікотрофними*.

Мікотрофні рослини – це ті, які одержують поживні речовини за допомогою гриба, що оселяється на їхніх коренях. Розрізняють **облігатні мікотрофні рослини**, які не можуть нормально розвиватися без мікоризи (дуб, граб, бук, хвойні), та **факультативні**, котрі краще розвиваються з мікоризою, однак можуть існувати і без неї (липа, береза, майже всі чагарникові). З трав'янистих рослин до мікотрофних рослин належать пшениця, овес, просо, жито, ячмінь, бавовник, кукурудза, горох, квасоля.

У ґрунті є низка видів грибів, що вражають кореневі системи рослин, серед яких є *сапрофіти* й *паразити*.

Екологічна функція **ґрунтових водоростей**, яких налічується близько 1200 видів, досить обмежена і полягає головним чином у збагаченні ґрунту на органічні речовини.

Лишайники належать до організмів ініціальної, початкової стадії ґрунтоутворення, оскільки вони виділяють органічні кислоти, які прискорюють хімічне вивітрювання мінерального субстрату. Продукти вивітрювання разом із відмерлими рештками лишайників утворюють примітивний ґрунт, на якому започатковується життєдіяльність інших організмів.

Системоорганізуючим фактором ґрунту є корені вищих рослин, які виконують різні фізіологічні та фізичні функції. Найважливішим із них є формування ризосфери (коренедоступна товща ґрунту) – біологічно найактивнішої зони ґрунтового профілю. Зона *корневих волосків* – найактивніша всисна частина кореня. Функціонування системи *корені-мікроорганізми* є складною і визначається фізико-хімічними властивостями ґрунту.

Подібно як у наземному середовищі (атмосфері) дерева створюють значну поверхню асимілюючих органів, розвивають крону з галузненням стебла і листям, які вбирають вуглекислий газ і сонячну енергію, в ґрунті (ризосфері) вони створюють добре розвинені підземні органи – кореневі системи (П.С. Погребняк, 1968) (рис. 30).

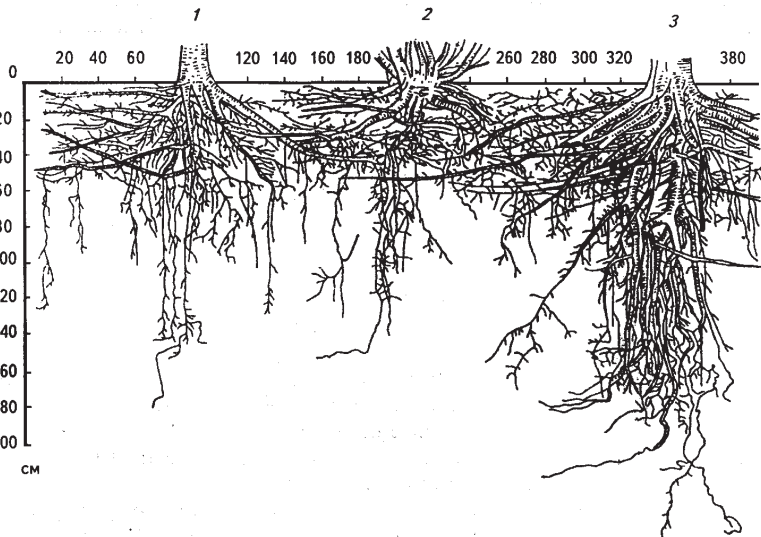


Рис. 30. Розміщення кореневої системи: 1 – клена татарського; 2 – асена; 3 – дуба в ґрунтовому профілі одного із листяних лісів Лісостепу (В.П. Кучерявий, 2001).

6. Інші абіотичні фактори

Повітря. Атмосферне повітря являє собою механічну суміш газів, які хімічно не діють один на одного.

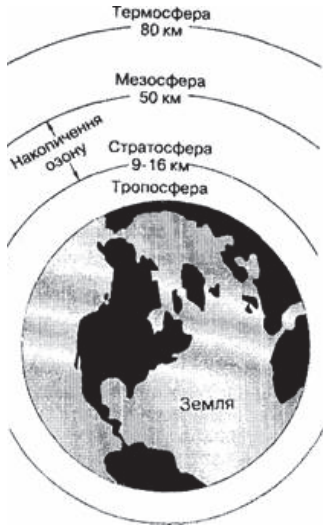


Рис. 31. Окремі частини атмосфери.

Атмосфера, як елемент глобальної екосистеми, виконує кілька основних функцій:

- захищає живі організми від згубного впливу космічних випромінювань та ударів метеоритів;
- регулює сезонні й добові коливання температури (якби на Землі не існувало атмосфери, то добові коливання температури досягали б ± 200 °С);
- є носієм тепла й вологи;
- є депо газів, які беруть участь у фотосинтезі й забезпечують дихання;
- зумовлює низку складних екзогенних процесів (вивітрювання гірських порід, діяльність природних вод, мерзлоти, льодовиків тощо).

Повідомлення. За температури зрідженого повітря різко змінюються властивості речовин. Так, спирт і ефір перетворюються в тверді речовини. Твердими речовинами стають також хлор, сірководень, вуглекислий газ і аміак. Ртуть перетворюється в ковкий метал, а гума стає такою крихкою, що при ударі розсипається на дрібненькі шматочки.

У разі обережного кип'ятіння зрідженого повітря його складові частини випаровуються нерівномірно. Спершу випаровується майже чистий азот (t кип -196 °С), а потім аргон (t кип -186 °С). В результаті залишається майже чистий кисень (t кип -183 °С). На цьому базується застосування рідкого повітря в техніці для добування азоту, кисню і аргону.

Отже, повітря – це природна суміш газів, з яких складається атмосфера Землі (рис. 31, 32).

Головні постійні складові частини повітря (недалеко від земної поверхні):

- азот – 78,08 % об'єму;
- кисень – 20,96 % об'єму;
- інертні гази – 0,94 %, у т.ч. аргон –

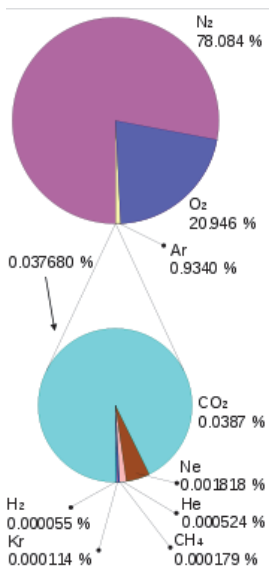


Рис. 32. Газовий склад атмосферного повітря.

близько 0,9 % об'єму.

Змінні складові частини повітря:

- діоксид вуглецю CO_2 (вуглекислий газ) – близько 0,03 % об'єму;
- водяна пара 0,1–2,8 % об'єму;
- водень H_2 , аміак NH_3 , озон O_3 , H_2S , CH_4 , SO_2 та інші гази.

Маса 1 дм^3 повітря за 0°C і 760 мм тиску дорівнює 1,293 г.

Молекулярна маса 29 а. о.

За температури мінус $-140,7^\circ\text{C}$ і тиску близько 40 атм. повітря скраплюється в безбарвну легкорухливу рідину з густиною 0,9 г/см^3 .

Температуру кипіння – близько мінус -192°C при звичайному тиску.

Причиною постійності складу повітря до значної висоти є процеси дифузії, а також безперервний рух атмосфери та перемішування її вертикальними і горизонтальними повітряними течіями. Тільки в шарі 20–35 км спостерігається підвищена концентрація озону, роль якого в житті нашої планети надзвичайно велика.

Озон (O_3) затримує майже всю хімічно активну і руйнівну ультрафіолетову радіацію й утворюється в результаті розщеплення двохатомних молекул кисню під дією ультрафіолетової радіації Сонця, грозових розрядів і деяких окиснювальних процесів. Найбільше в атмосферному повітрі газоподібного **азоту (N_2)**. Для більшості організмів він є нейтральним газом. Лише для значної групи мікроорганізмів (бульбочкові бактерії, актиноміцети, ціанобактерії) азот повітря є фактором життєдіяльності. Засвоюючи молекулярний азот, названі мікроорганізми після відмирання та мінералізації забезпечують рослини доступними формами цього елемента їхнього живлення.

Рослини потребують великої кількості азоту і найчастіше відчувають саме його нестачу. Основним джерелом азоту для рослин є ґрунт. Під час розкладання рослинних решток органічний азот переходить у мінеральний – спочатку в аміак, а потім – у солі (нітрати), які разом і є основним джерелом азотного живлення рослин.

Для більшості живих організмів **кисень (O_2)** – життєво необхідний. У безкисневому середовищі можуть існувати в основному анаеробні бактерії. Багато болотних рослин нормально розвиваються також у бідних на кисень ґрунтах завдяки добре розвиненій повітропроникній тканині – аеренхімі, якою кисень легко проникає в корені. Кисень ґрунтового повітря потрібен для процесів проростання насіння, дихання корневих систем рослин, для підтримання життєдіяльності мікроорганізмів. Єдиним продуцентом вільного молекулярного кисню на Землі є зелені рослини, які утворюють його в процесі фотосинтезу.

Повідомлення. Доросле дерево за добу виділяє до 180 л кисню. Людина ж вдихає його впродовж дня до 180 л, а за інтенсивної роботи – до 900 л.

Реактивний лайнер на переліт з Європи до Америки витрачає 35 т кисню. З цього прикладу видно, наскільки актуальна проблема збереження лісів, які можна назвати «легенями» планети. Ще одним джерелом кисню є водяна пара, яка у верхніх шарах атмосфери під впливом ультрафіолетового випромінювання розкладається на кисень і водень.

Значна кількість кисню розчинена в прісних водах, у снігах і льодовиках, солоній воді морів та океанів. Кожен четвертий атом живої речовини представлений киснем.

Надзвичайно велике значення має кисень у процесах дихання рослин і тварин. У природі відбувається постійний кругообіг цього газу завдяки динамічній рівновазі між фотосинтезом і диханням. За підрахунками кругообіг кисню відбувається за 2000 років.

Вуглекислий газ (CO_2) — одна з найважливіших форм циркулюючого біогенного елемента – неорганічного вуглецю. Основні джерела надходження його в атмосферу – дихання тварин і рослин, життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, грибів, процеси горіння, виверження вулканів, викиди промислових підприємств, транспортних засобів тощо. Через незначну кількість у повітрі, навіть слабкі коливання його вмісту істотно впливають на фотосинтезуючі організми. Крім того, вуглекислий газ поглинає довгохвильові інфрачервоні промені, які випромінює нагріта поверхня Землі, створює умови для збереження тепла в атмосфері.

Повідомлення. В океані вуглекислого газу майже в 60 разів більше, ніж в атмосфері.

Аргон, неон, гелій та інші гази атмосфери вважаються екологічно нейтральними.

Водяна пара в атмосфері затримує до 60 % теплового випромінювання нашої планети, створює грандіозний «парниковий ефект». Якби вміст водяної пари зменшився наполовину, середня температура Землі знизилася б на 5 °С. Водяна пара – джерело для утворення опадів. Від її вмісту в приземному шарі повітря залежать випаровування з поверхні ґрунту і транспірація рослин.

Завислі в повітрі домішки (різноманітний пил космічного, вулканічного та земного походження, кристалики солей води морів і солоних озер, відходи виробництва), що осідають на рослинах, утруднюють газообмін, сповільнюють процес фотосинтезу, порушують терморегуляцію тощо. Від цього розвиток рослин пригнічується або зовсім припиняється, що інколи призводить до повної загибелі рослинності. До основних фізичних характеристик стану атмосферного повітря належать тиск, температура і густина, які тісно взаємопов'язані.

Повітря має певну температуру, яка залежить від його теплових властивостей – теплоємності та теплопровідності. Вона безперервно змінюється в усіх точках земної кулі. Поблизу земної поверхні температура змінюється в досить широких межах – від 60 °С (тропічні пустелі) до мінус 90 °С (Антарктида).

Повідомлення. Мала теплопровідність повітря захищає рослинний світ від понижених температур, запобігає надмірному охолодженню підстилаючої поверхні та зумовлює поширення цього охолодження на порівняно незначну товщу шару повітря. Завдяки тому, що земна поверхня має різноманітне природне покриття, насамперед рослинність, вона неоднаково сприймає сонячну радіацію, внаслідок чого нерівномірно нагрівається. Це і є причиною того, що в одних районах (арктичних) формуються холодні, а в інших (південних) – теплі повітряні маси. Але на місці свого формування повітряні маси залишаються недовго. Вони переміщуються з одного району в інший, змінюючи на своєму шляху погодні умови.

Вітер – це постійне переміщення повітряних мас уздовж поверхні ландшафтів, яке викликане нерівномірним розподілом атмосферного тиску на земній поверхні. Вітер посилює випаровування з ґрунту та водної поверхні, спричинює коливання температури повітря, ґрунту та води.

Серед природних факторів найбільший вплив на вітер мають рослинність і рельєф. Рослинний покрив, особливо густий, дуже послаблює вітер. Найбільше впливає на вітровий режим ліс. Лісові насадження, збільшуючи запаси вологи в ґрунті та зменшуючи швидкість вітру, підвищують вологість повітря і знижують температуру – все це набагато зменшує шкідливу дію вітрів-суховіїв.

Сильний вітер, відсутність або слабкий розвиток рослинного покриву на полях, наявність великих відкритих ділянок, висушеність верхнього шару ґрунту стають причиною пилових бур.

Розрізняють два напрямки потоку повітря: паралельне поверхні Землі та перпендикулярне (конвекційне), тобто переміщення повітря у вертикальному напрямку.

Екологічне значення вітру:

- транспірація рослин та пов'язані з нею втрати води пропорційні швидкості вітру;
- для деяких видів рослин особлива роль вітру як переносника пилку;
- у районах, де дуже сильні й тривалі вітри, великою мірою вони впливають на будову і форму деревної рослинності;
- для тварин – поширення запахів з інформацією про інші особини та їжу, перенесення їх на інші території (анемохорія);
- сприяння запиленню анемофільних рослин, перенесення насіння бур'янів;
- висушування верхнього шару ґрунту, перенесення ґрунтових часточок, вилягання посівів, обривання листків, квіток і плодів, перешкоджає діяльності комах-запилювачів;
- прискорення висихання валків скошеної зеленої маси трав, зернових, фізичне дозрівання ґрунту наповесні;
- формотворна дія вітру на рослини, коли вітер упродовж року спрямований в одному напрямку (рис. 33).

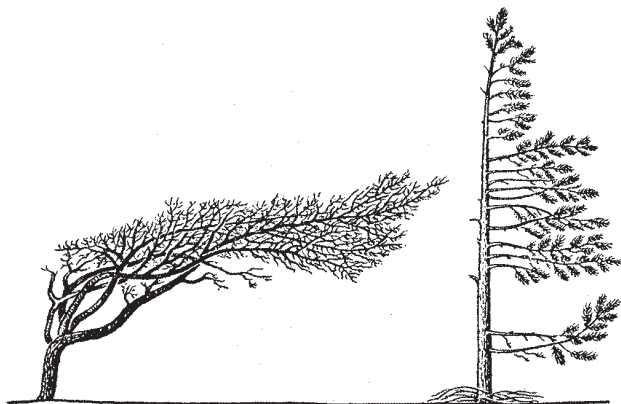


Рис. 33. Формувальна дія вітру на крону дерев (Мусієнко, 2006).

Опади. Із атмосферних опадів найважливішу роль відіграють *дощ* і *сніг*, хоча екологічне значення також мають *град*, *роса*, *туман*, *іній* тощо. Опади, перш за все, є джерелом водопостачання. Тверді атмосферні опади, формуючи сніговий покрив, захищають ґрунт, а, отже, і організми від несприятливого впливу низьких температур. Сніговий покрив істотно впливає на середовище існування живої речовини. Він створює запас ґрунтової вологи, знижує зимове випаровування вологи рослинами.

Важливе значення має розподіл опадів у різні пори року, їхня форма, сума й інтенсивність випадання. Кількість опадів між різними регіонами має суттєві відмінності, що поряд із температурним режимом і деякими іншими показниками створює різноманітність екологічних умов.

Атмосферні електричні розряди. Цей фактор діє на організми через електричні розряди та іонізацію повітря. За частотою ураження блискавкою перше місце займає ялина, друге – дуб. Встановлено, що у дерев із добре обводненим стовбуром можливість потрапляння блискавки різко знижується. Відома згубна дія блискавок при попаданні у великі дерева, що може спричинити лісові пожежі. Крім того, електричні атмосферні розряди зумовлюють синтез сполук азоту із вільного азоту атмосфери та водяних парів. Вважають, що в тропічному кліматі, де часто спостерігаються грозові розряди – це вагоме додаткове джерело азотного живлення для рослин у природних екосистемах.

Вогонь. Це хоча і рідкісний, проте природний і вкрай важливий досить дійовий екологічний фактор. Пожежі впливають на стан видів та історію їхнього життя, а також на характеристики екосистеми й процеси, що в ній відбуваються: кругообіг вуглецю, поживних

елементів і води, продуктивність, sukcesії тощо. Вогонь впливає на фізичні та хімічні властивості місцезростання, акумуляцію сухої речовини, генетичну адаптацію рослинних видів, укорінення рослин, їхній розвиток і будову. Пожежі порушують усталені зв'язки між рослинними угрупованнями, місця існування диких тварин і їхніх популяцій, наявність і кількість лісових комах, паразитів і грибів. Природним шляхом пожежі виникають, як ми вже зазначали, від удару блискавки. Щорічно блискавка є причиною близько 50000 лісових пожеж на всій земній кулі. Значно частіше виникнення пожеж пов'язане з діяльністю людини, тому їх можна розглядати і як антропогенний фактор.

Шум. Як природний екологічний фактор шум для організмів не суттєвий, проте інколи негативно діє на них посиленням антропогенного впливу (наприклад, поблизу аеродромів, космодромів, швидкісних магістралей). З погляду людини, найефективнішим поглиначем шумів є лісові насадження.

Магнітне поле Землі. Іонізуюче випромінювання. Відомо, що земна куля – гігантський магніт, тому серед фізичних факторів космічного впливу на нашу планету слід враховувати і магнітне поле Землі (рис. 34).

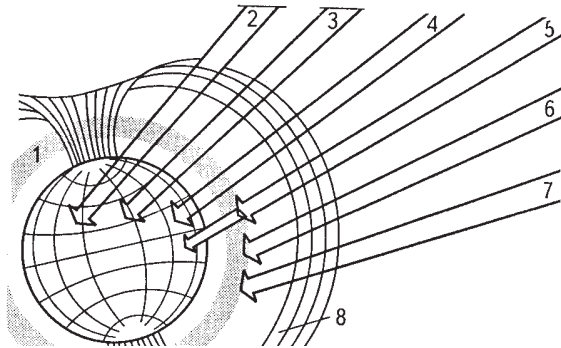


Рис. 34. Фізичні фактори космічного впливу на Землю: 1 – іоносфера; 2 – видиме світло; 3 – інфрачервоні промені; 4 – радіохвилі; 5 – ультрафіолетові промені; 6 – короткохвильове випромінювання; 7 – рентгенівське випромінювання; 8 – магнітне поле Землі.

Повідомлення. Магнетизм різний у певних районах Землі й може істотно змінюватися навіть упродовж доби. Коливання сонячної активності, так звані спалахи на Сонці, збурюють магнітне поле, зумовлюючи магнітні бурі. Це всепроникний фізичний фактор, тому він неминуче впливає на всі процеси на Землі і в навколишньому її просторі. Впродовж усього періоду еволюції біосфери на живі організми постійно діяло іонізуюче випромінювання, бо наявність електромагнітних полів – невід’ємна властивість навколишнього природного середовища. До природних джерел іонізуючих випромінювань належать: поширені в природі радіоактивні елементи й ізотопи, ядра яких у процесі

радіоактивного розпаду випромінюють заряджені частинки та фотони високої енергії; космічні промені, що проникають крізь товщу атмосфери до поверхні Землі; ультрафіолетові промені, які є складовою світлового випромінювання Сонця.

Екологічно значущим є радіоактивність атмосфери, у якій присутні радіоактивні домішки. Поля радіації в навколоземному космічному просторі складаються з трьох компонент: випромінювань сонячного походження; випромінювань, захоплених геомагнітними полями навколоземного простору; галактичного космічного випромінювання. В Україні після аварії на Чорнобильській АЕС іонізуюча радіація стала екологічним фактором досить відчутних масштабів.

Орографічні фактори (рельєф). Залежно від величини форм досить умовно розрізняють рельєф декількох порядків: макрорельєф (гори, низини, міжгірські впадини), мезорельєф (пагорби, яри, гряди тощо) та мікрорельєф (невеликі западини, нерівності тощо). Кожен із них відіграє певну роль у формуванні комплексу екологічних факторів для організмів. Зокрема, рельєф впливає на перерозподіл таких факторів, як волога і тепло.

Повідомлення. Навіть незначні зниження, в декілька десятків сантиметрів, створюють умови підвищеної вологості. З підвищених ділянок вода стікає в нижчі, де створюються сприятливі умови для вологолюбних організмів. Північні та південні схили мають різне освітлення, тепловий режим. У гірських умовах на відносно невеликих площах створюються великі амплітуди висот, що приводить до формування різних кліматичних комплексів. Зокрема, типовими їх рисами є знижені температури, сильні вітри, зміни режиму зволоження, газового складу повітря тощо.

В цілому, від орографічних факторів істотно залежить чергування на незначному просторі видів з різними екологічними особливостями.

Запитання для роздумів, самоперевірки

1. *Порівняйте вплив різних спектрів сонячного випромінювання на живі організми.*
2. *Що таке явище фотоперіодизму?*
3. *Охарактеризуйте основні фотоперіодичні групи рослин.*
4. *Порівняйте значення світла для рослин і тварин.*
5. *Які класифікації організмів за здатністю регулювати температуру тіла Ви знаєте?*
6. *У чому полягає явище гетеротермії? Яке його екологічне значення?*
7. *Які екологічні групи рослин за відношенням до води, Вам відомі?*

Запитання для самостійної роботи

1. *У чому полягає явище гіпоксії? У яких умовах вона виникає?*
2. *Які зміни в живих організмах викликає підвищення та зниження атмосферного тиску?*

3. Які порушення виникають в організмі при зміні гідростатичного тиску? За яких умов виникає кесонова хвороба?

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 386 с.
2. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1993. – в 2-х т.
3. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
4. Горелов А.А. Экология. – М: Юрайт-М, 2001. – 312 с.
5. Заверуха Н.М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А. Основы экології: Навч. посібн. – К.: Каравела, 2006. – 368 с.
6. Серебряков В.В. Основы экології: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2002. – 300 с.

БІОТИЧНІ ФАКТОРИ

ТЕМА 4

Мета: проаналізувати основні форми біотичних факторів й з'ясувати їх особливості та екологічне значення.

Питання для опрацювання

1. Біотичні фактори та взаємодії між різними організмами.
2. Фактори живлення.
3. Антропогенні фактори.

1. Біотичні фактори та взаємодії між різними організмами

Живі компоненти навколишнього природного середовища у сукупності створюють особливий потужний комплекс екологічних факторів, які називають **біотичними**, які визначають особливості будови і життєдіяльності організмів, а на рівні екосистеми – напрям, характер та інтенсивність перетворення речовини й енергії. Біотичні фактори тісно взаємопов'язані з різноманітними компонентами навколишнього природного середовища, тому важко піддаються певній класифікації. В цілому всю сукупність живих компонентів середовища поділяють на дві групи: **фітогенні та зоогенні**.

Перебуваючи в складі різних рослинних угруповань, окремі рослинні організми вступають у різноманітні, досить складні, як **внутрішньовидові**, так і **міжвидові** взаємовідношення. Найвідомішим проявом взаємовпливу всередині виду у рослин є **внутрішньовидова конкуренція**, в результаті якої з угруповання видаляються менш конкурентоспроможні особини.

Повідомлення. Якщо в молодому сосновому лісі спочатку налічується декілька тисяч дерев на 1 га, то в дорослому їхня кількість знижується до 700, але це не знижує загальної фітомаси деревостою.

Конкуренція між особинами виду загострюється в міру ущільнення популяції. В рослин це призводить навіть до змін морфологічного характеру: потоншення стебла в трав'янистих і стовбура в деревних рослин. В останніх змінюється габітус крони, бокові гілки очищаються, формується незначна за об'ємом крона, що є наслідком боротьби за світло й воду (рис. 35).

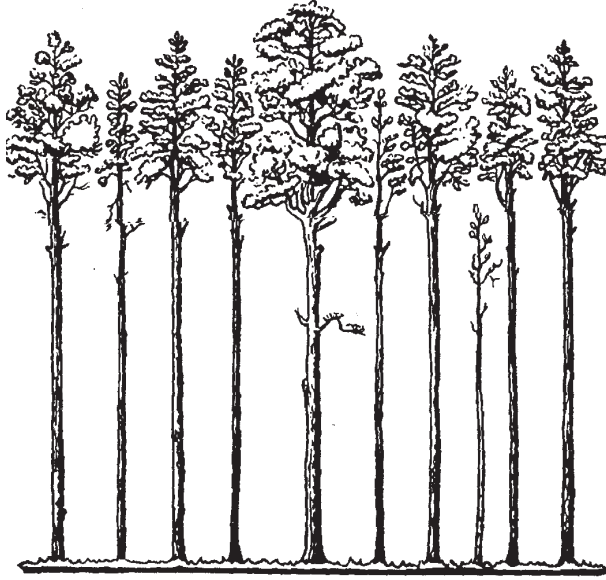


Рис. 35. Внутрішньовидова конкуренція деревостану одновікового соснового насадження.

Міжвидові взаємовідношення між рослинами можуть бути:

- прямими контактними *механічними* (наприклад, ліани й опорні дерева);
- прямими контактними *фізіологічними* (симбіоз, паразитизм, напівпаразитизм тощо);
- *непрямими трансбіотичними* (через тварин і мікроорганізми) чи *прямими трансбіотичними* (конкуренція, алелопатія).

Механічні взаємовпливи можливі під час сумісного, досить близького зростання рослин, або за використання одним видом рослин іншого як субстрату. Рослини, що існують без зв'язку з ґрунтом і живуть на інших рослинах, переважно на гілках, стовбурах дерев, називають *епіфітами* (рис. 36).

На відміну від паразитів вони не вступають у прямий контакт із рослиною-субстратом, а самостійно існують як автотрофні організми (наприклад, орхідеї, мохи, бромелієві тощо). Екологічний зміст такого

явища полягає у своєрідній адаптації до освітлення в густих, насамперед тропічних лісах.



Рис. 36. Міжвидові механічні взаємовідносини рослини-епіфіта з стовбуром дендрологічного виду рослини (Т.К. Горишина, 1979).

Фізіологічні контакти між рослинами об'єднують такі форми взаємовідносин: мутуалізм (симбіоз), паразитизм, напівпаразитизм та сапрофітизм.

Симбіоз (від греч. *symbiosis* – співжиття), у вузькому розумінні (Ш. Мошковский, 1946; В. А. Догель, 1947), – співжиття особин двох видів, у якому обидва партнери вступають у безпосередню взаємодію із навколишнім природним середовищем; регуляція відносин з яким здійснюється спільними зусиллями, діяльністю обох організмів.

Повідомлення. Симбіоз є мутуалістичний, тобто є співжиттям кількох організмів (симбіонтів) взаємовигідно й виникає в процесі еволюції як одна з форм пристосування до умов існування. Симбіоз може здійснюватися як на рівні багатоклітинних організмів, так і на рівні окремих клітин (внутрішньоклітинний симбіоз). До симбіотичних відносин можуть вступати рослини з рослинами, рослини із тваринами, тварини із тваринами, рослини й тварини з мікроорганізмами, мікроорганізми з мікроорганізмами. Термін «Симбіоз» уперше уведений нім. ботаніком А. де Барі (1879) у застосуванні до лишайників. Отже, симбіоз – це взаємодія і співіснування різних біологічних видів.

У природі зустрічається широкий спектр прикладів взаємовигідного симбіозу. Від шлункових і кишкових бактерій, без яких було б неможливе травлення, до рослин (часто орхідеї), чий пилок може поширювати лише один, певний вид комах. Такі відносини завжди успішні, коли вони збільшують шанси обох партнерів на виживання. Здійснювані в ході симбіозу дії або вироблювані речовини є для партнерів істотними і незамінними. В узагальненому розумінні такий симбіоз – це проміжна ланка між взаємодією і злиттям.

У ширшому науковому розумінні симбіоз є будь-якою формою взаємодії між організмами різних видів, зокрема паразитизм – відносини, вигідні одному, але шкідливі іншому симбіонту. Обопільно вигідний вид симбіозу називають мутуалізмом. Коменсалізм називають відносини, корисні одному, але байдужі іншому симбіонту, а аменсалізм – відносини, шкідливі одному, але байдужі іншому.

Різновид симбіозу – *ендосимбіоз*, коли один з партнерів живе усередині клітини іншого. Наука про симбіоз називається *симбіологія*.

Приклади симбіозів (рис. 37–39).

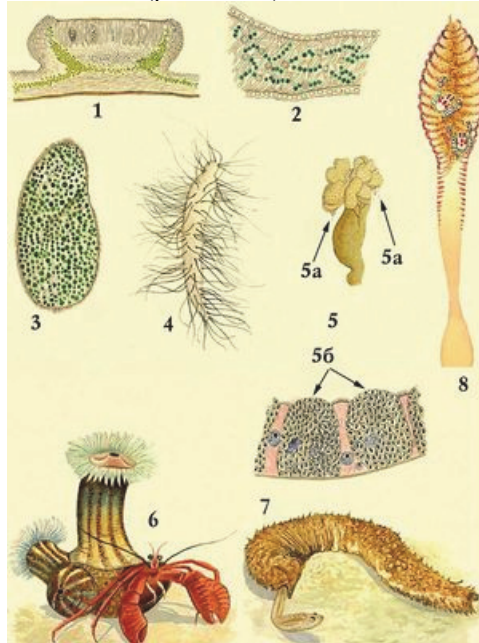


Рис. 37. Приклади симбіозу тварин і рослин – співжиття одноклітинних водоростей з різними тваринами – найпростішими, кишковопорожнинними (гідри, коралові поліпи), хробаками й ін.: 1 – лишайник *Lecanora subfusca* – розріз через талом із плодоносінням. В середині зелені водорості роду *Chlorococcum* серед гітів гриба; 2 – лишайник роду *Leptogium*. Серед гітів гриба синьо-зелені симбіотичні водорості роду *Nostoc*; 3 – віячата інфузорія *Paramecium bursaria* із симбіотичними одноклітинними водоростями; 4 – симбіотичні спірохети, що живуть на поверхні паразитичного джгутиконосця *Devescovina elongata*. Рух джгутиконосця здійснюється завдяки руху спірохет. 5 – кишечник жука *Sitodrepa panicea*; 5 а – випинання, що несуть симбіотичні дріжджі (зазначені стрілкою); 5 б – ділянка зрізу через кишечник під мікроскопом. Спостерігаються клітини, заповнені симбіотичними дріжджами (зазначені стрілкою), і клітини, позбавлені дріжджів; 6 – пустельник *Pagurus arrosus* і актинію *Calliactis parasitica*; 7 – голонтурія й живуча в неї в кишечнику рибка роду *Fierasfer*; 8 – восьмипромінний кораловий поліп роду *Virgularia* і живучі на колонії симбіотичні краби *Porcellonella pisca*.



Рис.38. Звичайна риба-клоун (*Amphiprion ocellaris*) у своєму домі – морському анемоні (*Heteractis magnifica*).

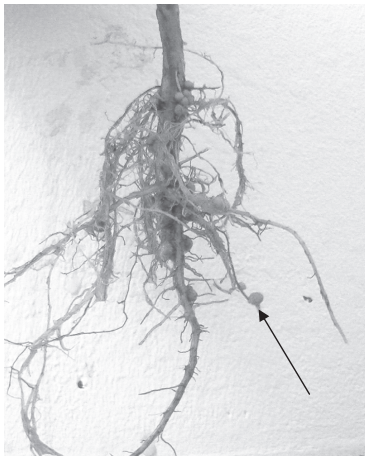


Рис. 39. Бульбочки азотфіксуючих бактерій на коріння сої.

дерева живильні речовини і забезпечує його мінеральними речовинами (мікориза).

Коменсалізм (від лат. *cum* – «разом з» і *mensa* – «стіл») – в екології – вид симбіотичної взаємодії між двома живими організмами, коли один з них – коменсал – отримує від другого їжу чи іншу користь, не зашкоджуючи йому, але й не надаючи ніяких переваг. Як й інші екологічні взаємодії, коменсалізм варіюється залежно від близькості та тривалості стосунків від щільних симбіозів, які тривають все життя, до короточасних слабких взаємодій через посередників.

Інші приклади симбіозу:

- симбіоз із бульбочковими бактеріями-азотфіксаторами поширений серед представників родини бобових (рис. 39);

- запилення квіткових рослин комахами, в ході якого комахи харчуються нектаром;

- транспортування насіння рослин тваринами, які поїдають плоди і виділяють неперетравлене насіння разом з послідом у іншому місці;

- деякі мурашки захищають («пасуть») попелицю і замість цього одержують від неї виділення, що містять цукор;

- низка грибів одержують від

Повідомлення. Термін «коменсалізм» походить від латинського виразу *cum mensa*, тобто «за одним столом», і початково застосовувався для позначення поведінки тварин, які слідуєть за хижакками і живлятьсця залишками вбитої ними здобичі після того, як хижак насититьсця. Але сучасне поняття коменсалізму більш широке і включає до себе інші види взаємодій, під час яких організм-коменсал може отримувати від організму-хазяїна не тільки їжу, а також захист від ворогів, домівку, використовувати його як транспортний засіб чи опору, не заважаючи хазяїнові.

Коменсальні відносини часто відбуваютьсця між великим організмом-хазяїном і значно меншим порівняно з ним організмом-коменсалом. Організм-хазяїн при цьому зостається незайманим цією взаємодією; на відміну від нього коменсал, навпроти, може демонструвати значні пристосування в будові тіла і поведінці, які полегшують йому участь в коменсальних стосунках. Наприклад, риби-прилипали пересуваютьсця, причепившись до акули чи іншої великої риби; як прилипали, так і риби-лоцмани живлятьсця об'їдками, що їх залишає після їжі хазяїн.

Інший цікавий приклад харчових коменсальних стосунків демонструють деякі види птахів Нового Світу, які слідуєть за колонами мандрівних мурашок і ловлять комах, павуків, багатоніжок, дрібних амфібій і плазунів, що їх сполохує на своєму шляху мурашина навала. Самих мурашок ці птахи, як правило, не їдять; багато з них повністю залежать від мурашок в своєму харчуванні, оскільки не вміють самі полювати на комах. Також багато різноманітних видів птахів живлятьсця комахами, яких сполохують при пересуванні великі траводіди, чи видзьобують черв'яків та інших безхребетних з землі, яку вивертає на поверхню плугом. Коменсалами також є багато нешкідливих видів вошей і бліх, які живлятьсця пір'ям птахів чи відмерлими лусками шкіри ссавців.

Коменсальні відносини, які базуютьсця на наданні захисту, демонструє риба-клоун (*Amphiprion percula*): ховаючись між пекучими шупальцями морських анемон, які їй не завдають шкоди, вона отримує надійний захист від хижаків.

Окремі види коменсальних відносин мають свої власні позначення:

Форезія – пересування одного організму на іншому, наприклад, риби-прилипали на акулі чи певних видів кліщів на гнойових жуках.

Інквілінізм – користування іншим організмом як домівкою. Прикладом цього можуть бути рослини-епіфіти (зокрема, більшість орхідей), які ростуть на гілках дерев, але на відміну від рослин-паразитів живлятьсця самостійно, не висмоктуючи соків з дерева-хазяїна. Інший приклад взаємодії демонструють птахи, що гніздятьсця в дуплах дерев.

Метабіоз – непряма залежність, в межах якої коменсал користується чимось, що було вироблено організмом-хазяїном, але після його смерті. У такий спосіб, наприклад, раки-самітники користуютьсця для захисту свого м'якого тіла порожніми раковинами моллюсків.

Щодо питання, чи є взаємодія людини з певними типами її кишкової та вагінальної мікрофлори коменсалізмом чи мутуалізмом, серед спеціалістів поки що немає згоди. Існує думка, що деякі види організмів, які входять до складу мікрофлори, не виконують ніяких корисних для людини функцій.

Деякі біологи вважають, що будь-які досить близькі стосунки між організмами взагалі ніколи не можуть бути повністю нейтральними, і стосунки, які вважаютьсця коменсальними, насправді є мутуалістичними чи паразитичними у якийсь неочевидний спосіб. Наприклад, епіфіти – це насправді «харчові пірати», які перехоплюють значну кількість мінеральних речовин і води, які інакше потрапили б до рослини-хазяїна. Велика кількість епіфітів також може зламати

гілку дерева-хазяїна чи загородити від нього сонячне світло, заважаючи процесу фотосинтезу в його листі (рис. 40).



Рис. 40. Дерево, покрите епіфітами (Коста-Ріка).

Коеволюція. В широкому сенсі, біологічна коеволюція (або спряжена еволюція) – «це зміна біологічного об'єкта викликана зміною пов'язаного з ним об'єкта» (*Yip et al., 2008*) (рис. 41).

Поняття «коеволюція» було застосоване екологами (П. Ерліхом, П. Рейвенем) в 1964 р. для опису координованого розвитку різних видів у складі однієї екосистеми (біогеоценозу). Прикладом коеволюції може служити динаміка розвитку системи «рослина – гусінь, що її поїдають». Рослина виробляє отруйні для гусені речовини, але певні види гусені (наприклад, гусінь метелика монарха) в ході еволюції придбали нечутливість до рослинних токсинів; більш того, вони накопичують їх в своєму тілі і самі стають неїстівними для птахів.

Концепція коеволюції використовується не лише в біології – також в екології, астрономії, створенні штучного життя та ін.

Повідомлення. Цей термін використовуваний сучасною наукою для позначення механізму взаємообумовлених змін елементів, складових цілісної системи, що розвивається. Концепція коеволюції природи і суспільства, з якою першим виступив Н.В. Тимофеев-Ресовський (1968), повинна визначити оптимальне співвідношення інтересів людства і решти всієї біосфери, уникнувши при цьому двох крайнощів: прагнення до повного панування людини над природою («Ми не можемо чекати милостей від природи...» – І. Мічурін) і плазування перед нею («Назад, в природу!» – Руссо).

Згідно принципу коеволюції, людство, для того, щоб забезпечити своє майбутнє, повинне не тільки змінювати біосферу, пристосовувавши її до своїх потреб, але і змінюватися саме, пристосовуючись до об'єктивних вимог природи. «Ми так радикально змінили наше середовище, – стверджував Н. Вінер, – що тепер для того, щоб існувати в ній, ми повинні змінити себе». Саме коеволюційний перехід системи «людина-біосфера» до стану динамічно стійкої цілісності, симбіозу і означатиме реальне перетворення біосфери в ноосферу.

Для забезпечення цього процесу людство повинно слідувати, перш за все, екологічному і етичному імперативам.

Перша вимога позначає сукупність заборон на ті види людської діяльності (особливо – виробничі), які загрожують невідновним змінами в біосфері, несумісними з самим існуванням людства. За Я. Тінбергеном «наукове розуміння нашої поведінки, що веде до її контролю, можливо, найбільш насущне завдання, що стоїть сьогодні перед людством. В нашій поведінці є такі сили, які починають створювати небезпеку для виживання виду і ... для всього життя на Землі».

Другий імператив вимагає зміни світогляду людей, його повороту до загальнолюдських цінностей (наприклад, відчуттю поваги до будь-якого життя), до уміння ставити над усе не приватні, а загальні інтереси, до переоцінки традиційних споживчих ідеалів і так далі. На жаль, свідомість людей дуже консервативна і ледь-ледь відмовляється від стереотипних уявлень про відношення людини до природи.



Рис. 41. Джмелі та квіти, які вони запилюють, є прикладом коєволюції, оскільки стали залежними один від одного в процесі виживання.

Концепція коєволюції була коротко описана Чарльзом Дарвіном в «Походженні видів», і детально розроблена в заплідненні орхідей (Thompson, 1994). Цілком ймовірно, що віруси і їхні власники можуть мати коєволюцію в певних випадках.

Однією з моделей коєволюційного процесу є Гіпотеза Червоної Королеви Лі Ван Валена. Підкреслюючи важливість сексуального конфлікту, Тьєррі Лод відзначав роль антагоністичної взаємодії (зокрема, сексуальної) в еволюції, що веде до антагоністичної

коєволюції (Lodé, Thierry, 2007).

Коєволюції не має на увазі взаємну залежність. Господар паразита, або здобич хижака, не залежить від свого ворога по виживанню.

Існування мітохондрій в клітинах еукаріотів є прикладом коєволюції оскільки мітохондрія має відмінну послідовність ДНК, ніж ядро клітини-господаря. Ця концепція більш детально розглядається в ендосимбіотичній теорії.

Коєволюційні алгоритми є класом алгоритмів, які використовуються для створення штучного життя, а також для оптимізації, ігрового навчання і машинного навчання. Піонерські результати у використанні коєволюційних методів належать Даніель Хілліс (використав коєволюцію в сортуванні мереж) і Карлу Сімсу (використав коєволюцію відносно віртуальних істот).

В своїй книзі «Самоорганізація Всесвіту» (англ. The Self-organizing Universe), Еріх Дженч відніс всю еволюцію космосу до коєволюції.

В астрономії, емерджентна теорія (англ. emerging theory) стверджує, що чорні діри і галактики розвиваються у взаємозалежності аналогічно біологічній коєволюції.

Коєволюційні взаємовідносини пов'язують будь-який вид організмів з видами – найближчими його партнерами у біоценозі, наприклад види рослин з рослиноїдними тваринами, які ними живляться, паразитів з хазяївами тощо. Не дивлячись на уявний антагонізм подібних пар видів, у процесі коєволюції складаються такі взаємовідносини, при яких види-партнери стають певною мірою

взаємно необхідними. Наприклад, хижаки, вибравуючи серед своїх жертв неповноцінних особин, стають важливими регуляторами їхньої чисельності. Результатом коеволуції являються взаємні адаптації (коадаптації) двох видів, які забезпечують можливість їхнього спільного існування та підвищення стійкості біоценозу як цілісної біологічної системи (М.С. Гиляров, 1986).

Аменсалізм – це такий тип взаємодії, коли один із видів, що взаємодіють, пригнічується іншим, тоді як другий вид від такого спільного життя не отримує ні шкоди, ні користі. Така форма взаємодії частіше зустрічається в рослин. Наприклад, світлолюбиві трав'янисті види, які ростуть під ялиною, відчувають пригнічення внаслідок сильного затінення їх кроною, тоді як для самого дерева їх сусідство може бути байдужим. Або гриб-пеніцил із роду *Penicillium* негативно впливає на бактерії в чашці Петрі, тоді як бактерії на гриб не впливають. Аменсалізм широко розповсюджений у водному середовищі. Так, синьо-зелені водорості, розмножуючись, призводять до отруєння водної фауни.

Нейтралізм – це така форма біотичних відносин, коли співжиття двох видів на одній території не викликає для них ані позитивних, ані негативних наслідків. За нейтралізму види не пов'язані один з одним безпосередньо. Наприклад, білки й лосі, які живуть в одному лісі, практично не контактують один з одним.

Слід відзначити, що типи міжвидових взаємовідносин за певних умов можуть переходити один в другий. Наприклад, мутуалізм у паразитизм, або коменсалізм у конкуренцію

Паразитизм між рослинами – це перехід одного із партнерів на гетеротрофний тип живлення й існування за рахунок організму хазяїна. У вищих рослин паразитизм передбачає добре виражений вплив одного із них (паразита) на інший (хазяїна), як, наприклад, повитиці на конюшину, вовчка на соняшник тощо (рис. 42).

Повідомлення. У ході еволюції спочатку гострі стосунки паразита й хазяїна можуть перейти в нейтральні, а іноді навіть у взамокорисний постійний зв'язок двох видів. Прикладом такої пом'якшеної дії паразита на хазяїна можуть бути трипаносоми в крові африканських антилоп, які не завдають відчутної шкоди цим тваринам. Проте в людей після передачі їм трипаносом переносником – мухою цеце – розвивається смертельна «сонна хвороба». Або доведено, що помірне об'їдання листя комахами стимулює ростові процеси, внаслідок чого рослини повніше розвивають фотосинтетичний апарат.

Форми паразитизму надзвичайно різноманітні. Щодо пристосованості, то розрізняють морфологічні (спрощена форма тіла, утворення, що полегшують фіксацію паразита в шерсті, травному тракті) та фізіологічні пристосування в паразитів (спеціалізовані залози, які виділяють антикоагулянти, спрощена травна, нервова системи, складні цикли розвитку). Паразитів можна поділити на фіто- та зоопаразитів. Інколи їх поділяють на мікропаразитів (ті, що безпосередньо розмножуються й живуть у клітині хазяїна) і макропаразитів (мешкають у міжклітинному просторі або в порожнині тіла).

Найбільш сильно пошкоджуючу дію мають паразити й хижаки, які є новими в екосистемі. Якщо скласти список паразитів, які викликають хвороби в

сільському або лісовому господарствах, то найбільшої шкоди завдають ті паразити, які недавно занесені в нові райони. Стосовно людини, найбільш небезпечні нові збудники хвороб, тобто ті, що завезені вперше. Існує принцип «раптового підсилення патогенності», з якого випливає:

- не можна допускати інтродукцію нових потенціальних шкідників;
- потрібно уникати в міру можливості стресу в екосистемах, виникненню якого сприяють отрутохімікати, які знищують і корисні, і шкідливі організми.

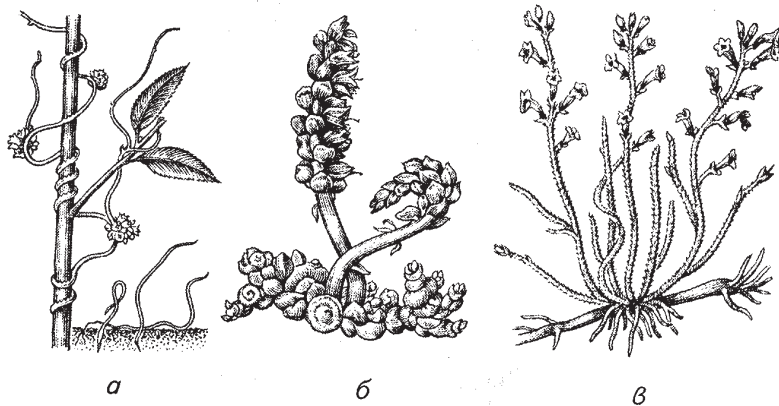


Рис. 42. Рослини-паразити: а – повитиця європейська; б – петрів хрест; в – вовчок.

Напівпаразитизм виникає за часткової втрати здатності рослини поглинати з ґрунту водний розчин зі збереженням фотосинтезу. Серед вищих рослин найтипівішим представником напівпаразитів є омела біла (рис. 43).

Між рослинами-паразитами або напівпаразитами і рослинами-господарями – складна система відносин. З боку перших формується низка пристосувань (адаптацій), які гарантують зараження, а з боку других — захисні реакції. Для паразита дуже важливо забезпечити контакт із хазяїном, розпочинаючи з проростання насіння. Захисні реакції рослини-хазяїна – це передусім вироблення імунітету, тобто несприйнятливості до зараження паразитом. Загалом же кількість паразитів і напівпаразитів серед вищих рослин незначна, тому у флорі помірного клімату явно переважають паразитичні гриби та бактерії.

Опосередковані **трансабіотичні відносини** між рослинами можуть відбуватися за участі інших організмів, зокрема через тварин і мікроорганізми. Відомо, що при виїданні або пошкодженні певних груп рослинами змінюється не лише кількісне співвідношення видів, а й частково або повністю усуваються конкурентні відносини. Опосередковані трансабіотичні взаємовідносини здійснюються через зміну рослинами середовища спільного існування, наприклад, зміна факторів мікроклімату. Так, одні рослини впливають на інші через зміни температурного режиму, вологості, газового складу повітря,

швидкості вітру тощо. Склад і якість лісової підстилки, швидкість її розкладання та мінералізації впливають на властивості ґрунту, а отже, на умови мінерального живлення рослин. Взаємовпливи рослин через ґрунт досить складні та різноманітні.

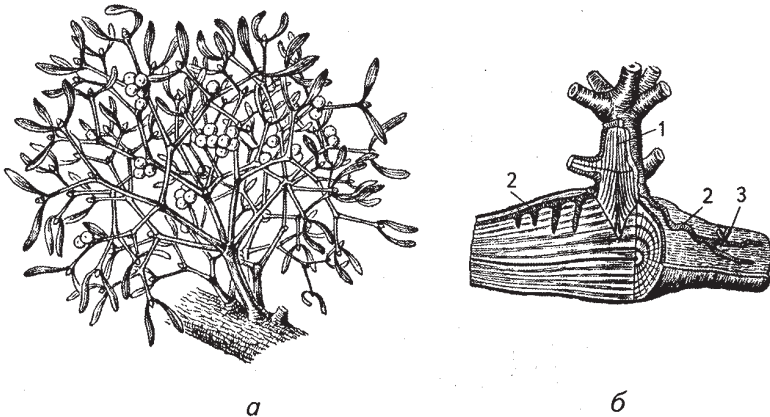


Рис. 43. Напівпаразитна рослина Омела біла *Viscum album*: а – окремий куш із плодами на гілці дерева-господаря; б – нижня частина стебла омели (1) з корінням (2) у тілі господаря й додатковими бруньками (3).

Ще один приклад суттєвого взаємовпливу рослин – взаємодія між ними через хімічні виділення. Живі рослини виділяють в навколишнє природне середовище (ґрунт, воду, повітря) різноманітні речовини (ефірні олії, смоли, мінеральні йони, вуглеводні, етилен, леткі речовини-фітонциди, кореневі виділення тощо). Хімічні виділення часто є одним із способів взаємодії між рослинами в угрупованні. Такі хімічні взаємовпливи між рослинами називають *алелопатією* (від гр. *алелон* – взаємний, *патгос* – вплив).

Повідомлення. За даними А. М. Гродзинського, практично кожна рослина виділяє фізіологічно активні речовини. Він уводить поняття «*алелопатичної активності*», яке характеризується здатністю рослин нагромаджувати в довкіллі певну кількість фізіологічно активних речовин. З перших днів існування рослини, виділяючи перш за все коліни, створюють навколо власної кореневої системи власну хімічну сферу. У кожній рослині є своя алелопатична сфера. Для одних рослин вона здебільшого шкідлива, а деяким звичним сусідам не тільки не заважає, а й корисна. Не остання роль належить алелопатії в процесі самозрідження дикорослих рослин. Чим густішим стає стеблостій, тим більше під ним колінів. Алелопатична напруженість досягає такої межі, коли для одних екземплярів вміст колінів іще лишається оптимальним, стимулюючим, а на інші діє згубно. Алелопатія посилює диференціацію, прискорює загибель частини рослин і поліпшує ріст тих, що залишаються.

Прямий взаємобмін метаболітами коренів сусідніх рослин відіграє провідну роль у взаємовідношеннях рослин фітоценозів (рис. 44). Такий взаємний хімічний вплив рослинних організмів відбувається, наприклад, за рахунок виділення рослинами хімічних сполук, які пригнічують ріст мікрофлори:

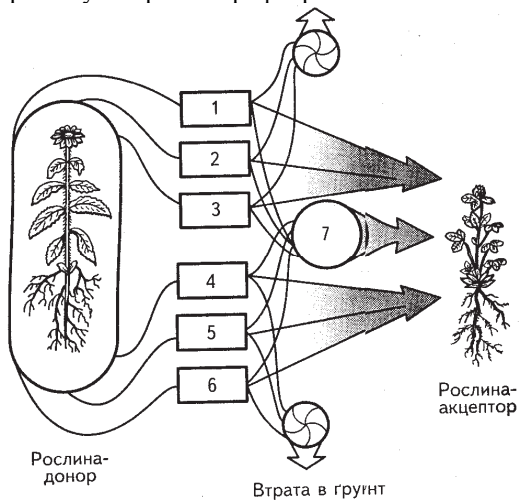


Рис.44. Алелопатичний вплив корневих виділень рослин:

- 1 – міразміни; 2 – фітонцидні речовини; 3 – фітогенні речовини;
 4 – активні прижиттєві виділення; 5 – пасивні прижиттєві виділення;
 6 – посмертні виділення; 7 – переробка гетеротрофними організмами.

У разі цього розрізняють вплив:

- одних вищих рослин на інші через виділення гальмівних речовин, що затримують ріст, – колінів (від лат. *коллидо* – вороже зіткнення);
- вищих рослин на мікроорганізми через виділення фітонцидів (від гр. *фітон* – рослина, *цидо* – вбиваю);
- мікроорганізмів на вищі рослини за участі маразмів (від гр. *маразмос* – розкладання) – речовин, що зумовлюють в'янення рослин;
- мікроорганізмів на мікроорганізми шляхом виділення антибіотиків.

Повідомлення. Фітонциди – це біологічно активні речовини рослинного походження, які згубно діють на мікроорганізми. Це – специфічна еволюційно сформована імунологічна властивість рослин. Фітонцидними властивостями володіють усі рослини.

Фітонциди, поряд з іншими факторами, визначають склад і життєдіяльність біоценозів. Легкі виділення одного й того самого виду рослин можуть по-різному впливати на інші види.

Склад багатьох легких виділень ще не досліджено, але дуже часто вони є токсичними для людини. Наприклад, листки ломиносу виділяють таку кількість легкого алкалоїду типу протоанемоніну, що, коли залишити рослину в кімнаті,

можна сильно отруїтися. Газоподібні виділення волоського горіха також досить шкідливі. Леткі фітонциди полину, борщівника, черемхи, мигдалю і десятків інших рослин згубно діють на мікроорганізми, нижчі тварини та рослини, гальмують проростання насіння, фотосинтез та інші функції рослинного організму.

Зміна умов існування рослин під впливом сусідніх рослин спричиняє зміну зовнішньої форми рослин і процесів росту та розвитку. Просторове розміщення організмів, пов'язаних із рослинами харчовими й іншими зв'язками, підпорядковане певним закономірностям.

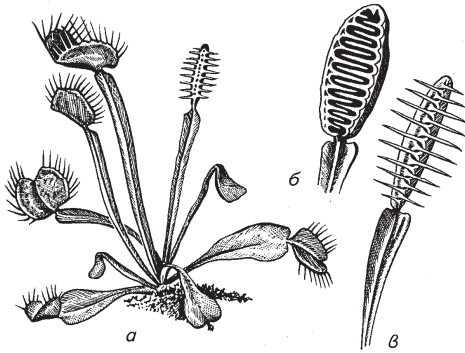


Рис. 45. Комахоїдна рослина – *Непетес*: *a* – загальний вигляд рослини; *б* – напівзакритий листок; *в* – закритий листок.

та мікроорганізми. Дорослий лось влітку поїдає за добу 30–40 кг різноманітної рослинної їжі. Рослинну їжу вживають олені, кабани, зайці, гризуни тощо. В нашій країні птахи поїдають насіння більше 270 видів рослин. Птахи поїдають і зелені частини рослин, зокрема бруньки.

Досить численними споживачами інших тварин є представники як теплокровних так і холоднокровних консументів-хижаків (рис. 46).

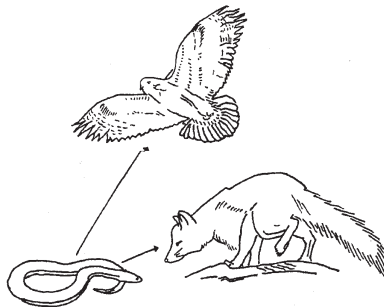


Рис. 46. Хижацтво.

Змішаний тип автотрофного і гетеротрофного живлення характеризує комахоїдних рослин (рис. 45). Відчутною формою впливу тварин на рослини є використання рослинної маси в їжу. Як правило, на початку будь-якого трофічного ланцюга міститься зелена рослина-автотроф, яка синтезує органічну речовину. Фітомасу використовують у їжу різноманітні тварини

Багато водяних тварин (від зоопланктону до великих морських ссавців) живляться рослинністю рік, морів та океанів.

Тварини використовують рослини також при побудові свого житла під час гніздування. Крім того, виїдання звичайно супроводжується механічним травмуванням рослин. При випасі худоби, через вибіркоче

виїдання певних видів, зникає багато цінних трав і навпаки, розростаються отруйні, неїстівні. Все це спричинює істотну зміну видового складу та структуру травостою пасовищ.

У багатьох рослин захистом від поїдання слугують міцні покривні та механічні тканини, різні колючки, опушення, отруйні «вторинні» хімічні сполуки. Деякі алкалоїди надають рослинам гіркого чи іншого неприємного смаку. Захисні властивості рослин свідчать не про односторонній вплив тварин, а про взаємодію тварин-фітофагів і рослин як однієї з форм біотичних зв'язків у екосистемах. Отже, кожний компонент екосистеми займає своє місце і виконує свою роботу, тому тварини-фітофаги – одна з природних ланок потоку енергії та кругообігу речовин.

Важлива екологічна роль тварин у житті рослин полягає в участі перших у процесах запилення та поширення спор, насіння і плодів. Для цього у квіткових рослин, наприклад, сформувалися різноманітні пристосування – нектарники, форма і забарвлення квітки, виділення принадливих запахів тощо.

2. Фактори живлення

Живлення (споживання, корм) – важливий екологічний фактор, від якості і кількості якого залежить плодючість, тривалість життя, розвиток і смертність організмів. Від різноманітності кормів часто залежать численні морфологічні, фізіологічні й екологічні адаптації.

Зелені рослини (**автотрофи**) асимілюють неорганічні ресурси і утворюють «упаковки» органічних молекул (білків, вуглеводів та ін.). Ці органічні речовини стають поживою для **гетеротрофів** – організмів, які потребують високоенергетичних органічних ресурсів і беруть участь у ланцюзі перетворень, за перебігом яких кожний попередній споживач ресурсу сам, у свою чергу, перетворюється в ресурс для наступного споживача.

Шляхи формування ланцюгів живлення:

- **деструкція**, внаслідок якої тіла або частинки тіл організмів відмирають і разом з рештками життєдіяльності і секреторними продуктами стають кормовим ресурсом для «деструкторів» (бактерій, грибів і тварин-детритофагів).

- **паразитизм**, коли організм використовує в якості кормового ресурсу інший організм ще за життя останнього. Приклад паразитів – тля, яка висмоктує сік із флоєми листя дерев, і гриби – облигатні паразити рослин (наприклад, іржасті гриби, які вбивають клітини організму-господаря).

- **органофагія**, або **хижацтво**. У разі цього кормовий організм (або його частина) поїдається (кролик, якого з'їла лисиця; жолудь, що з'їла білка, тощо).

Автотрофи, для яких зовнішнім джерелом енергії є сонячне світло, називають фотоавтотрофами (фотосинтетиками). Автотрофи, які одержали енергію шляхом синтезу органічних речовин з вуглекислого газу, а також через окислення різних неорганічних речовин (NH_4^+ , S^2 , Mn^{2+}), називають хемоавтотрофами (хемосинтетиками).

Повідомлення. Гетеротрофи, на відміну від автотрофів, неспроможні використовувати енергію абиотичних джерел для синтезу складних органічних сполук. Для побудови і підтримки своєї біомаси вони одержують енергію й органічні речовини з кормом, який являє собою живу або мертву масу автотрофів та інших гетеротрофів.

Гетеротрофами (*консументом*) є всі тварини, гриби, переважна більшість бактерій, деякі водорості і безхлорофільні вищі рослини.

Загальна класифікація гетеротрофів (за Федоровим і Гільмановим):

- а) рослиноїдні (фітофаги);
- б) м'ясоїдні (зоофаги);
- в) мертвоїдні (детритофаги).

Класифікація гетеротрофів за типом живлення:

- а) м'ясоїдно-рослиноїдні;
- б) мертвоїдно-рослиноїдні;
- в) мертвоїдно-м'ясоїдні;
- г) всеїдні (еврифаги або поліфаги).

Повідомлення. Спеціалізація консументів проявляється не лише у тому, що вони віддають перевагу рослинному, тваринному чи детритному корму, але й окремим частинам тіла своїх жертв. Це явище характерне для рослиноїдних тварин. Наприклад, окремі птахи вживають насіння певних видів рослин. Пасовищні тварини поїдають листя трав, не чіпаючи кореневищ. Деякі круглі хробаки (нематоди), а також личинки окремих жуків (спеціалізовані ризофаги) поїдають коріння, не завдаючи шкоди листям. Є й консументи-монофаги, які спеціалізуються на поїданні одного або близькородинних видів: кіноварна міль, наприклад, живиться тільки листям, бутончиками і молодими пагонами рослин роду *Senecio*.

Типовим поліфагом є лисиця, яка хоч і живиться переважно гризунами, включає у свій раціон залежно від сезону року плазунів, птахів, комах, ягоди, фрукти, горіхи, жолуді, баштанні, виноград. Також типовим поліфагом є сорока, в шлунку якої виявлено 494 комахи, в тому числі жуків – 302, метеликів – 39, прямокрилих – 16, двокрилих – 14, бабок – 10. Крім того, було 112 павукоподібних, 35 ракоподібних, чотири моллюски, три хребетні. Слід зазначити, що понад 80 % здобичі мали довжину 0,6–1,5 см.

У тварин розрізняють *невибіркове* і *вибіркове* споживання їжі.

Невибіркове споживання властиве багатьом безхребетним тваринам, кітам і деяким риbam.

Вибіркове споживання є основним способом живлення для частини безхребетних і більшості хребетних тварин.

Чим вужчий спектр вживаних організмом кормових ресурсів, тим тіснішим має бути просторовий зв'язок цього організму із його

ресурсами або ж тим більше мають бути витрати часу і енергії на пошук необхідних ресурсів серед багатьох інших. Спеціалізація закріплюється особливими структурами організму, передусім ротовими

частинами (рис. 47).

Повідомлення.

Рослинний і тваринний корми мають характерну відмінність, оскільки тіла рослини і тварини різняться між собою. Рослинна клітина оточена стінками, які складаються з целюлози, лігніну та інших «матеріалів», що робить рослинний корм дуже волокнистим.

Тканини тварин, на відміну від тканин рослинних, не містять ні структурних вуглеводів, ні волокнистих матеріалів, проте багаті на жири і особливо на білки.

Для підтримання життєдіяльності, росту, розвитку і розмноження тварин необхідний певний калорійний режим зі збалансованим якісним складом,

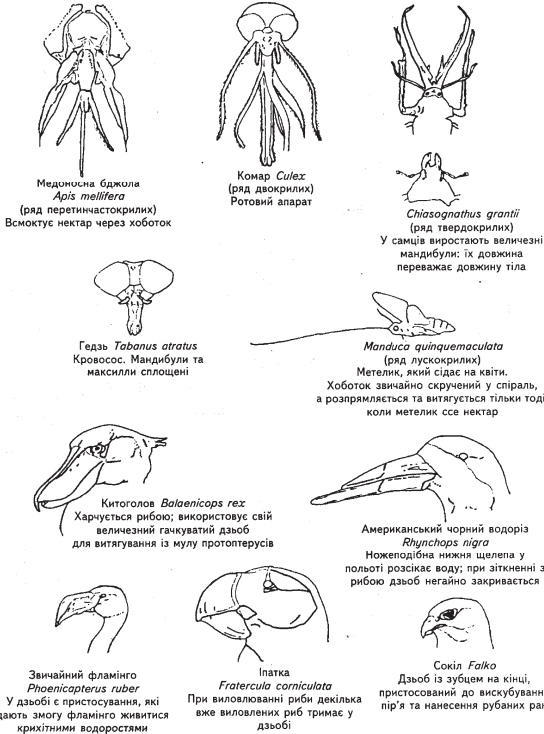


Рис. 47. Різноманітність будови ротових частин деяких представників фауни залежно від пристосування від якості харчових ресурсів, що споживаються ними (за Daly et al., 1978; Richards, Davics, 1977; Snodgrass, 1944, а також за Британською енциклопедією) (В.П. Кучерявий, 2001).

тобто визначені кількість білків, жирів, вуглеводів, а також мінеральних солей, вітамінів і мікроелементів.

Вимоги до корму змінюються залежно від стану організму, пори року і погодних умов. Враховуючи, що тварини надають перевагу тому чи іншому корму, його поділяють на:

- *улюблений, замінений і випадковий*, або
- *незамінний і взаємозамінний* (за іншою класифікацією).

Збільшення кількості корму зумовлює прискорення розмноження, росту, швидше настання статевої зрілості і періоду розмноження, підвищення плодючості.

Переселення особин окремих видів рослин і тварин за межі їх ареалів або місцевості, де вони раніше не жили, називають інтродукцією, і вважають її одним з етапів **акліматизації**. Розрізняють акліматизацію (в процесі інтродукції) *філогенетичну* (відбуваються процеси зміни поколінь рослин) і *онтогенетичну* (відбувається впродовж життя однієї особини і полягає в зміні поколінь клітин і пагонів) (Шликов, 1963).

Повідомлення. Інтродукція (від лат. *інтродуктіо* – вступ) – переселення окремих видів рослин і тварин у місцевості, де вони раніше не жили. Це і є початкова фаза акліматизації видів. Акліматизація вимагає тривалого часу, тому що «прискорення» може виявитися згубним для організму. Наприклад, змінивши свої температурні переваги внаслідок потепління, у випадку раптового похолодання організм може загинути.

Переселяються на постійне чи непостійне проживання в пошуку їжі птахи, комахи, деякі морські тварини. Це явище називають **міграції** – періодичні переселення тварин на більш або менш значні віддалі або розселення видів рослин з центрів їх виникнення й постійного існування в нові регіони.

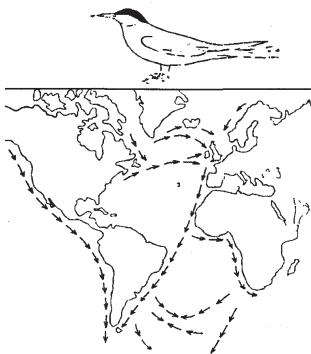


Рис. 48. Міграційні шляхи полярної крячки (*Sterna paradisaea*).

Повідомлення. Міграції (добові, сезонні) дають змогу організмам використовувати оптимальні умови середовища в таких місцях, де постійне їх проживання неможливе. Тому восени поліські журавлі та лебеді мігрують на далекий африканський континент, щоби весною знову повернутися додому і вивести нове потомство. Птахи, які розмножуються на арктичному узбережжі Канади, на зиму відлітають далеко на південь, в Патагонію, долаючи при цьому щорічно віддаль близько 40000 км (в обидва кінці). Рекордсменом дальності перельотів є полярна крячка, яка кожний рік літає із місць розмноження в Північній Атлантиці в Антарктиду, де вона зимує, пролітаючи (туди і назад) щорічно близько 58000 км (рис. 48). Це дає змогу перелітним птахам постійно «тримати себе» в активній формі (Кучерявий, 2001).

3. Антропогенні фактори – різноманітність форм людської діяльності, які змінюють біотичні й абіотичні елементи природи.

До антропогенних факторів належать усі види створюваних технікою і безпосередньо людиною впливів, які пригнічують природу: *забруднення* (внесення в середовище не характерних для нього нових фізичних, хімічних чи біологічних агентів або перевищення наявного природного рівня цих агентів); *технічні перетворення й руйнування* природних систем ландшафтів (у процесі добування природних ресурсів, будівництва тощо); *вичерпання природних ресурсів* (корисні копалини, вода, повітря та ін.); *глобальні кліматичні впливи* (зміна клімату в зв'язку з діяльністю людини); *естетичні впливи* (зміна

природних форм, несприятливих для візуального та іншого сприймання).

Повідомлення. Людина, розорюючи цілинні землі, наприклад, степ – створює сільськогосподарські угіддя. Селекціонери вивели багато нових видів і сортів рослин, порід тварин. Усе це – цілеспрямована діяльність людини. На природу впливають також механізація та хімізація аграрного сектора, розвиток промислових центрів (техносфера). У такій цілеспрямованій діяльності людини виділяються як позитивні, так і негативні наслідки для природних екосистем.

Типи за екологічними наслідками антропогенного впливу на біосферу: *позитивні* (конструктивні); *негативні* (деструктивні).

Позитивний тип впливу – полягає у збереженні людиною природних об'єктів і збільшенні біологічного та географічного різноманіття. Здійснюється позитивний вплив у таких напрямках:

- **заповідний**, що полягає в охороні рідкісних видів тварин і рослин, збереженні унікальних природних ландшафтів, відновленні зникаючих видів живих організмів. Такі роботи проводяться на природних територіях (заповідники, заказники тощо) чи у штучно створених об'єктів (зоологічні та ботанічні сади, природні парки). Детальніша характеристика заповідного напрямку й об'єктів природно-заповідного фонду наведена нижче;

- **господарський** (споживчий) – полягає у висаджуванні лісів, лісосмуг; зарибленні річок, озер і морів, одержуванні й вирощуванні нових сортів рослин, порід тварин. Мета такої роботи – отримати корисні продукти, їжу, робочих тварин. За умов правильної організації та врахування вимог екологів, біосфера збагачується внаслідок збільшення біорізноманіття;

- **декоративний** – полягає у створенні нових чи покращанні існуючих ландшафтів, об'єктів садово-паркової культури, виведенні нових видів декоративних рослин і тварин для задоволення естетичних, духовних потреб людини;

- **рекреаційний** – полягає в поліпшенні умов відпочинку й оздоровлення на ландшафтно-одноманітних територіях. Зокрема, спорудження ставків, висаджування парків, насадження соснових борів на морських косах і піщаних берегах, що дає змогу закріпити піщаний ґрунт і створити додаткові рекреаційні фактори.

Негативний тип впливу на навколишнє природне середовище пов'язаний із задоволенням матеріальних і духовних потреб людини для нормального її існування. Оскільки духовні потреби можуть бути задоволені тільки з використанням матеріальних, обидва види потреб вимагають витрат природних ресурсів.

Матеріальні потреби сучасної людини складаються з:

- **природних** – це біологічні потреби в їжі, воді, повітрі, житлі, притаманні будь-якій вищій тварині;

- **комфортних** - це додаткові до природних, які стосуються поліпшення умов життя і праці людини. Оскільки поняття «краще» суто якісне, відносне, неконкретне, то і комфортні потреби різних людей значно відрізняються (на відміну від природних потреб, які у всіх людей майже однакові). Витрати природних ресурсів на задоволення комфортних потреб значно перебільшують витрати на біологічні потреби людини.

П'ять етапів впливу людини на біосферу:

- **1-й етап** – до 30 тис. років тому, **мінімальний вплив** людства на біосферу (як звичайного біологічного виду – *Homo sapiens*);
- **2-й етап** – близько 30–10 тис. років тому, початок **активного впливу** людини (пов'язаний із розвитком мисливства);
- **3-й етап** – приблизно 10–5 тис. років тому, **помітний вплив** людини на навколишнє природне середовище (пов'язаний із розвитком скотарства);
- **4-й етап** – менше 5 тис. років тому, **інтенсивний вплив** людини на біосферу (пов'язаний із розвитком землеробства);
- **5-й етап** – з XX століття, **глобальний вплив** людини на навколишнє природне середовище (пов'язаний із ростом численності людей і швидким розвитком масштабів їх діяльності).

Основні форми негативного впливу людини на навколишнє природне середовище за потужністю та різноманіттям:

- зміни структури земної поверхні (розорювання степів, вирубування лісів, меліорація, створення штучних водойм тощо);
- зміни кругообігу та балансу речовин, які входять до складу біосфери (добування корисних копалин, створення відвалів, викиди різних речовин в атмосферу та водойми, виснаження та порушення ґрунтів тощо) (рис. 49);

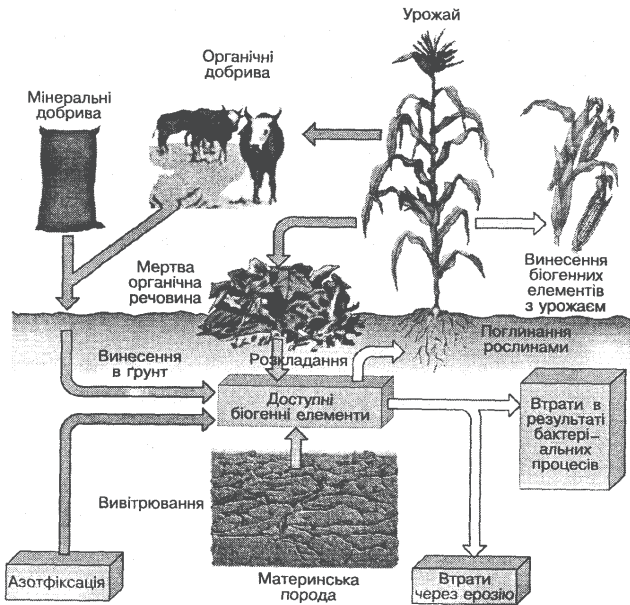


Рис. 49. Втрати біогенних елементів ґрунтом у результаті антропогенної діяльності та шляхи їх компенсації (О.Г. Білявський та ін., 2004).

• зміни енергетичного балансу (зокрема теплового) окремих регіонів земної кулі й усієї планети (рис. 50);

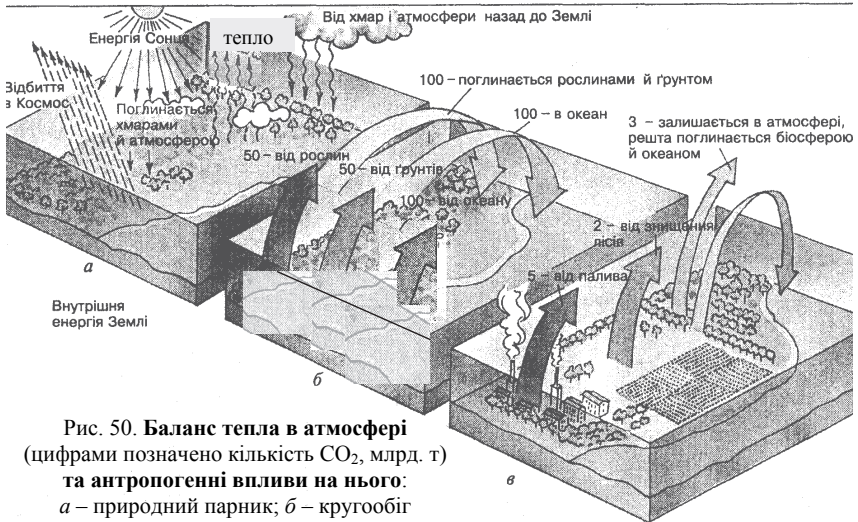


Рис. 50. Баланс тепла в атмосфері (цифрами позначено кількість CO₂, млрд. т) та антропогенні впливи на нього: а – природний парник; б – кругообіг вуглецю; в – вплив антропогенного фактора

• зміни численності біоти (сукупність живих організмів), унаслідок знищення деяких видів, руйнування їх природних місць існування, створення нових видів організмів, переміщення окремих видів на нові місця існування.

Повідомлення. Отже, вплив людини на навколишнє природне середовище за своєю природою, інтенсивністю, тривалістю дії може бути:

- постійним чи періодичним;
- ледве помітним чи катастрофічним;
- свідомим (людина виводить нові високопродуктивні сорти рослин, породи тварин, усуває шкідливі види тощо);
- стихійним (хижацьке винищення окремих видів, розселення рослин і тварин у нові райони та ін.);
- випадковим (розповсюдження насіння бур'янів чи тварин, наприклад завезення з північної Америки колорадського жука, кролів у Австралію тощо).

Крім того, виділяють антропогенний вплив за характером впливу (споживання природних ресурсів і забруднення), за тривалістю дії (короткочасний, довготривалий і постійний), за рівнем впливу (локальний, регіональний, державний, континентальний, глобальний), за способом впливу (прямий і опосередкований або непрямий), за технологічними особливостями джерела впливу (аграрний, комунальний, транспортний, промисловий).

Запитання для роздумів, самоперевірки

1. Дайте визначення поняття «середовище існування організму».
2. Поясніть принцип класифікації екологічних факторів.
3. Назвіть абіотичні та біотичні фактори.

4. Обґрунтуйте загальні закономірності впливу екологічних факторів на живі організми.

5. Які існують типи взаємодій між організмами?

6. Що таке нейтралізм і конкуренція?

7. Поясніть терміни «аменсалізм», «хижацтво».

8. Поясніть терміни «паразитизм», «коменсалізм».

9. Поясніть терміни «симбіоз» і «коеволуція».

10. Які фактори належать до факторів живлення?

Запитання для самостійної роботи

1. У чому полягає явище гіпоксії? У яких умовах вона виникає?

2. Які зміни в живих організмах викликає підвищення та зниження атмосферного тиску?

Тестові завдання

1. Обґрунтуйте правильну відповідь.

а) еврибонтні організми – це організми:

- з широким діапазоном пристосування;

- з вузьким діапазоном пристосування;

- у стані фізіологічного оптимуму.

б) стенобонтні організми – це організми:

- з широким діапазоном пристосування;

- з вузьким діапазоном пристосування;

- у стані фізіологічного оптимуму.

в) у порівнянні з іншими видами характеризується (колорадський жук, миші, вовки, форель, орхідеї, далекосхідний рябчик):

- з широким діапазоном пристосування;

- з вузьким діапазоном пристосування;

- з нейтральним діапазоном пристосування.

2. До біотичних факторів відносять:

а) едафічні умови;

б) аменсалізм;

в) внесення в середовище не характерних для нього нових фізичних, хімічних чи біологічних агентів або перевищення наявного природного рівня цих агентів;

г) кліматичні та топографічні характеристики.

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: Підручник. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.

2. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.

3. Горелов А.А. Екологія. – М: Юрайт-М, 2001. – 312 с.

4. Заверуха Н.М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А. Основи екології: Навч. посібн. – К.: Каравела, 2006. – 368 с.

Мета: проаналізувати основні стосунки в надорганізмовій системі – популяція-середовище (демоцен) й з'ясувати їх особливості та екологічне значення.

Питання для опрацювання

1. Загальні поняття про популяцію як біологічну систему.
2. Структура популяції.
3. Властивості популяції.
4. Поліморфізм у структурі популяції.
5. Коливання чисельності та гомеостаз популяції.

1. Загальні поняття про популяцію як біологічну систему

Демекологія вивчає стосунки в надорганізмовій системі – популяція-середовище (демоцен), що є *об'єктом* її вивчення. Біологічні популяції – це сукупності організмів зі значним генетичним обміном, які називають *демами*. Звідси пішла й назва даного розділу екології – *демекологія*, який вивчає ці життєві процеси популяції під кутом зору екологічної науки.

Предметом вивчення демекології, або популяційної екології, є умови формування, структура і динаміка розвитку популяцій окремих видів, які й називають популяціями.

Завдання популяційної екології: дослідження морфологічних особливостей популяцій, їх вікового складу, чисельності та густоти, народжуваності та смертності, поширення і характер розселення організмів, вивчення внутрішньовидових і міжвидових стосунків у популяції.

Повідомлення. Термін «популяція», як екологічне поняття став широко відомим лише в середині ХХ ст. й набув *формального, конкретного і теоретичного* характеру (П. Троян, 1989). *Формальна* дефініція переступає межі екології. Для демографів популяцією є «певна чисельність мешканців якогось краю», для біолога – «заселення території якимось видом» або ж «організми, які спільно заселяють конкретний простір», або ж «група особин, об'єднана певними часово-просторовими межами». Для статистика – це кожна «група особин, яка є об'єктом вимірів». Усі ці визначення не вичерпують суті питання, оскільки важко визначити межі розповсюдження популяції. Наприклад, ліс є одночасно місцем поширення популяцій дерев, чагарників, трав'янистих і нижчих рослин, хребетних і безхребетних. У дослідницькій практиці переважає так зване *конкретне* визначення популяції. В цьому випадку дослідник сам визначає межі вивчення популяції (популяція щура в умовах багатоповерхової забудови, популяція гриба «борошниста роса» в умовах міських вуличних посадок тощо). Певні особливості має *теоретична* дефініція популяції. Вона стосується структури популяції, зв'язків її з іншими популяціями в біоценозі чи місця популяції в біогеоценозі з його кругообігом речовин і енергії. Цей дефініційний рівень стосується поняття

демоцену як клітинної організації природи, що стоїть на вищому щаблі, ніж особина (рис. 51).

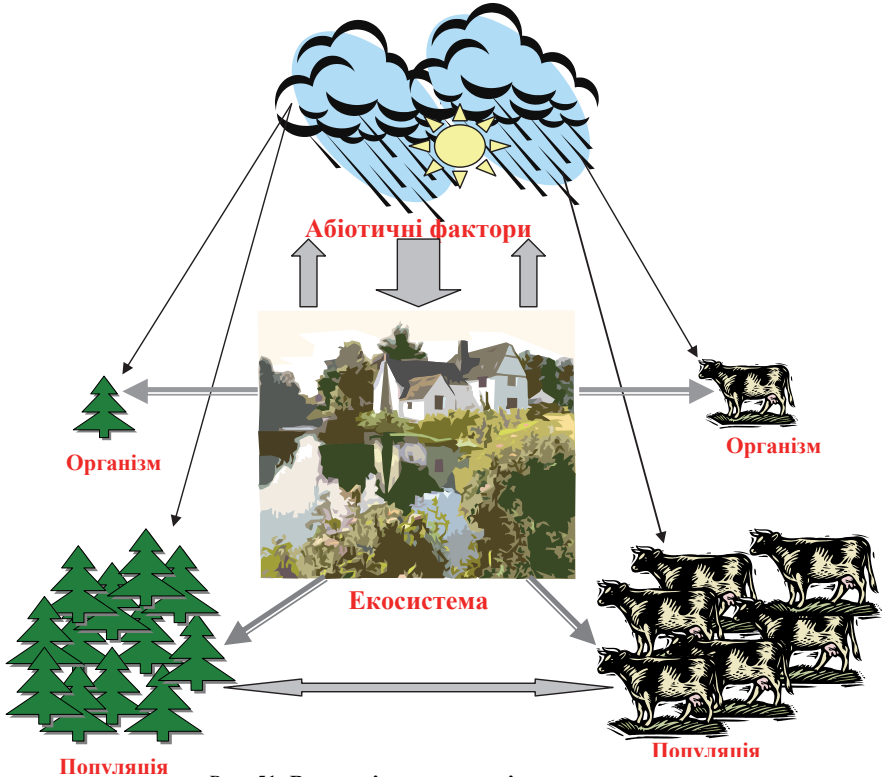


Рис. 51. Взаємодія компонентів навколишнього природного середовища в екосистемі.

Отже, **популяція** – це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе впродовж великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію, функціонуючи і розвиваючись в одному або в ряді біоценозів. Популяція – елементарна еволюційна одиниця, екологічною ознакою якої є щільність, розподіл особин за віком і статтю, характер розміщення в межах екосистеми чи угруповання, тип росту та ін. В біоценозах популяція може мати становище *ценопопуляції* (сукупність особин одного виду в межах угруповання), *поліценотичної* популяції (популяції тварин, які переходять з одного біоценозу в інший), *інвазійної* популяції (популяція, яка нападає на популяції інших організмів: сарана, грибні захворювання).

2. Структура популяції

Екологічна структура популяції – це її стан на даний момент (кількість та густина особин, їх розміщення у просторі, співвідношення груп за статтю і віком, морфологічні, поведінкові й інші особливості). Структура популяції являє собою форми адаптації

до умов її існування, є своєрідним віддзеркаленням природних сил, які на неї впливають. Нинішня структура тієї чи іншої популяції відбиває водночас як минуле, так і потенційне майбутнє угруповання.

Враховуючи надзвичайно складний характер структури популяцій, виділяють два підходи до її вивчення – *описовий* і *функціональний*. Перший полягає у визначенні і порівнянні між собою різних локальних популяцій (сосна звичайна польська, сибірська, Веймутова), а також у виділенні особин за статтю, віком та морфологічними ознаками. Другий підхід охоплює ті елементи функціональної структури, які відіграють визначальну роль у перебігу популяційних процесів, зокрема таких, як зміна чисельності особин або ж статей. Він спирається на ті пов'язані між собою елементи популяції, які разом з оточуючим середовищем творять механізми регуляції чисельності, прискорюючи або сповільнюючи її. Перший і другий підходи тісно переплетені.

Популяції класифікують за:

- функціональністю в біоценозі (*В.М. Беклемішев, 1960*);
- нерівноцінністю в біоценозі (*Е. Піанка, 1981*);
- ієрархічністю залежно від розмірів території (*М.П. Наумов, 1963*);
- структурою та характером розміщення (*Швердтфегер, 1968; В.Д. Федоров, Т.Г. Гільманов, 1980*);
- статеву приналежністю;
- віковим розподілом (*А. Боденхеймер, 1965*);
- способом життя чи розміщенням у біоценозі (*Б.О. Биков, 1950*).

Популяції за функціональністю в біоценозі:

- **незалежна популяція** – розпоряджається достатнім потенціалом народжуваності, який дає змогу поповнювати її втрати чисельності і довго існувати без міграції особин ззовні;

- **напівзалежна популяція** – може існувати лише завдяки розмноженню власних особин в умовах низької чисельності;

- **залежною** стає популяція тоді, коли народжуваність не покриває втрат чисельності померлих особин. Така популяція не може існувати без імміграції особин ззовні;

- **псевдопопуляція** – це група особин якоїсь популяції, яка не має змоги розмножуватись у даному місці. Такі популяції утворюються завдяки міграції особин із сусідніх угруповань і можуть існувати досить довго, беручи участь у біоценотичних процесах, однак без можливості поширення. Такими є популяції стеногалітів – організмів, які надзвичайно чутливі до концентрації солей у водному середовищі;

- **періодична** – популяція з'являється в незаселених біотопах або поза межами радіуса даного виду впродовж кількох місяців або навіть кількох років. Її існування пов'язане з періодичним виникненням сприятливих умов середовища.

- **геміпопуляція**, тобто напівпопуляція, в якій виразно відбиває відмінність життєвих вимог у різних фазах життєвого циклу, а окремі постаті посідають різне місце в природі. Наприклад, личинки комара живуть у водоймищах, тоді як дорослі особини – в лузі. Аналогічно різно-просторова схема життєдіяльності травневого хруща, личинка якого розмножується і живе в ґрунті, а сам хрущ – у кронах дерев, де виступає в ролі фітофага.

Популяції за нерівноцінністю в біоценозі:

- **опортуністичні популяції** виникають в результаті періодичних порушень середовища такими факторами як пожежі, повені, урагани, посухи, які раптово скорочують їх щільність до рівня значно нижчого, ніж максимальний, характерний для конкретного місцезростання. Такими є, наприклад, популяції однорічних рослин і тварин, які швидко ростуть навесні і влітку, а з настанням холодної погоди скорочують свою чисельність;

- **рівновагові популяції** (характерні для багатьох хребетних) властиві для стабільнішого навколишнього природного середовища, в якому їх щільність коливається менше, а смертність має, як правило, спрямований характер, сприяючи збереженню тих особин, які краще виживають в умовах високої щільності та конкуренції.

Популяції за ієрархічністю, залежно від розмірів території:

- **елементарна** (локальна) **популяція** – сукупність особин виду, які населяють невелику ділянку однорідної площі, кількість яких пропорційна різноманіттю умов біогеоценозу;

- **екологічна популяція** – сукупність елементарних популяцій, видових угруповань, приурочених до конкретних біогеоценозів (грабових бучин, дубово-грабових суббучин);

- **географічна популяція** – сукупність груп особин попереднього рангу, які заселяють значну територію з географічно однорідними умовами середовища. У межах останнього спостерігається єдиний ритм життєвих явищ та інші функціональні особливості, що створюють морфо-фізіологічний тип, який відрізняє дану популяцію від сусідніх, котрі перебувають у інших географічних умовах (генотип бука: рахівський, розточанський, кам'янець-подільський та ін.).

Популяції за структурою та характером розміщення:

- **горизонтальна структура популяції** – скупчення особин одного виду у біогрупи або парцели. Наприклад, в грабово-буковому лісі таку горизонтальну структуру утворюють берези, граби, липи, ліщини, а з трав'яних рослин – ягилиця, печіночниця, копитень, плющ, осока волосиста. Таке скупчення особин дає їм можливість витримати дію несприятливих умов середовища, а також міжвидову конкуренцію;

- **вертикальна структура популяції** характерна для багатоярусного насадження. Типовим прикладом є букові праліси, де верхній ярус займають 200–250-літні буки, а нижні – особини різного віку аж до самосіву. У лісових фітоценозах популяції дерев-едификаторів розташовані у першому ярусі, дерев-субедификаторів – у другому, а асектаторів – у третьому чи четвертому. Чагарники і трав'яні рослини утворюють нижні яруси. Кожний з цих ярусів представлений певними популяціями тварин.

Розділяють такі **типи просторового розміщення** особин в популяціях:

- **випадковий** (дифузний), який трапляється дуже рідко й можливий лише в однорідному середовищі, коли організми не намагаються об'єднатись у групи (наприклад, розміщення шкідників зерна в хлібних запасах);

- **рівномірний** (упорядкований) розподіл особин на певній території в природі зустрічається рідко й досить поширений, особливо, в умовах сильної конкуренції або антагонізму, які сприяють рівномірному розмноженню в просторі (наприклад, в ущільнених популяціях сидячих морських поліхет, у чистих насаджень деяких рослин, зокрема культурних посадках деревних порід);

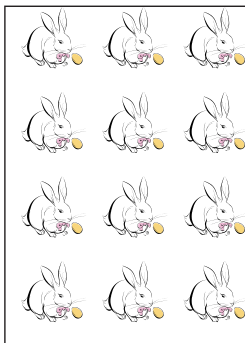
- **нерівномірний** (груповий) розподіл особин на певній території в природі зустрічається найчастіше, коли організми намагаються створити групи (пари у тварин, клони у рослин), розміщення яких може бути близьким до випадкового (рис. 52).

Популяції за статевою приналежністю:

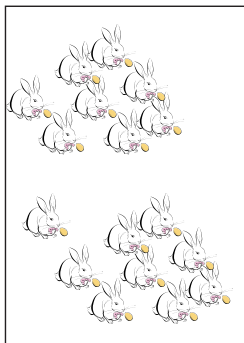
- **одностатеві популяції**,

- **двостатеві популяції**.

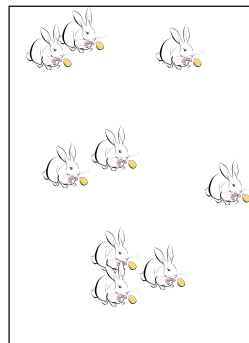
Одностатеві популяції складаються лише з жіночих особин і розмножуються партеногенезом (розвиток яйцеклітини відбувається без запліднення: бджоли, попелиці, коловертки, багато спорових і насінневих рослин). У природі поширеніші **двостатеві популяції**. У тваринному світі переважають роздільностатеві види, зрідка трапляються і в рослин (тополі, мохи).



Рівномірне розміщення



Групове розміщення



Випадкове розміщення

Рис. 52. Типи ймовірного просторового розміщення особин популяції кролів.

Гермафродитизм (наявність в одному організмі чоловічих і жіночих органів розмноження) характерний для безхребетних та вищих рослин.

У ссавців, в яких один самець може запліднити декілька самок, для розуміння розвитку більше значення має чисельність самок, ніж сумарна кількість особин. Це пов'язане з тим, що лише поодинокі види утворюють на період розмноження окрему пару, яка може зберігатися до кінця життя одного з партнерів.

Співвідношення чоловічої і жіночої статей в популяції має важливе екологічне значення, оскільки воно безпосередньо пов'язане із потенціалом її розмноження, а отже, впливом на життєдіяльність усієї екосистеми.

Популяції за віковим розподілом:

- *передрепродуктивний* (особини цього екологічного віку статево не дозріли);
- *репродуктивний* (особини здатні до розмноження);
- *пострепродуктивний* (особини цього екологічного віку не здатні до розмноження).

Повідомлення. Вікова структура популяції має пристосувальний характер. Вона формується на основі біологічних властивостей виду, але завжди відображає також силу дії факторів навколишнього природного середовища. Вікова структура популяції у тварин залежить від особливостей розмноження виду. Якщо особини в популяції належать до однієї генерації, то вони близькі за віком і приблизно одночасно проходять етапи життєвого циклу. Наприклад, у видів нестадних саранових навесні з яєць з'являються личинки першого віку. Через два-три тижні в популяції зустрічаються личинки різних вікових категорій, оскільки окремі особини розвиваються нерівномірно. Проте до кінця літа в популяції є лише дорослі статевозрілі форми. Чисельність таких популяцій не стабільна, оскільки значні відхилення умов від оптимуму на будь-якій стадії життєвого циклу діють одразу на всю популяцію, що спричиняє значну смертність.

Частіше зустрічаються популяції, в яких одночасно існують різні генерації особин. Зокрема, у травневих хрущів самки гинуть навесні зразу після відкладання яєць. Личинки розвиваються в ґрунті й залялюковуються на четвертому році життя. У популяції присутні особини чотирьох генерацій, кожна з яких з'являється через рік після попередньої.

Індійські слони досягають статевої зрілості у 8–12 років і живуть до 60–70 років. Самка народжує одного, рідше двох слоненят приблизно раз на чотири роки. У стаді дорослі особини різного віку складають у середньому 80 %, а молодь – 20 %.

Отже, вікова структура популяції характеризує її здатність до розмноження. Порушення вікової структури призводить до зниження репродуктивних властивостей популяції і, як наслідок, зниження чисельності.

Популяції за способом життя чи розміщення в біоценозі (етологічною структурою):

- *форма поодинокого способу життя*;
- *форма сімейного способу життя*;
- *форма життя в спільнотах* (зграї, стада, колонії, прайди).

Повідомлення. Етологічна структура – це система взаємовідносин між особинами, що входять до її складу. Між особинами однієї популяції у тварин різного ступеня еволюційного розвитку встановлюються різноманітні, часто досить складні взаємовідносини. Поведінка тварин щодо інших членів популяції залежить насамперед від можливостей спільного існування.

Поодинокий спосіб життя – окремі особини існують незалежно одна від одної і лише на короткий час формують репродуктивні пари (наприклад, жуки-жужелиці, змії тощо); турбота про потомство відсутня. Крім того, такі тварини можуть утворювати випадкові скупчення в місцях зимівлі (сонечка, соми, плазуни).

Сімейний спосіб життя характерний для тварин, у яких партнери, що беруть участь у розмноженні, утворюють пари на тривалий час. У птахів відомі види, схильні до збереження сімейних пар на все життя, наприклад, лебеді. При сімейному способі життя помітно посилюється зв'язок між батьками і потомством. Такі взаємодії називаються *турботою про потомство* – це дії батьків, що забезпечують чи покращують умови виживання та розвитку потомства. Розрізняють сім'ї батьківського (триголкові колючки, морські коники, африканські страуси), материнського (крижні, гризуни, ведмеді) та змішаного типів (більшість птахів, вовки та ін.).

Багато видів тварин все своє життя чи переважну його частину проводять у складі великих об'єднань – *спільнот*. В основі формування спільнот тварин – стадо, зграя, колонія – лежить ускладнення поведінки, а отже, і зв'язків у популяції.

Зграя – тимчасове об'єднання тварин, що виявляють біологічно корисну організованість дій (для захисту від ворогів, міграції, добування їжі тощо). Зграї чисельністю від кількох десятків до тисяч особин поширені серед риб, птахів, рідше – у ссавців (собака зграя). Зграї можуть бути як з лідером (у великих птахів, ссавців), так і без вираженого домінування окремих особин (у перелітної сарани, риб, дрібних птахів).

Стадо – тривале або постійне об'єднання тварин, в якому здійснюються всі основні функції виду: добування корму, захист від хижаків, міграції, вирощування молоді тощо. Основу групової поведінки в стаді складають взаємовідносини домінування-підпорядкування, що ґрунтуються на індивідуальних відмінностях між особинами, тобто існує складна ієрархічна структура. Для стада характерна наявність лідера чи вожака. У стаді зубрів лідером є найбільш сильний та досвідчений самець, у північних оленів – самка. Групу паванів, шимпанзе, вовків очолює вождь-самець. Вождь, на відміну від лідера, характеризується поведінкою, безпосередньо спрямованою на керівництво стадом за допомогою спеціальних сигналів, погроз чи прямого нападу.

Колонія – це сукупність особин одного виду організмів, пов'язаних спільним місцем проживання. Це групові поселення осілих (принаймні протягом певного часу) тварин різного віку та статі. Колонії можуть існувати довго (терміти, бджоли, лемінги, бабаки) або виникати на період розмноження (граки, стрижі). Колоніальний спосіб життя полегшує захист від ворогів, перенесення несприятливих умов тощо.

Прайд – сукупність особин одного виду, що складається з самця, двох-трьох самиць та кількох особин молоді. Такий спосіб життя ведуть леви.

Отже, популяції живих організмів володіють своєрідними просторовою, віковою, статевою та етологічною типами структур. Врахування внутрішньої структури популяції має велике теоретичне і практичне значення (для раціонального промислу, природоохоронної діяльності, боротьби зі шкідниками тощо).

3. Властивості популяції

Популяції, як групові об'єднання, наділені такими специфічними властивостями, які відрізняють їх від окремо взятого організму. Їх називають **групові властивості популяції**:

- **чисельність** – кількість особин у межах певного ареалу (екз. або особин);

- **щільність** – кількість особин на одиницю площі (об'єму) (екз./м² (екз./м³); або особин/м² (особин/м³);

Повідомлення. Існують різні методи підрахунку чисельності і щільності популяцій. Розмір території, на якій здійснюється підрахунок, залежить передусім від розміру особин (мураха чи рись), можливостей їх підрахунку (нерухоме дерево і рухлива тварина), типів розподілу тощо. Для великих хижаків площа підрахунку може сягати 100 км². Для підрахунку дерев, білок чи мурашників можна взяти площу 1 га, тоді як невеликої тварини – 1 м². У водному середовищі або ґрунті поряд з одиницею площі для дрібних і мікроскопічних мешканців беруть одиницю об'єму 1 дм³ або 1 л, 1 см³ або 1 мл.

- **народжуваність** – кількість у популяції особин, які з'явилися за одиницю часу (год, доба, рік) в процесі розмноження (екз./рік, або особин/рік);

- **смертність** – кількість особин, які загинули за одиницю часу (екз./рік, або особин/рік);

- **приріст популяції** – різниця між кількістю особин в популяції на початку та в кінці певного проміжку часу (екз. або особин);

- **темп росту** – середній приріст за одиницю часу (екз./рік, або особин/рік).

Повідомлення. Кількість особин конкретної популяції залежить передусім від показників народжуваності й смертності. Для аналізу їх співвідношень в екології часто використовують **криві виживання популяцій** (рис. 53).

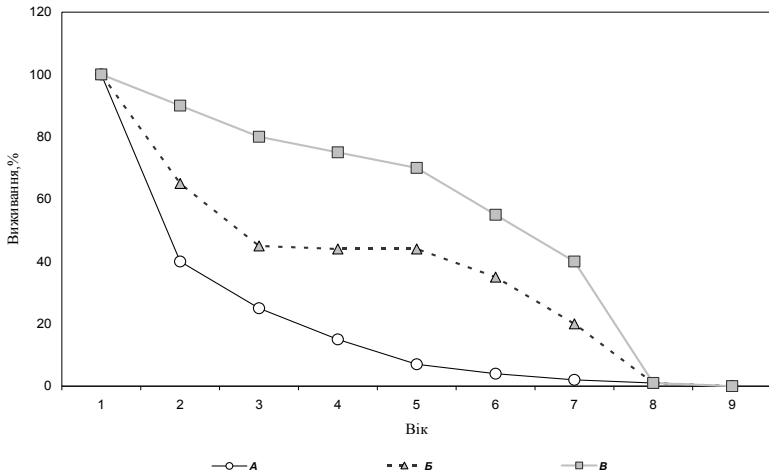


Рис. 53. Криві виживання біологічних популяцій.

Крива типу *A* відповідає популяціям із високим рівнем смертності впродовж усього життя, як правило, в результаті випадкової загибелі з найрізноманітніших причин (гідра).

Крива типу *B* характерна для популяцій із високим рівнем смертності на початкових стадіях розвитку (риби, птахи, ссавці) і зустрічається в навколишньому природному середовищі найчастіше (дорослі особини краще захищені, витриваліші). Основними причинами смертності в таких популяціях є високий тиск із боку хижаків, хвороби, нестача харчових ресурсів.

Крива типу *B* відповідає популяціям, у яких головним фактором, що визначає смертність, є старіння (слони). Така ситуація в природних умовах зустрічається рідко.

Отже, стан будь-якої біологічної популяції в навколишньому природному середовищі оцінюють за наведеними вище груповими характеристиками. Останні регулюються абіотичними факторами навколишнього середовища, біотичними взаємодіями, наявністю необхідних ресурсів, адаптивною здатністю організмів.

4. Поліморфізм у структурі популяції

Поліморфізм – існування в межах одного виду рослин або тварин двох (диморфізм), або більше груп особин з різко відмінними ознаками. Розрізняють *сезонний*, *статевий* і *віковий* та *інші* поліморфізми.

Сезонний поліморфізм – відмінність особин різних поколінь, що розвиваються в різні пори року (літня і зимова форми дуба звичайного, літнє і зимове забарвлення зайця-русака).

Статевий поліморфізм – у бджіл – робочі бджоли, матки, трутні; у термітів – матки, робітники, солдати.

Віковий поліморфізм – у комах – яйце-личинка, доросла особина.

Розрізняють ще **фенотипічний поліморфізм**, пов'язаний з пристосуванням рослин до таких явищ, як зміна сезону.

Пов'язану із відбором мінливість всередині невеликих локальних популяцій називають **генетичним поліморфізмом** – співіснування в межах одного і того ж місцезростання двох або більше виразно відмінних внутривидових форм.

Якщо популяція не може встигнути за змінами умов місцезростання і водночас не може їм запобігти, то такий поліморфізм називають **перехідним**.

Повідомлення. Внутріпопуляційний поліморфізм активно підтримується природним відбором певними способами:

а) в деяких випадках гетерозиготи визначаються підвищеною пристосованістю, але внаслідок менделєвого розщеплення вони постійно поповнюють популяцію породженими ними менш життєздатними гомозиготами (наприклад, індивідууми, гетерозиготні стосовно локусу, страждають легким недокрів'ям, але рідко хворіють на малярію, у разі цього вони безперервно породжують гомозиготних індивідуумів – або уражених тяжким недокрів'ям, або ж сприйнятливих до малярії);

б) інтенсивність відбору може змінюватися в межах деякого діапазону, причому на одній із його меж відбір може сприяти одній формі (морфі), а на іншій межі – іншій. За проміжної інтенсивності відбору можуть виникати поліморфні популяції;

в) деколи відбір буває частотно-залежним: будь-яка внутрівидова форма найжиттєздатніша тоді, коли вона трапляється найрідше. Вважають, що саме тому виживають незвично забарвлені форми: вони життєздатні, оскільки хижаки їх не розпізнають і не чіпають;

г) дрібномасштабна просторова структура популяції і її місцезростання бувають дуже складними, і в різних частинках цієї «латаної ковдри» (мозаїки) відбір може відбуватися в різних напрямках. Збереження відповідності між організмом і середовищем у такій ситуації неминуче залежить від розсіювання численних розселювальних стадій: якщо чисельність їх достатньо велика, то достатньо велика і вірогідність того, що частина їх укорінюється саме в цьому «клапті», де відповідна форма найстійкіша. Можливий і інший варіант: організм може бути довговічним і здатним переміщатися, використовуючи у разі цього умови і ресурси найпридатніших «клаптів».

Диморфізм типу «волоцюга-домувальник» надзвичайно характерний для попелиці (у цих комах є як крилате, так і безкриле потомство). Крилата і безкрила форми генетично тотожні, тому що диморфізм виникає на тій фазі популяційного циклу, коли спостерігається партеногенетичне розмноження. Вид потомства, яке дасть материнська особина (крилате, безкриле або ж те й інше), залежить від щільності популяції і якості корму.

Послідовний поліморфізм (тобто такий, який реалізується не одночасно, а за ходом вегетаційного сезону), який можна спостерігати на прикладі розміщення листя в кроні деяких порід дерев, на яких у різні сезони утворюються зовсім різні за будовою листки, які опадають зі зміною сезону. Наприклад, у період року, коли у ґрунті достатньо води, деякі чагарники пустель в Ізраїлі (зокрема, *Teucrium polium*) утворюють сильно розсічені листки з тонкою кутикулою. Коли ж настає посушливий сезон, ці листки змінюють інші – більш дрібні, шкірясті, і нерозсічені, які, в свою чергу, опадаючи, часто-густо залишають після себе лише зелені колючки та шпичаки. Таким чином, тут у листяному покриві спостерігаємо *послідовний поліморфізм*; листки одного типу змінюють листки іншого типу – з меншими фотосинтетичною активністю, водопоглинанням.

5. Коливання чисельності та гомеостаз популяції

Вивчення структури популяції дає змогу встановити статистичні показники – величину та склад популяції на момент обстеження. Однак важливо також знати напрямок та швидкість зміни популяції, тобто динаміку її розвитку.

Загальні зміни чисельності популяцій залежать від таких явищ: народжуваності, смертності, вселення і виселення особин (міграції). Виселення особин із популяції або поповнення її прибульцями – закономірне явище, яке базується на одній з найважливіших рис виду – його здатності до розселення.

Повідомлення. В кожній популяції частина особин регулярно залишає її, поповнюючи сусідні чи заселяючи нові, ще не зайняті видом території. Цей

процес називають *дисперсією* популяції. Функції розселення виконуються організмами у певний період життєвого циклу: в комах здебільшого дорослими особинами, у більшості птахів та ссавців – підрастаючою молоддю, у сидячих тварин – спеціальними личинками, у рослин – розноситься насінням чи спорами. Дисперсія, як правило, має неспрямований характер (розселення відбувається в різних напрямках від місць народження). Кожен вид характеризується певним темпом дисперсії: у зайця-біляка регулярно залишає місце народження приблизно 1 % молоді, у великої синиці – 60 %.

З погляду екології суттєвим є показник мінімальної чисельності популяцій, тобто такої чисельності, за якої в популяції ще підтримується необхідний рівень неоднорідності. Це відображає *принцип мінімального розміру популяції*: будь-яка популяція володіє певною генетичною, фенотиповою, статевою та іншою структурою, тому не може складатись із меншого числа особин, ніж це необхідно для забезпечення стабільної реалізації цієї структури і стійкості популяції до факторів зовнішнього середовища. Мінімальна чисельність популяції забезпечує існування виду. Вихід за межі мінімуму може призвести до загибелі виду – переважають близькоспоріднені схрещування, збільшується кількість генетичних захворювань, популяції вироджуються й зникають. Мінімальна кількість особин у популяції – кілька сотень. Послідовно підводячи популяції до мінімальної чисельності, людина знищує їх, навіть не вбиваючи останнього представника.

Повідомлення. Так, на початку ХХ ст. людина знищила мандрівного голуба, який вимер не тому, що американські фермери винищили всіх цих птахів до єдиного, а тому, що людина звела рівень всіх його популяцій до чисельності, нижчої за мінімальну. Після цього мандрівний голуб як вид був уже приречений: була втрачена генетична різномірність. Тому зоосад в Цинцинаті, де ще зберігалося кілька птахів, не міг запобігти втраті. Аналогічна ситуація складається навколо рідкісних видів рослин (наприклад, венерині черевички).

З іншого боку, будь-яка популяція теоретично здатна до необмеженого зростання чисельності, якщо її не лімітують фактори зовнішнього середовища. В такому гіпотетичному випадку швидкість зростання популяції залежатиме тільки від величини *біотичного потенціалу* виду. Цей показник відображає теоретичний максимум потомків від однієї пари (однієї особини) за одиницю часу, наприклад, за рік або весь життєвий цикл.

Повідомлення. Величина біотичного потенціалу неоднакова у різних видів. Наприклад, самка козулі здатна народити протягом свого життя 10–15 козенят, самка медоносної бджоли – 40–50 тис. яєць, а риба-місяць – до 3 млрд. ікринок. Якби всі зародки та яйця збереглися, а все потомство виживало, то чисельність будь-якої популяції через певні інтервали збільшувалося б у геометричній прогресії. У природі біотичний потенціал популяції ніколи не реалізується повністю, після зростання чисельності популяції відбувається її стабілізація.

Правило популяційного максимуму (Ю. Одум, 1975) показує: еволюція популяції відбувається таким чином, що регуляція їх щільності здійснюється на значно нижчому рівні у порівнянні з верхньою межею ємності місця існування, яка досягається лише в тому випадку, якщо повністю використовуються ресурси,

енергії та простору. Якщо росте щільність популяції, то знижується забезпеченість їжею. Так, хижаки регулюють чисельність трав'янистих популяцій.

Кількісний розвиток популяцій регулюється взаємодією комплексу як сприятливих, так і несприятливих факторів, що спричиняють коливання чисельності популяції навколо певного середнього значення (табл. 1).

Таблиця – 1 – **Фактори, що визначають чисельність популяцій**

Фактори, що сприяють збільшенню популяції	Абіотичні	Фактори, що сприяють зменшенню популяції	Абіотичні
	Параметри середовища (світло, вологість повітря і ґрунту, рН, концентрація хімічних речовин і т.д.) відповідають оптимальному виду		Параметри середовища (світло, вологість повітря і ґрунту, рН, концентрація хімічних речовин і т.д.) не відповідають оптимальному виду
	Біотичні		Біотичні
	Широка екологічна ніша		Вузька екологічна ніша
	Висока репродуктивна здатність		Низька репродуктивна здатність
	Достатня кількість їжі		Дефіцит їжі
	Захищеність від хижаків		Доступність для хижаків
	Стойкість до захворювань		Відсутність імунітету до захворювань
	Стойкість до паразитів		Сприятливість до паразитів
	Здатність адаптуватися до змін навколишнього середовища		Нездатність адаптуватися до змін навколишнього середовища
	Наявність простору для розселення й можливість розширювати ареал		Обмеженість життєвого простору

Фактори, котрі сприяють зростанню популяції, зумовлені біологічним потенціалом даного виду. Фактори, які протидіють цьому процесові, зумовлені тиском середовища й біологічним тиском із боку інших популяцій.

Отже, популяція є основною ланкою існування біоти, у якій відбувається відтворення організмів, забезпечується виживання виду, здійснюються елементарні еволюційні процеси. Тому вивчення статичних і динамічних показників популяції має важливе теоретичне і практичне значення (у разі планування мисливства, рибальства, під час проведення природоохоронних заходів, у боротьбі з шкідниками та хворобами тварин і рослин тощо).

Запитання для роздумів, самоперевірки

- 1. Чому популяція займає важливе положення в рядах ієрархічних біологічних систем?*
- 2. За якими характеристиками популяція відрізняється від окремої особини?*
- 3. Поясніть, чим зумовлено різний характер заселеності території окремою популяцією?*
- 4. Які переваги й недоліки характеризують поодинокий, сімейний спосіб життя та життя в спільнотах?*

Запитання для самостійної роботи

1. Які особливості вікової структури популяцій рослин?
2. Яке екологічне значення має явище турботи про потомство?
3. Як впливає турбота про потомство на величину біотичного потенціалу виду?
4. Що таке видовий та популяційний ареал? Які їх особливості?

Тестові завдання

1. Термін «популяція» запозичений:
а) з філософії; б) з генетики;
в) з ботаніки; г) з демографії.
2. Що таке популяція (потрібно підкреслити)?
а) група живих організмів в екосистемі;
б) живі організми на певній території;
в) особини одного виду, здатні до вільного схрещування;
г) організми, які живуть на певній території, не розділені річкою.
3. Основними параметрами популяцій (потрібно підкреслити) є:
а) щільність, вага, зріст, географічне положення
б) продуктивність, вартість, кількість;
в) чисельність, щільність, народжуваність, смертність;
г) вік, стать, об'єм, зріст.
4. Типи розподілу особин у популяції (потрібно підкреслити) – це:
а) випадковий, послідовний, регулярний;
б) сліпий, глухий, врівноважений;
в) випадковий, рівномірний, груповий;
г) нерівномірний, простий, складний.

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Гиляров А.М. Популяционная экология. – М.: изд-во МГУ, 1990. – 191 с.
2. Дажо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. – 416 с.
3. Дідух Я.П. Популяційна екологія. – К. Фітосоціоцентр, 1998. – 192 с.
4. Общая экология: Учебник для вузов / Автор-составитель А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 510 с.
5. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1993, – в 2-х т.
6. Чернова Н.М., Былова А.М. Экология.-2-е изд. – М.: Просвещение, 1988. – 272 с.
7. Шилов И.А. Популяционная экология. – М.: Высшая шк., 1997. – 348 с.
8. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 512 с.

Мета: з'ясувати структуру біоценозу, його особливості та екологічне значення.

Питання для опрацювання

1. Біоценоз як біологічна система.
2. Класифікація біоценозів.
3. Властивості біоценозів.
4. Структура біоценозів.
5. Динаміка біоценозів.

1. Біоценоз як біологічна система

Біоценоз (від грецьк. біос – життя, коіноз – спільний) – це сукупність рослин, тварин і мікроорганізмів, які заселяють дану ділянку суші або водоймища і характеризуються певними стосунками між собою і пристосованістю до оточуючого середовища; це стійка система сумісно існуючої біоти (автотрофних і гетеротрофних організмів); це конкретна спільність живих організмів на певному просторі суші або акваторії, й цей простір з конкретними умовами місцезростання і є біотопом.

Термін «біоценоз» було запропоновано у 1877 р. *К. Мобіусом* – дослідником угруповань устриць і взаємодіючих з ними організмів. Складовими частинами біоценозу є **фітоценоз** (сукупність рослин), **зооценоз** (сукупність тварин), **мікоценоз** (сукупність грибів) і **мікробіоценоз** (сукупність мікроорганізмів) (рис. 54).

Р. Дажо вважав синонімом біоценозу такі терміни, як *асоціація, угруповання*.

П. Троян вважав, що угруповання можна назвати біоценозом лише тоді, коли воно відповідає таким критеріям:

- **має характерний видовий склад.** Існує дві характерні групи видів:

а) домінантні види, які творять зовнішній вигляд біоценозу (очеретовий, сосновий, ковиловий, сфагновий, вересковий), причому кожен з них має свою особливу, неповторну зовнішність;

б) субдомінантні види, які хоч і не виділяються так виразно, як перша група, але завдяки вузьким стенотипам, як правило, віддзеркалюють своєю присутністю умови місцезростання. Характерні види вказують на ці специфічні умови середовища, хоча часто не є видами-домінантами. Наприклад, коли ми згадуємо про барвінок, то бачимо дуброву, в якій домінує дуб;

- **має необхідний набір видів.** Біоценоз є системою, в межах якої реалізується обіг матерії й енергії, який здійснюється між

компонентами біоценозу і середовища. Тому біоценозом може називатися лише така система, яка містить усі елементи, необхідні для реалізації обігу матерії. Першочерговим джерелом такого обігу є автотрофи, або продуценти. До другої групи належать гетеротрофи, які живляться продукованою рослинами чи тваринами органічною матерією (рослиноїди, хижаки і паразити). Третю групу становлять деструктори – мікроорганізми, які перетворюють органічні зв'язки в неорганічні. Всі групи організмів забезпечують те, що ми називаємо *повночленністю* біоценозу. Відсутність окремих членів у тій чи іншій системі не дає права називати її біоценозом, а лише частиною біоценозу, або ж *неповночленим* біоценозом;

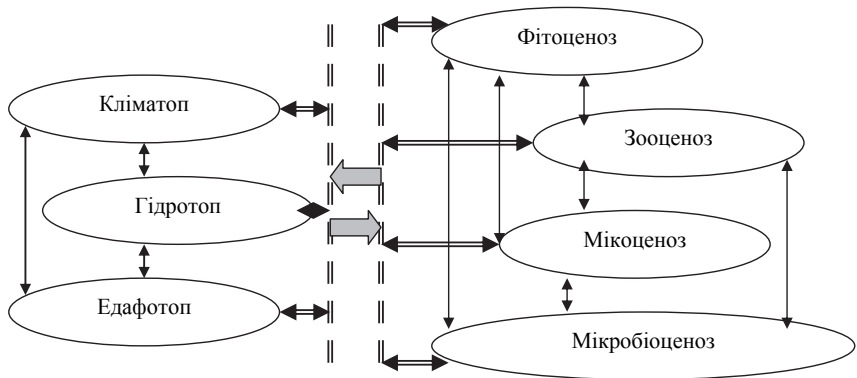


Рис. 54. Структура біоценозу.

- *характеризується певною тривалістю в часі*. Біоценоз з його видовим складом є системою стійкою і довговічною, однак його мешканці мають різну тривалість життя. Наприклад, у мікробів вона триває хвилини, в дрібних безхребетних – дні, в крупних – роки, а лісові дерева живуть сотні років. Окремі біоценози тропічних лісів вирізняються геологічною історією, тоді як на місцях згаріщ чи евтрофних озер розвиваються цілком юні біоценози.

- *має свою територію і межі*. Простір, на якому функціонує окремий біоценоз, вирізняється однорідністю й особливістю умов біотопу. Малі біоценози можуть існувати на кількох метрах квадратних (джерело з його особливим тваринним і рослинним світом), тоді як діброви українського Чорного лісу, наприклад, простяглися на сотні квадратних кілометрів зі сходу до заходу. Головним у визначенні межі біоценозу є повночленність і реалізація обігу матерії.

Повідомлення. Складність у вивченні біоценозів полягає в тому, що тваринні організми можуть мігрувати у сусідні фітоценози і тому не можна стверджувати, що певному рослинному угрупованню обов'язково відповідає якийсь одне угруповання тварин. Одне рослинне угруповання може служити кормовою базою для кількох видів консументів, і навпаки, один вид тварин може годуватися в декількох різнотипних рослинних угрупованнях. Тому вивчення біоценозів вимагає глибоких досліджень не лише флори і фауни, але і функціонування окремих чинників біоценотичної системи.

2. Класифікація біоценозів

У процесі вивчення біоценозів склалися різні підходи до їх класифікації, зокрема: 1) географічний (середовищний); 2) історико-періодичний; 3) структурно-фізіономічний; 4) функціональний; 5) екосистемний (П. Троян, 1975):

- **географічний** (середовищний) полягає у членуванні біоценозів за фізико-географічними зонами, які, в свою чергу, характеризуються за кількістю променистої енергії, що надходять на земну поверхню. Другим чинником, від якого залежить розвиток рослинності як автотрофного блоку біоценозу, є атмосферні опади, кількість яких неоднакова в різних кліматичних зонах;

- **історико-періодичний підхід** дає змогу виділити біоценози за періодом існування їх на Землі. Найтриваліший період існування мають океанічні біоценози (кілька мільйонів років). Вік суходільних і прісноводних біоценозів є значно коротший. Найстаріші з озер і лісів існують з кінця третинного періоду. До них належать озеро Байкал, а також тропічні і субтропічні ліси.

Водночас біоценози суші Північної Європи, Азії та Америки належать до дуже молодих, оскільки вони з'явилися і розвивалися після відступу льодовика, тобто близько 10000 років. Виходячи з точки зору адаптації, можна зауважити, що старі біоценози краще адаптовані, ніж молоді, хоча це не означає, що в старих біоценозах є більше видів, ніж у молодих. Більша різноманітність в молодих біоценозах виражається більшою кількістю родин, родів і різновидів;

- **структурно-фізіономічний підхід** витікає з характерної будови рослинного покриву та особливостей представників тваринного світу: тропічні ліси з мавпами, африканські савани з жирафами, американські прерії з бізонами, тундра з оленями і т.ін.;

- **функціональний підхід** опрацьований ще слабо. Перші спроби розробки такої класифікації зробили російські вчені *Перельман*, *Родін* і *Базилевич*. Складність їх розробки полягає в міграційній нестабільності гетеротрофів, що ускладнює визначення обсягу кругообігу матерії;

- **екосистемний підхід**. Розрізняють *мікроекосистеми* (наприклад, біоценоз-стовбур мертвого дерева), *мезоекосистеми* (ліс або став) і *макроекосистеми* (океан).

Враховуючи, що більшість біомаси припадає на рослинність, основні класифікаційні підходи базуються якраз на цьому елементі біоценозу. Термін біоценоз використовується безвідносно до величини угруповання: *наземний*, *прісноводний* чи *морський*. Виділяють за величиною три рівні угруповань: біоми, асоціації та синузії.

Біоми, або ж рослинні формації чи комплекси, являють собою однорідні угруповання, які не залежать від складу рослинності. Вони займають значний простір і регулюються макрокліматом (африканська савана з акаціями, баобабми, населена крупними травоядними жирафами, антилопами, зебрами; діброви Лісостепу і букові ліси Карпат з їх багатою характерною фауною тощо).

Асоціація. Біоми неоднорідні за своїм складом і в них завжди



Рис. 55. Асоціація в діброві з її флорою і фауною.

можна виділити локальні, добре окреслені угруповання видів. Це і є асоціації, тобто біоценози в певному розумінні цього слова (рис. 55).

Синузії – це мікроасоціації, тобто дрібні біоценози (рис.



Рис. 56. Біологічна група кількох деревних і чагарникових порід у діброві з ареною життя тваринних організмів.

56). Мікроасоціаціями можуть бути, наприклад, поверхня скелі з мохами і лишайниками, зарості днища закинутого кар'єру, частина водної системи з її елементами життя (рис. 57).

У геоботаніці (фітоценології) до більш дрібних одиниць, ніж синузія, належить ярус (горизонт), який вирізняється вертикальним поширенням. У лісі виділяють деревний,

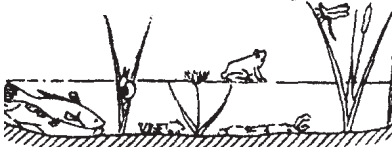


Рис. 57. Частина водної системи з її елементами життя.

чагарниковий і трав'яний яруси.

Консорції – сукупність організмів, що займають обмежене місцезростання і не поділяються на яруси та горизонти (стовбур дерева з

його фауною і флорою, потік з рослинами і тваринами, що його заселяють) (рис. 58).

Повідомлення. Перехід від одного біоценозу до іншого може бути поступовим. Однак у всіх випадках існує перехідна зона. Якщо це перехід від одного біому до іншого, то він може мати протяжність декілька десятків кілометрів (такою є перехідна зона між смугою хвойних лісів Канади і Північно-Американських прерій). Перехід від одної асоціації до іншої може мати всього кілька метрів. Цю перехідну зону називають **екотонном**.

До екотону належить, наприклад, перехід від поля до лісу, вкритий чагарником (узлісся). Фауна екотону як у видовому, так і в чисельному відношенні є багатшою за фауну сусідніх біоценозів, оскільки тут відбувається перемішування видів. У цьому проявляється так званий **крайовий ефект**, або **ефект узлісся**. Його повинні завжди враховувати як екологи, так і лісівники, охороняючи, оберігаючи і збагачуючи узлісся.



Рис. 58. Консорція – дерево з його фауною і флорою.

Дуже часто серії угруповань переходять одна в одну майже не перериваючись. Таке градієнтне

угруповання, яке простежується як в просторі, так і в часі, називають *екокліном*, а безперервне заміщення одних видів рослин іншими вздовж градієнта місцезростання – *континуумом рослинності*. Навіть на прикладі невеликої ділянки дубового лісу з його мікрорельєфом видно, як одна асоціація (осоки волосистої) переходить поступово в іншу (яглицеву) асоціацію. Домінантні види – осока й яглиця – взаємоприсутні в першій і другій асоціаціях, переходять з однієї в іншу, створюючи континуум рослинності.

3. Властивості біоценозів

П. Трояном виділено 5 основних властивостей біоценозу: а) єдність біотопу і біоценозу; б) організаційні основи біоценозу; в) основи автономії біоценозу; г) основи екологічної рівноваги; д) основи екологічної сукцесії.

Єдність біотопу і біоценозу. Всі абіотичні і біотичні компоненти, що входять до складу плеоцену (біогеоценозу), пов'язані між собою таким чином, що явища, які з'являються в одних елементах системи, впливають на процеси і стани в інших її складових. Біотоп впливає на біоценоз, який, в свою чергу, діє на стан біотопу.

Організація біоценозу. Види, що входять до складу біоценозу, пов'язані між собою біоценотичними залежностями, внаслідок яких утворюється специфічна організаційна структура, що спирається на багатосторонні зв'язки між окремими компонентами, зокрема на кормові та конкурентні (продуценти, консументи, автотрофи, гетеротрофи, редуценти).

Автономія біоценозу. Територіальна відокремленість, внутрішня організація, а також взаємозв'язок і взаємозалежність усіх компонентів творять автономію плеоцену і його біоценозу. Автономія плеоцену нерозривно пов'язана з його організацією, у випадку порушення організації настає дезінтеграція системи і її розпад. Наприклад, рекреаційна дигресія приміських лісів або ж забруднення їх поллютантами веде до розпаду лісових біоценозів.

Екологічна динамічна рівновага. В процесі еволюції природний комплекс адаптувався до умов місцезростання і вивести його з цієї рівноваги можуть лише якісь зовнішні (посуха, пожежа, інвазія шкідників, людська діяльність) чи внутрішні (демографічна ситуація і різкий спад народжуваності виду або повальна смертність) фактори.

Екологічна сукцесія. Біоценоз розвивається поступово – через збільшення ступеня інтеграції складових компонентів і максимальне пристосування біологічного комплексу до умов середовища. Ці процеси, названі екологічними сукцесіями, являють собою прогрес у напрямку зростаючої стабілізації системи. Букові праліси приполонинної смуги Закарпаття являють собою таку сукцесію.

Отже, **біоценоз** – не просто сума видів, що його утворюють, але й сукупність взаємодій між ними. Емерджентні властивості, які він має, проявляються лише завдяки цій взаємодії. Приклад емерджентних властивостей діброви – це видове розмаїття, межі подібності конкуруючих видів, структура кормової мережі, біомаса і продуктивність угруповання.

4. Структура біоценозів

Біоценоз є складною внутрішньою структурою, яка відображає закономірності у співвідношенні і зв'язках її частин.

В структурі біоценозу виділяють такі складові:

- видову;
- просторову;
- трофічну.

Видова структура біоценозу характеризується видовим різноманіттям і кількісним співвідношенням видів, тобто це показник кількість видів у даному угрупованні, який залежить від абіотичних умов та віку біоценозу. Наприклад, біоценози пустель характеризуються мінімальною кількістю видів, оскільки абіотичні фактори (температура, вологість) досягають критичних значень, в той час біоценози тропічних лісів (абіотичні фактори в оптимальному діапазоні) – насичені інтенсивним життям, у кількісному та якісному виразі.

Іншим показником видової структури біоценозу є кількісне співвідношення особин кожного виду. Наприклад, угруповання складається із 1000 особин, що належать до п'яти різних видів і співвідношення між кількістю особин кожного виду складає – 900:50:30:10:10.

Просторова структура біоценозу зумовлена неоднорідністю чи мозаїчністю ландшафту і визначається особливостями фітоценозу. Розрізняють *вертикальну* та *горизонтальну* структури біоценозу.

Вертикальна структура біоценозу виявляється в розподілі наземних та підземних органів рослин в кілька ярусів. Так, в ялиновому лісі виділяють: деревний, трав'янистий, чагарниковий і моховий яруси; в широколистяному лісі: дерева першої величини

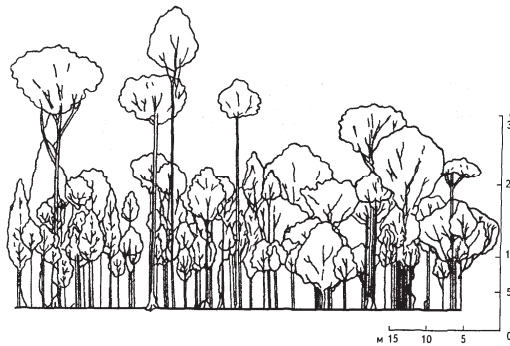


Рис. 59. Ярусність у тропічних джунглях (острів Борнео) (В.П. Кучерявий, 2001).

(дуб, липа), дерева другої величини (горобина, черемха, верба), підлісок (ліщина, крушина), високі трави (аконіт, чистець), низькі трави (осока), найнижчі трави (копитняк, підсніжник) (рис. 59). Ярусність виражена й в трав'янистих угрупованнях, але з меншою кількістю ярусів. Залежно від

ярусу рослини перебувають у різних мікрокліматичних умовах. В усіх рослинних угрупованнях, навіть там, де відсутній чіткий розподіл на яруси, завжди є різниця у висоті надземних органів рослин та помітні

горизонти, що відрізняються між собою насиченням листової поверхні. Це зумовлене необхідністю ефективніше використовувати сонячне освітлення. Листки рослин різної висоти перебувають у неоднакових умовах щодо забезпечення їх не лише світлом, а й вуглекислим газом. У горизонтах максимального накопичення листя об'єм повітря на одиницю площі листка значно менший, ніж там, де їх мало. Рослини, листя яких розташоване ближче до поверхні ґрунту, тінювотриваліші. Вони містять більшу кількість хлорофілів, що в поєднанні з кращим забезпеченням CO₂ дає змогу їм існувати в умовах недостатнього освітлення.



Рослини різних видів, що входять до складу відповідного фітоценозу, значно відрізняються за глибиною укорінення. Тому нерідко рослини однієї життєвої форми або виду формують не тільки надземний, а й відповідний підземний ярус (рис. 60). Ярусність, підземних органів зумовлена фізико-хімічними особливостями ґрунту та конкуренцією за воду, мінеральні елементи та кисень.

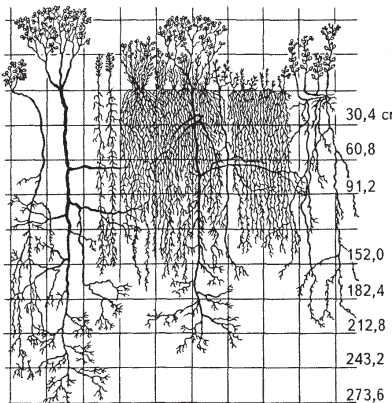


Рис. 60. Надземна і підземна ярусність у трав'янистих фітоценозах.

Тваринні організми змінюють ярусне положення впродовж доби, місяця, року, всього терміну життя, проводячи в одному з ярусів триваліший час, ніж в інших (рис. 61). Наприклад, білка звичайна частину життя проводить на кронах дерев (харчується, зимує, виводить нащадків), рідше знаходиться на поверхні землі у пошуках їжі.

Інший приклад, у лісовому біоценозі поряд із низкою біологічних видів, весь життєвий цикл яких приурочений лише до одного середовища – підземного – едафону (дощові черв'яки, більшість лісових безхребетних, кроти) або наземного (майже всі птахи), є багато й таких, які мешкають в обох його частинах повсякденно (лисиця, вовк, борсук) або ж проходять різні стадії розвитку по чергово то в одному, то в іншому середовищах (багато комах у стадії личинки живуть у ґрунті, а в дорослому віці ведуть наземний спосіб життя). В аридних умовах тварини утворюють систему підземних коридорів, завдяки яким регулюється мікроклімат.

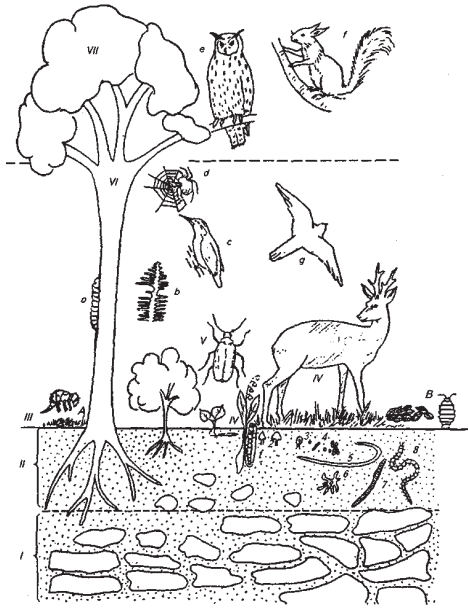


Рис. 61. Ярусність життя в світі тварин: I – підстиляюча порода; II – ґрунт: 1 – лялечка комахи; 2 – гриби; 3 – бактеріофаги; 4 – бактерії; 5 – нематода; 6 – амеби; 7 – дощовий черв'як; 8 – багатоніжка; III – поверхня ґрунту: A – подушка моху з ногохвістками; B – листовий відпад із стоногами; IV – трав'яний ярус, козуля; V – чагарниковий ярус, *Lytta vesicatoria*; VI – ярус дерев (на рівні стовбура): a – гусінь; b – коридори короїдів; c – *Certhia familiaris*; d – павук; VII – крона дерева: e – пугач; f – білка; g – сокіл (В.П. Кучерявий,

Отже, біоценози практично ніколи не мають однорідної вертикальної структури на всій зайнятій ними території. Тому поряд із вертикальним розчленуванням у групування існує і розчленування в горизонтальному напрямку на певні ділянки, що відрізняються, насамперед, за кількісним складом різних видів рослин.

Горизонтальна структура біоценозу пов'язана з мозаїчністю ландшафту і реалізується у вигляді нерівномірного розподілу популяцій окремих видів на площі. Це визначається з одного боку особливостями біотопу – різні ґрунтові умови, мікроклімат та інші, а з другого – біотичними взаємодіями.

Повідомлення. Мозаїчність – це явище неоднорідності фітоценозів у горизонтальному відношенні, розчленування їх на дрібніші структури.

Вона проявляється в зміні якісного і кількісного співвідношення видів рослин, їх зімкнутості, продуктивності та інших показників.

Це явище зумовлене деякою неоднорідністю біотопу, середовищевірним впливом рослин і тварин (кротовини) або антропогенним впливом (вирубка лісу).

З уявленням про мозаїчність фітоценозу тісно пов'язана концепція про їхній склад із окремих синузій.

Синузія – екологічно і просторово відокремлені частини фітоценозу, що складається з рослин однієї або кількох близьких життєвих форм.

Синузія також розглядається як сукупність популяцій рослин і тварин, пов'язаних між собою загальними вимогами до середовища існування.

Біоценотична структура угруповань, що здійснює різноманітні залежності і зв'язки, які реалізуються в біоценозі окремими компонентами.

Надважливі типи взаємовідносин видів у біоценозі (В.М. Беклемішев, 1951):

- **трофічні** (виникають, коли один вид живиться за рахунок іншого);
- **топічні** (пов'язані із зміною фізичних чи хімічних умов існування одного виду внаслідок життєдіяльності іншого);
- **форичні** (виникають за участі одного виду у розповсюдженні іншого);
- **фабричні** (виникають у випадку використання одними видами решток, продуктів виділення чи навіть самих живих організмів іншого виду для побудови жител, гнізд тощо).

Структура біоценозу, елементом якої може бути як популяція виду, так і група популяцій, включених в обіг матерії й енергії даного біоценозу, адаптована до функціонування в кожних конкретних умовах середовища і забезпечує нормальне функціонування системи, виходячи з трьох принципів:

1) **оптимізації біологічної продукції екосистеми** – структура будь-якого біоценозу на рівні як автотрофів, так і гетеротрофів повинна забезпечити в разі змін середовищ оптимальну, тобто близьку до максимальної, первинну продукцію екосистеми;

2) **забезпечення обігу матерії й енергії**, що є основною властивістю екосистеми;

3) **стабілізації екологічних факторів**, яка відбиває рівень еволюційного розвитку біоценозу, їх адаптації до умов середовища, в яких формується даний біоценоз.

Зміст даних принципів реалізується через структури різного рівня, які спираються на відмінні типи взаємодій (коакцій) між біологічними компонентами.

Виділяють такі **типи біоценотичних структур угруповань**, які накладаються одна на одну в межах біоценозу:

- трофічна;
- конкурентна;
- паратрофічна.

Трофічна структура (від грец. *trophe* – живлення, їжа) біоценозів формується внаслідок харчових взаємодій між організмами. Кожний біоценоз включає представників трьох екологічних груп організмів – продуцентів, консументів, редуцентів, які функціонують на відповідних трофічних рівнях (рис. 62).

Продуценти – це автотрофні організми (зелені рослини, фотоавтотрофні прокаріоти), які здатні утворювати органічні

речовини з простих неорганічних. Це трофічний рівень первинної продукції.

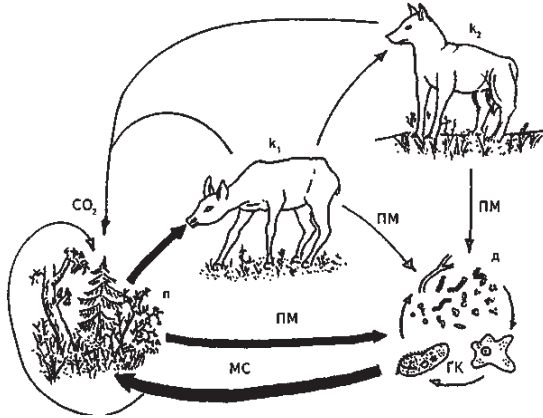


Рис. 62. Трофічний ланцюг: взаємозв'язок продуцентів (п) з консументами 1-го порядку (k₁), консументами 2-го порядку (k₂) та деструкторами (д) і ґрунтовими консументами (ГК); ПМ — продукти метаболізму, мертвий відпад; МС — мінеральні солі (В.П. Кучерявий, 2001).

Консументи I порядку – це гетеротрофні організми, споживачі

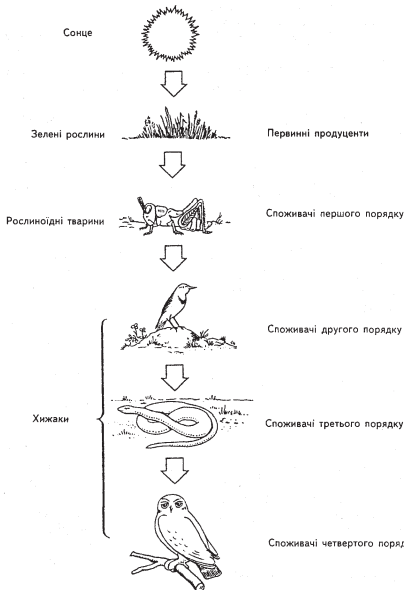


Рис. 62. Спрощений наземний кормовий ланцюг, який показує послідовність трофічних рівнів (В.П. Кучерявий, 2001).

первинної продукції, зазвичай рослиноїдні тварини (*фітофаги*).

Консументи II порядку – це гетеротрофні організми із м'ясоїдним типом живлення (*зоофаги*). Зазвичай до цієї групи відносять усіх хижаків.

Редуценти – гетеротрофні організми – бактерії, гриби, які перетворюють у процесі своєї життєдіяльності складні органічні речовини на прості неорганічні сполуки.

Прямі харчові зв'язки типу «рослина-фітофаг-хижак-паразит» об'єднують види в ланцюги живлення.

Повідомлення. **Ланцюги живлення** – це групи видів рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, які пов'язані між собою відносинами типу їжа-споживач, унаслідок чого

створюється певна послідовність переходу речовин та енергії від одних груп організмів до інших (рис. 62).

В природних умовах прості ланцюги живлення розгалужені і переплетені між собою, оскільки кожний трофічний рівень представлений багатьма видами, які взаємопов'язані, що призводить до утворення *трофічних сіток (мереж)* (рис. 63).

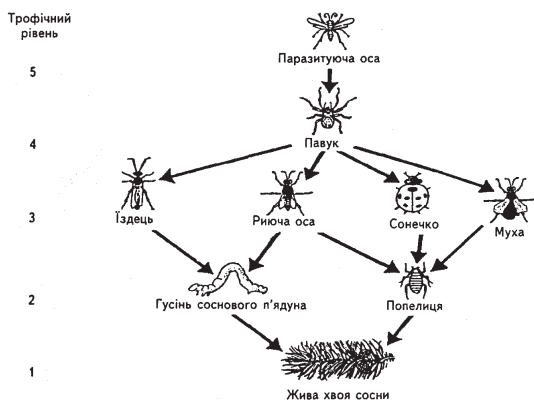


Рис. 63. Проста харчова мережа трофічних взаємовідносин (В.П. Кучерявий, 2001).

Ланцюги живлення, або канали живлення, якими постійно перебігає енергія, прямо чи опосередковано об'єднують всі організми в єдиний комплекс низку видів, різних за типом життєдіяльності.

Повідомлення. Популяція одного виду може займати один і більше трофічних рівнів, залежно від того, якими джерелами енергії вона користується. Наприклад, водоплавні птахи живляться не лише дрібними тваринами, але й листям рослин чи зерном.

Нині існує безліч моделей, які пояснюють розподіл енергії кормовими ланцюгами і кормовими мережами. Наприклад, модель Д.Ф. Оуена, яка за змістом і обсягом відповідає параметрам біогеоценозу (рис. 64).

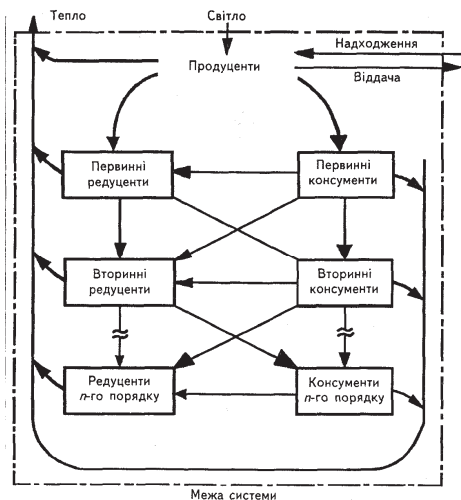


Рис. 64. Модель передачі енергії в екосистемі (Д.Ф. Оуен, 1984).

Конкурентна структура біоценозів – це система явищ конкуренції між двома або більше популяціями, які виникають у випадку, коли йдеться про необхідність спільного використання ресурсів

середовища: корму, світла, простору (Тарвід, 1952).

Групи видів в межах конкурентного угруповання біоценозу:

- **домінанти** – види, які займають понад 5 % особин, що входять до складу угруповання.

- **субдомінанти** – види, представлені 2–5 % особин.

- **інфлуенти** – види, представлені 1–2 % особин кожний із загального комплексу.

- **акцесори** – поодинокі особини (менше 1 %). Остання група охоплює популяції, які мігрують із сусідніх біоценозів.

Паратрофічна структура біоценозів, зміст якої полягає у використанні одного джерела корму різними видами. Наприклад, пилок, нектар, падевий мед тощо споживають різні види тваринних організмів. Ці стосунки не можна вважати суто експлуатаційними, їх називають *інгібіторними*, які є лімітуючим фактором у розвитку популяції.

5. Динаміка біоценозів

Біоценоз перебуває в постійному розвитку, характерним відображенням якого є типові для певного періоду зміни:

- 1) сезонні;
- 2) різнорічні;
- 3) випадкові зміни, або сукцесії;
- 4) загальні зміни;
- 5) еволюція ценозів.

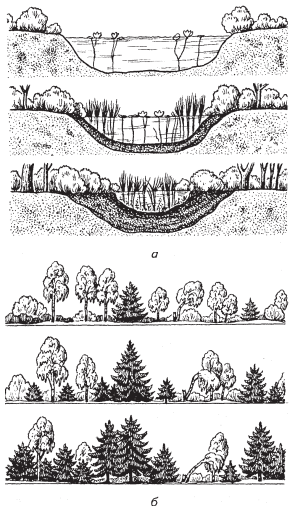


Рис. 65. Екологічна сукцесія:
а – утворення болота на місці озера; б – утворення ялинового лісу на місці березового гаю.

Повідомлення. Сталість найважливіших екологічних параметрів біоценозу (розмірів, видового складу, біомаси, продуктивності і т. ін.) називають *гомеостазом*. Якщо екосистема стійка й усі її параметри відповідають географічним і кліматичним умовам місцевості, то такий стан називається *клімаксом*. Але іноді бувають відхилення в структурі біоценозу. Якщо вони носять випадковий характер, то такі зміни називають *флуктуаціями*. Причиною можуть бути несприятливі метеорологічні явища, повені, землетруси, що призводять до змін чисельності видів.

Масштабні зміни географічної обстановки або типу ландшафту під впливом природних катастроф чи діяльності людини призводять до послідовних змін стану біогеоценозів місцевості – *сукцесій* (від англ. *succession* – послідовність). *Екологічна сукцесія* – це складний, тривалий процес розвитку рослинних угруповань, а не тільки зміна видів, що функціонують ізольовано, тому

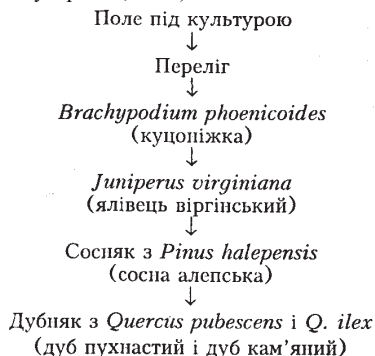
вона є однією з найважливіших теорій біоєкології (рис. 65).

Види сукцесій:

1) **сингенетичні** або **автогенетичні** (піонерні або первинні) **сукцесії**, які формуються на позбавлених життя територіях (вулканічна лава, скелі, голі піски) і розпочинаються з біологічно неактивного субстрату. Нині цей вид сукцесій відбувається на відносно незначних площах;

2) **ендоєкогенетичні** або **вторинні сукцесії**, які виникають на місцях, де раніше вже існував біоценоз, структура якого істотно порушилась внаслідок різних факторів (пожежа, меліорація, повінь тощо).

Повідомлення. Проходження сингенетичної й ендекогенетичної сукцесії показано на прикладі спонтанної клімаксової формації дуба у французькому Середземномор'ї (В.П. Кучерявий, 2001):



Дубняк, який завершив сукцесійний ряд, слід назвати не клімаксом, а *дисклімаксом*, оскільки він, мабуть, не повторив того клімаксу, який колись існував у цій місцевості.

Із причин, які породжують вторинні сукцесії, за останні десятиріччя особливо важливе значення має діяльність людини;

3) **екзогенетичні** – це зміни, які виникають під впливом природно-антропогенних факторів: пожежі, вирубки, випас, рекреаційне перевантаження, а також масове поширення будь-яких тварин – комах, гризунів;

4) **гологенетичні сукцесії** виникають внаслідок зміни ландшафту або його окремих частин – атмосфери, літосфери, гідросфери (зміна фітоценозів під впливом глобальних змін клімату, наслідки гідромеліоративних робіт, зміна русла річки і розвиток нової річкової долини) (В.М. Сукачов, 1964);

5) **деструкційні** або **деградаційні сукцесії** відбуваються у разі послідовного використання різних видів ресурсів, які розкладаються. Наприклад, розклад соснової хвої спочатку різними колоніями грибів, а потім руйнуються ґрунтовими кліщами, після чого членистоногими та бактеріями. Приблизно через 7 років хвоїнки стають структурно подібними до ґрунту (Р. Дажо, 1975).

6) *антропогенні сукцесії*, які викликані господарською діяльністю людини, її прямим або непрямим впливом на екосистему (вирубання лісів, загазованість атмосфери, меліоративні роботи, агротехнічні заходи).

Численні антропогенні сукцесії поділяють на *культурні* і *акультурні* (рис. 66).

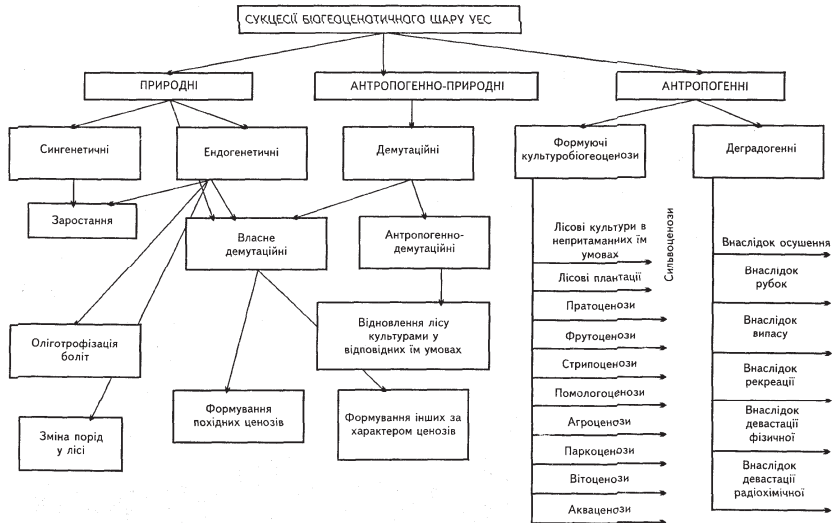


Рис. 66. Класифікаційна схема сукцесій біогеоценологічного шару урбоекосистеми (В.П. Кучерявий, 1991).

Отже, внаслідок сукцесій поступово зростає видове різноманіття та ярусність. З однарусної рослинності видів-піонерів розвиваються дво- та тріярусні фітоценози степів, луків, кінцевою ж стійкою стадією є звичайно багаторусний ліс.

Сукцесійні та флуктаційні зміни відбуваються на фоні *біоценогенезу* – історичного процесу формування та розвитку нових біоценозів. Оскільки в минулому виникали сукцесії, а біоценогенез відбувався як на рівні зоо-, мікробіо-, міко- та фітоценозів, так і сукцесійних рядів.

Запитання для роздумів, самоперевірки

1. Чим визначається вертикальна та горизонтальна структури біоценозу?
2. Яка функціональна роль продуцентів, консументів та редуцентів у біоценозу? Наведіть приклади таких організмів.
3. Доведіть, що два види можуть займати одну екологічну нішу. Чи можуть такі види існувати в межах одного біоценозу?
4. Порівняйте поняття екологічної системи та біогеоценозу.

5. Охарактеризуйте параметри, які забезпечують цілісність і функціональну стійкість екосистеми.

Запитання для самостійної роботи

1. Яка роль домінантів, субдомінантів та едифікаторів у біоценозі?

2. Чим зумовлене формування бічних харчових ланцюгів у трофічних сітках біоценозу?

3. Охарактеризуйте різні типи сукцесій (первинна, вторинна, деградаційна).

4. Як антропогенні фактори впливають на стійкість екосистем?

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Буджак В.В., Должицька А.Г. Основи загальної екології: Навчальний посібник. – Чернівці: Золоті литаври, 2005. – 112 с.

2. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. – 316 с.

3. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М: Россия Молодая, 1994. – 367 с.

4. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 512 с.

5. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.

ТЕМА 7

ВЧЕННЯ ПРО БІОГЕОЦЕНОЗИ (ЕКОСИСТЕМИ)

Мета: з'ясувати властивості та структуру біогеоценозу (екосистеми), його особливості та екологічне значення.

Питання для опрацювання

1. Поняття й визначення біогеоценозу (екосистеми).

2. Структура біогеоценозу (екосистеми).

3. Екологічна ніша виду.

4. Динаміка біогеоценозу (екосистеми).

1. Поняття й визначення біогеоценозу (екосистеми)

Біоценоз разом з певною частиною поверхні Землі (біотопом) утворюють плеоцен, або біогеоценоз, тобто екосистему. Виходячи з визначення і характеристики розвитку науки про екосистеми, американський еколог *Юджин Одум* звертає увагу на той факт, що наприкінці XIX ст. майже одночасно в американській, європейській і

російській літературах з'явилися публікації, присвячені проблемам біогеоценології.

Повідомлення. Один з перших російських екологів *В.В. Докучаєв* і видатний його учень *Г.Ф. Морозов* надавали великого значення уявленню про «біоценоз»; цей термін був пізніше трансформований російськими екологами в «геобіоценоз» (*В.М. Сукачов, 1944*).

Отже, на межі XIX і XX ст. біологи почали серйозно розглядати ідею єдності природи незалежно від того, яке середовище (прісна вода, суша) безпосередньо служить об'єктом їх вивчення. Для формулювання цієї точки зору використовувалися також інші терміни: голоцен (*Фрідерікс, 1930*), біосистема (*Тінеманн, 1939*), біокосне тіло (*Вернадський, 1944*), геобіоценоз (*Шмальгаузен, 1948*). Термін **екосистема** використовують в основному автори, які пишуть англійською мовою, тоді як в літературі, що видається німецькою і слов'янськими мовами, вживається переважно термін **біогеоценоз**. Їх можна розглядати як синоніми (*В.П. Кучерявий, 2001*).

Термін «екосистема» вперше запропонований у 1935 р. англійським екологом *Артуром Тенслі*, згідно з вченням якого кожен зі екологів трактував поняття цього терміну таким чином: **екосистема** – це будь-яка одиниця (біосистема), що охоплює всі сумісно функціонуючі організми (біотичне угруповання) на даній території і взаємодіє з фізичним середовищем таким чином, що потік енергії створює чітко визначені структури в кругообігу речовин між живою і неживою частинами (*Ю. Одум, 1986*); **екосистема** – це будь-яке угруповання живих істот і його середовище існування, об'єднані в єдине функціональне ціле, таке що виникає на основі взаємозалежності й причинно-наслідкових зв'язків, що існують між окремими екологічними компонентами (*М.Ф. Реймерс, 1990*); **екосистема** – це сукупність специфічного фізико-хімічного оточення (біотопу) з угрупованнями живих організмів (біоценозом), тобто екосистема = біотоп+біоценоз (*Р. Дажо, 1975*) (рис. 67).

Залежно від розмірів екосистеми виділяють:

- мікроекосистеми (стовбур гниючого дерева);
- мезоекосистеми (ліс, ставок);
- макроекосистеми (континент, океан);
- глобальна екосистема – біосфера.

Повідомлення. Екосистеми різних розмірів за спільністю основних структурних ознак, особливостями функціонування об'єднують в біоми. **Біоми** (від гр. *bios* – життя і лат. *ома* – сукупність) – це великі регіональні одиниці біосфери, що мають специфічні фауну і флору. Існує кілька класифікацій біомів, за якими виділяють від 10 до 32 їх типів. Згідно з загальною класифікацією, виділяють:

- **біоми суходолу**, основні серед яких – це тундра, шпилькові ліси помірної зони, листяні ліси помірної зони, степи, пустелі, савани;
- **біоми водойм** – це відкритий океан, континентальний шельф, естуарії, текучі водойми (ріки), стоячі водойми (озера, ставки).

За ступенем трансформації людською діяльністю екосистеми поділяються на:

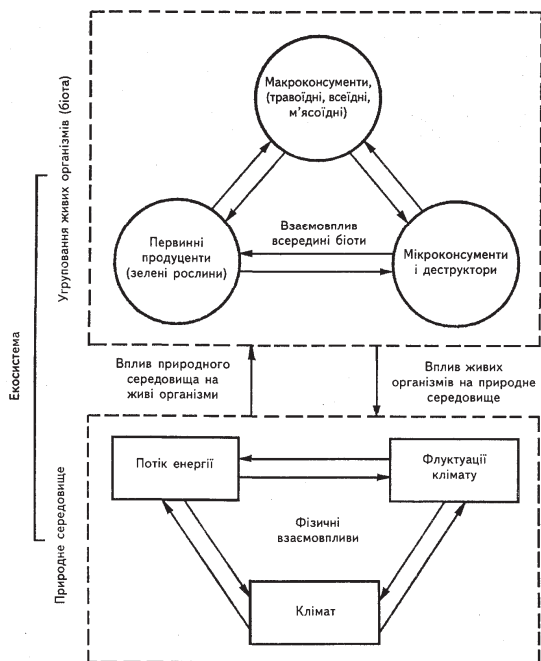


Рис. 67. Взаємозв'язки між компонентами наземної екосистеми (Ю. Одум, 1986).

- **природні** – у промислових країнах екосистем не захоплених людською діяльністю майже не залишилося, хіба що в заповідниках;

- **антропогенно-природні** – це лісові насадження, луки, ниви хоча й складаються, майже, виключно з природних компонентів, але створені і регулюються людьми;

- **антропогенні** – переважають штучно створені антропогенні об'єкти і крім

людей можуть існувати лише окремі види організмів, що пристосувалися до цих специфічних умов (наприклад, міста, промислові вузли, села (в межах забудови), агроекосистеми тощо).

Поряд із концепцією екосистем розвивається вчення про біогеоценози. Термін запропонований російським вченим В.М. Сукачовим у 1944 р.

Біогеоценоз – це сукупність на певній території землі однорідних природних явищ (склад атмосфери, гірських порід, ґрунту, рослинного і тваринного світу та світу мікроорганізмів), поєднаних обміном речовин і енергії в єдиний природний комплекс.

Екосистемою, наприклад, може бути і океан, і крапля води, а біогеоценоз – це екосистема в межах конкретного фітоценозу (Е.М. Лавренко, М.В. Диліс, 1968).

Структурні компоненти біогеоценозу:

- біотичний фактор – це **біоценоз** (фітоценоз, зооценоз, мікробіо- та мікоценоз);

- абіотичний фактор – це **екотоп**, який представлений сукупністю кліматичних (**кліматоп**) і ґрунтових (**едафотоп**) умов.

Будь-яка біологічна система прагне до стану *екологічної рівноваги* – це такий стан екосистеми, за якого склад і біологічна продуктивність усіх її компонентів відповідають умовам середовища існування, зберігаються

постійними впродовж досить тривалого часу і повертаються до вихідного стану у разі випадкових відхилень від нього. Однією з найважливіших умов екологічної рівноваги є наявність в екосистемі широкого діапазону біологічного різноманіття.

2. Структура біогеоценозу (екосистеми)

Структура біогеоценозу (В.М. Сукачов, 1964):

- абіотичне середовище (*едафотоп* та *кліматоп*);
- біоценоз або його окремі елементи.

Описана структура біогеоценозу – це не що інше, як екосистема в межах фітоценозу. Такий підхід дає змогу виділяти на поверхні Землі неозбросним оком за фізіономічними ознаками біогеоценози березового гаю, заплавної луки, сфагнового болота, пшеничного поля чи лісосмуги.

Структура екосистеми (Ю. Одум, 1985):

- 1) *неорганічна речовина* (С, N, CO₂, H₂O та ін.), яка включається у великий та малий кругообіг;
- 2) *органічна речовина* (білки, вуглеводи, ліпіди, гумінові речовини тощо), які зв'язують біотичну і абіотичну частини екосистеми;
- 3) *кліматоп* (температура та інші фізичні фактори);
- 4) *фітоценоз* – автотрофні організми, здатні створювати корм із простих неорганічних сполук;
- 5) *гетеротрофні організми*, головним чином тварини, які поїдають інші організми або частинки органічної речовини;
- 6) *гетеротрофні організми*, переважно бактерії і гриби, які розкладають складові сполуки мертвої протоплазми, поглинають деякі продукти розкладу і вивільнюють неорганічні поживні речовини.

Властивості екосистеми (Ю. Одум, 1986):

- 1) система, яка поглинає, створює та спрямовує потоки енергії, речовини та інформації;
- 2) система насичена життям, комплексом трофічних ланцюгів у ньому;
- 3) система з неоднорідною структурою за просторово-часового різноманіття;
- 4) система з постійним біогеохімічним кругообігом;
- 5) система, що розвивається, еволюціонує;
- 6) система, яка підпорядковує підсистеми й підпорядковується екологічним факторам.

Отже, **структура екосистеми** – це своєрідна анатомія цього надзвичайно складного організму, динаміка – його фізіологія, яка проявляється в кількісній і якісній специфіці потоків енергії й обміну речовин. Протидія біотичних компонентів впливу зовнішніх сил і гомеостаз біогеоценозів зумовлені виключно процесами, пов'язаними з надходженням, трансформацією і використанням енергії.

3. Екологічна ніша виду

Екологічна ніша (від фр. *nicht* – це гніздо) – це функціональне місце виду в екосистемі або сукупність характеристик, що вказують на положення виду в екосистемі.

Повідомлення. Вперше термін вжитий американським зоологом Дж. Гріннелом (1914), який пояснював екологічну нішу як місце, що займає вид у просторі. Пізніше теж американець Ч. Елтон (1927) під екологічною нішею розумів тип живлення виду, тобто його місце в трофічному ланцюзі. Англійський еколог Дж. Хатчинсон (1957) розглядав екологічну нішу як багатовимірний простір і сформулював це поняття як суму зв'язків організму даного виду з абіотичними умовами середовища й іншими видами живих організмів.

Ю. Одум (1975) вкладає в поняття екологічної ніші потрійний зміст: „екологічна ніша окремого організму залежить не тільки від того, де він живе, але і від того, що він робить (як він перетворює енергію, яка його поведінка, як він реагує на фізичне й біологічне середовище) і як він обмежений іншими видами. Тобто «екологічна ніша – це «професія» виду в угрупованні».

В екосистемі екологічні ніші тісно упаковані. Екологічні ніші видів можуть зовсім не перекриватись (наприклад, рослини і хижаки); тільки торкатись одна одної (фітофаги); частково перекриватись (наприклад сови і яструби полюють на гризунів і дрібних пташок, але сова вночі, а яструб удень); перекриватися – тоді виникає конкурентна боротьба між видами і домінуючий конкурент витісняє свого суперника.

Види екологічних ніш:

- **фундаментальна** (потенційна) **ніша**, тобто така, яку організм займає за відсутності конкурентів, хижаків та інших ворогів, у якій фізичні умови оптимальні;

- **реалізована ніша**, тобто така, що відображає фактичний діапазон умов існування організму, і може бути меншою, ніж фундаментальна, або дорівнювати їй.

4. Динаміка біогеоценозу (екосистеми)

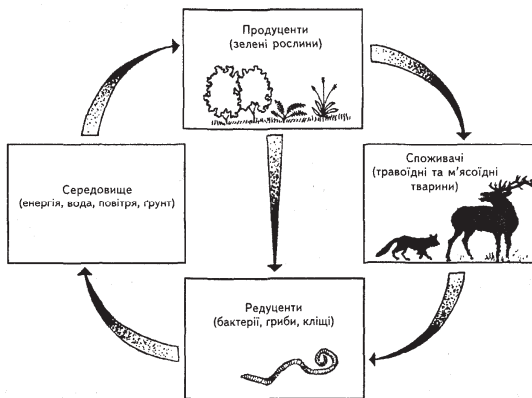


Рис. 68. Кормові і енергетичні зв'язки в лісових екосистемах (В.П. Кучерявий).

Динамізм біогеоценозу полягає у взаємодії біотичного та абіотичного блоків, через які протікають речовина та енергія, створюючи біогеохімічний кругообіг й енергетику екосистеми (рис. 68).

Повідомлення. **Енергетика біогеоценозу** – це забезпеченість екосистеми енергією

та її використання. Вона включає такі процеси: 1) одержання енергії від двох основних джерел – сонячної радіації (фотосинтез) і реакції окислення неорганічних речовин (хемосинтез); 2) транспортування енергії трофічними рівнями й каналами; 3) використання енергії організмами для продукування біомаси й життєдіяльності. Виділяють декілька видів енергії: *променисту, теплову, хімічну і механічну*. Людська діяльність спричинила появу *антропогенної енергії*, потужність якої щораз зростає.

Запитання для роздумів, самоперевірки

1. Чим визначається екосистема та біогеоценоз?
2. Яка функціональна роль продуцентів, консументів та редуцентів у біогеоценозі?
3. Структурні компоненти екосистеми та біогеоценозу?
4. Екологічна ніша. Її види.
5. Охарактеризуйте параметри, які забезпечують цілісність і функціональну стійкість екосистеми.

Запитання для самостійної роботи

1. Яка роль продуцентів у біогеоценозі?
2. Енергетика екосистеми?
3. Первинна енергія екосистеми.
4. Кругообіг речовини, енергії та інформації в екосистемі?

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Федоряк М.М., Москалик Г.Г. Основи екології: Конспект лекцій. Ч. 1 – Чернівці: Рута, 2006. – 126 с.
2. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. – 316 с.
3. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М: Россия Молодая, 1994. – 367 с.
4. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.

ТЕМА 8

БІОСФЕРА. ЕКОЛОГІЧНІ ЦИКЛИ РЕЧОВИНИ ТА ПОТІК ЕНЕРГІЇ

Мета: з'ясувати властивості та структуру біосфери, її планетарні особливості та екологічне значення.

Питання для опрацювання

1. Біосфера як середовище життя.
2. Жива речовина, її властивості, робота і функції.
3. Ноосфера як сфера гармонійної взаємодії природи та суспільства.
4. Кругообіг води.
5. Кругообіг вуглецю та кисню.

6. Кругообіг азоту.
7. Кругообіг фосфору, кальцію та інших елементів.
8. Кругообіг енергії.

1. Біосфера як середовище життя

Ієрархія екосистем різного рівня завершується біосферою. Термін біосфера з'явився у науковій літературі у 1875 р. Його автором був *Едуард Зюсс*, відомий австрійський геолог, який писав: «...На поверхні материків можна виділити самостійну біосферу...».

Однак Е. Зюсс не дав цьому терміну ніякого пояснення. Біологи на латині такі терміни називають «*poten nudum*» – голе ім'я.

Заслуга ж створення цілісного вчення про біосферу належить Володимирі Івановичу Вернадському — учневі *Василя Васильовича Докучаєва* (1846–1903 рр.). *В.В. Докучаєв* першим виділив ґрунт як самостійне четверте (крім мінералів, рослин і тварин) царство природи і показав, що властивості ґрунту визначаються взаємодією біогенних і абіогенних факторів.

Повідомлення. У 1926 р. в Ленінграді накладом в 2000 примірників вийшло досить скромне видання *В.І. Вернадського* – книга «Біосфера». Ця праця у півтораста сторінок стала найвизначнішою подією в природознавстві ХХ ст.: у ній вперше біосфера була показана як єдина динамічна система, керована життям. *В.І. Вернадський* дає таке визначення біосфери: «*Біосфера є оболонкою життя* – область існування живої речовини, – це те, що нас оточує, та «природа», в якій ми живемо». Біосфера охоплює частину атмосфери до висоти озонового шару (20–25 км), частину літосфери, кору вивітрювання і всю гідросферу. Нижня межа опускається в середньому на 2–3 км на суші й на 1–2 км нижче дна океанів.

Головні компоненти біосфери (*В.І. Вернадський, 1926*):

- живі організми (флора та фауна);
- мінеральні речовини, які включені живою речовиною у біогенний кругообіг (гірська порода, вода, пісок);
- продукти діяльності живої речовини, які тимчасово не беруть участі у біогенному кругообігу (нафта, природний газ, кам'яне вугілля).

Основні типи речовини біосфери (*В.І. Вернадський, 1926*):

- *жива речовина*, представлена організмами різних видів;
- *біогенна речовина* (створена і перероблена живими організмами, наприклад, торф, вугілля, нафта, вапняки);
- *нежива речовина* (косна), в утворенні якої живі організми не брали участі (гірські породи, мінерали, вода);
- *біокосна речовина* (біомінеральна), що утворилася за рахунок взаємодії неживої та живої речовини (основним типом такої речовини є ґрунт);
- *радіоактивна речовина* (сонячна радіація, штучні та природні радіоізотопи – калій-40, радій-226, стронцій-90 та ін.);
- *космічна речовина* (метеорити, космічний пил);
- *розсіяні атоми.*

2. Жива речовина, її властивості, робота і функції

Повідомлення. Центральною ланкою концепції В. Вернадського про біосферу є уявлення про живу речовину, яка, на його думку, є величезною геологічною силою. Діяльність живих організмів і створення різноманіття навколишньої «природи» – біосфери, є гарантією збереження життя на нашій планеті.

Функції живої речовини біосфери:

- **газова**, що здійснюється зеленими рослинами під час фотосинтезу (рослини поглинають CO_2 і виділяють O_2), бактеріями, які відновлюють азот, водень, сірководень тощо. Завдяки газовій функції сформувався сучасний склад атмосфери;

- **енергетична** – проявляється в засвоєнні сонячної енергії рослинами і переданні її трофічними ланцюгами. Рослини створюють 98 % всієї первинної продукції планети, що становить 150–200 млрд т сухої органічної речовини щорічно;

- **концентраційна** – вибіркове накопичення живими організмами елементів навколишнього природного середовища. Щорічно тільки рослинний покрив планети концентрує таку кількість мінеральних елементів, яку можна зіставити з їхніми запасами в літосфері взагалі;

- **окисно-відновна** – проявляється в окисненні речовин за допомогою організмів у ґрунті та гідросфері з утворенням солей, оксидів, а також у відновленні речовин, наприклад сірководню;

- **біохімічна** – ріст, розмноження, розповсюдження живого на планеті;

- **деструктивна** – розклад живого, біологічний кругообіг;

- **конструктивна** – здатна формувати місце помешкання.

Повідомлення. Максимум живої речовини, розподіленої в біосфері вкрай нерівномірно, припадає на приповерхневі ділянки суші та гідросфери, де в основному розвиваються зелені рослини, автотрофні та гетеротрофні організми. Більш як 90 % всієї живої речовини біосфери, утвореної, головним чином, вуглецем, киснем, азотом і воднем, припадає на наземну рослинність (97–98 % біомаси суші). Основне джерело біогеохімічної активності організмів – сонячна енергія, яку використовують у процесі фотосинтезу зелені рослини і деякі фотосинтезуючі бактерії. Завдяки їхній діяльності, близько 2 млрд років тому розпочалося накопичення кисню в атмосфері, пізніше виник озоновий екран – захист від згубної дії ультрафіолету.

Поява кисню в атмосфері – один із найважливіших етапів еволюції біосфери. Живлення, дихання і розмноження організмів та пов'язані з ними процеси створення, накопичення і розпаду органічної речовини забезпечують постійний кругообіг речовини та потік енергії.

З цим кругообігом пов'язана міграція атомів хімічних елементів (перш за все біогенних: С, H_2 , O_2 , N, P, S, Fe, Mg, Mn, Mo, Cu, Zn, Ca, K та інші). В ході біогеохімічних циклів атоми більшості хімічних елементів проходять безмежну кількість разів крізь живу речовину.

До біосфери відносять ті зони Землі, де існують аборигенні угруповання живих організмів. Протяжність біосфери по вертикалі становить в океані всю товщу океанських вод і незначну (від сантиметрів до декількох метрів) донну плівку життя, а на

континентах – тонкий надземний і глибокий підземний шар. Є ще поняття «колишні, минулі біосфери» – оболонки Землі, в яких колись існувало життя (рис. 69).

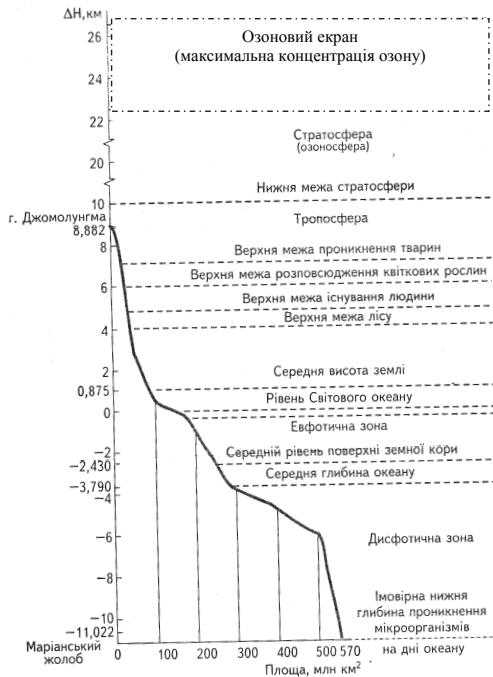


Рис. 69. Розподіл організмів у біосфері (М.М. Мусієнко, 2006).

Характерною особливістю біосфери є *мозаїчність* її будови, як екосистеми глобального масштабу.

Отже, *біосфера Землі* – це глобальна відкрита система, склад, структура і енергетика якої зумовлені сукупною діяльністю живих організмів.

3. Ноосфера як сфера гармонійної взаємодії природи та суспільства

Повідомлення. Термін ноосфера запропонував французький філософ *Е. Ларуа*, а природознавець *П. Тейяр де Шарден* та *В.І. Вернадський* наповнили його змістом. Особливозначний внесок у вчення про ноосферу зробив *В.І. Вернадський* у своїх працях «Деякі слова про ноосферу» (1944) і в записках, що були незавершені й надруковані вже після його смерті: «Научная мысль как планетарное явление» (1991).

Ноосфера (грец. *noos* – розум) – це сфера гармонійної взаємодії природи і суспільства, у межах якої розумна діяльність стає головним, вирішальним фактором розвитку біосферних процесів.

Вчення Вернадського про ноосферу включає чотири основні положення:

- ноосфера – історично останній стан геологічної оболонки біосфери, що перетворюється діяльністю людини;
- ноосфера – сфера розуму і праці;
- зміни біосфери зумовлені як свідомою, так і підсвідомою діяльністю людини;
- розвиток ноосфери пов'язаний з розвитком соціально-економічних факторів.

Сфери у межах ноосфери:

- *антропосферу* – сукупність людей як організмів;
- *техносферу* – сукупність штучних об'єктів антропогенної діяльності та природних об'єктів, змінених цією діяльністю;
- *соціосферу* – сфера суспільної виробничої діяльності, охопленої людською працею (обмін речовин і суспільні відносини).

Повідомлення. Нині, коли людина опановує космічний простір, спускається в батискафах на дно моря де може перебувати місяцями, вирощує рослини на штучних середовищах, нам часом здається, що ми самі можемо створювати для себе оптимальні умови існування, навіть контролювати біосферу. Цю хибну думку наглядно спростовує експеримент під назвою «Біосфера-2».

26 вересня 1991р. у пустельному районі американського штату Арізона, неподалік від містечка Оракл восьмеро дослідників (чотири чоловіки та чотири жінки) увійшли під герметичне склепіння приміщення схожого на гігантську оранжерею площею 2,5 га, де вони мали провести в повній ізоляції від навколишнього середовища два роки. У приміщеннях було створено п'ять поєднаних між собою біотопів: вологий тропічний ліс, савана, пустеля, болото й море. Було переселено 3800 представників фауни і флори, які можуть приносити користь людям. У біосферу-2 була включена і техносфера, що мала житлові і робочі приміщення, спортзал, город, ферму й технічне устаткування.

Так розпочався експеримент, що дістав назву «Біосфера-2» (назву «Біосфера-1» автори проекту Дж. Аллен, М. Огастін та інші дали нашій планеті).

Впродовж семи років тривало проектування й будівництво комплексу, вартість якого перевищила 100 млн доларів. Мета експерименту – створити зменшену копію земної біосфери, гармонійно поєднаної з техносферою. Ця міні-біосфера мала функціонувати на основі самозабезпечення, бути абсолютно незалежною та ізольованою від «Біосфери-1» (зовні надходила лише сонячна енергія та інформація), а головне – повністю керуватися людьми. В майбутньому модель подібної штучної біосфери, на думку авторів, могла б використовуватися для створення колоній людей на Місяці, Марсі та у відкритому Космосі. Таким чином автори проекту поставили за мету створити замкнену систему життєзабезпечення з штучно підтримуваним гомеостазом, тобто здійснити, хоч і в невеликих масштабах, мрію *В.І. Вернадського* про керовану людським розумом біосферу (ноосферу).

Експеримент закінчився невдало – менш ніж через півроку його довелося припинити. Бажаної керованості процесів і збалансованості техносфери й «Біосфери-2» досягти не вдалося. Основні параметри системи вийшли з-під

контролю й стали загрожувати здоров'ю дослідників. Відбулися непередбачені зміни в складі угруповань мікроорганізмів, що населяли штучні біоти «Біосфера-2», а головне – швидко збільшився вміст вуглекислого газу в повітрі. Коли він досяг небезпечного для здоров'я людей рівня, й ніякими заходами повернути атмосферу до оптимального стану не вдалося, експеримент було припинено.

Крах проекту «Біосфера-2» ще раз підтвердив справедливий принцип, сформульованого американським математиком *Джоном фон Нейманом*: «Організація системи нижче певного мінімального рівня призводить до погіршення її якості». Повна збалансованість усіх процесів, кругообіг речовини і енергії, гомеостаз біосфери можливі лише в масштабах Землі, де ці процеси відпрацьовувалися природою протягом мільйонів років. І ніякі комп'ютери не можуть керувати системою, складність якої набагато вища за їх власну.

Отже експеримент, покликаний змоделювати ноосферу (розумний контроль за біосферою) довів абсолютно протилежні речі. Людина не лише не змогла керувати штучною біосферою, але й не була здатна адекватно підійти до процесу її створення: затримка певної частини сонячного спектру склом, підвищена інтенсивність електромагнітного випромінювання від комп'ютерів та інших приладів, штучність поєднання видів не могли відповідним чином позначилися на якості постановки експерименту.

Отже, впродовж мільярдів років мікроорганізми, тварини та рослини своєю діяльністю за життя та біомасою після смерті, створювали та вдосконалювали біосферу, перш ніж з'явилась людина, котра через кілька сотень тисяч років стала руйнувати її своєю нерозумною діяльністю. Ноосферу слід сприймати як символ віри, як ідеал розумного людського впливу на біосферні процеси.

4. Кругообіг води

Циркуляція води між Світовим океаном та сушею – найважливіша ланка для підтримання життя організмів, основна умова взаємодії їх із неживою матерією. На базі кругообігу води з розчиненими в ній мінеральними речовинами закономірно виникла жива речовина, а з нею – *біологічний кругообіг*.

Це – неперервний планетарний процес закономірного циклічного, нерівномірного в часі й просторі перерозподілу речовини, енергії та інформації, які багатократно входять у постійно обновлювані екосистеми біосфери.

Повідомлення. Біологічний кругообіг – це циркуляція по колу речовин між ґрунтом, рослинами, тваринами і мікроорганізмами, в основі якої лежить поглинання мінеральних речовин, включення їх до складу рослинних організмів, від них через трофічні ланцюги – в гетеротрофні організми і далі через ланку редуцентів – повернення їх знову в атмосферу або ґрунт.

Ґрунтовий покрив і Світовий океан виконують функцію планетних збирачів різноманітних відходів. У ґрунті й океані завершується руйнування багатьох органічних та органо-мінеральних сполук, вони є своєрідними очисниками планети від багатьох забруднювачів. Частина речовини на певний час може вибувати із кругообігу (відкладатись на дні водойм, випадати в глибини земної

кори), проте через певний час тектонічні та геологічні процеси знову повертають їх у кругообіг.

Отже, екосистеми, насамперед рослинні угруповання, виконують у біосфері найважливіші функції, що забезпечують саме існування життя.

Перша з них – *неперервний процес біологічного нагромадження, трансформації та перерозподілу енергії, що надходить від Сонця на Землю за рахунок фотосинтезу.*

Друга – *підтримування на планеті загальносвітowego кругообігу хімічних елементів, зокрема біофілів: вуглецю, кисню, водню, азоту, фосфору, сірки, кальцію, магнію, калію, міді, цинку, кобальту, йоду та інших.*

Ці функції здійснюються завдяки діяльності фотосинтетичної системи шляхом створення рослинної органічної речовини, яка використовується травоядними організмами. Тваринну біомасу останніх використовують різноманітні ланки трофічних ланцюгів – паразити, хижаки, некрофаги, ґрунтова мікрофлора та мікроорганізми.

5. Кругообіг вуглецю та кисню

Основний шлях кругообігу вуглецю – з діоксиду вуглецю (CO_2) атмосфери в живу речовину і назад – в діоксид вуглецю (рис. 70). Швидкість кругообігу вуглецю в його біогеохімічному циклі досить значна і наближається до руху енергії крізь екосистему. Це пояснюється тим, що майже на 50 % органічна речовина складається з вуглецю. Відновлена форма вуглецю, у якій він поширений в усіх органічних сполуках, є основним носієм енергії у трофічних ланцюгах.

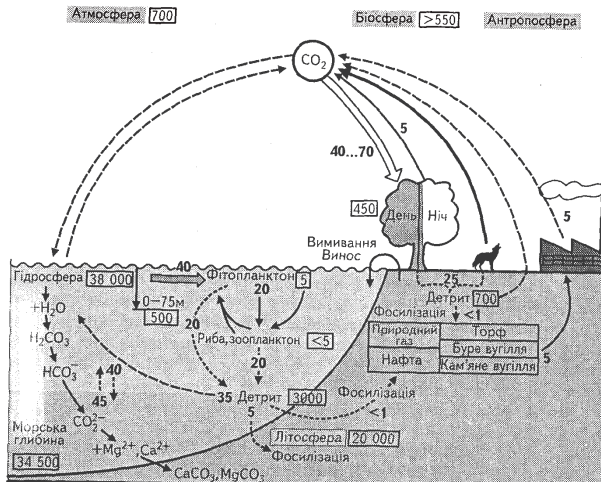


Рис. 70. Цикл вуглецю в біосфері (М.М. Мусяєнко, 2006).

Повідомлення. Сумарна кількість вуглекислого газу в атмосфері планети становить близько $2,3 \times 10^{12}$ т. Щорічно близько 10 % вуглекислого газу атмосфери залучається в фотосинтетичне засвоєння рослинами. Значну кількість вуглекислого газу містить жива речовина біосфери (близько $1,5 \times 10^{12}$ т).

Без розкладу органічної речовини гетеротрофними організмами, без процесів постійного його поповнення, зокрема за рахунок дихання, його запаси були б вичерпані рослинами вже за 20 років. Водночас щорічна продукція кисню становить 10^{11} т. У газовій оболонці Землі 1 трильйон 200 млрд т кисню. Виділення його в процесі фотосинтезу, з одного боку, та його використання для дихання та бродіння, з іншого (враховуючи абіогенне розщеплення H_2O і CO_2 ультрафіолетовими променями), сформували впродовж майже 3 млрд років рівновагу в атмосфері щодо співвідношення між вуглекислим газом і киснем, за якої приблизно 21 % становить кисень і 0,03 % – CO_2 . Кисневий цикл у природі найтісніше взаємопов'язаний з вуглецевим.

Сучасний пул кисню атмосфери та неорганічних окиснених продуктів (оксиди заліза, сульфати тощо) переважно біогенного походження. Збагачення атмосфери на кисень дало змогу еволюційному розвитку окисдатовного дихального метаболізму, як механізму контролю за окисненням відновлених у ході фотосинтезу сполук, що супроводжується вивільненням енергії.

Повідомлення. Фотосинтетичний процес щорічно використовує близько $2,3 \times 10^{11}$ т води. Якщо запаси води на планеті становлять приблизно $1,5 \times 10^{18}$ т, можна підрахувати, що за останні 400 млн років відтоді, як з'явилися наземні рослини, весь водний запас був розкладений та регенований близько 60 разів.

Щорічна глобальна фотосинтетична первинна продукція органічної речовини становлять приблизно 2×10^{11} т. Фіксований в біомасі вуглець у значних кількостях використовується тваринними організмами, які, в свою чергу, під час дихання виділяють його у вигляді CO_2 . Рештки відмерлих організмів розкладаються мікроорганізмами, внаслідок чого вуглець мертвої органічної речовини окиснюється до CO_2 і знову надходить в атмосферу (рис. 71).

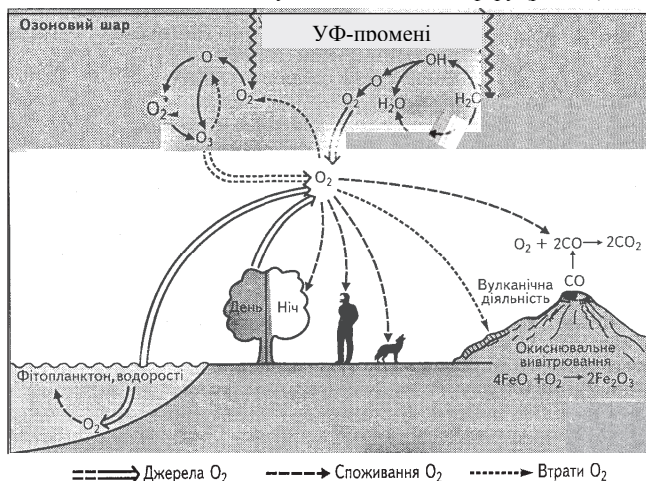


Рис. 71. Цикл кисню в біосфері (М.М. Мусієнко, 2006).

Завдяки сучасним технологіям, викопний вуглець фотосинтезів минулих епох також знову потрапляє в атмосферу. Це становить приблизно сьому частину асимільованого рослинами CO_2 . Підраховано, що зелені рослини щорічно використовують із атмосфери близько 300 млрд т CO_2 (100 млрд т вуглецю), що збігається з сумарним надходженням його в атмосферу з різних джерел – процесів дихання, викидів промислових підприємств, транспорту тощо. Світовий океан, із гігантськими запасами карбонатів, виконує функцію буфера і є стабілізуючим фактором щодо зміни вмісту вуглекислого газу в атмосфері. Між сушею та Світовим океаном відбувається постійна міграція вуглецю. Вуглекислий газ атмосфери та гідросфери обмінюється й оновлюється живими організмами за 395 років.

6. Кругообіг азоту

Азот – це основний за масою та об'ємом (78,08 %) газ атмосфери. Загальна кількість азоту в атмосфері – $3,8 \times 10^{15}$ т, тоді як у водах Світового океану – $2,0 \times 10^{13}$ т. У водах Світового океану його розчинено приблизно 13 мг/л, у літосфері – 1×10^{-1} %. Важко уявити, щоб природа була такою нерозумною, створивши для баласту величезну масу азоту в атмосфері.

Повідомлення. В житті живої матерії азоту належить провідна роль, його вміст в білках становить до 19 %. Він відомий в земній корі у вигляді йонів NO_3^- і NH_4^+ . Солі азотної кислоти у вигляді мінералів трапляються рідко, найчастіше у формі нітратів калію і натрію (селітри Чилі, Єгипту, Сахари, Індії), бо вони легко розчиняються у воді. Амоній (NH_4^+) входить до складу нашатиру (NH_4Cl) в бурому вугіллі та галунах.

Відомо, що азот бере участь у фотосинтезі, синтезі білка, нуклеїнових кислот, а тому без азоту життя також неможливе. Основними засвоєваними формами азоту є обидва йони, хоча оптимальне співвідношення нітратних і аміачних форм для рослини ще не з'ясоване. Найсприятливішою для рослин є нітратна форма азоту. Реакція середовища не впливає на засвоєння нітратів, тоді як кисле рН пригнічує засвоєння аміачної форми азоту.

Поки що залишається неоціненою роль атмосферного азоту ні в процесах вивітрювання гірських порід, ні в утворенні ґрунту, ні в поживному балансі рослин.

Базуючись на доцільності, закладеній у природі, має існувати й інше джерело азотного живлення в системі «атмосфера-біосфера». Відомо, що при грозових розрядах повітря іонізується з утворенням активних йонів азоту. На земній кулі за годину відбувається до 3000 гроз із загальною кількістю блискавок приблизно 100 тис. У грозовій хмарі переміщується в середньому близько 100 тис. т води.

Розряд блискавок створює напругу електричного поля атмосфери, виникають високі температури, що призводить до іонізації газів. У результаті цього виникають азотна і азотисті кислоти, які зв'язуються атмосферним пилом, вбирають вологу і випадають на Землю. Значення азотної кислоти в житті біосфери дуже важливе.

У весняно-літній період, коли інтенсивно розвиваються рослини, а також у період активного розвитку життєвих процесів біосфери спостерігаються і грози, а отже, посилений синтез азотистих речовин в атмосфері. У літньо-осінній період, при спаді активності біологічних процесів, гроз менше, а отже, і синтез азотистих сполук сповільнюється. Процеси ці взаємопов'язані і відображають загальний хід розвитку природи.

Азотна кислота – сильна мінеральна кислота, здатна розчиняти практично всі мінеральні сполуки літосфери. У результаті цього із недоступного стану зольні елементи стають доступними для живлення рослин, зокрема основні з них – фосфор, калій та кальцій. Без участі людини грозові дощі здатні забезпечити і азотне, і фосфорне, і калійне та кальцієве живлення рослин. В цьому і є одна з найважливіших функцій азотної кислоти в системі атмосфера–літосфера–біосфера.

Неродючих земель немає, є ґрунти, що не підходять тому чи іншому ценозу. Зміна природних ценозів в єдиній географічній зоні визначається поширенням мінерально-геохімічних асоціацій материнської породи ґрунтів. Внесення органічних добрив – це повернення вивезеного з врожаєм. Внесення ж мінеральних добрив є втручанням у природні багатотрофічні взаємозв'язки, воно може бути лише науково обґрунтованим, а в усіх інших випадках може спричинити незворотні процеси руйнування природи.

Величезна кількість вільного азоту (N_2) не може безпосередньо використовуватися рослиною. Цей азот здатні асимілювати лише так звані азотавтотрофічні організми в процесі *біологічної азотфіксації*, що є найголовнішою в його кругообігу.

Азотфіксація здійснюється як вільноживучими азотфіксуючими бактеріями, наприклад гетеротрофами (*Azotobacter*, *Clostridium*), фотоавтотрофами (*Chromatium*, *Chlorobium*, *Rhodospirillum*), ціанобактеріями (*Nostoc*, *Anabaend*), так і симбіотичними азотфіксаторами, наприклад бульбочкові бактерії роду *Rhizobium*, які існують у симбіозі з вищими рослинами.

В біосфері річна фіксація азоту складає 175×10^6 т. В основному це біологічна фіксація, і порівняно незначна кількість його фіксується в результаті електричних розрядів і фотохімічних процесів.

Усі інші організми є азотгетеротрофними, тобто повністю залежать від наявності азотовмісних сполук, переважно білкової природи. Вони впливають на цикл азоту лише після асиміляції його в склад своїх клітин. Якщо азот у рослину надходить у вигляді NO_3 , він відновлюється до амонію, бо в клітинах він перебуває в максимально відновленій амонійній формі.

Маса азоту, зв'язаного в біомасі суші, становить 14 020 млн т, інших зольних елементів – 34 062 млн т. Вся рослинність суші щорічно включає в кругообіг 2562 млн т азоту і 2762 млн т зольних елементів. У біомасі фітопланктону Світового океану цих елементів у тисячі разів менше, проте завдяки багатократному відтворенню фітопланктонних організмів, крізь них щорічно проходить 2762 млн т азоту і 12 274 млн т зольних елементів. У результаті життєдіяльності та відмирання організмів у ґрунт і воду потрапляє багато азотовмісних органічних речовин, які мінералізуються і можуть знову використовуватися рослинами та мікроорганізмами.

Мінералізація органічного азоту відбувається шляхом амоніфікації та нітрифікації.

Амоніфікація – розклад мікроорганізмами азотовмісних органічних сполук (білків, сечовини) з утворенням вільного аміаку.

Це один із основних етапів кругообігу азоту в природі, який збагачує ґрунт формами азоту, доступними для засвоєння рослинами.

Утворений при амоніфікації аміак, як і той, що синтезується під час азотфіксації, частково окиснюється нітрифікуючими бактеріями до нітратів і нітритів у процесі *нітрифікації*. Це мікробіологічний процес перетворення в ґрунті й воді відновлених сполук азоту з органічної речовини в окиснені неорганічні, тобто амонійних солей й аміаку в нітрати – основну форму азотного живлення рослин. Такі вкрай екзергонічні реакції в дві стадії здійснюють бактерії-

нітрифікатори (*Nitrozomonas*, *Nitrobakter*). Вони використовують енергію окиснення амонію або нітритів для асиміляції вуглекислоти та інших ендергонічних процесів. Обидва роди бактерій існують у добре аерованих ґрунтах. Отже, фотоавтотрофні рослини, гетеротрофні організми та нітрифікуючі бактерії формують цикл азоту.

Названі етапи цикл азоту не замикають, бо поєднані ще з однією важливою ланкою кругообігу – денітрифікацією.

Денітрифікація – це зворотний процес відновлення мікроорганізмами-денітрифікаторами (*Pseudomonas*, *Paracoccus*, *Bacillus*, *Thiobacillus*) окиснених сполук азоту (нітритів, нітратів ґрунту) до молекулярного азоту.

Денітрифікуючі бактерії за відсутності кисню використовують нітрити та нітрати як кінцеві акцептори електронів (анаеробне нітратне дихання). В процесі денітрифікації зв'язаний азот видаляється з ґрунту і води із вивільненням газоподібного N_2 в атмосферу. Денітрифікація замикає цикл азоту в біосфері (рис. 72).

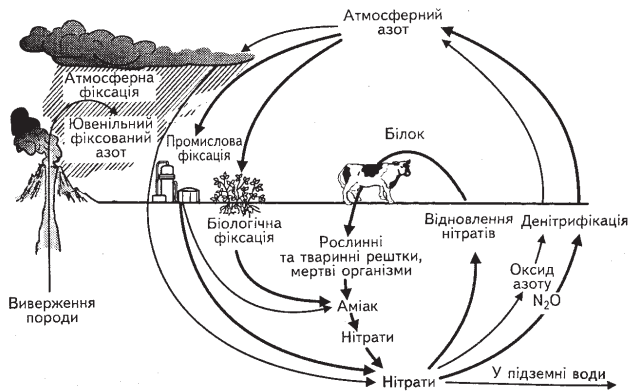


Рис. 72. Цикл азоту в біосфері (М.М. Мусяк, 2006).

У процесі кругообігу азот набуває різних форм валентності (від -3 в аміаку до +5 в нітратах), завдяки чому бере участь у багатьох реакціях окиснення-відновлення. Так, в органічних сполуках, які входять до складу живих організмів, азот перебуває у відновленому стані (валентність його -3), в атмосфері й гідросфері може мати електронейтральну або позитивну валентність. Цикл азоту, синхронізований та збалансований з кругообігом вуглецю, став одним із найважливіших факторів формування на Землі чистого екологічного середовища.

Важливим також для загальної збалансованості кругообігу вуглецю і чистого екологічного середовища є активне, зрівноважене залучення в кругообіг життя таких елементів, як фосфор, сірка, калій та інші.

7. Кругообіг фосфору, кальцію та інших елементів

Фосфор належить до головних органічних елементів, який живі організми вживають у достатньо великій кількості (приблизно 0,1 необхідної кількості азоту). Він входить до складу нуклеїнових

кислот, складних білків, клітинних мембран, кісткової тканини і дентину, є основою біоенергетичних процесів.

Повідомлення. У наземних біогеоценозах відбувається активний кругообіг фосфору в системі ґрунт–рослина–тварина–ґрунт. Рослини асимілюють фосфор у вигляді фосфат-іона (PO_4^{3-}) безпосередньо із ґрунту і води. Утворені залишки органічного фосфору, одержаного з їжею, виносяться з організму із сечовиною у вигляді фосфатів. Одночасно деякі групи бактерій перетворюють наявний у детриті фосфор у фосфат. Зрозуміло, що в кругообігу фосфору в біогеоценозі беруть участь лише ґрунт і вода (рис. 73).

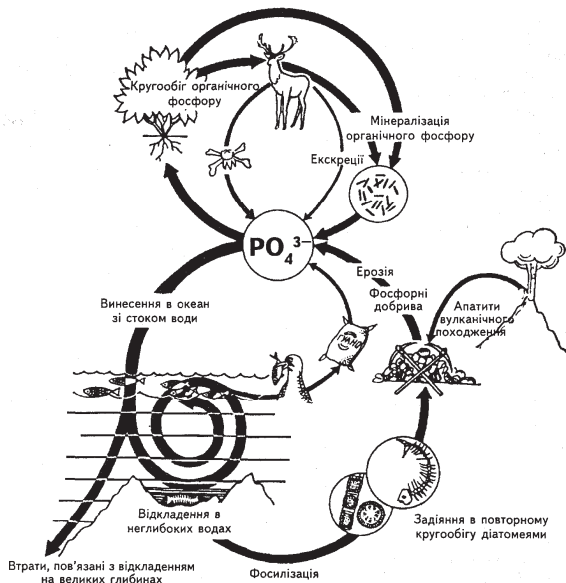


Рис. 73. Кругообіг фосфору у біосфері (В.П. Кучерявий, 2001).

У зв'язку з тим що мінеральні сполуки фосфору розчиняються дуже швидко, а тому майже недоступні рослинам, останні використовують легкодоступні форми фосфору, які утворюються із органічних решток рослин і тварин. На доступність фосфору для рослин впливає чимало факторів середовища. Наприклад, у лужному середовищі фосфат-іони легко з'єднуються з натрієм або кальцієм, утворюючи нерозчинні сполуки. У кислому ж середовищі фосфат перетворюється в добре розчинну фосфорну кислоту.

У сільськогосподарській практиці надто кислі ґрунти нейтралізують додаючи вапно (CaCO_3), щоб підвищити доступність фосфору для рослин. У процесі розкладання трупів тварин, які при житті асимілювали рослинний фосфор бактеріями, фосфати повертаються в ґрунт і знову використовуються рослинами.

Кругообіг сірки. Традиційні моделі кругообігу сірки свідчать, що близько 50 % сірки з'являється в атмосфері за рахунок її біологічних перетворень наземними і водними екосистемами.
Повідомлення. Внаслідок мікробіологічних процесів у цих природних

екосистемах сірка вивітряється у вигляді сірководню. Основні ланки класичного кругообігу сірки зображено на рисунку 74.

Повідомлення. Відомо, що мікроорганізми продукують сірководень в основному двома шляхами: відновленням сульфатів і розкладом органічної речовини. *Desulfovibrio* і близькі їй бактерії – відновлювачі сульфатів – частково заселяють болота та погано дреновані землі. Вони й використовують сульфати як кінцевий акцептор (приймач) електронів. Друга група мікроорганізмів надзвичайно численна і різноманітна, включає аероби, анаероби, термофіли, психрофіли та гриби-актиноміцети, бактерії, які розкладають органічні сполуки і вивільнюють сірководень.

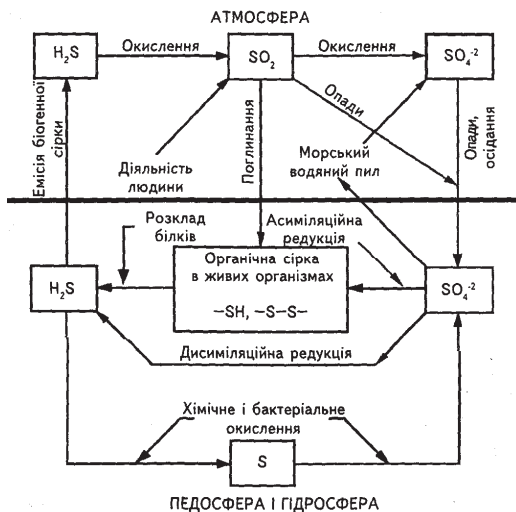


Рис. 74. Шляхи переносу сірки в біосфері (В.П. Кучерявий, 2001).

Рослини поглинають сірку у вигляді розчину сульфатів, включаючи її в білки. Подальший розклад тварин і рослин і виділення тварин призводить до вивільнення сірчастого газу і повернення сульфатів у ґрунт або воду. У кругообігу сірки головну роль, як зазначено вище, відіграють два види спеціалізованих бактерій, один із яких перетворює певну частину сірководню в сульфати, а інший вивільнює сірководень із сульфатів.

На біогеоценози, особливо лісові, все більше впливає промислове забруднене повітря. Як свідчать спостереження за ростом сосен, які ростуть неподалік Новояворівського сірчаного комбінату поблизу Львова, на початку виплавлення сірки його викиди (в основному SO_2) навіть сприяли швидшому росту молодих дерев, а згодом – через 10–15 років – з'явилися ознаки сповільнення росту і дефоліації крон.

Дослідники звернули увагу, що SO_2 впливає на рослини, зокрема на процес фотосинтезу, більше, ніж будь-який інший забруднювач повітря. Історія цих досліджень сягає 1937 р., коли було повідомлено, про короткотривалу фумігацію високими концентраціями SO_2 у дозі 655 мкг/м^3 . Польські екологи Т. Латинський

і Г. Юрковська повідомляють, що ознаки отруєння рослин сіркою спостерігаються при вмісті SO_2 в повітрі $0,5 \text{ мг/м}^3$.

Кругообіг кальцію, калію, натрію і магнію. Калій, кальцій, натрій і магній не зв'язані з органічними сполуками хімічно, хоча вони містяться у великих кількостях у клітинних і позаклітинних рідинах у вигляді заряджених іонів, які називають *катіонами*. Кругообіг катіонів у біогеоценозах слабо пов'язаний із асиміляцією і вивільненням енергії, але відіграє важливу роль у функціонуванні рослин.

В лісовому біогеоценозі, який являє собою відкриту систему, мінеральні речовини надходять у систему із атмосферними опадами, приносяться вітром у вигляді пилу і органічних решток, а також вносяться в неї внаслідок вивітрювання підстилаючої материнської породи (рис. 75).

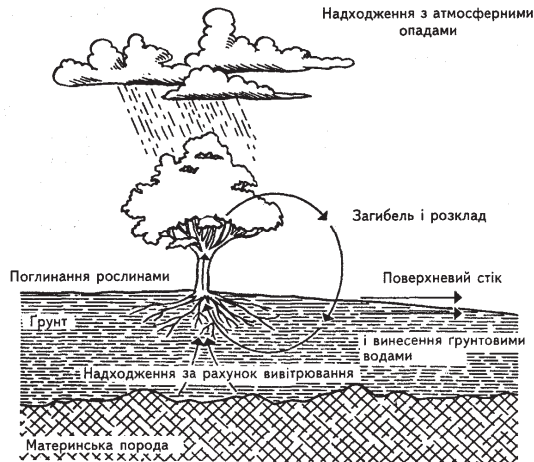


Рис. 75. Загальна схема кругообігу катіонів у наземній екосистемі. Якщо система перебуває в стаціонарному стані, то втрати катіонів внаслідок поверхневого стоку і просочування в ґрунтові води врівноважується надходженням їх з атмосферними опадами внаслідок вивітрювання материнської породи (В.П. Кучерявий, 2001).

Найбільше винесення із біогеоценозу зафіксоване для кальцію та натрію.

Кругообіг кальцію. Багато материнських порід містять кальцій, який у розчиненому вигляді надходить до рослин за допомогою коріння. Тварини його одержують під час водопою чи їди, згодом кальцій повертається до ґрунту при розкладі мертвих організмів. Кальцій входить до складу скелетів і раковин у вигляді карбонату

кальцію. Після смерті тварин раковини (панцирі) нагромаджуються на дні ставків, озер і морів і врешті-решт перетворюються на материнську породу. Далі поверхневі та ґрунтові води розчиняють сполуки кальцію в материнській породі, і цикл повторюється. Вивільнення кальцію із материнської породи тісно пов'язане із вивільненням вуглецю, оскільки кальцій звичайно трапляється у вигляді карбонату кальцію (рис. 76).

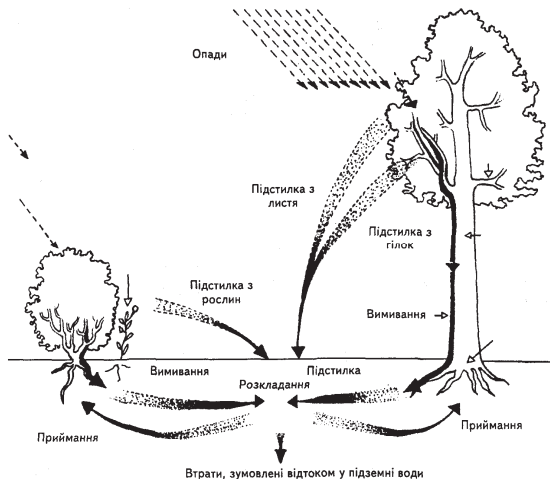


Рис. 76. **Кругообіг кальцію у сосновому лісі**
(В.П. Кучерявий, 2001).

Кругообіг калію. Початок біологічного кругообігу калію дають рослинні організми, які беруть участь у процесах фотосинтезу. Калій впливає на обмін вуглеводів азотистих і фосфорних сполук, значною мірою визначає осмотичний тиск клітин.

Повідомлення. Калій концентрується в плодах і насінні, в тканинах і органах рослин, які інтенсивно ростуть. У зв'язку з тим що калій міститься в живих організмах в іонній формі і майже не утворює сполук з органічними речовинами, його біогенна міграція дуже велика. В процесі відмирання організмів ці елементи швидко повертаються в середовище, знову активно втягуються в кругообіг біогеоценозу.

Кругообіг магнію. Магній є одним із найпоширеніших елементів в організмах рослин і тварин. У землі магній присутній головним чином у мінералах, таких, як олівін, авгіт, біотин, серпентин, тальк, доломіт, магнезит та ін. Певна кількість магнію налічується в живих організмах та органічних рештках рослин і тварин. Кількість цього елемента в органічній матерії є невелика і здебільшого не перевищує 1 % загальної кількості ґрунтового магнію.

Повідомлення. Рослини одержують магній у формі іона Mg^{2+} . Кількість взятого магнію залежить від віку і частини рослини. Питома вага магнію в рослинах найчастіше коливається у межах 0,1–1,0% MgO у сухій масі, деколи ж

буває нижчою або вищою. Відносно невелика кількість магнію міститься в зернових, а частина – в просапних (буряки) і бобових.

Кореневою системою магній надходить до рослини і переміщується до надземної її частини. В разі нормального забезпечення рослин магнієм його переміщення від старого до молодого листа невелике. Коли ж у ґрунті не вистачає магнію, відбувається його помітний перехід із старих листків до молодих. Тому магнієвий мінімум найчастіше трапляється в старому листі. Рухомість магнію значно вища, ніж кальцію. В період формування насіння частина магнію переміщується з вегетативних до генеративних органів і там нагромаджується, про що свідчить наприклад, насіння зернових, в яких магнію у 2–3 рази більше, ніж у стеблі.

Важкі метали – це кольорові метали з щільністю більшою, ніж у заліза (7874 кг/м^3), – Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sn, Bi, Hg. Індустріалізація, яка вивела ці елементи із природного геологічного кругообігу, включила їх у вигляді промислових викидів у біохімічні кругообіги лісових біогеоценозів, які перетворилися у важливий механізм поглинання домішок повітря.

Повідомлення. Компоненти лісових та інших наземних біогеоценозів, які поглинають домішки із атмосфери і акумулюють, транспортують і переносять їх, називають «поглиначами». Основними поглиначами домішок, які надходять у лісові біогеоценози, є передусім ґрунт і рослини.

Тверді частинки потрапляють із атмосфери в лісові ґрунти шляхом безпосереднього осідання у вигляді так званих сухих випадів або ж метеорологічних опадів, а також опосередковано з листяним або ж гілковим відпадом, що створює сприятливі умови для акумуляції в них важких металів. Деколи, потрапляючи в повітря і залишаючись у зваженому стані, вони переміщуються вітровими потоками на тисячу і більше кілометрів від місця викиду. Існують достатні обґрунтування, які дають змогу вважати, що лісові ґрунти можуть служити кінцевим або тимчасовим сховищем важких металів, які входять до складу цих частинок. Відомо, що ґрунти, особливо їх глинисті й органічні колоїдні компоненти, служать чудовим сорбентом важких металів.

Аналізуючи шляхи і дію викидів свинцю, вчені роблять узагальнений висновок про те, що коли важкий метал типу свинцю потрапляє в ґрунт, він може (рис. 77):

- 1 – абсорбуватися обмінною поверхнею ґрунтових частинок;
- 2 – осідати в незміненому вигляді;
- 3 – вимиватися в нижні шари ґрунтового профілю;
- 4 – виноситися в атмосферу;
- 5 – трансформуватися ґрунтовою фауною або мікроорганізмами в процесі їхнього метаболізму;
- 6 – поглинатися корінням рослин.

Поверхня рослин виконує головну фільтраційну функцію, забезпечуючи взаємодію із атмосферою і відіграючи важливу роль у перенесенні поллютантів із атмосфери в біогеоценози. Перехоплення і утримання атмосферних частинок рослинами відбувається найрізноманітнішими способами і в основному залежить від:

- а) розміру, форми, вологості і температури поверхні частинок;
- б) розміру, форми, вологості і температури поверхні органу рослини, який вловлює певні часточки;
- в) мікро- і макрокліматичних умов, в яких знаходяться рослини.

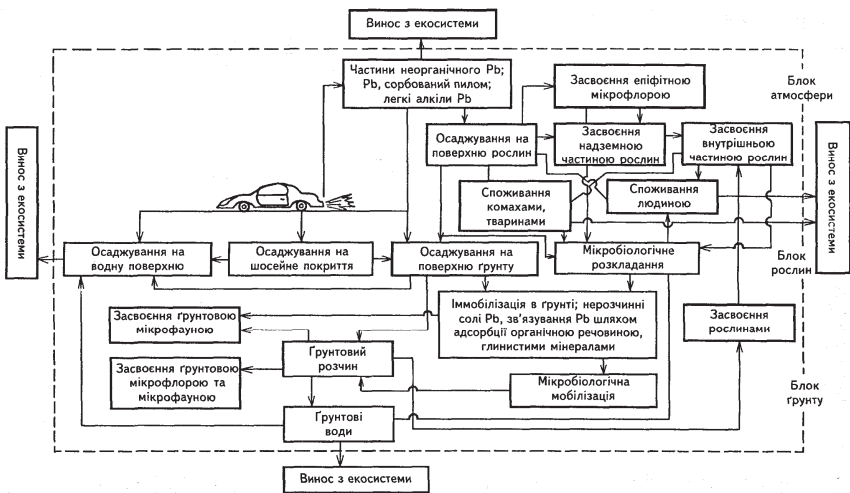


Рис.77. Потенційний розподіл і шляхи переносу свинцю в екосистемі біля узбіччя автомагістралі (В.П. Кучерявий, 2001).

8. Кругообіг енергії

Рушійною силою функціонування всіх живих систем є енергія, що характеризує їхню здатність виконувати роботу. Енергія виступає загальною мірою руху і взаємодії усіх видів матерії. Потік енергії відбувається за законами термодинаміки.

Майже всі форми життя на Землі одержують необхідну їм енергію прямо або опосередковано від Сонця (рис. 78).

Повідомлення. Із загальної річної кількості сонячної енергії на земну поверхню падає близько 21×10^{23} кДж, із них на ділянки суші та водойми з відповідною рослинністю припадає близько 40 %, або $8,4 \times 10^{23}$ кДж. Із урахуванням усіх втрат даної енергії, а також енергетичного виходу фотосинтезу (не більше 2 %), загальна кількість енергії, що запасється в продуктах фотосинтезу, становить близько $20,9 \times 10^{23}$ кДж.

Із урахуванням витрат на дихання (від 30 до 40 %), рослинні організми планети перетворюють в цілому (на дихання і створення чистої продукції) щорічно близько $4,2 \times 10^{18}$ кДж сонячної енергії.

Живі системи активно включаються в потік енергії на планеті. Найскладніший шлях сонячної енергії – крізь живу речовину, де їй доводиться виступати в формі хімічних реакцій та біологічних процесів. Необоротна конверсія негативної ентропії (яка дорівнює вільній енергії) в позитивну, відповідно до другого закону термодинаміки, є рушійною силою життя. Зелені автотрофні рослини за допомогою сонячних променів у процесі фотосинтезу перетворюють прості неорганічні сполуки – вуглекислий газ, воду та мінеральні солі в складні органічні сполуки своїх клітин і тканин. Вільна енергія (тобто та, що використовується на корисну роботу) запасється в хімічних зв'язках молекул.

У простих молекулах частка вільної енергії мінімальна. В складних органічних молекулах вуглеводів, білків і жирів вона на декілька порядків більша.

Крім того, під час фотосинтезу і дихання утворюється АТФ і деякі інші молекули з високоенергетичними зв'язками. Вільна енергія, що запасається рослинними організмами в продуктах фотосинтезу, є енергетичною базою для всіх живих консументів, у тому числі й людини. Живі системи, що функціонують як відкриті системи для речовини й енергії, можуть уникнути встановлення термодинамічної рівноваги лише за постійної деградації негативної ентропії. Кванти світла, що постійно надходять від Сонця і вловлюються рослинним організмом, це єдине природне джерело негативної ентропії, доступне біосфері. Та рано чи пізно, пройшовши різноманітні перетворення, сонячна енергія, що надійшла на Землю, знову повертається в світовий простір у вигляді тепла.

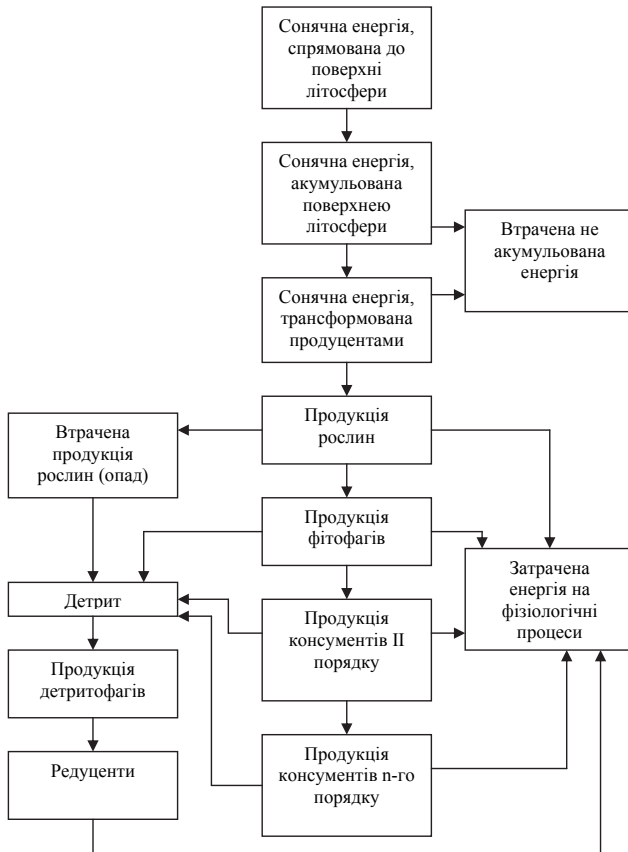


Рис. 78. Цикл енергії в наземній екосистемі.

Отже, рослинний покрив зв'язує фотосинтетично активну радіацію сонячної енергії, стабілізує та перерозподіляє її серед різноманітних видів живого, забезпечує синтез вуглеводів, білків та інших органічних сполук, підтримує екологічну рівновагу на планеті.

Запитання для роздумів, самоперевірки

1. Що є рушійною силою біогеохімічного кругообігу основних хімічних елементів у природі?
2. З чого складається баланс води на планеті та як здійснюється її кругообіг?
3. Поясніть значення рослин у кругообігу CO_2 і O_2 ?
4. Як здійснюється цикл азоту в біосфері?
5. Охарактеризуйте потік та трансформацію енергії на планеті Земля.
6. Назвіть основні типи речовини за В.І. Вернадським.
7. У чому полягає функція рослинних організмів в еволюції біосфери?
7. Чим визначаються та де пролягають межі біосфери?
8. З яких основних типів речовин складається біосфера?
9. Які основні властивості біосфери Вам відомі?
10. опишіть властивості живої речовини.
11. Наведіть основні функції живої речовини.
12. Чи, на Вашу думку, існують передумови переходу біосфери в ноосферу?
13. Чому не вдался експеримент "Біосфера-2"?

Запитання для самостійної роботи

1. Життя і науковий доробок В.І. Вернадського.
2. Яку з відомих гіпотез виникнення життя на землі Ви вважаєте найбільш ймовірною?
3. Як відбувається кругообіг речовин та потік енергії в біосфері?
4. Порівняйте біологічний (малий) та геологічний (великий) кругообіги.

Рекомендовані додаткові літературні джерела до теми:

1. Вернадский В.И. Биосфера. – М.: Наука, 1977. – 192 с.
2. Вернадский В.И. Живое вещество. – М., 1978. – 358 с.
3. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – 250 с.
4. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – 368 с.
5. Голубець М.А. Від біосфери до соціосфери. – Львів: Поллі, 1997. – 256 с.
6. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – Л. Гидрометеоздат, 1990. – 526 с.
7. Одум Ю. Экология. – М: Мир, 1993. – в 2-х т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: Підручник. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
2. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Наворський В.М. Основи екології. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
3. Джигерей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища. – К.: Знання, 2000. – 203 с.
4. Екологія / Мусієнко М.М., Брайон О.В., Серебряков В.В. та ін. – К.: Візаві, 2003. – 278 с.
5. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія: Навчальний посібник. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2003. – 416 с.
6. Злобін Ю.А. Основи екології. – К. Лібра, 1998. – 248 с.
7. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
8. Потіш А.Ф., Медвідь В.Г., Гвоздецький О.Г., Козак З.Я. Екологія: основи теорії і практикум. – Львів: Новий світ-2000, Магнолія плюс, 2003. – 296 с.
9. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Гл. ред. МСЗ, 1979. – 408 с.
10. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: словник-довідник. – К.: Знання, 2002. – 550 с.
11. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія: Тлумачний словник. – К.: Либідь, 2004. – 376 с.
12. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
13. Федоряк М.М., Москалик Г.Г. Основи екології: Конспект лекцій. Ч. 1 – Чернівці: Рута, 2006. – 126 с.
14. Голубець М.А. Экосистемология. – Львів, 2000. – 316 с.
15. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М: Россия Молодая, 1994. – 367 с.
16. Буджак В.В., Должицька А.Г. Основи загальної екології: Навчальний посібник. – Чернівці: Золоті литаври, 2005. – 112 с.
17. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 512 с.
18. Гиляров А.М. Популяционная экология. – М.: изд-во МГУ, 1990. – 191 с.
19. Дажо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. – 416 с.
20. Дідух Я.П. Популяційна екологія. – К., 1998. – 192 с.
21. Общая экология: Учебник для вузов / Автор-составитель А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 510 с.
22. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1993, – в 2-х т.

ІНТЕРНЕТ-ДЖЕРЕЛА:

1. <http://www.av.com.ua/portal/generated/Science/Ecology> Найкращий пошуковий сервер на Україні з адресами сайтів, присвячених проблемам екології.
2. <http://www.nature.org.ua/ekua/> Екологічні сторінки України (посилання на екологічні WEB ресурси України).
3. <http://www.eco.boom.ru> Екологічний сайт.
4. <http://greenfield.fortunecity.com/hunters/> Сайт про екологічну ситуацію в Україні.
5. <http://www.ecosoil.web.cv.ua> Неофіційний сайт кафедри Ґрунтознавства та землевпорядкування Чернівецького національного університету ім. Ю.Федьковича
6. <http://eop.narod.ru/> Сайт присвячений екологічній освіті у вищій школі (Кафедра екологічної освіти і педагогіки МНЕПУ).
7. <http://www.ecolife.ru/index.shtml> Електронний журнал «Екология и жизнь».
8. <http://www.ecolife.org.ua/> Екологічний Internet-проект EcoLife. Дані з екології, природокористування, охорони природи, книжки, журнали, статті, екологічне законодавство, бази даних по фондах, реферати з екології.
9. <http://ekolog.nm.ru/Index.htm> Закони екології.
10. <http://cci.glasnet.ru/library/> Московська відкрита екологічна бібліотека «Эколайн».
11. <http://biodiversity.ru/> Щомісячний журнал «Центр охорони дикої природи».
12. <http://www.arriintern.com/ecology/> Підручники і науково-популярні матеріали з екології.
13. <http://www.iiuups.ru/library/> Електронна бібліотека статей на екологічну тематику, міжнародні програми і проекти.
14. <http://resbigsvs.narod.ru/> Дослідження великих систем. Базова модель кризи Земної цивілізації.
15. <http://www.ecoline.ru/books/> on-line бібліотека екологічної літератури: книжки, періодика.
16. <http://www.unico.ru/namsvet/> Екологічний журнал «Свет».
17. <http://www.dux.ru/eco/> Екологічні новини, посилання на екологічні журнали, наукові роботи з екології.
18. <http://iklarin.narod.ru/> Науково-популярні матеріали з проблем збереження озонового шару Землі.
19. <http://psb.ad-sbras.nsc.ru/seciw.htm> «Сибірський екологічний журнал». Матеріали з теоретичних та методологічних питань екології.
20. <http://www.ecolog.spb.ru/Integral/index.htm> Російська екологічна сторінка.
21. <http://www.evol.nw.ru/econews/> Екологічний журнал Незалежного центру Екологічної інформації «EcoNew».

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИЧОК

Аменсалізм – взаємодія між біологічними представниками різних видів, наслідки якої для одного з видів негативні, тоді як інший не має від цього ні користі, ні шкоди.

Асоційованість – це певний екологічний зв'язок різних популяцій, завдяки якому формуються рослинні угруповання.

Асоція – тимчасове угруповання, що відповідає асоціації в сукцесійному ряду.

Баланс екологічних компонентів – кількісне поєднання екологічних компонентів, що забезпечують екологічну (природну) рівновагу.

Біогеоценоз (БГЦ) – сукупність рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів і певної ділянки земної поверхні, які пов'язані між собою обміном речовин та енергії. БГЦ включає з себе певне угруповання організмів, ґрунт, ґрунтову воду і нижні шари тропосфери. Його межа визначається головним чином межею фітоценозу (рослинного угруповання).

Біогеоценологія, або екосистемологія, вивчає біогеоценотичний шар Земної кулі і, зокрема, конкретні біогеоценози (суходільні, водні), в яких взаємодіють біоценози і абіотичне середовище.

Біомаса – сукупність живої речовини усіх автотрофних чи гетеротрофних живих організмів, рослин, мікро-, мезофауни; її вимірюють в одиницях маси (сухого залишку) на одиницю поверхні, тобто у вигляді $\text{кг}/\text{м}^2$, $\text{ц}/\text{га}$ тощо.

Біоіндикатори – організми, чия присутність, кількість або інтенсивний розвиток є показником певних природних процесів або умов природного середовища, зокрема наявності та концентрації певних забруднювальних речовин.

Гомеостаз – відносна динамічна сталість, фізико-хімічних та біологічних властивостей середовища живих організмів. Стосовно біогеоценозів гомеостаз – це збереження сталості видового складу й чисельності особин. Гомеостаз характерний і необхідний для всіх природних систем.

Едифікатори – групи живих організмів, які визначають характер і структуру угруповання агроєкосистем, є домінуючими.

Екоклін – це градієнтне угруповання, яке простежується як в просторі, так і в часі.

Екотон – перехідна зона від одної асоціації до іншої.

Зооєдафон – представники фауни, які живуть у ґрунті.

Коакція – взаємодія між різними організмами, що населяють відповідне середовище (Ф. Клементс, В. Шелфорд, 1939).

Континуум рослинності – безперервне заміщення одних видів рослин іншими вздовж градієнта місцезростання.

Міжвидова конкуренція – це антагоністичні взаємовідносини, що виникають між видами зі схожими екологічними вимогам (Т. Гаузе, 1934).

Мозаїчність – це явище неоднорідності фітоценозів у горизонтальному відношенні, розчленування їх на дрібніші структури.

Нейтралізм – форма біотичних відносин, за якої співжиття двох видів на одній території не викликає для них ні позитивних, ні негативних наслідків.

Ніша екологічна – місце виду в природі, яке включає не лише розміщення виду в просторі, а й його функціональну роль в угрупованні (наприклад, трофічний статус) та положення щодо абіотичних умов існування (температури, вологості тощо).

Піраміда екологічна – графічне або числове співвідношення між продуцентами і консументами різних рівнів в екосистемі, виражених через їхню масу. (**П.е.** біомас), чисельність (**П.е.** чисел) або наявну в них енергію (**П.е.** енергій), що має вигляд графічної моделі. У наземних екосистемах маса продуцентів (на одиницю площі) більша за масу консументів, консументів першого порядку більша за консументів другого порядку і т.д., тому графічна модель має вигляд піраміди.

Популяція – угруповання особин, які належать до одного виду і заселяють спільну територію. Кожне угруповання особин, що належить до одного виду, має окреслену генетичну структуру, яка виражена в певних морфологічних особливостях виду.

Синузія – екологічно і просторово відокремлені частини фітоценозу, що складається з рослин однієї або кількох близьких життєвих форм.

Трансбіотичні взаємовідносини – це участь представників фауни у перехресному запиленні рослин, перенесенні плодів та насіння.

Угруповання – збірне поняття, яке стосується сукупності взаємодіючих живих організмів будь-якого рангу. Угруповання – сукупність видів, об'єднаних певними взаєминами між собою, спільною територією і умовами існування. Можуть розглядатися як окреме рослинне угруповання, або фітоценоз, і угруповання тваринне, або зооценоз.

Фація – об'єднання схожих біогеоценозів (екосистем); найменша фітоценотична одиниця рослинного угруповання (частина асоціації), у якій переважає один домінуючий вид; однорічний за своїми компонентами природний комплекс, приурочений до одного елементу рельєфу.

Філоценогенез – історичний процес формування та розвитку нових фітоценозів.

	ЗМІСТ	
ВСТУП		3
ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ БІОЛОГІЧНИХ НАУК, ЇЇ ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ		4
ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ		35
АБІОТИЧНІ ФАКТОРИ		42
БІОТИЧНІ ФАКТОРИ		79
ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ (ДЕМЕКОЛОГІЯ)		100
БІОЦЕНОЛОГІЯ (СИНЕКОЛОГІЯ)		113
ВЧЕННЯ ПРО БІОГЕОЦЕНОЗИ (ЕКОСИСТЕМИ)		127
БІОСФЕРА. ЕКОЛОГІЧНІ ЦИКЛИ РЕЧОВИНИ ТА ПОТІК ЕНЕРГІЇ		132
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		151
ІНТЕРНЕТ-ДЖЕРЕЛА:		152
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИЧОК		153

Навчальне видання

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

для студентів біологічних і небіологічних спеціальностей освітньо-кваліфікаційного рівня – бакалавр.

Підписано до друку 13.02.2015
Формат 64x90/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. арк. 10,0. Обл.-вид. арк. 9,3.
Наклад 50 прим. Зам. № 6427.

Віддруковано з оригіналів замовника.
ФОП Корзун Д.Ю.
21027, а/с 8825, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.
Тел.: (0432) 603-000, 69-67-69.

Видавець ТОВ «Нілан-ЛТД»
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 4299 від 11.04.2012 р.
21027, а/с 8825, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.
Тел.: (0432) 603-000, 69-67-69.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

